



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DISEÑO DE ALGORITMOS PARA LA
DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE
CANALES INDIVIDUALES Y EN CONJUNTO EN LA
BANDA
UHF-TV AL INTERIOR DEL EDIFICIO “ORELLANA”
UBICADO EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE
GUAYAQUIL REALIZANDO MEDICIONES CON UN
DISPOSITIVO RTL-SDR.”**

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**KAREN PIEDAD MACIAS LOZANO
DENNYS ELISEO NARVÁEZ PEÑA**

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por presentarse en mi vida de múltiples formas, a mi madre Consuelo por el apoyo moral y económico que he recibido de su parte, a mis amigas y amigos por el espíritu alentador que inyectaron en mi durante mi vida estudiantil.

Mis más sinceros agradecimientos a los profesores, ayudantes y compañeros, importantes guías durante todo este proceso.

Karen Piedad Macías Lozano.

Agradezco a Dios por permitirme vivir este momento, luego a mis padres y hermanos quienes fueron y son el pilar fundamental en todo. También un agradecimiento a mis profesores por el conocimiento impartido en mi persona y sin duda a todos mis compañeros de clase, trabajo y demás amistades por su apoyo, confianza y respeto que me han otorgado ya que con el aliento y buenos consejos hicieron posible este logro.

Dennys Eliseo Narvárez Peña.

DEDICATORIA

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento dedicarle el presente informe a mi hija Alessia por motivarme a mejorar diariamente, a mi madre por la confianza y apoyo incondicional, a mis hermanos Alex y José, a mi tío Gonzalo por los consejos y especialmente a mis abuelos Dimas (+) y Francisca por sus cuidados.

Karen Piedad Macías Lozano

Dedico este proyecto a personas muy especiales que marcan y marcaron mi vida con su perseverancia y apoyo como lo son mi mamá Lidia Peña y mi hija Denisse quienes fueron la inspiración en toda mi vida estudiantil y una dedicación especial GILBERTO JULIO NARVÁEZ MARIN, mi papá. Ya no cuento con su presencia en este mundo, pero fue quién me enseñó y demostró el verdadero esfuerzo y amor que puede existir entre un padre a hijo.

A todos ellos les debo mucho y por esa razón les dedico todo el esfuerzo puesto en este proyecto.

Dennys Eliseo Narvárez Peña

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

Mgs. Washington Medina Moreira

PROFESOR EVALUADOR

Msc. Juan Romero Arguello

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"

.....
Karen Piedad Macías lozano

.....
Dennys Eliseo Narváz Peña

RESUMEN

Brindar un servicio óptimo a bajo costo es el desafío de las empresas dedicadas al rubro de las telecomunicaciones, situación que genera mayor explotación del espectro radioeléctrico, recurso natural limitado que si bien es cierto no es bien aprovechado en algunas ocasiones pese a los múltiples estudios a nivel nacional sobre el estado actual del aprovechamiento del espectro radioeléctrico, estudios que en algunas ocasiones han demostrado factibilidad para la subutilización de frecuencias.

En la web se encuentran trabajos donde se hace el monitoreo y análisis de algunas bandas de frecuencia usualmente para ambientes exteriores y lugares donde existe el antecedente de baja intensidad de señal o interferencia de la misma, existiendo en menor cantidad estudios para ambientes interiores ya que dentro de las edificaciones también se presentan problemas de interferencia o ausencia de señal debido a la naturaleza de los materiales de construcción.

El Condominio Orellana ubicado en la zona urbana densa del puerto principal como se explica en el capítulo 1, es el escenario para realizar el análisis de disponibilidad de canales individuales libres y en conjunto de televisión en la banda UHF-TV, banda licenciada, para que posteriormente cuando exista congestión o interferencia en alguno de los servicios de comunicaciones que se prestan en este edificio se tenga la posibilidad de usar un canal que se encuentre libre, es decir que no reporte actividad de recepción de señal, para poder brindar un determinado servicio, el mismo que debe tener como característica principal capacidad OSA.

La capacidad OSA es un paradigma sobre administración del espectro, fundamentándose en el reuso de la disponibilidad de canales logrando así disminuir los inconvenientes y molestias que genera la escasez de espectro ocasionada por múltiples factores de propagación de las señales, situaciones que son tomadas en cuenta a continuación en el capítulo 2. Siguiendo este patrón los consumidores no

licenciados acceden a fragmentos del espectro de los que sí tienen licencia, a las bandas no usadas se las conoce como espacios en blanco lo que genera una disponibilidad oportunista en el espectro para usuarios no licenciados.

En el capítulo 3 se explica en detalle cómo se realiza la adquisición y procesamiento de los datos, los mismos que censan el estado de la densidad espectral de potencia, en todos los canales asignados de la banda licenciada UHF-TV, utilizando como medidor un dispositivo RTL-SDR para adquirir los datos de potencia de señal de cada canal de televisión y Matlab para registrar y manipular estos datos elaborando algoritmos de interacción entre el dispositivo medidor y el software para la parte de adquisición de datos y otros algoritmos para realizar los procesos estadísticos necesarios para la determinación de la disponibilidad de estos canales de televisión tanto de modo conjunto como individual, mostrando estos resultados en el capítulo 4.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN	vi
CAPÍTULO 1.....	1
1. ASPECTOS GENERALES:.....	1
1.1 Problema por resolver	2
1.2 Justificación	4
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo General	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Metodología	7
CAPÍTULO 2.....	9
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CONCEPTOS BÁSICOS	9
2.1 Estado del arte.	9
2.2 Transmisión de TV en UHF.	10
2.3 Propagación en ambientes internos.	12
2.4 Canales Individuales y Conjuntos.....	12
2.5 Acceso Oportunista al Espectro (OSA).	13
2.6 Sistemas de Acceso Dinámico al Espectro (DSA).....	14
CAPÍTULO 3.....	18
3. ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	18
3.1 Generalidades	18
3.2 Ubicación del escenario de medición.	18
3.3 Configuración del Sistema.....	19
3.3 Configuración del equipo RTL-SDR(2832U).....	20

3. 6	Canales conjuntos	35
CAPÍTULO 4	43
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	43
4.1	Función de Distribución Acumulada para los Canales Individuales Disponibles.....	43
4.2	Función de Distribución Acumulada para la Disponibilidad Conjunta de Canales.....	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	46

CAPÍTULO 1

1. ASPECTOS GENERALES:

El espectro radioeléctrico es el medio para la transmisión de frecuencias de ondas de radio usados en telecomunicaciones, servicios móviles, de policía, bomberos, radioastronomía, meteorología y fijos. Está distribuido en bandas de frecuencia las mismas que son asignadas y controladas por entes estatales con el fin de regular el uso de este recurso natural limitado para brindar servicios que son gestionados por distintas compañías de telecomunicaciones. En nuestro país ARCOTEL es la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones destinada a administrar, regular y controlar el espectro y su gestión [1].

Las bandas de frecuencia son segmentos de frecuencia en el espectro asignados a diferentes usos, para brindar el servicio de televisión se tienen 4 bandas según el Plan Nacional de Frecuencias, la tercera y la cuarta le corresponden al servicio de televisión UHF, con un rango de operabilidad de 470 - 862 [MHz].

En la banda UHF tenemos las ondas electromagnéticas destinadas al uso en televisión, radio, telefonía fija, telefonía móvil, rastreo satelital, siendo la televisión el uso de interés para este estudio. En el país existen 30 canales de televisión y 1 canal para radioastronomía asignados a esta banda, los mismos que operan bajo el estándar japonés ISDB-Tb en rango de operación por canal de 6 [MHz].

Debido a las políticas regulatorias planteadas por los entes estatales sobre el uso eficiente del espectro, tema que ha sido debatido hasta la actualidad, exponiendo un problema de organización con consecuencias en la economía del país y en el desarrollo de sistemas

tecnológicos. Surge la necesidad de realizar estudios que evalúen la correcta utilización de las porciones de espectro asignadas para la operabilidad de los canales en la banda UHF-TV.

En Ecuador existen múltiples estudios sobre el cumplimiento de las normas y estándares establecidos para los canales licenciados en esta banda, con el fin de optimizar el aprovechamiento de este recurso natural limitado, esta característica del espectro radioeléctrico influye significativamente en el presente estudio con una variable importante, a diferencia de trabajos anteriores donde se monitorea el estado de transmisión y recepción en ambientes exteriores para la banda UHF-TV, se busca obtener información y generar resultados en ambientes internos de un edificio, para evaluar el estado de recepción de todos los canales de televisión, usando algoritmos diseñados y equipos a bajo costo, con el fin de dejar el precedente de disponibilidad de canales individuales y conjuntos para contribuir con el eficaz aprovechamiento del espectro, proponiendo que el espacio libre de las frecuencias de los canales que no registren actividad en un intervalo de tiempo, sea reutilizado para implementar servicios y tecnología con capacidad de acceso oportunista al espectro, mejorando así la calidad de servicios prestantes en el sitio.

1.1 Problema por resolver

A través del espectro radioeléctrico es posible brindar servicios de telecomunicaciones que tienen creciente importancia para el desarrollo económico y tecnológico de un país, recurso que es usado para múltiples funciones, el enfoque principal es en el uso televisivo tanto para transmisión de señal abierta como para los canales de señal codificada en la banda UHF.

La mayoría de edificios en la ciudad cuentan con los servicios de comunicaciones que normalmente se conocen internet, televisión,

telefonía etc. Donde coexisten distintos tipos de tecnologías como por ejemplo la WIFI, tecnología con la que interactúan diferentes equipos, el número de equipos operativos varía de forma aleatoria existiendo la probabilidad de congestión en el servicio en un lapso determinado dentro del edificio.

Los ambientes interiores de las edificaciones están constituidos por diferentes materiales de construcción, el limitado espacio como la variedad de obstáculos que forman parte de este tipo de construcciones, ocasionan que ciertas señales que se reciben en el interior presenten un grado de interferencia, causando inconvenientes con la calidad de servicio que se está prestando en estas instalaciones. Esta situación comúnmente se da en las zonas urbanas densas, sitios de concentración masiva, donde existen muchos dispositivos activos usando un determinado sistema de modo simultáneo, saturando los sistemas y creando problemas de comunicación como interferencia, retardos y más molestias entre los usuarios. Motivo por el que se tomaron mediciones de los canales en uso en toda la banda UHF-TV y determinaremos la cantidad de canales individuales libres y de ser el caso la cantidad de canales conjuntos que también se encuentren libres para determinar la disponibilidad de frecuencias en la banda mencionada.

Este monitoreo y análisis de la banda libre UHF-TV tiene un propósito, una vez obtenida la disponibilidad de estos canales, dejar el precedente para que, en un futuro no muy lejano, conscientes del crecimiento tecnológico se pueda considerar esta disponibilidad para generar una fuente alternativa de operabilidad cuando exista congestión o interferencia creada por cualquier circunstancia en cualquier sistema de comunicación, garantizando así la operación del servicio. Los sistemas y dispositivos deben tener capacidad OSA, este concepto de Acceso Oportunista al Espectro contiene múltiples

modelos de tecnologías, las mismas que aceptan el desarrollo de dispositivos con este tipo de características y plantean el aprovechamiento del espectro, posibilitando a los clientes de redes de sistemas en bandas no asignadas tener acceso a porciones de espectro en bandas asignadas, sin provocar afectación alguna en el desarrollo de las actividades de los sistemas que operan en la banda asignada.

La Radio Cognitiva (CR) también desarrolla sistemas con características OSA, conocida por poder compartir un canal inalámbrico con usuarios licenciados de una manera oportunista. En el uso de dispositivos con la característica OSA en mención, es necesario analizar la disponibilidad en la banda que se desee trabajar con la finalidad de detectar posibles espacios libres, donde el dispositivo pueda realizar la transmisión de los datos. Tomando en cuenta que con el apagón digital se obtienen algunos canales libres, espacio se podría utilizarse para tecnología con acceso oportunista al espectro [4].

La selección del dispositivo RTL que utilizaremos como analizador de espectro con el que realizaremos las mediciones de potencia de señal para canales en esta banda se da por el costo y las diversas características del mismo, ya que la idea es realizar un estudio que requiera menor inversión y que posea la misma confiabilidad que brinda un equipo sofisticado.

1.2 Justificación

El entorno tecnológico en el que cotidianamente desarrollamos nuestras vidas genera gran presión en cuanto al cuestionamiento sobre si existe suficiente espacio en el espectro radioeléctrico para que se

encuentren operativos dispositivos electrónicos y sistemas que conforman las telecomunicaciones que conocemos hasta ahora, situación que expone la necesidad optimizar el recurso natural y limitado usado para brindar los servicios básicos y suplementarios de telecomunicaciones tales como servicios de voz, de difusión radio, datos y TV, multiservicio de banda ancha, servicios telemáticos, internet.

A nivel nacional se han realizado muchos análisis en esta banda, en ambientes exteriores, limitando así la información sobre la situación de recepción de señales un espacio indoor, generando como zonas de interés las áreas urbanamente densas, donde existen precedentes de interferencia, pobreza de señal o ausencia de señal debido los obstáculos que la señal debe superar en estos ambientes interiores para poder tener un nivel de recepción aceptable y que los servicios de comunicación puedan ser brindados sin novedad.

La escasa información sobre comportamientos de recepción de señal en edificaciones céntricas del puerto principal genero la atención necesaria para estudiar si existen canales disponibles en la banda UHF-TV dentro de un condominio. Usando un sistema de medición en radiofrecuencias cuyo propósito es detectar canales libres con la finalidad alivianar la congestión. Con todo esto se conseguirá brindar un mejor servicio y cobertura al interior del edificio.

Este trabajo destina sus recursos a la determinación de espacios disponibles en canales de televisión en la banda UHF-TV para que cuando se presente congestión o interferencia en algún servicio que tenga como característica la operabilidad en la banda UHF se pueda migrar a un canal o conjunto de canales que se encuentren libres y puedan seguir dando el servicio.

La selección del dispositivo usado para medir y registrar los niveles de recepción de señal en cada canal a lo largo de la banda UHF se debe a sus características, fácil disposición de recursos informáticos para su utilización y su bajo costo. Un RTL es un dispositivo de bajo costo que se encuentra con facilidad en el mercado, tiene un software de recepción de uso libre, contiene un ADC de 8 bits y buen margen dinámico de recepción [5].

1.3 Objetivos:

1.3.1 Objetivo General:

- Determinar la disponibilidad de canales individuales y en conjunto en la Banda UHF-TV. al interior del edificio Orellana.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Diseñar un algoritmo que permita la adquisición de datos y la adaptación con el dispositivo RTL.
- Medir la densidad espectral de potencia de los canales de televisión en la banda UHF-TV en tres pisos diferentes al interior del edificio Orellana.
- Procesar estadísticamente los resultados de las mediciones.
- Crear algoritmo que muestre la disponibilidad de canales unitarios y canales conjuntos en el interior del edificio.
- Evaluar resultados y elaborar conclusiones.

1.4 Metodología

En la adquisición de datos se diseña un algoritmo que permita al dispositivo RTL-SDR poder tomar lectura de las potencias de recepción de señal en cada canal de televisión, estos datos se guardan en un archivo de Excel que se crea diariamente donde se registran los datos ordenados por hora y frecuencia de recepción durante cada día de la semana en cada piso del edificio.

La lectura que obtenemos del dispositivo es la densidad espectral de potencia, la cual indica la distribución de la potencia o energía de la señal televisiva sobre las frecuencias asignadas para cada canal a lo largo de toda la banda durante las 24 horas del día, creando 7 archivos de Excel, uno para cada día de la semana por 7 días, esto para el primer piso, lo mismo se aplica para los otros dos pisos restantes.

En el procesamiento estadístico de datos por cada archivo generado diariamente se agrupan las frecuencias de muestreo para sacar promedios, de esta manera ubicamos la frecuencia central y los rangos de frecuencia de operación de cada canal de televisión.

Con la utilización de un nuevo algoritmo se realiza el ordenamiento de los datos para crear matrices de disponibilidad de canal y gráficos que indiquen el estado de recepción de cada canal durante las 168 horas de monitoreo.

Una vez obtenidos los resultados representados mediante gráficos de probabilidad de disponibilidad para canales individuales y en conjunto se analizan estas ilustraciones para cuantificar el número de canales libres, así como la identidad de los mismos. Con este análisis de disponibilidad se crea la pauta para la subutilización de espacios en blanco, poniendo a disposición ese espacio para que pueda operar cualquier sistema con la capacidad OSA.

1.5 Alcance

Las mediciones se toman en tres de los dieciséis pisos que conforman esta estructura céntrica, se coloca el dispositivo RTL-SDR a metro y medio de la pared exterior del edificio y a un metro de altura respecto al piso para la receptor la potencia con la que los canales de televisión de la banda UHF-TV llegan a cada piso del condominio. El tiempo establecido para cada piso es de una semana, la adquisición de datos se realizará de forma ininterrumpida por 168 horas en las instalaciones del condominio Orellana ubicado en el centro de la ciudad de Guayaquil con dirección Los Ríos entre Primero de Mayo y Quiquis.

El procedimiento de adquisición de datos es el mismo para los tres pisos seleccionados, es necesario mencionar que solamente podremos recibir señales de televisión para censar los niveles de potencia con los que estos llegan al interior del edificio, el RTL-SDR solo es receptor. También se usa la herramienta MatLab debido a su amplia lista de funciones y características compatibles con nuestro dispositivo medidor.

El análisis de los datos se realiza en Matlab y Excel, con dos niveles umbral, 4db y 10 db sobre el nivel de ruido, mostrando así la variación del comportamiento las gráficas que se obtendrán a partir del procesamiento estadístico obtenido a partir del diseño de los algoritmos necesarios para la generación de resultados.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CONCEPTOS BÁSICOS

A nivel mundial, el creciente número de usuarios que acceden a servicios tecnológicos obliga a las empresas que dan estas prestaciones a expandir las capacidades de sus sistemas, creando la necesidad de aumentar el espectro asignado para que operen los servicios de comunicaciones, localmente, no contamos con una política regulatoria sobre los espacios en blanco y el oportuno aprovechamiento de las frecuencias asignadas a canales de televisión, situación que exige el aumento de estudios que provean de soluciones para un mejorar el aprovechamiento de este recurso y la escasez de espectro.

2.1 Estado del arte.

En países como Estados Unidos y Brasil, desde el 2015 se han realizado pruebas para transmitir datos inalámbricos a través de canales UHF durante transmisiones de televisión según la revista el blog de la revista Señales, comunicación, medios, cultura y + [7].

Paul Garnett, director de Iniciativas de Acceso a precios Asequibles de la firma tecnológica Microsoft, [7] dice que esta empresa ha mostrado interés por desarrollar tecnologías y modelos para garantizar la accesibilidad a internet de millones de personas explotando la banda UHF para hacer posible que las áreas subdesarrolladas cuenten con este servicio.

En nuestro país un gran porcentaje de personas tienen limitado acceso a internet, la solución a este problema de accesibilidad podría encontrarse en la televisión analógica, ya que con la digitalización de

los canales cuando se logre terminar el proceso del tan esperado “apagón digital” que según el diario nacional El Universo empezaría en junio del presente año, se podría obtener disponibilidad de canales y emplear esta disponibilidad para usos con acceso oportunista al espectro.

Pero no solo estos espacios denominados en blanco podrían usarse para proveer internet en áreas remotas, los ambientes interiores son un punto de estudio importante ya que es común que en algunos casos dentro de edificios la recepción de señales de televisión no registra actividad. En Guayaquil en el 2015 comenzaron a realizarse estudios en la banda UHF-TV sobre el estado de disponibilidad de canales, el trabajo del presente estudio monitorea toda la banda licenciada para posteriormente diseñar algoritmos que permitan ubicar la disponibilidad de estos canales, usando equipos de bajo costo, estas características diferencian este trabajo de los escasos realizados en el país.

2.2 Transmisión de TV en UHF.

Una de las bandas del espectro radioeléctrico, con sus siglas Ultra High Frequency, es la banda UHF ocupa el margen de frecuencia es de 300MHz a 3GHz. La designación a la banda UHF según su longitud de onda son disimétricas, es decir con planos de simetría ortogonales y diferentes [1].

Los sistemas inalámbricos han evolucionado ya que en la actualidad se usa UHF para Televisión Digital Terrestre. En cuanto a Televisión se refiere en algunos países su rango de frecuencia varía entre 470MHz a 862MHz. La transmisión de punto a punto de esta banda se lo hace de manera no guiada, es decir que el medio de transmisión es la atmósfera [2]. Estas bandas de UHF en general tienden atenuarse con la humedad. La transmisión por banda UHF-TV es afectada en lo

particular en la capa de la troposfera debido a las numerables características físicas que influyen en esta comunicación.

Esta comunicación inalámbrica entre un transmisor y un receptor se hace un poco fácil siempre y cuando estén dentro de la misma localidad, pero todo cambia y se vuelve más complejo cuando están en puntos muy lejanos, las cercanías de estos aparatos varían relativamente dependiendo del lugar y del área que se desea estudiar. Para este caso se trabajará en las zonas urbanas densas de la ciudad y en el ambiente interior de un edificio esto hace que la congestión de la señal aumente por el consumo del espectro de los diferentes dispositivos que existen en su alrededor.

Por lo que se debe buscar un método eficiente para que fluya la comunicación de los enlaces de transmisión. Una posible solución a todo esto es poder manejar tecnología con capacidad OSA, con el fin de aliviar la congestión existente por el entorno o la saturación de los servicios provocada por la demanda simultánea de los usuarios o sistemas de comunicación coexistentes, buscando disponibilidad de canales para volverlos a usar cambiando a la frecuencia de canal que no se esté utilizando, cabe recalcar que si se usa una tecnología OSA deben de estar los demás dispositivos configurados para esta tecnología, así mismo si se logra cambiar de frecuencia también deben de estar modificados o configurados de la misma manera. La transmisión UHF-TV tiene mucha similitud en requerimientos a las demás transmisiones inalámbricas, como por ejemplo desde los equipos de transmisión y recepción hasta el medio de enlace entre los dos puntos.

2.3 Propagación en ambientes internos.

El enfoque de los modelos de propagación se rige a la predicción de la potencia promedio de la señal recibida y la variación de los niveles de potencia de locaciones distintas, clasificándose según la zona de cobertura en: modelos outdoor y modelos indoor. Tomando en cuenta las dimensiones de la locación los modelos outdoor pueden ser macroceldas y microceldas [9].

Una señal que se emite por una antena experimenta múltiples cambios en el medio de propagación a lo largo de su camino, presentando una degradación al receptarse, el lugar de desplazamiento de la señal varía debido a los obstáculos que interfieren, lo que dificulta la predicción de la señal recibida. Los niveles de señal fluctúan en mayor medida en ambientes cerrados debido a que en estos ambientes el campo eléctrico se forma con mayor número de componentes porque las distancias cubiertas son mucho más pequeñas.

2.4 Canales Individuales y Conjuntos.

Se denomina canal de televisión a la porción de espectro asignada para registrar transmisiones de audio y video en un área específica, el proceso de transmisión empieza cuando se envían señales codificadas desde un emisor usando un medio no guiado que luego al ser receptadas son decodificadas y posteriormente presentadas.

Un canal de televisión se asigna cuando se lo atribuye a un rango dentro del espectro para un uso exclusivo, a esta porción de espectro se le asigna un número, el mismo que representa la identidad del canal. Un canal es individual debido a que su análisis se presenta de forma individual a diferencia de los canales conjuntos que son analizados de forma colectiva, esto quiere decir que dicho análisis podría realizarse en pares, ternas y cuartetos.

2.5 Acceso Oportunista al Espectro (OSA).

Es un tipo de gestión del espectro que consiste en reusar la disponibilidad presente en todos los canales y a su vez logra minimizar los problemas de escasez de espectro que son ocasionados como ya lo hemos citado antes por los diversos factores de propagación de las señales. En este modelo los usuarios no licenciados pueden acceder a porciones del espectro de los usuarios con licencia cabe recalcar que las bandas no usadas se las conoce como espacios en blanco a lo que da lugar a una disponibilidad oportunista en el espectro para usuarios no licenciados.

Teniendo en cuenta este modelo podemos llegar al caso de poder coexistir entre los usuarios primarios y secundarios dentro del mismo medio, pero tomando en cuenta en no interferir con los usuarios primarios [11].

Debemos de tener presente tres módulos básicos:

- Identificación el espectro
- Explotación del espectro
- Política que regule el espectro

El primer módulo que consiste en identificar el espectro se encarga como su nombre mismo lo dice de identificar las bandas de frecuencia disponible de una forma muy exacta. Luego da paso a lo que es la Explotación del espectro quien se encarga luego de haber paso por el primer módulo y de recopilar toda la información para luego decidir de que forma la transmisión puede hacerse.

Dejando como ultimo modulo a la Política Regulatoria ya que en este último se encarga de definir ciertos aspectos y parámetros necesarios, con el único fin de poder acoplar con todos los sistemas. El único

beneficiado en este proceso va a ser los usuarios sin licencia ya que no llegan a interrumpir procesos de los otros usuarios licenciados.

2.6 Sistemas de Acceso Dinámico al Espectro (DSA)

Las ineficiencias que surgen en los sistemas para utilización de espectro son abundantes y hace que alguna entidad gubernamental asigne el espectro de acuerdo con la necesidad del usuario, a continuación, citamos dos lugares donde los entes regulatorios llegaron a la conclusión y determinación de ciertos parámetros antes mencionados, por ejemplo:

En Reino Unido la OFCOM, [12] según un análisis determino que existe al menos 30 canales libres para su reutilización quedando disponibles algunos anchos de banda, suceso que resulta del cambio migratorio de la televisión analógica a digital.

De la misma manera se realizaron investigaciones en el continente americano (Estados Unidos) según su ente regulatorio FCC (Comité Federal de Comunicaciones) [13] informó que se debe de aprovechar al máximo el uso del espectro radiométrico y adaptarlo de acuerdo con las necesidades de comunicación.

Todo el desarrollo de análisis y funciones en lo que a espectro compete se ha enfocado en técnicas descritas como Acceso al Espectro Dinámico (DSA), generalmente es una agrupación de modelos distintos destinados para el acceso espectral teniendo en cuentas ciertos requerimientos específicos como la arquitectura de red y el tipo de banda de frecuencia, a continuación, la siguiente figura nos muestra una taxonomía de la técnica DSA.

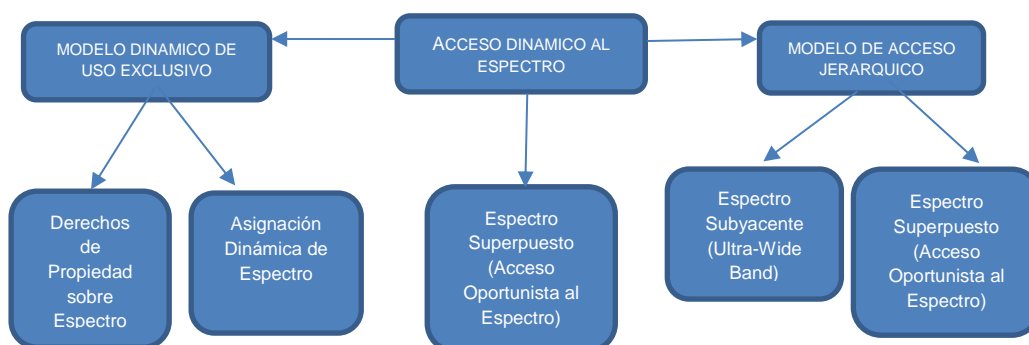


Figura 2.1: Taxonomía de las técnicas de Acceso Dinámico al Espectro [12].

El Modelo Dinámico de Uso Exclusivo es un prototipo donde se indica que a cada operadora es asignada la banda del espectro con su tecnología. A este modelo se considera dos puntos muy importantes

- Derechos de Propiedad sobre el Espectro
- Asignación Dinámica de Espectro

En el primer punto Derechos de Propiedad sobre el Espectro hace referencia a todos los usuarios concesionados con derecho de subcontratar ciertos espacios del espectro como también le permite seleccionar alguna tecnología necesaria para su interés.

Luego en el segundo punto Asignación Dinámica de Espectro nos referimos al proyecto de espectro usado en un sector por un sistema de radio limitado, inculcado por el proyecto europeo Drive, basándose especialmente en las características del lugar y tiempo de los sistemas de comunicación del sector donde encuentren, dando como resultado la disponibilidad de los espacios libres y por ende espacios conjuntos.

El Modelo de Compartición Abierta conocido también a este modelo como espectro común. Basado en la compartición abierta de dispositivos de acuerdo con el uso espectral, como por ejemplo los sistemas de WI-FI, Bluetooth y demás sistemas trabajando dentro de la banda ISM.

El Modelo de Acceso Jerárquico es considerado de este tipo por un acceso mediante un diseño jerárquico para poder diferenciar a los usuarios ya sean usuarios primarios o usuarios secundarios y así lograr el acceso de usuarios secundarios a la banda primaria manteniéndose siempre y cuando en los límites de interferencia propuestas por el usuario. De la misma manera como en el primer Modelo tenemos dos puntos a resaltar entro de este modelo, como lo es:

- Espectro Subyacente
- Espectro Superpuesto

En el primer punto Espectro Subyacente (ultra wide band) se basa en el traspaso de los usuarios no licenciados bajos estrictas condiciones en la potencia de transición por ejemplo uno de los sistemas que irradian su potencia en un ancho de banda bastante grande son los sistemas de espectro ensanchado CDMA. Ya que por medio de este sistema podemos garantizar inmensas tasas de datos a distancias pequeñas permitiendo así tener una potencia muy baja en lo que compete a transmisión.

El siguiente punto que resaltaremos es Espectro Superpuesto en comparación con el espectro antes mencionado podemos decir que este no requiere de severas restricciones en cuánto a potencia o a su vez, respecto a la frecuencia y un tiempo específico, si el canal no se usa por parte de un usuario con licencia entonces no queda de otra de que pueda usar un usuario sin licencia de manera oportunista [7].

Pero siempre y cuando sea analizado con anterioridad la disponibilidad del canal es decir si no existe previamente algún espacio en blanco el usuario secundario no podrá traslapar a esa frecuencia.

CAPÍTULO 3

3. ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Este capítulo detalla procedimientos respecto al análisis de la potencia de recepción de los canales de televisión en la banda UHF y los parámetros usados para hallar la disponibilidad de canales libres y en conjunto, trabajando con modelos estadísticos o empíricos que usan la extrapolación estadística de resultados a partir de las mediciones realizadas.

3.1 Generalidades

Las mediciones se realizaron durante 21 días, haciendo el barrido de todos los canales de la banda cada 4 minutos en promedio registrando valores de potencia de recepción de señal durante las 24 horas del día, 7 días a la semana. Se obtuvieron alrededor de 29312 muestras en cada archivo de Excel por día, como resultado del monitoreo de los 31 canales de televisión en la banda UHF.

3.2 Ubicación del escenario de medición

El edificio seleccionado es el Condominio Orellana ubicado en los Ríos 609 Y Quisquís, el mismo que cuenta con 16 pisos, usamos la planta baja como piso 3, planta media como piso 2 y planta alta como piso 1. El condominio Orellana fue elegido por ubicarse en un área urbanamente densa ya que al tener muchos pisos se puede observar como varían los niveles de potencia de recepción conforme aumenta la altura, enriqueciendo así nuestro estudio en el lugar.

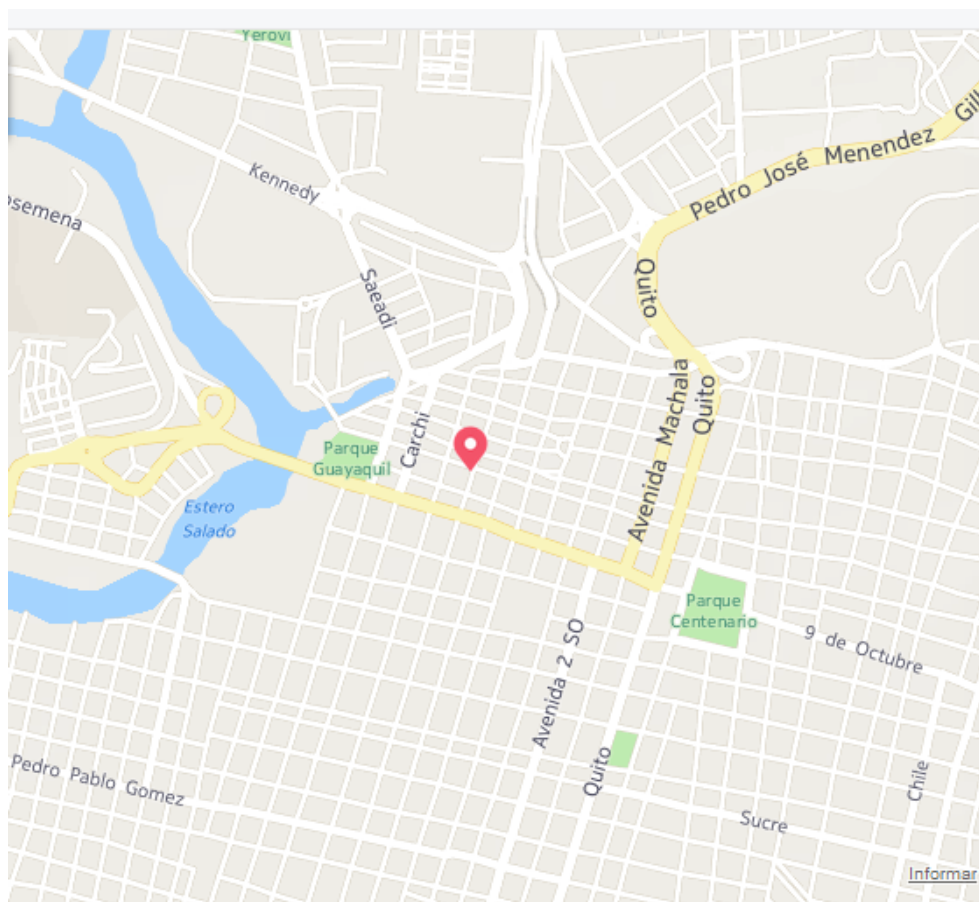


Figura 3.1: Ubicación del escenario de trabajo.

3.3 Configuración del Sistema

Para poder empezar a recibir datos en nuestro ordenador portátil se instaló la última versión de Matlab R2017a y el driver que permita al ordenador interactuar con el dispositivo medidor RTL-SDR (2832U), posteriormente ubicar la antena receptora del RTL-SDR a una altura aproximada de un metro del piso, cabe mencionar que la ubicación con la que se inicia a tomar lectura dentro del piso del edificio debe ser la misma para los otros dos pisos restantes.



Figura 3.2: RTL – SDR (2832U).

Existen muchos modelos y marcas, pero realmente usan el mismo chip internamente, lo que facilita su uso, la antena que utilizan varía en tamaño, forma y material, consideración importante al momento de tomar lecturas y manipular los datos.

3.3 Configuración del equipo RTL-SDR(2832U)

Un RTL-SDR es un dispositivo para procesar radio en el que se pueden recibir señales como se lo ha mencionado en capítulos anteriores, posee una antena para la recepción de señal y conexión USB para acoplarlo a una computadora, el programa que permitirá que el dispositivo RTL sea reconocido por la computadora se llama SDR-SHARP, este dispositivo modifica los drivers para funcionar como receptor en las condiciones que se necesite que trabaje. En la web se

puede encontrar una aplicación que reinstale los drivers del USB con el nombre de ZADIG [6].

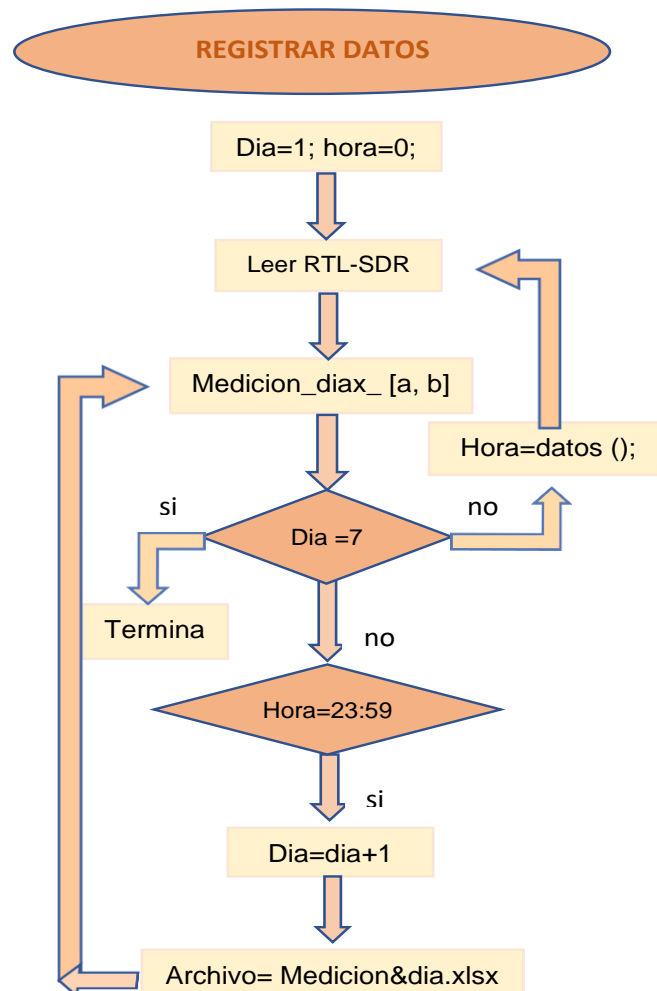


Figura 3.3: Diagrama de Flujo del script registrar datos.

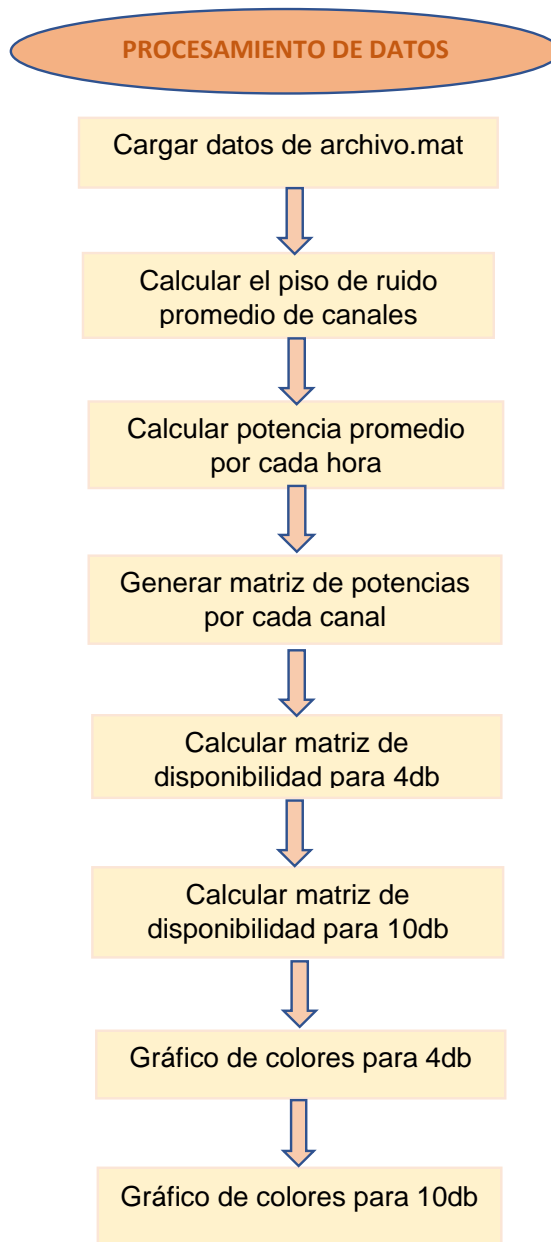


Figura 3.4: Diagrama de Flujo del script procesamiento de datos.

Una vez instalado el RTL procedemos a diseñar un algoritmo en Matlab que permita al dispositivo tomar lectura y guardar en Excel los datos que receipta.

El algoritmo en mención carga los datos, luego calcula el piso de ruido que se obtiene al promediar los valores de potencia registrados en los canales 49, 50, 51, ya que en estos canales no se registra señal alguna por tanto lo que se obtiene es ruido, con base en el cálculo del piso de ruido se procede a generar la matriz de potencias para cada canal, esta matriz es binaria, registrando 1 como canal disponible y 0 como canal ocupado, este procedimiento se realiza para el análisis individual y el análisis en conjunto de la disponibilidad de canales, analizando el caso para 4 db sobre el nivel de ruido y con 10 db sobre el nivel de ruido.

3.5 Modelamiento Estocástico de los datos.

Una vez que ésta matriz está lista se procede a generar el gráfico de colores que hace posible el análisis de la disponibilidad de modo gráfico mediante Modelamientos Estocásticos.

3.5.1 Función de distribución de probabilidad (PDF)

La función de distribución de probabilidad (PDF) indica cuales son los porcentajes de ocurrencia del evento: canal disponible

3.5.2 Función de distribución acumulada (CDF)

La función de distribución acumulada (CDF) calcula la probabilidad acumulada hasta el valor de la variable de interés es decir hasta que el evento de disponibilidad de canal ocurra.

Las gráficas de CDF Y PDF que se presentan a continuación se crean a partir de una matriz de disponibilidad binaria.

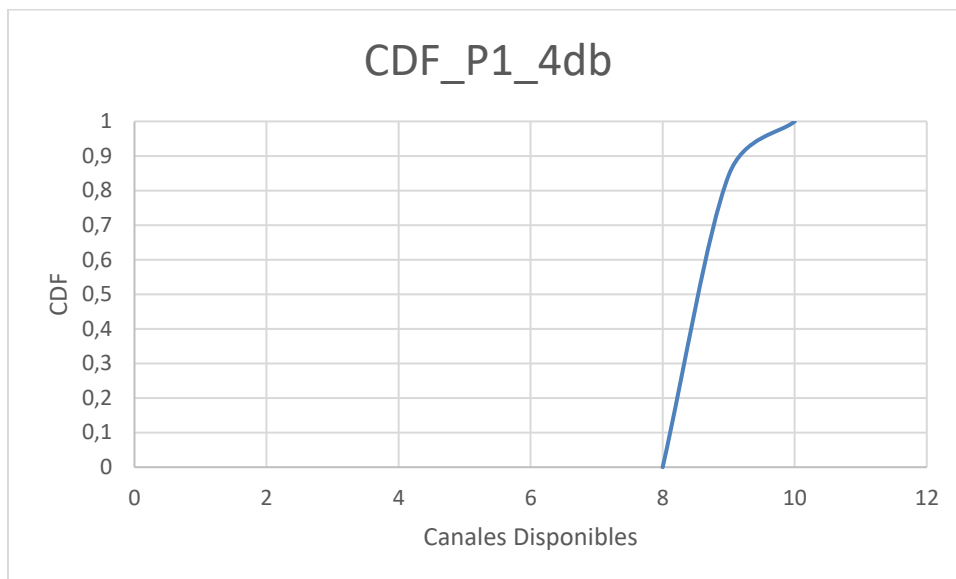


Figura 3.5: CDF en Piso 1.

Al observar la Figura 3.5 se representa la probabilidad acumulada de que existan canales disponibles en el piso 1, con un nivel límite de 4db por encima del piso de ruido y con una probabilidad del 69% existen 9 canales libres de modo individual que representan la disponibilidad en un intervalo definido de tiempo.

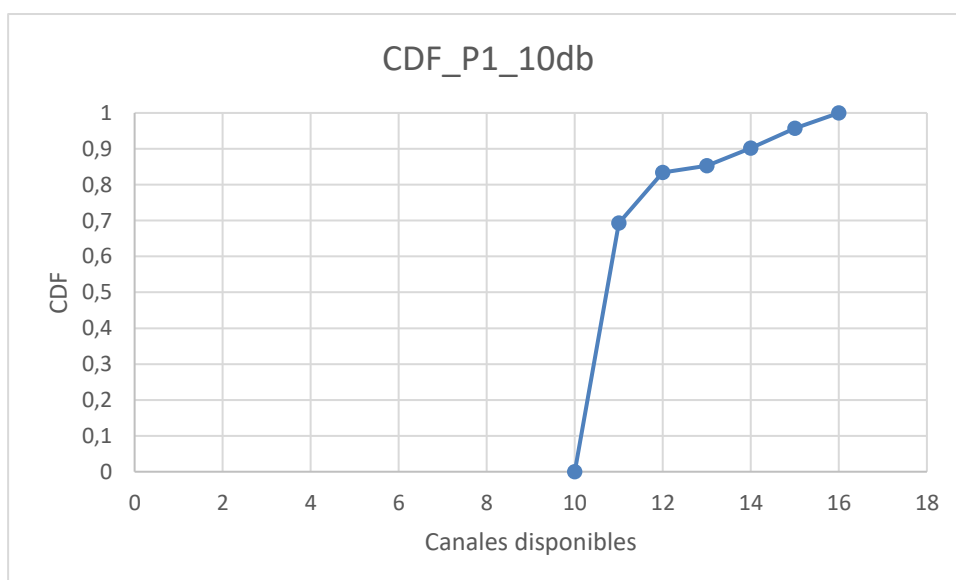


Figura 3.6: CDF en piso 1.

La Figura 3.6 muestra que existe una probabilidad de 85% para el evento de disponibilidad de 13 canales de televisión al mismo tiempo en el piso uno para un valor límite de 10 db sobre el nivel de ruido.

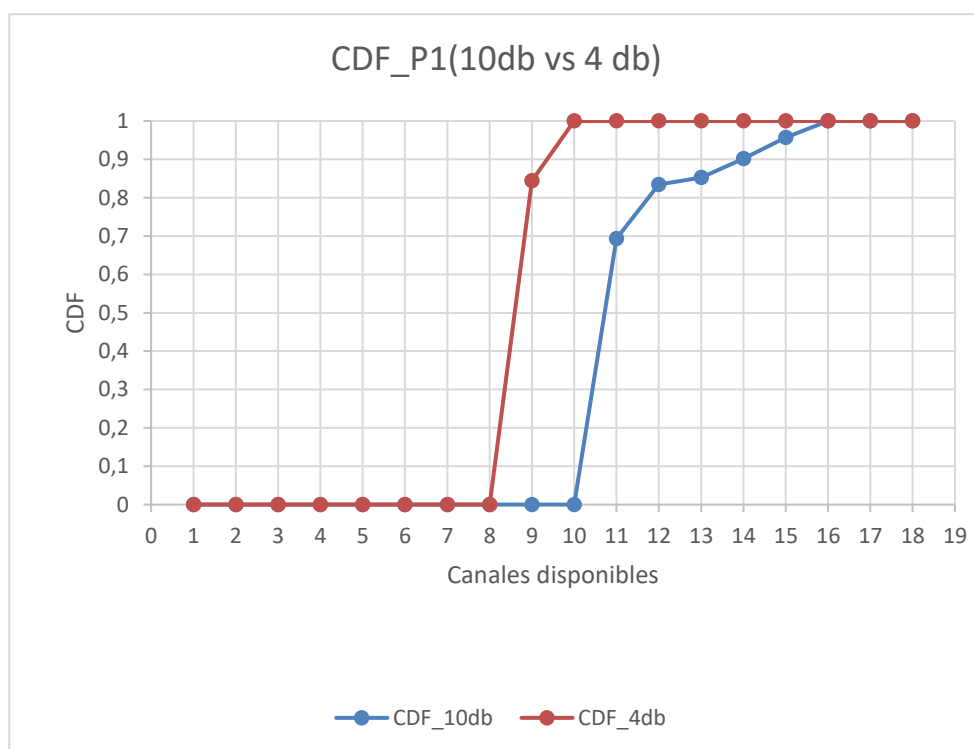


Figura 3.7: CDF (10db vs 4db) en piso 1.

La Figura 3.7 muestra el comportamiento entre los dos valores umbral sobre el nivel de ruido evidencia que existe una mejor predisposición a disponibilidad de canal con 10 db sobre el nivel de ruido, mostrando mayor número de canales disponibles en este piso, es decir, entre 11 y 16 canales.

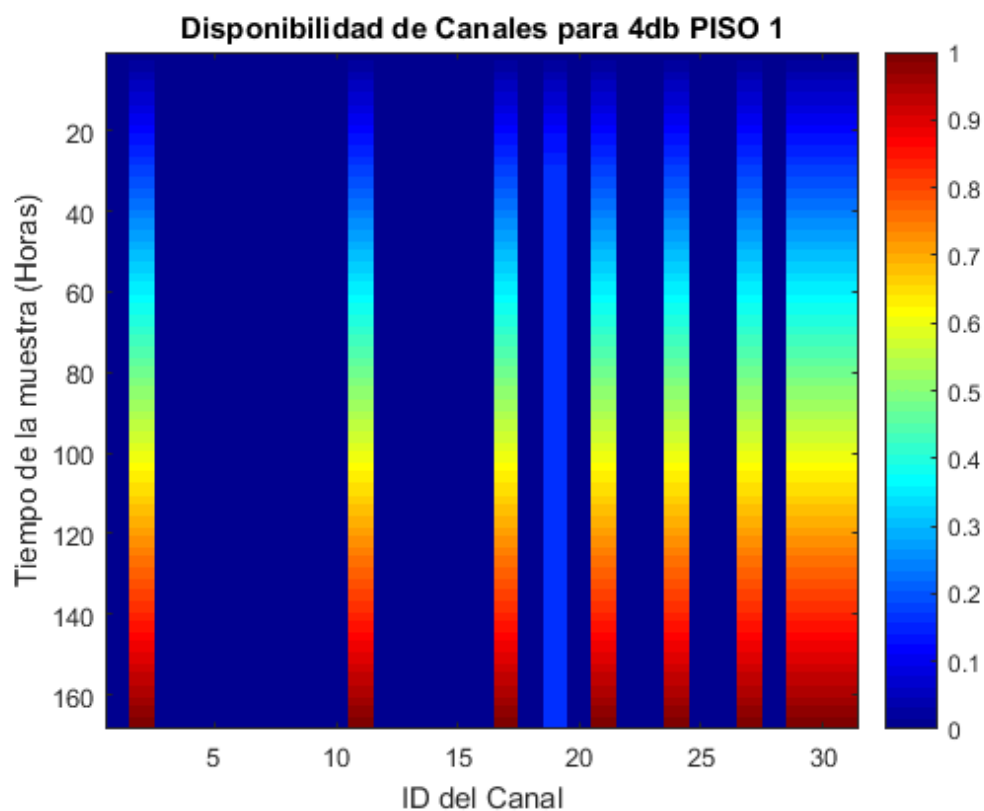


Figura 3.8: Disponibilidad de Canales en piso 1 con 4db.

Se aprecia que con un nivel umbral de 4 db en el piso 1 existen 9 canales que presentan disponibilidad al mismo tiempo, esta disponibilidad se representa por el color rojo en la Figura 3.8. Los canales asignados al color rojo muestran probabilidades entre el 80% y 100% de que el evento de un canal no registre recepción de señal y este libre.

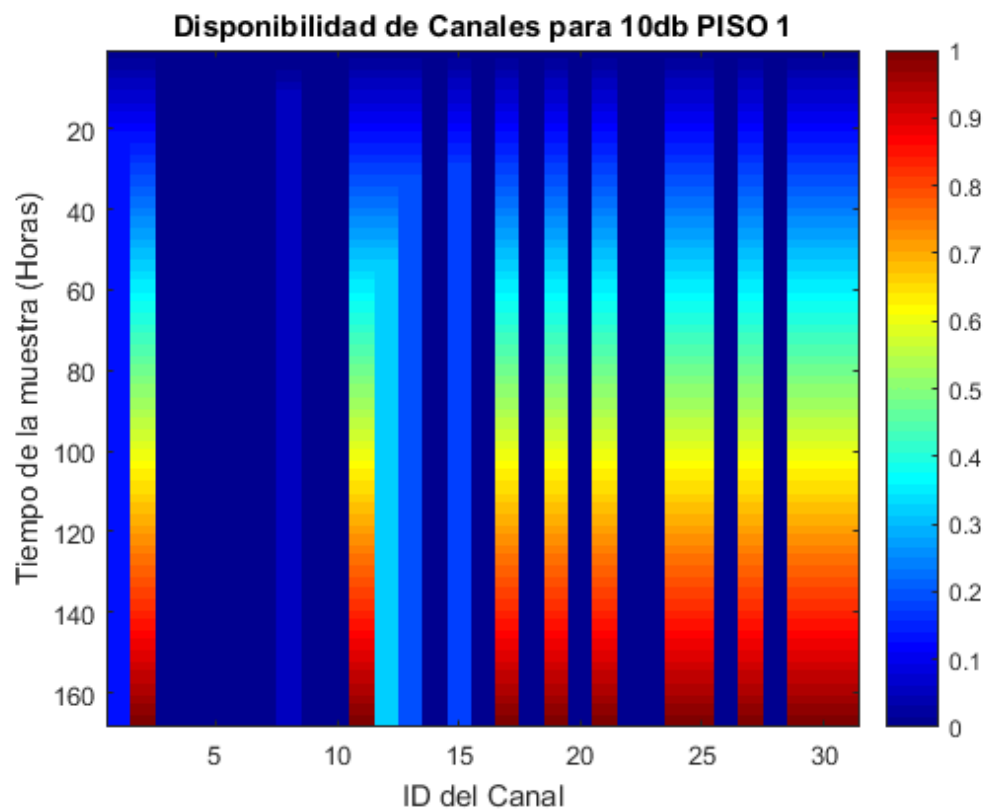


Figura 3.9: Disponibilidad de Canales en piso 1 con 10db.

Con igual rango de probabilidad de ocurrencia que en la Figura 3.8, se cuentan 11 canales disponibles, coincidiendo en el canal 2, 11, 17, 21, 24, 27, 29, 30 y 31, aumentando solo 2 canales disponibles al momento de contrastar las figuras 3.8 y 3.9.

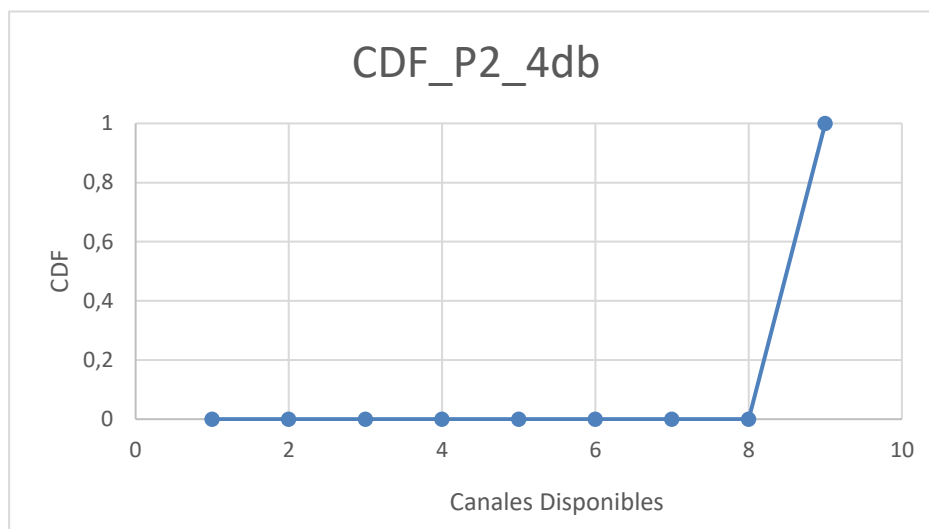


Figura 3.10: CDF en piso 2.

La representación de la distribución de probabilidad acumulada de que el evento de disponibilidad en el piso 2 ocurra en un mismo intervalo de tiempo y con un nivel umbral de 4 db por encima del nivel de ruido está representado en la Figura 3.10 de donde podemos asegurar que, siempre existirán entre 8 y 10 canales disponibles al mismo tiempo.

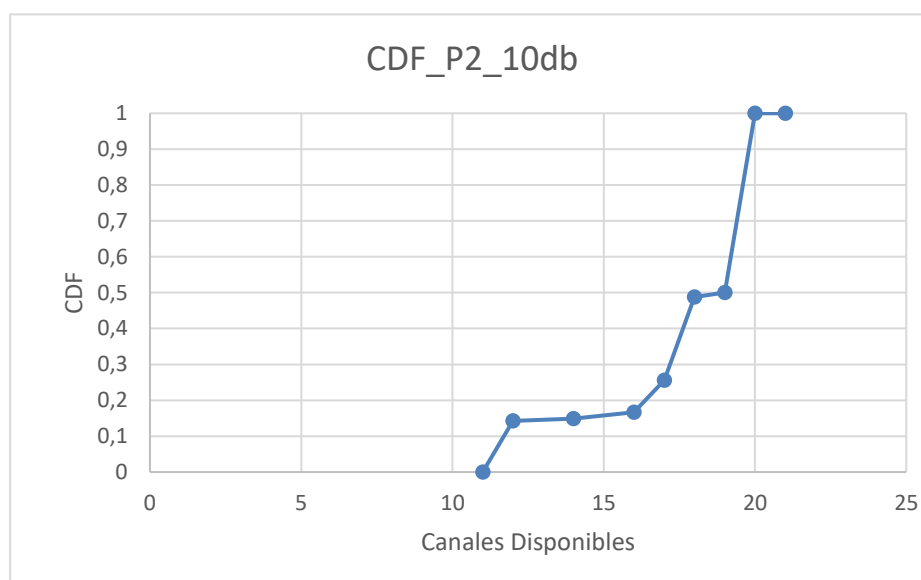


Figura 3.11: CDF en piso 2.

De la Figura 3.11 de CDF correspondiente al piso 2 con un nivel umbral de 10 db sobre el piso de ruido observamos que existe 50% de probabilidad de que 19 canales estén libres simultáneamente.

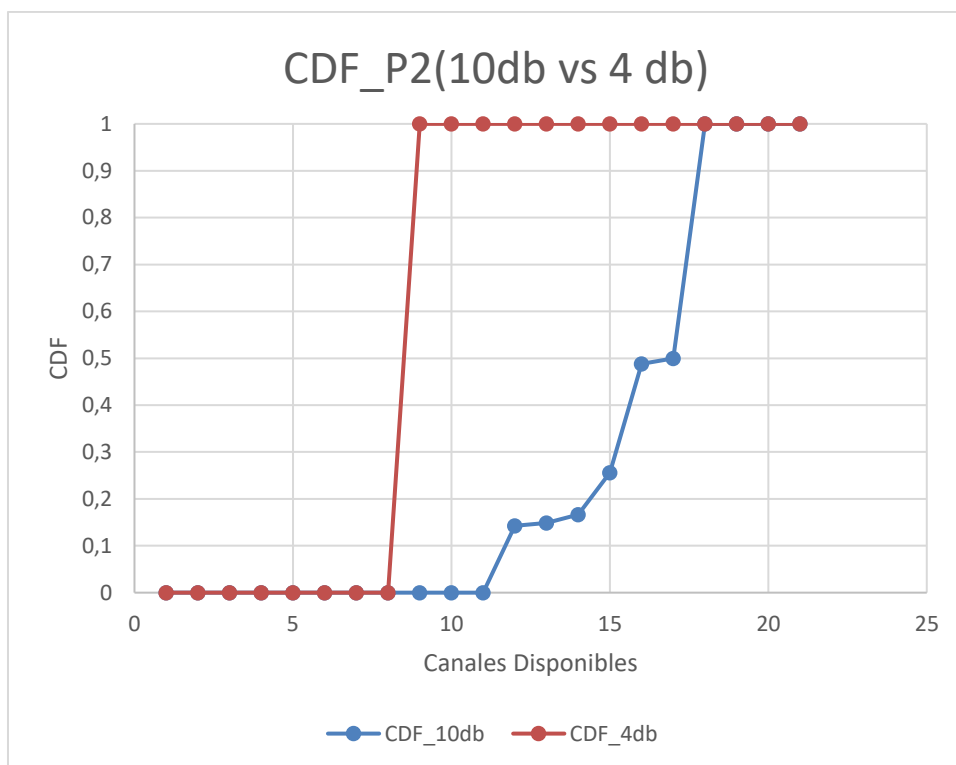


Figura 3.12: CDF (10db vs 4db) en piso 2.

Para este piso como se ilustra gráficamente en la Figura 3.12 existe mayor disponibilidad con el umbral de 4 db ya que existen numéricamente más canales disponibles que con el umbral de 10 db, también se puede inferir que es seguro que 18 canales presenten disponibilidad al mismo tiempo.

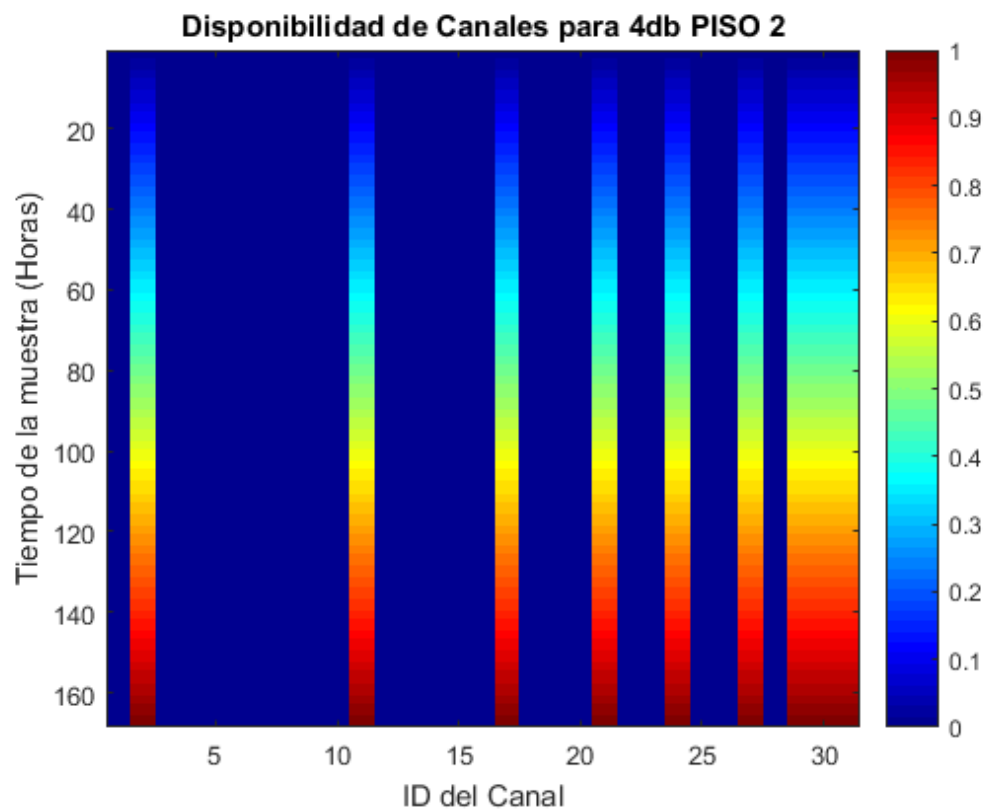


Figura 3.13: Disponibilidad de canales en piso 2 con 4 db.

En el piso 2 existen 9 canales disponibles al mismo tiempo, representados por las barras en color rojo que se aprecian en la Figura 3.13, al comparar este grafico con el del piso 1 en la Figura 3.11 ya que comparten el mismo valor umbral, notamos que no existe variación en el número de canales disponibles pues el piso 1 tiene 9 canales disponibles al igual que el piso 2.

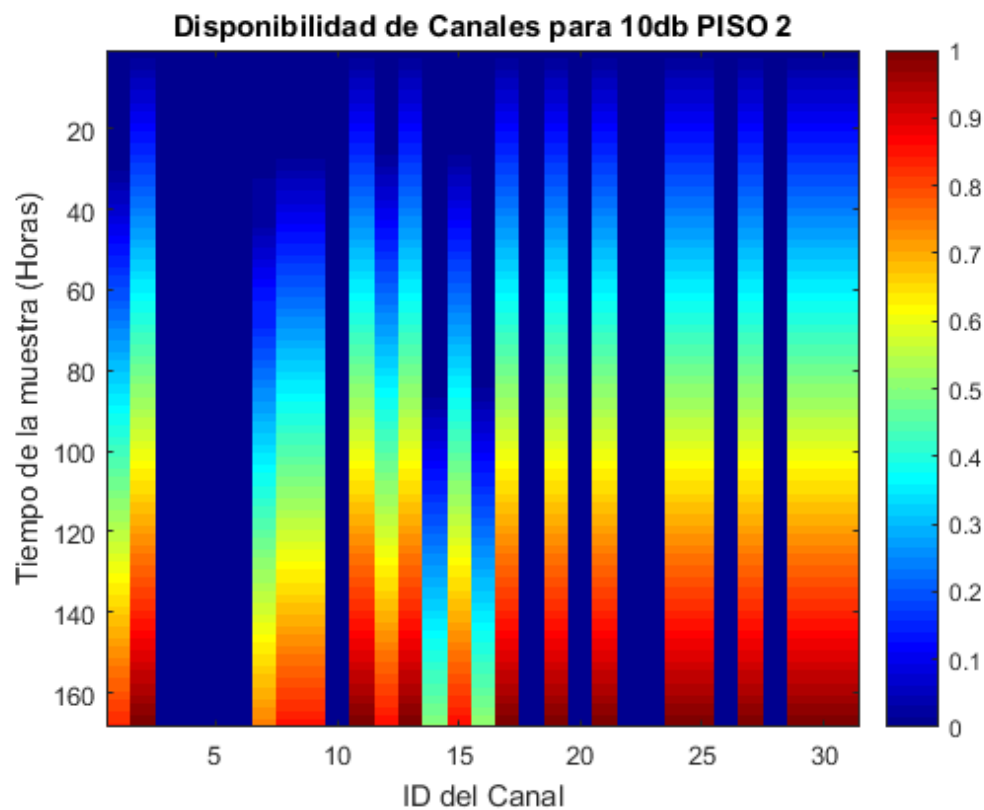


Figura 3.14: Disponibilidad de canales en piso 2 con 10db.

Al observar la disponibilidad en el piso 2 con 10 db como nivel umbral notamos que aumenta un canal disponible respecto a la Figura 3.13 donde el umbral es 4 db para el mismo piso y también se observa que aumentan los rangos de probabilidad de disponibilidad, varían entre el 75% y 100%.

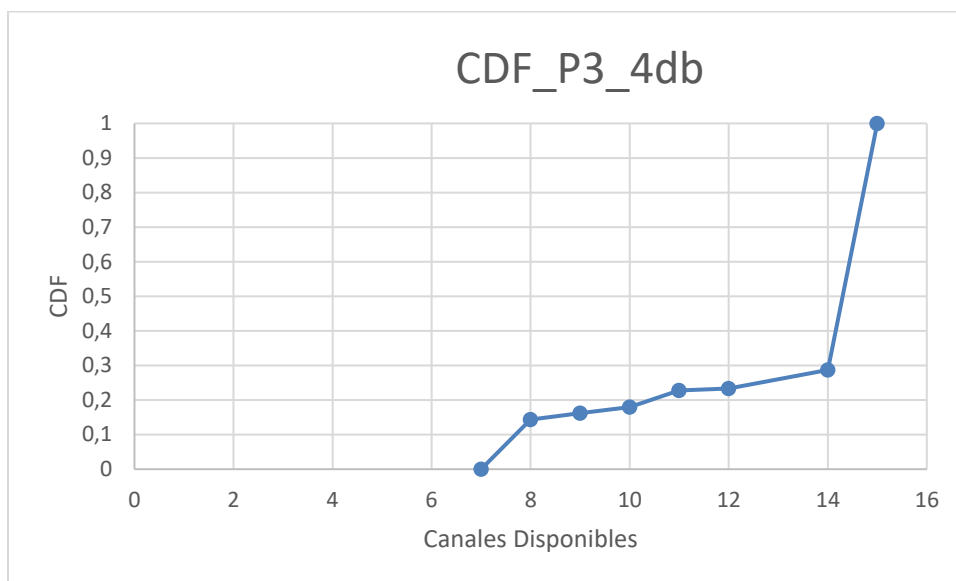


Figura 3.15: CDF en piso 3.

El área bajo la curva de la figura 3.15 presenta disponibilidad en 14 canales con probabilidad de 29% y nivel umbral de 4 db por encima del nivel de ruido.

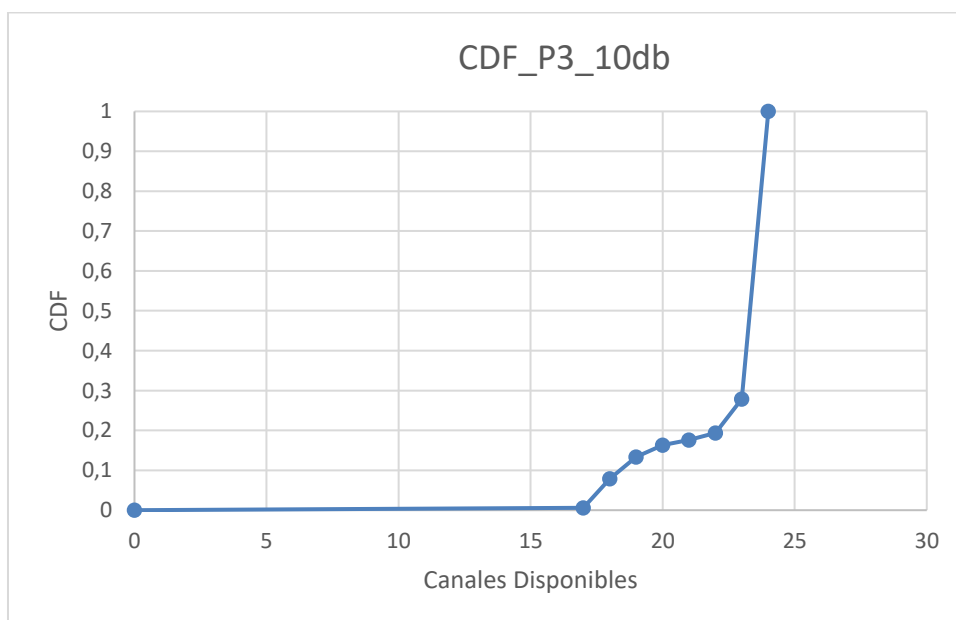


Figura 3.16: CDF en piso 3.

Contrastando la Figura 3.15 con la 3.16 se observan variaciones significativas en cuanto a la cantidad de canales disponibles considerados como disponibles, cada grafica con su respectivo nivel umbral sobre el piso de ruido, se puede concluir que la Figura 3.16 se obtienen 8 canales disponibles, disminuyendo en una unidad de los pisos 1 y 2 respectivamente.

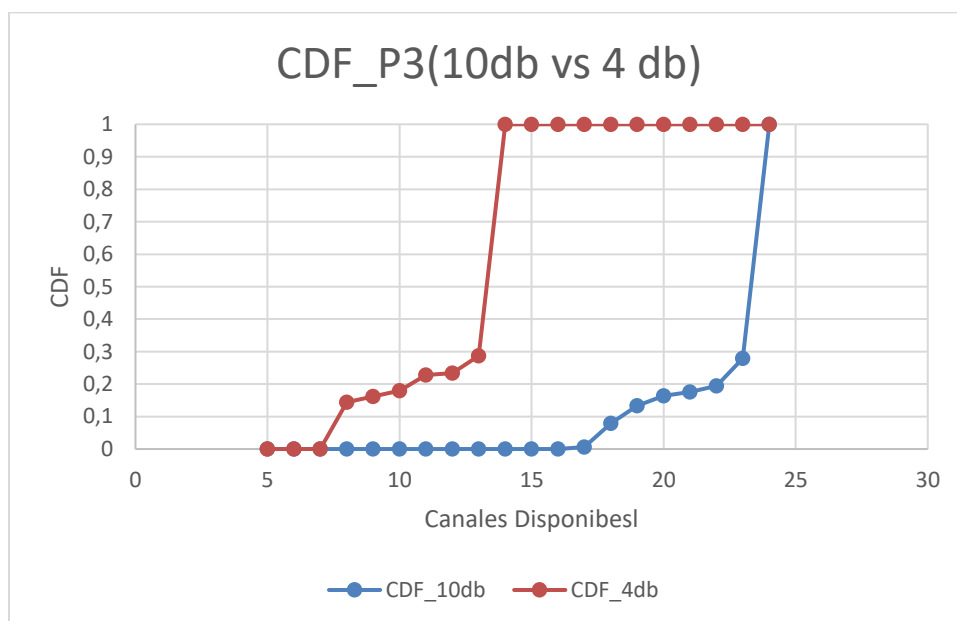


Figura 3.17: CDF (10db vs 4db) en piso 3.

En la Figura 3.17 se hace una comparación entre graficas del mismo piso con niveles de umbral diferentes, de donde se muestra que existe solo un desfase entre las curvas, pues muestran un comportamiento similar.

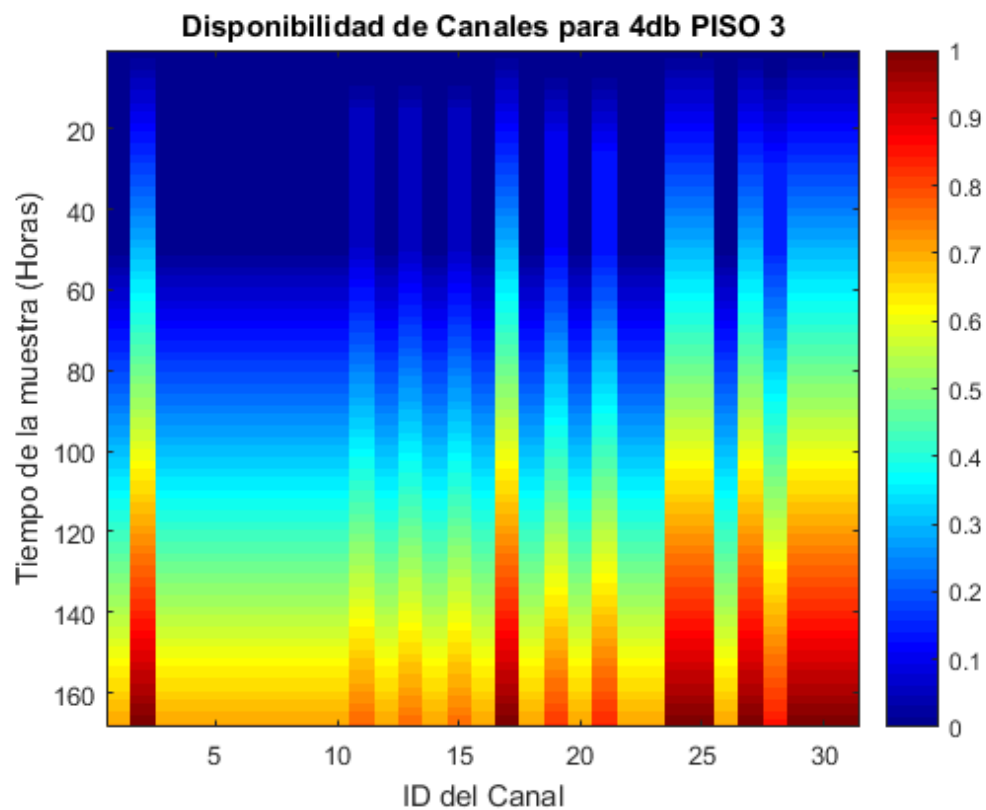


Figura 3.18: Disponibilidad de canales en piso 3 con 4db.

La Figura 3.18 correspondiente al piso 3 con 4db de nivel umbral sobre el piso de ruido, ilustra 8 canales que muestran disponibilidad al mismo tiempo, reduciendo en una unidad a la disponibilidad de canales en el piso 3 con 4db representado por la Figura 3.14.

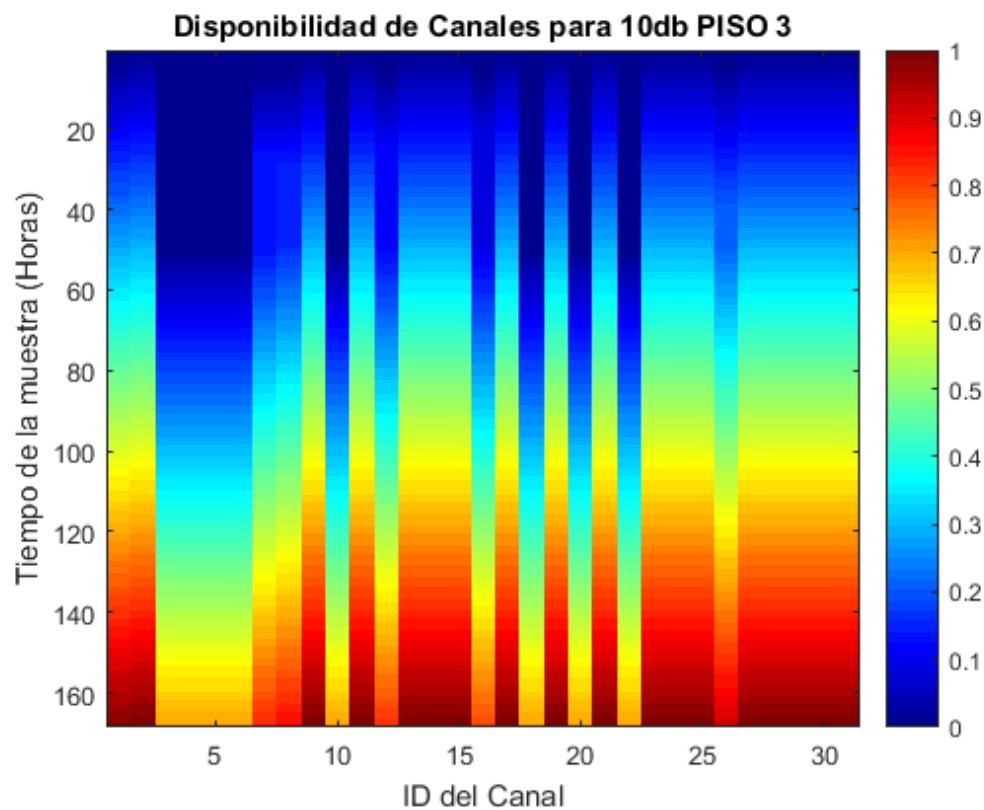


Figura 3.19: Disponibilidad de canales en piso 3 con 10db.

La Figura 3.19 correspondiente al piso 3 con 10db presenta alta disponibilidad con un total de 18 canales disponibles, aumentando 10 canales respecto a la Figura 3.18 con umbral de 4 db.

3.6 Canales conjuntos

El análisis de disponibilidad conjunta de canales se realiza para 2, 3 y 4 canales conjuntos con los valores umbrales de 4db y 10 db respectivamente para cada piso, el procedimiento es similar al análisis de disponibilidad individual de canales.

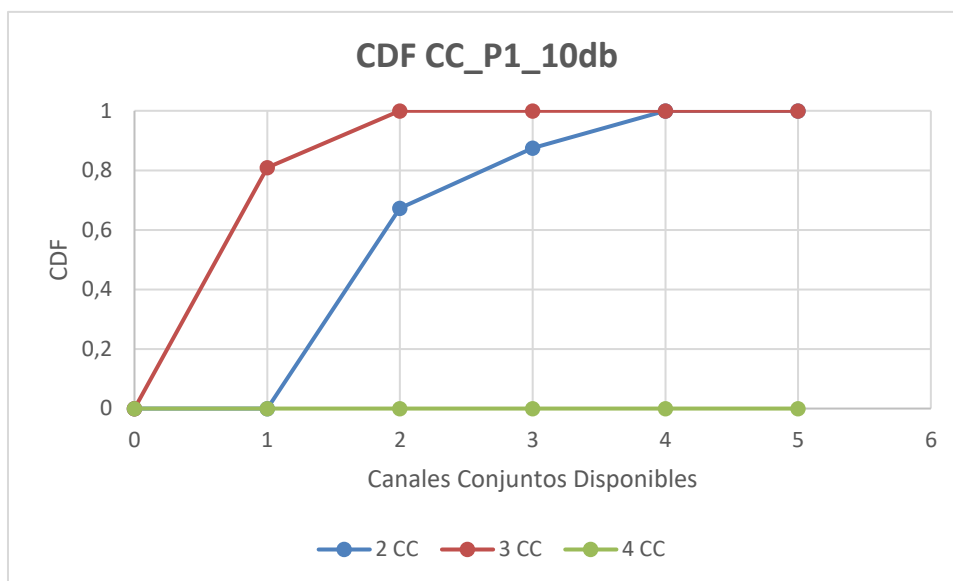


Figura 3.20: CDF Canales Conjuntos Disponibles en piso 1 con 10db.

La Figura 3.20 muestra la disponibilidad de canales conjuntos disponibles con un nivel umbral de 10db en el piso 1, donde se observa que para 4CC la probabilidad de disponibilidad es cero. Contrariamente al caso de 4CC se puede apreciar la curva correspondiente a 2CC con 4 canales disponibles y la curva de 3CC con 5 canales disponibles coincidiendo ambas curvas entre los rangos de 1 y 4, lo que significa que para 2 canales conjuntos y 3 canales conjuntos siempre existirán entre 1 y 4 canales disponibles.

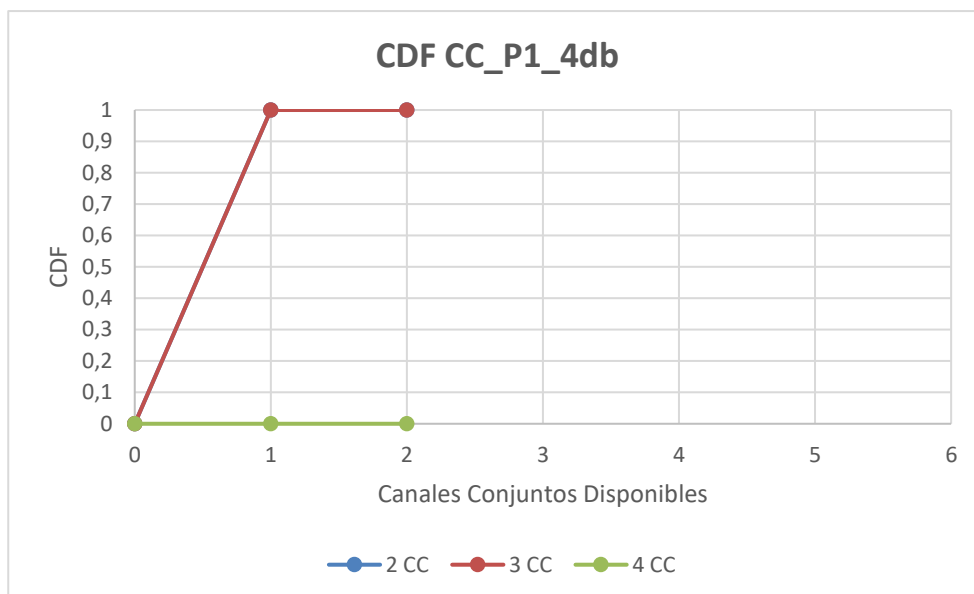


Figura 3.21: CDF Canales Conjuntos Disponibles en piso 1 con 4db.

Para el caso de análisis en piso 1 con 4db se observa que la probabilidad para 2CC y 3CC muestra disponibilidad en 2 canales pues presentan el mismo comportamiento, las gráficas son idénticas y se encuentran superpuestas. En el análisis de 4CC se observa que no existe disponibilidad en dos canales, en este piso y con 4db.

En el piso 1 se observa que al realizar el análisis con 10db obtenemos un mayor número de canales disponibles conjuntos, por lo que se podría decir que con el nivel umbral de 10db se tiene mejor respuesta que con el umbral de 4db, para 2CC, 3CC y 4CC

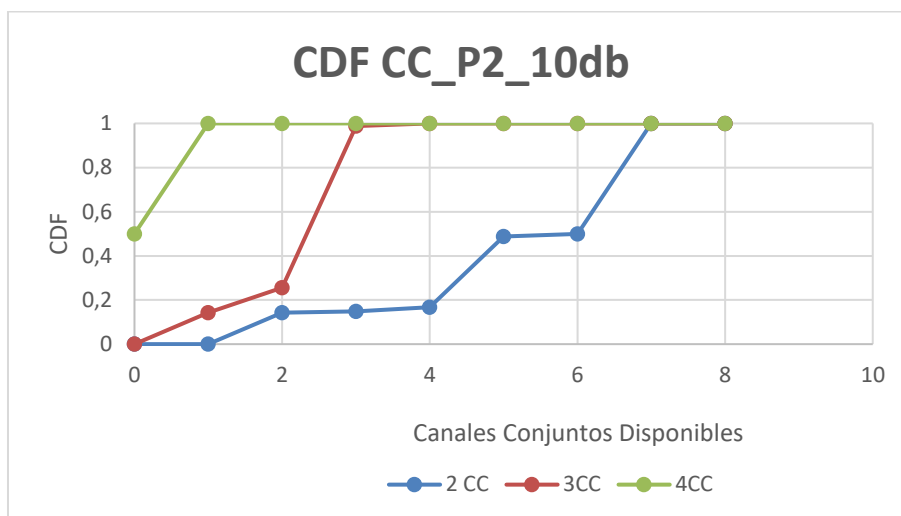


Figura 3.22: CDF Canales Conjuntos Disponibles en piso 2 con 10db.

La Figura 3.22 de CDF en el piso 2 muestra para el caso de 2CC el total de 6 canales disponibles de modo conjunto, en 3CC se obtienen 3 canales disponibles, también se observa que la probabilidad de que 8 canales estén disponibles conjuntamente en el análisis 4CC es del 50%, el porcentaje restante pertenece al evento a de 0 canales estén disponibles.

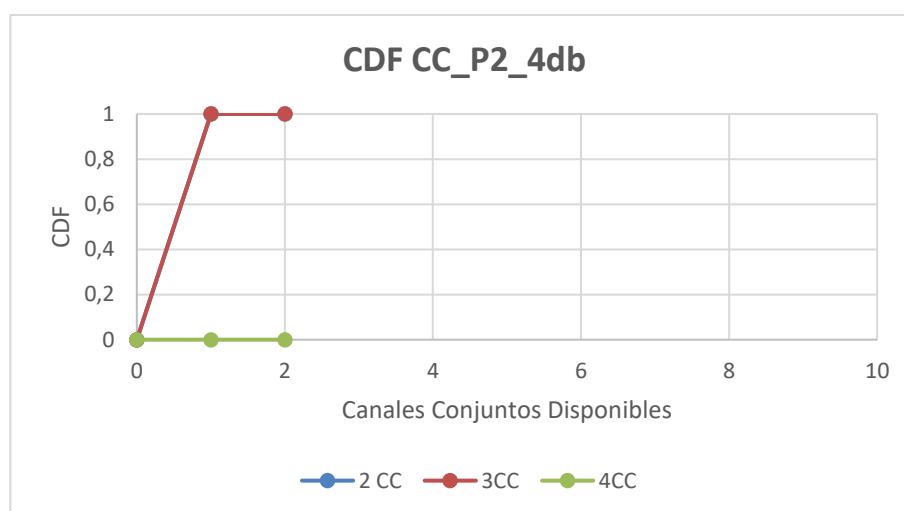


Figura 3.23: CDF Canales Conjuntos Disponibles en piso 2 con 4db.

En cuanto al análisis 4CC se aprecia en la Figura 3.23 que la probabilidad de que 2 canales estén disponibles es nula, contrariamente al caso del análisis 3CC y 2CC donde se evidencia un comportamiento similar, superponiéndose las dos gráficas, indicando que existirá disponibilidad conjunta en 2 canales. En el piso 2 al igual que en el piso 1 se tiene un mayor número de canales disponibles para el análisis de 2CC, 3CC y 4CC con un valor umbral de 10db.

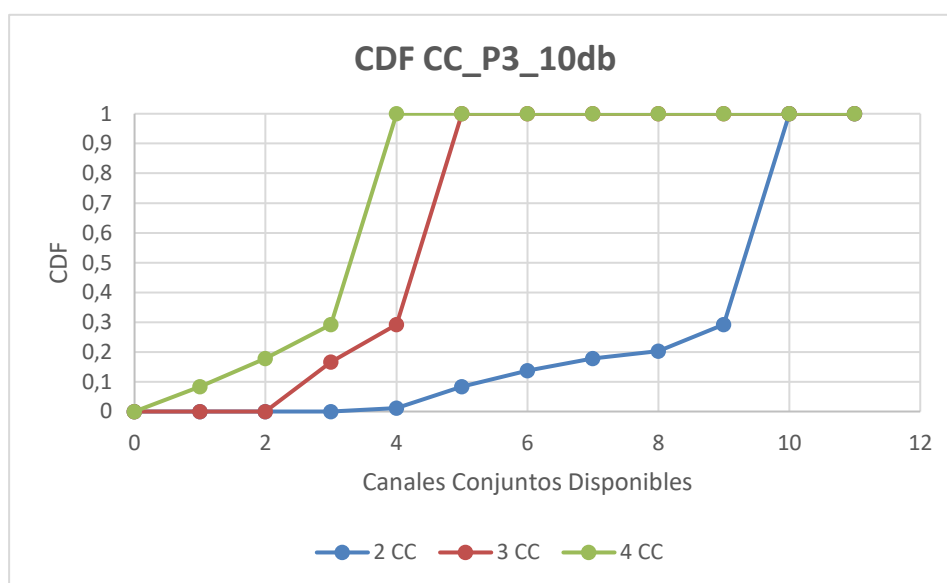


Figura 3.24: CDF Canales Conjuntos Disponibles en piso 3 con 10db.

De la Figura 3.24 se observa un comportamiento muy similar entre las curvas del análisis conjunto, donde se encuentran hasta 11 canales disponibles para 4CC, 3 canales disponibles para 3CC y 6 canales disponibles para 2CC.

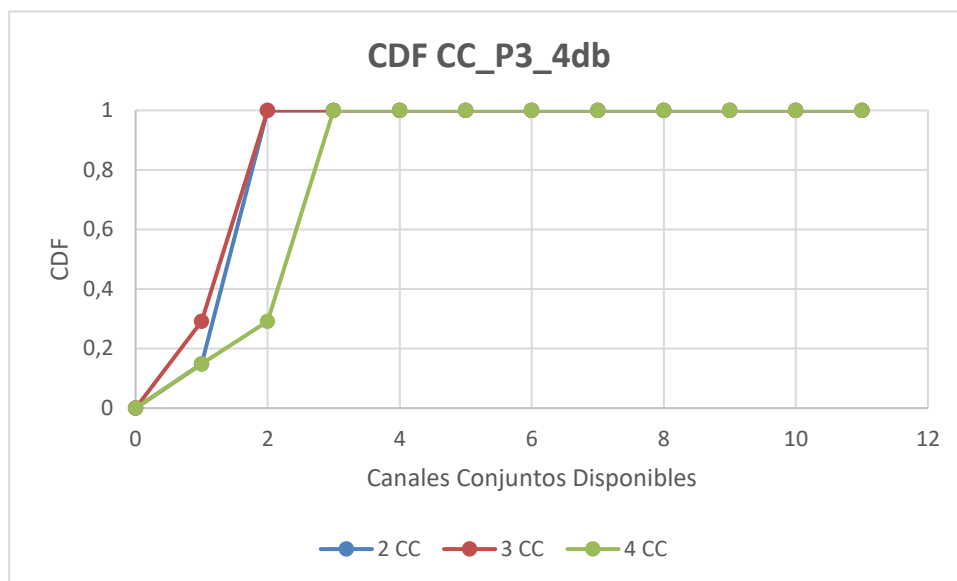


Figura 3.25: CDF Canales Conjuntos Disponibles en piso 3 con 4db.

En la Figura 3.25 se puede apreciar que para 2CC, 3CC y 4CC existen 11 canales disponibles para un umbral de 4db. Comparando las gráficas entre 4db y 10db en el piso 3 se obtiene una mejor respuesta con 10db pues presenta mayor número de canales disponibles.

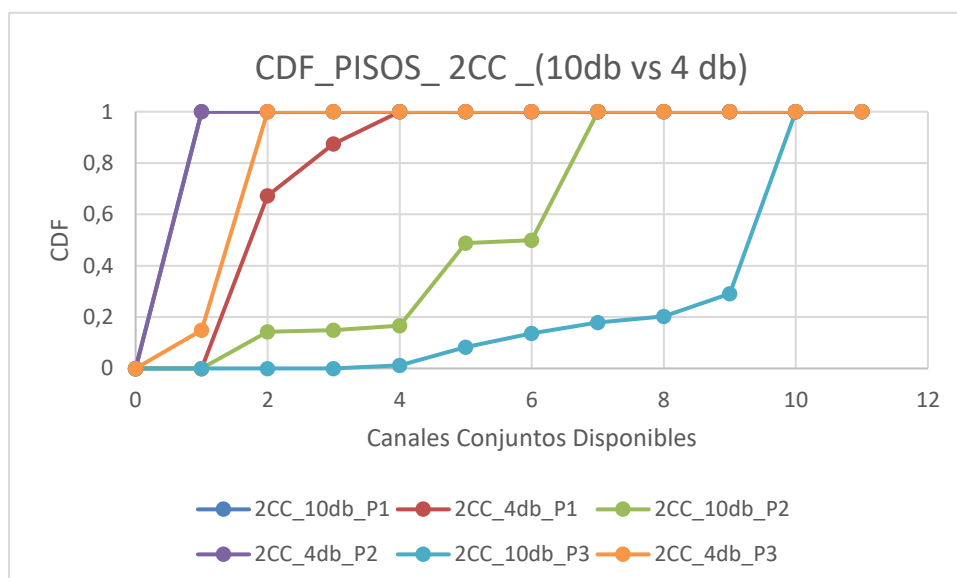


Figura 3.26: CDF Dos Canales Conjuntos Disponibles en Pisos.

La Figura 3.26 ilustra la tendencia de probabilidad de disponibilidad de todos los pisos para el caso de análisis de 2 canales conjuntos, en todos los pisos del edificio, las líneas de color morado, rojo y naranja representan el análisis en 4db y visiblemente con este nivel umbral se encuentran menor número de canales disponibles conjuntamente.

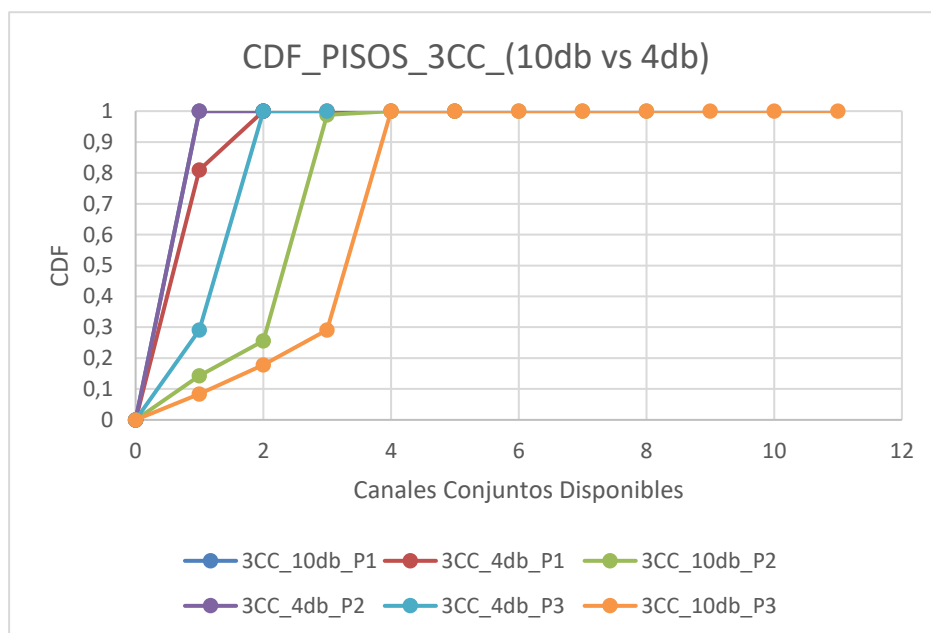


Figura 3.27: CDF Tres Canales Conjuntos Disponibles en Pisos.

La distribución de probabilidad de disponibilidad de 3 canales conjuntos en todos los pisos del edificio se ilustra en la Figura 3.27, en esta figura se observa que existen más canales disponibles con el umbral de 10db. Contrastando estos resultados con los obtenidos en la Figura 3.26, se puede inferir que al igual que en el análisis de 2CC en todos los pisos la disponibilidad es menor con el umbral de 4db.

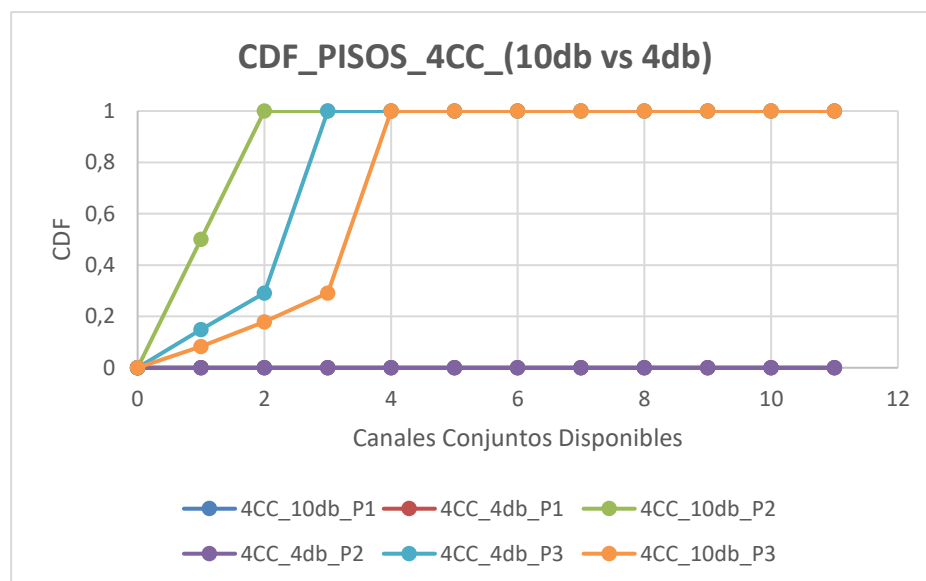


Figura 3.28: CDF Cuatros Canales Conjuntos Disponibles en Pisos.

Las curvas del piso 1 para 4db como para 10db muestran un comportamiento idéntico al igual que para el piso 2 con 4db, por lo que esta estas curvas se superponen en el eje horizontal presentando ninguna disponibilidad, quedando así la curva de 10db para el piso 2 en color verde, la curva de 4db del piso 3 en celeste y la curva de 10db en color naranja.

Para este análisis de 4CC se mantiene la tendencia de una mejor respuesta al incluir 10db como nivel umbral para la determinación de canales disponibles.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los canales que muestran niveles de potencia superiores al nivel umbral que es 4 db sobre el piso de ruido y 10 db sobre el piso de ruido se consideran como canales disponibles.

4.1 Función de Distribución Acumulada para los Canales Individuales Disponibles.

En la Figura 4.1 se representan los resultados del análisis individual de canales disponibles en 3 pisos del condominio Orellana umbrales de 10db y 4db, la ilustración compara los resultados obtenidos por piso y umbral, se puede observar que el nivel umbral necesario para obtener un mayor número de canales disponibles en el piso 3 es el de 4db.

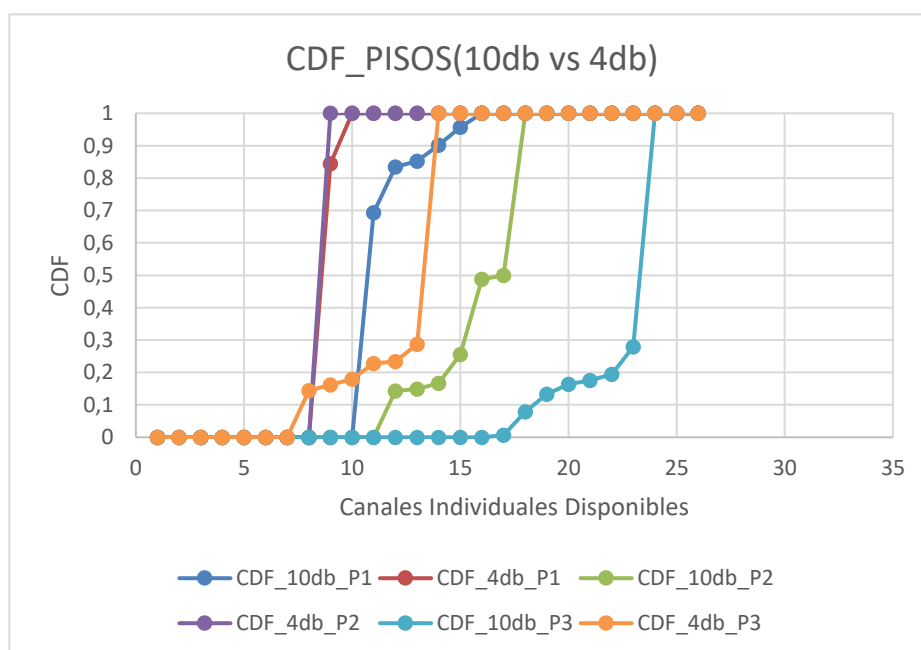


Figura 4.1: CDF_PISOS (10db vs 4db).

4.2 Función de Distribución Acumulada para la Disponibilidad Conjunta de Canales.

Respecto al análisis conjunto de la Figura 4.2 sobre disponibilidad conjunta de canales de televisión en la banda UHF-TV se puede inferir que el nivel umbral con el que se pueden encontrar la mayor numero de canales conjuntos disponibles es con 10db.

En el análisis con 4CC se puede observar que coinciden la mayoría de estas curvas en presentar una probabilidad nula de ocurrencia, es decir para 4CC tendremos mucha menos disponibilidad.

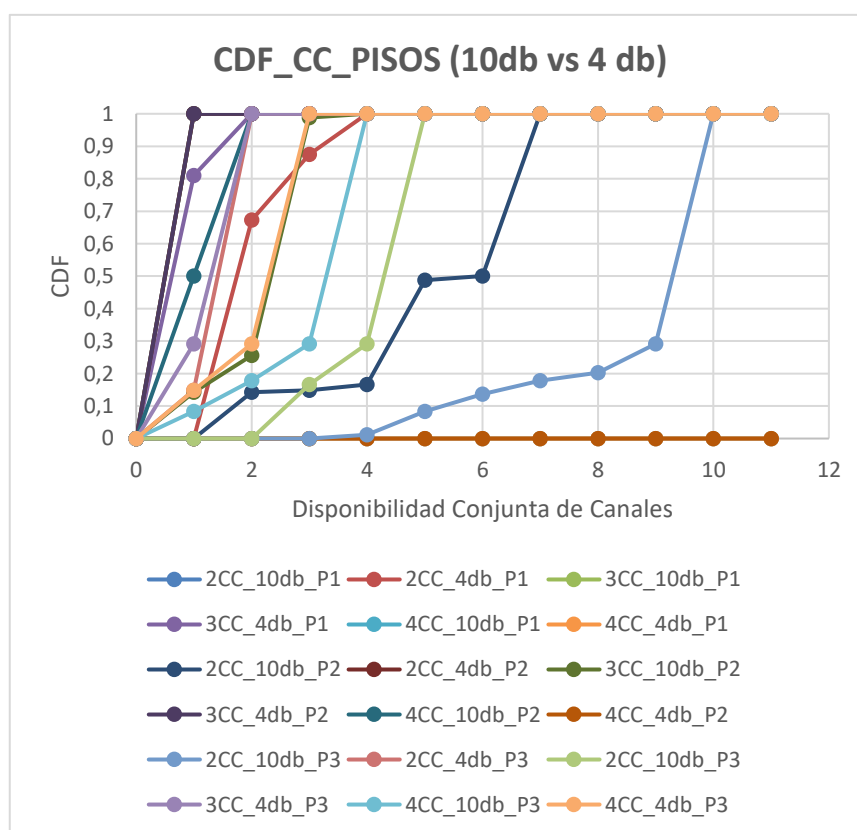


Figura 4.2: CDF_CC_PISOS (10db vs 4db).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para que el dispositivo usado como medidor de la potencia de señal en los canales de televisión en la banda UHF-TV pueda realizar la adquisición de datos por un tiempo prolongado y no se inhiba por los cambios de temperatura se debe eliminar la cubierta plástica que en principio posee unas rejillas para disipar el calor pero en tiempos prolongados de actividad, superiores a 12 horas no registra funcionalidad alguna, por lo que es recomendable eliminar la cubierta plástica para obtener así datos de forma continua para el análisis.

Es viable la implementación de sistemas con capacidad OSA dentro de este condominio para aliviar la saturación en los sistemas de comunicación presentes en este sitio, el tercer piso medido presenta el mayor número de canales disponibles, resultado que se esperaba debido a que es la planta baja, teniendo un total de 18 canales disponibles en el análisis individual usando un valor umbral de 10 db sobre el nivel de ruido.

En los análisis con valor umbral de 10db se encuentra una mejor respuesta en disponibilidad de canales conjuntos, es decir al usarse este umbral el número de canales libres es mayor en todos los pisos. Encontramos también que para 4CC la disponibilidad conjunta en el piso 1 es nula, no existe disponibilidad para ningún nivel umbral, sucede lo mismo para el piso 2 con un umbral de 10db.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Mintic, "espectro radioeléctrico", Gobierno de Colombia, Colombia, 2017.

[2] NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ANALÓGICA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES (Resolución No. 1779-CONARTEL-01). 2017, pp. 2-5.

[3] Canal de televisión", Es.wikipedia.org, 2017. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Canal_de_televisi%C3%B3n. [Accessed: 28-Sep- 2017].

[4] "Propagation", Wikipedia, 2017. [Online]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Propagaci%C3%B3n>. [Accessed: 02- Oct- 2017].

[5] J. Gómez Ponce, "MODELADO DE LA DISPONIBILIDAD DE CANALES DE LA BANDA UHF - TV PARA EL USO POTENCIAL DE SISTEMAS CON ACCESO OPORTUNISTA AL ESPECTRO (OSA) EN UNA ZONA URBANA", Ingeniero, Espol, 2015.

[6] M. Camacho, "Introducción al SDR", Hacking Ético, 2017. [Online]. Available: <https://hacking-etico.com/2016/05/05/introduccion-al-sdr/>. [Accessed: 28- Sep- 2017].

[7] C. Gómez Abajo, "Ya es posible transmitir datos a través del UHF de televisión", BBC, 2017.

[8] "El desarrollo de la tecnología Super Wifi podría llevar internet a todos" , Expansión,2013.[Online].Available:<http://expansion.mx/tecnologia/2013/01/31/el-desarrollo-de-la-tecnologia-super-wifi-podria-llevar-internet-a-todos>. [Accessed: 03- Oct- 2017].

[9] Modelos de Propagación en Interiores, 2nd ed. Sevilla, España: Camargo Olivares José Luis, 2017, pp. 143-147.

[11] Qing Zhao; Sadler, B.M., "A Survey of Dynamic Spectrum Access," Signal Processing Magazine, IEEE , vol.24, no.3, pp.79,89, May 2007

[12] Ofcom, Sep. 2013. TV white spaces: approach to coexistence. Technical analysis. Tech. rep., Ofcom

[13] Federal Communications Committee, Mobile Broadband: The benefits of additional spectrum. Technical Report, Federal Communications Committee (FCC), 2010

ANEXOS

3.9 Tabla de Canalización de la banda IV asignada a los sistemas de televisión.

RANGO DE FRECUENCIAS (MHZ)	BANDA	CANAL		PORTADORAS		NOMBRE_CANAL
	IV		Video	Sonido		
(500-506)		19	501.25	505.75		
(506-512)		20	507.25	511.75		
(512-518)		21	513.25	517.75	digital	ECUADOR-TV
(518-524)		22	519.25	523.75	LIBRE	LIBRE
(524-530)		23	525.25	529.75	digital	ECUAVISA
(530-536)		24	531.25	535.75	analogico	CANAL.TV
(536-542)		25	537.25	541.75	digital	RTS
(542-548)		26	543.25	547.75	analogico	OROMAR
(548-554)		27	549.25	553.75	digital	TELEAMAZONAS
(554-560)		28	555.25	559.75	analogico	
(560-566)		29	561.25	565.75	digital	TC
(566-572)		30	567.25	571.75	analogico	RTU
(572-578)		31	573.25	577.75	digital	
(578-584)		32	579.25	583.75	analogico	
(584-590)		33	585.25	589.75	digital	CANAL UNO
(590-596)		34	591.25	595.75	analogico	
(596-602)		35	597.25	601.75	digital	OROMAR
(602-608)		36	603.25	607.75	analogico	TV SATELITE
(614-620)		38	615.25	619.75	analogico	RED TV ECUADOR
(620-626)		39	621.25	625.75	digital	TVS
(626-632)		40	627.25	631.75	analogico	ESPOL TV
(632-638)		41	633.25	637.75	digital	RTU
(638-644)		42	639.25	643.75	analogico	UCSG
(644-650)		43	645.25	649.75	analogico	
(650-656)		44	651.25	655.75	LIBRE	LIBRE
(656-662)		45	657.25	661.75	digital	UCSG
(662-668)		46	663.25	667.75	analogico	ABC-TV
(668-674)		47	669.25	673.75	digital	LIBRE
(674-680)		48	675.25	679.75	analogico	LIBRE
(680-686)		49	681.25	685.75	LIBRE	LIBRE
(686-692)		(686-692)			LIBRE	LIBRE
(692-698)		(692-698)			LIBRE	LIBRE

