

**1**  
**DECIMOQUINTA CONVOCATORIA PARA EL FOMENTO DE LA INVESTIGACIÓN Y LA INNOVACIÓN 2020**

<b>Título del proyecto</b>	
Análisis de la disponibilidad de huecos espectrales en televisión en el territorio Colombiano.	
<b>Campo de acción</b>	<b>Transdisciplinariedad - Aporte al PIM</b>
Sociedad	<p>El proyecto se articula dentro del subobjetivo 3.5.2. <i>Establecer convenios que faciliten la cooperación académica para el desarrollo de las Funciones Sustantivas.</i> Dentro la línea de acción 3 proyección social e investigación pertinentes y el objetivo 3.5 Aumentar de manera progresiva y sostenible la cooperación académica con otras instituciones nacionales e internacionales.</p> <p>Ya que se trabajará en la relación que se tiene con la Agencia Nacional de Espectro (ANE), alrededor de estudios que lleven a facilitar la apropiación de la tecnología de espacios en blanco en televisión en Colombia.</p>
<b>Articulación con funciones sustantivas y el sector social y productivo</b>	
<p>El presente análisis utiliza los resultados del proyecto “Plataforma de software para el uso de los espacios en blanco en Colombia”, del convenio especial de cooperación No. 23 de 2018 entre la Agencia Nacional del Espectro (ANE) y La universidad Santo Tomás (USTA), para obtener los datos de Altura Promedio del Terreno (HAAT, por sus siglas en inglés) y canales disponibles de televisión sobre todo el territorio nacional, de manera que puedan ser procesados en mapas de calor que faciliten el análisis de la disponibilidad de huecos espectrales.</p> <p>De manera general el proyecto se articula con la función sustantiva de docencia, ya que se utilizan los conocimientos de propagación propios de la ingeniería de telecomunicaciones que son base de asignaturas como antenas y propagación, radiodifusión, y comunicaciones móviles, además aplica conocimientos de materias como lógica de programación, programación orientada a objetos, y programación aplicada. Los resultados obtenidos en el presente proyecto son un ejemplo de lo que se puede hacer con dichos conocimientos, presentando una problemática técnica y la manera de abordarla desde la investigación.</p> <p>En relación con la función sustantiva de proyección social el proyecto refleja un claro relacionamiento con el entorno, específicamente con entidades gubernamentales como la ANE. Haciendo una investigación pertinente que se desarrolla en un contexto real, y que permite la transformación del entorno mediante la generación de redes de conocimiento con impacto y visibilidad nacional. El impacto en la sociedad se manifiesta en dos aspectos: el primero al visualizar la cobertura de TVWS en Colombia permite que la toma de decisiones y adaptación de los modelos empleados se base en datos, y segundo en el sector productivo porque de esta manera se habilita el mercado en Colombia para los proveedores de: equipos TVWS, de servicios de internet y de otras tecnologías que requieran conectividad.</p>	
<b>Grupo de investigación</b>	<b>Línea de investigación en la que se inscribe el proyecto</b>
<p>Grupo INVTEL (B) – Línea Regulación TIC: El proyecto se enmarca en la línea de regulación TIC porque los dos conceptos técnicos que se entregan como resultado buscan sustentar con datos la medida de HAAT tomada en la resolución 461 de 2017 de la ANE, y determinar si el</p>	

modelo de cálculo implementado en la plataforma de software para el uso de Espacios en blanco en televisión (TVWS, por sus siglas en inglés) de la misma resolución permite una disponibilidad suficiente que aporte valor a la función misional de la ANE. Impactando de alguna manera en las decisiones regulatorias o normativas de la ANE.

Nombre del Investigador principal	Enlace CvLAC	Enlace ORCID	
Mónica Espinosa	<a href="http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000844969">http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000844969</a>	<a href="https://orcid.org/0000-0002-9579-678X">https://orcid.org/0000-0002-9579-678X</a>	https
División	Facultad	Programa	
Ingenierías	Ingenierías	Ingeniería de Telecomunicaciones	
Nombre del Co-investigador	Enlace CvLAC	Enlace ORCID	
Angela Tatiana Zona Ortiz	<a href="http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001472632">http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001472632</a>	<a href="https://orcid.org/0000-0002-9362-4802">https://orcid.org/0000-0002-9362-4802</a>	https
División	Facultad	Programa	
Ingenierías	Ingenierías	Ingeniería de Telecomunicaciones	

### Resumen de la propuesta

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo analizar la disponibilidad de Huecos Espectrales en Televisión a lo largo del territorio colombiano basado en los datos de HAAT y número de canales disponibles. Estos datos deben ser consultados a la plataforma de software de espacios en blanco en televisión, desarrollada por el grupo INVTEL en el 2018. Como resultado se emitirán dos conceptos técnicos, una estrategia de formación de docentes, un colectivo académico-, un informe final de investigación, y una tesis de la maestría de telecomunicaciones y regulación TIC.

Para poder alcanzar este objetivo es necesario desarrollar herramientas de software que permitan la automatización del proceso de consulta por parte de los puntos geográficos del país según la resolución/granularidad necesaria, establecer la estructura de datos necesaria para el almacenamiento de datos de manera que puedan ser procesados para su posterior visualización en mapas de calor. Todo este proceso requiere de desarrollo de componentes específicos en Mongo DB, elasticsearch, python, linux y visualización de mapas de calor, seleccionando la mejor manera de articular estas herramientas.



el objetivo propuesto. Además, son necesarios los conocimientos en la regulación nacional, el modelo de cálculo y el funcionamiento de la p software de espacios en blanco en Colombia, para poder analizar adecuadamente la regulación vigente y hacer las recomendaciones pertinentes. La realización del proyecto busca también fortalecer la relación, ya establecida, con la ANE en temas de investigación sobre TVWS. Dando con identificación y solución de problemáticas relacionadas con facilitar/habilitar el despliegue de TVWS en pro de la conectividad de las regiones. se adjunta carta de interés y participación.

### Problema de investigación

Colombia es uno de los países más interconectados de Latinoamérica según los indicadores del plan vive digital (Ancha & Digital, 2012). Sin embargo con pocos habitantes aun no es una realidad, debido a que estos lugares no resultan de interés económico para proveedores de infraestructura dichos municipios no están siendo eficientemente conectados, y por lo tanto no tiene la posibilidad de acceso a contenidos digitales, ni a util como IoT, IA, RV o RA. Dentro de la función misional de la ANE se encuentra facilitar el acceso al espectro electromagnético a todos los colombianos uso de diferentes tecnologías que permitan la gestión eficiente de este limitado recurso (Release, 2015), por otro lado, el MINTIC busca tener un que todos tengamos acceso a internet como un indicador importante de desarrollo.

Una tecnología que permite llevar conectividad de última milla a municipios y que utiliza el espectro electromagnético es los espacios en blanco utilización de manera gratuita y dinámica de los canales no asignados o no licenciados para el servicio de TV dentro de la banda de frecuencias que, la ANE mediante la resolución 461 de 2017 (Agencia Nacional del Espectro, 2017) ha establecido una serie de condiciones y medidas que en el país, dentro de dichas medias está el establecimiento de una base de datos para el uso de TVWS. En el 2018, la ANE junto con la Facultad de Ingeniería de la Universidad Santo Tomás han desarrollado una plataforma de software para el uso de espacios en blanco en televisión en Colombia, que permite un punto geográfico dentro del territorio colombiano.

A pesar de contar con estas condiciones y medidas por parte de la ANE, aún se desconoce a ciencia cierta si estas medidas son suficientes para que los municipios o regiones del país carentes de conectividad. Entonces la pregunta problema es ¿Sobre qué porcentaje del territorio nacional las medidas de HAAT y el modelo de cálculo implementado en plataforma de software de espacios en blanco en Colombia habilitan suficientemente el uso de TVWS entendiendo como habilitar tener disponible al menos 1 canal para su uso sin interferir el servicio de televisión.

### Justificación

TVWS es una de las tecnologías que permite brindar conectividad de última milla, utilizando el espectro radioeléctrico libre en la banda asignada y sin afectar el servicio de televisión. La ANE ha tomado medidas en su regulación para permitir la utilización de esta tecnología garantizando la conectividad, por esto ha desarrollado la plataforma de software de espacios en blanco en Colombia con unas reglas reflejadas en gran parte dentro del modelo de regulación para generar una lista de canales disponibles es que el HAAT sea menor a 800m, si esta condición se cumple se entra a verificar la no interferencia del dispositivo TVWS a licencias asignadas del servicio de televisión y con base a esto se entrega una lista de canales disponibles.

A pesar que las condiciones establecidas por la ANE en su regulación han sido ampliamente estudiadas a nivel técnico y basadas en recomendaciones la verificación de su utilidad debido a que el terreno colombiano presenta una peculiaridad por ser tan montañoso o rugoso a nivel electromagnético un análisis permita identificar que regiones del país tienen habilitado por HAAT el uso de espacios en blanco y sobre estas regiones identificar que canales de asignación actual de frecuencias al servicio de Televisión. Adicionalmente, conocer cuáles son las razones de no disponibilidad de canales en

establecer que tan adecuado es el modelo de cálculo implementado en la plataforma, dando unos primeros indicios sobre cómo podría mejorar la plataforma.

Por lo anterior, proponemos un análisis de disponibilidad de huecos espectrales en televisión para todo el territorio colombiano, de acuerdo con los canales disponibles, en diferentes puntos geográficos. El reto técnico de este análisis es utilizar, articular y aplicar correctamente todas las herramientas necesarias para consultar más de 4.570.992.000 puntos a la plataforma, almacenarlos, procesarlos y visualizarlos en mapas de calor. En relación con el conocimiento experto y la capacidad consultoría alrededor de la tecnología TVWS, que la Universidad Santo Tomás está desarrollando, ya que como desarrollo de detalle del modelo de cálculo somos capaces de determinar posibles mejoras o medidas para mejorar las condiciones para que esta tecnología sea viable. Los resultados de este análisis permitirán establecer el impacto que podría tener la entrada y utilización de esta tecnología en el territorio nacional y de las regiones, y a nivel productivo con todo lo que puede generar en desarrollo económico, social y educativo que una región esté conectada.

### Objetivo general

Analizar la disponibilidad de Huecos Espectrales en Televisión a lo largo del territorio nacional, basado en los datos de HAAT y número de canales de software de espacios en blanco en televisión de Colombia.

### Objetivos específicos

- Seleccionar las herramientas tecnológicas adecuadas que permiten la consulta, almacenamiento, procesamiento y visualización de los datos generados por la plataforma de software para el uso de espacios en blanco en Colombia.
- Establecer la resolución necesaria para la construcción de mapas de calor en función de las herramientas seleccionadas, la cartografía digital y los datos.
- Automatizar el proceso de consulta y almacenamiento de los datos de HAAT y lista de canales disponibles, para la totalidad de los puntos.
- Analizar los datos procesados de HAAT y número de canales disponibles mediante su visualización en mapas de calor.
- Generar dos conceptos técnicos para la ANE, en los que se reflejen los resultados de disponibilidad de huecos espectrales en Colombia y la apropiación de la tecnología TVWS.

### Estado del arte y marco conceptual

El Espectro radioeléctrico (ER) es un recurso natural que cumple la función del canal de comunicaciones para tecnologías inalámbricas tales como comunicaciones terrestres, comunicaciones móviles, entre otras. Cualquier dispositivo que requiera el uso del ER para establecer una comunicación, podrá acceder a tres opciones: bandas de frecuencia licenciadas, bandas de frecuencia no licenciadas o bandas de frecuencia con acceso dinámico.

Las bandas de frecuencia licenciadas y las bandas de frecuencia no licenciadas son atribuidas de acuerdo con las recomendaciones de uso de las Telecomunicaciones (UIT), y los cuadros de atribución establecidos por los entes regulatorios de cada país. En el caso colombiano las entidades encargadas son la Tecnología de la información y las comunicaciones (MinTIC) y la Agencia Nacional del Espectro (ANE) (Agencia Nacional del Espectro & Ministerio de las Comunicaciones, n.d.). Adicionalmente, las entidades regulatorias que se encargan de atribuir el ER de acuerdo con principios regulatorios le pertenece al estado colombiano y (ii) y como bien inajenable e imprescriptible.

Para el caso licenciado, el usuario que desee acceder a una banda de frecuencia para proveer servicio de telecomunicaciones (TV, celular, radio) debe participar en una subasta de ER y en el caso de ganar la subasta podrá hacer uso del ER por pago de esta licencia por un periodo de 10 Años que puede ser renovado.

Nit. 860.012.357-6

SEDE PRINCIPAL BOGOTÁ - PBX: (571) 587.87.97 Línea gratuita nacional: 01.8000.111.180  
Carrera 9.ª n.º 51-11 / contactenos@usantomas.edu.co  
www.usta.edu.co

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA  
PBX: (571) 595.00.00 ext. 2044 / Carrera 10.ª n.º 72-50 / admisiones@ustadistancia.edu.co  
www.ustadistancia.edu.co



el caso de los usuarios no licenciados (Agencia Nacional del Espectro-Colombia, 2016), los usuarios deben cumplir con la regulación del ER, y su uso.

El acceso dinámico al ER (Akyildiz, Lee, Vuran, & Mohanty, 2006) es una iniciativa de acceso que permite acceder sin costo a bandas de frecuencia que estén en uso en determinada zona geográfica. El acceso dinámico tiene principios regulatorios de compartición de ER basados en evitar interferencias con las licenciadas. Los Huecos Espectrales en Televisión (TVWS, por sus siglas en inglés) son bandas de frecuencias de acceso dinámico al ER. Adicionalmente, una iniciativa regulatoria que permite el uso compartido de Espectro Radioeléctrico (ER) con bandas de frecuencia licenciadas de televisión. (Telecommunication Union, 2012), los TVWS son una iniciativa que surgió dado el proceso del dividendo digital. El dividendo digital es el proceso que se podrían liberar en bandas de frecuencias atribuidas en Frecuencias Muy Altas (VHF, por sus siglas en inglés) y Frecuencias Ultra Altas (UHF, por sus siglas en inglés) en la transición tecnológica de la televisión analógica a la televisión digital.

De acuerdo con la investigación realizada con la facultad de derecho de la Universidad Santo Tomás y por las autoras de la presente propuesta, (Reinales, 2019), revisamos un marco regulatorio a nivel internacional y nacional de TVWS. En el marco regulatorio internacional de TVWS estudiamos países: Reino Unido (Holland et al., 2015), Estados Unidos (Corporation, 2009), Singapur (Rahman, Song, & Harada, 2011) y España (Llamas & Reinales, 2019). En el caso nacional, estudiamos el proceso regulatorio del servicio de televisión digital terrestre como banda licenciada y la regulación colombiana para el uso de la ANE. Concluyendo que para el desarrollo de la tecnología de TVWS es necesario una base de datos de TVWS que permita realizar los cálculos de TVWS con el fin de evitar interferencias con las bandas de TV. Para eso cada país selecciona niveles límites de Altura Promedio del Terreno (HAT, por sus siglas en inglés), Radiada Isotrópica (PIRE, por sus siglas en inglés), niveles de protecciones co-canal y adyacente, canales prohibidos y habilitaciones especiales (por ejemplo, Estados Unidos). En el caso colombiano en la regulación de la ANE para el desarrollo de la base de datos se requirió una investigación específica sobre el terreno colombiano hacen diferentes las condiciones de diseño con respecto a las establecidas en los referentes internacionales.

La ANE en el 2017 realizó un llamado a propuesta para el desarrollo e investigación para la implementación de la base de datos de huecos espectrales que fue adjudicada a nuestro grupo de investigación INVTEL de la Universidad Santo Tomás[1]. El proyecto se desarrolló de forma modular y el objetivo principal que permitiría calcular el número de canales disponibles en un punto geográfico, teniendo en cuenta, los parámetros regulatorios, la geografía y la señal del dispositivo TVWS cumpla con los principios de evitar interferencias con los usuarios primarios de TV.

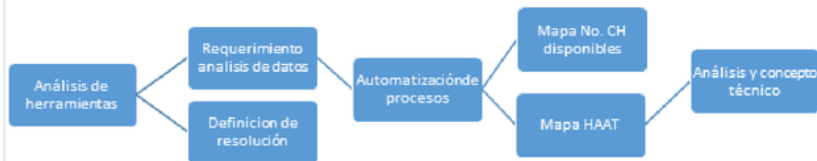
El proyecto de huecos espectrales en Colombia tuvo el siguiente objetivo general “*Desarrollar e implementar una plataforma de software en línea de disponibilidad de frecuencias realizadas por los dispositivos de espacios en blanco. Así mismo, la plataforma debe permitir realizar la gestión del escenario colombiano.*” El proyecto cumplió el objetivo planteado y fue entregado en enero de 2019.

En el 2019, el grupo de investigación se encuentra trabajando el proyecto de investigación “*Estudio para la conectividad de instituciones educativas de Colombia por medio de Huecos Espectrales en Televisión.*” [2]. Actualmente, en el proyecto se analizan regiones de pequeña extensión geográfica focalizada en instituciones de educación superior y que podríamos habilitar su conexión con TVWS. El objetivo del proyecto de investigación es “*Desarrollar un estudio para la conectividad de Colombia por medio de Huecos Espectrales en Televisión.*” El proyecto se encuentra en ejecución y será entregado en noviembre de 2019.

[1] Las autoras de esta propuesta participaron como investigadoras del proyecto con la ANE.

[2] Las autoras de esta propuesta participan como investigadoras del proyecto FODEIN-2019

## Metodología



El primer paso a llevar a cabo dentro del proyecto es la conformación del equipo, en este paso se definen las bases para el registro de la estrategia de formación de capacidades en CTel - colectivo académico compuesto por la ANE, la USTA y LUMON con el objetivo de continuar trabajando en el despliegue de TVWS en Colombia.

En la figura X se muestra la secuencia de los pasos que se seguirán una vez se haya conformado el colectivo académico. Se realiza un análisis de diversas herramientas para dar cumplimiento al primer objetivo específico, seleccionando un conjunto de herramientas que puedan interactuar de manera efectiva para conseguir construir los mapas de calor. Se levantan los requerimientos para el análisis de datos y en conjunto con la cartografía y las herramientas se define con que resolución deben tomarse los datos para permitir su visualización y análisis. Se continúa con la automatización de los procesos para poder construir los mapas de calor tanto para el HAAT como para el número de canales disponibles. Finalmente, se hace un análisis por separado de cada uno de los mapas y de los datos obtenidos de la plataforma de

software para el uso de espacios en blanco de la ANE, para la construcción de los dos conceptos técnicos descritos en el alcance de la presente propuesta.

### Resultados esperados

El alcance del proyecto son **dos documentos independientes** que respaldan los conceptos técnicos para cada una de las variables analizadas: HAAT y número de canales disponibles. La estructura de cada documento muestra el contexto de evaluación, el mapa de calor, un porcentaje de cobertura del territorio nacional basado en el número de puntos analizado, un análisis de resultados, y un apartado final de conclusiones y recomendaciones.

En caso que el puntaje obtenido por la presente propuesta permita el acceso a rubros de servicios técnicos, se ampliará el alcance del concepto técnico relacionado con número de canales disponibles, agregando una evaluación de la viabilidad tecnológica de implementar los cambios necesarios sobre el modelo de calculo que permita aumentar la disponibilidad de canales y se contará con asesoría especializada para la selección y uso de herramientas reduciendo la curva de aprendizaje y estableciendo mayor tiempo en los análisis que en las herramientas.

En relación con los productos científicos que el proyecto genera:

- Nuevo conocimiento:
  - 1 artículo Q3 con los resultados del análisis, **si y solo si esto no afecta de alguna manera contraproducente a la ANE**, entonces se cambiaría por 1 artículo tipo\_D con el procedimiento para la construcción de mapas de calor sin mostrar los resultados del análisis.
- Desarrollo Tecnológico:
  - 2 Conceptos técnicos para la ANE.
  - 1 registro de software, **solo si para la automatización es necesario un desarrollo propio.**
- AP:
  - 1 Estrategía de formación de capacidades de CTel – Colectivo académico.
  - 1 Informe final de investigación
- RH:
  - Tesis de maestría de telecomunicaciones y regulación TIC

Impactos que se espera generar con la realización del proyecto:

- Visibilidad de la Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones como **expertos en TVWS en Colombia**
- Consolidación de la relación con la ANE para la solución de problemas reales del entorno, e internacionalización de la experiencia desde la ANE, que se puede traducir en **Visibilidad internacional compartida en latinoamerica.**
- Formulación de un proyecto de investigación para la mejora del modelo de cálculo de la plataforma de software para el uso de espacios en blanco en Colombia.





FINANCIACIÓN	RECURSO	DESCRIPCIÓN	Valor partida	Valor contrapartida (Externa)	Total (\$)
RUBROS	Servicios Técnicos	CONTRATO A LA EMPRESA LUMON S.A.S Asesoría en la selección y diseño de herramientas para la consulta, almacenamiento, procesamiento y visualización de los datos del HAAT y de Numero de canales disponibles. Concepto de viabilidad tecnológica para la implementación de un nuevo modelo de cálculo para aumentar el número de canales disponibles en el territorio nacional.	\$20.000.000	-	\$ 20.000.000
	Salidas de campo		-	-	\$ 0
	Equipos		-	-	\$ 0
	Materiales, insumos y software	Actualización de la asignación de frecuencias para el servicio de televisión de la ANE (información confidencial y sensible entregada bajo acuerdo de confidencialidad) No se encuentra valorada como activo de la ANE, sin embargo, es una contrapartida en especie, ya que levantar esta información con medidas por todo el país tendría un costo inasumible, ni calculable.	-	-	\$ 0
BOLSAS	Papelería		-	-	\$ 0
	Fotocopias		-	-	\$ 0
	Material bibliográfico		-	-	
	Auxilio de transporte	Desplazamientos a la ANE	\$100.000	-	\$ 100.000
	Movilidad	Posibilidad de movilidad a un congreso de alto impacto con publicación en revista indexada,, en caso que los resultados obtenidos sean publicables.	\$4.000.000	-	\$ 4.000.000
	Publicaciones (Artículos, proceso editorial y traducción)	Pago de tasas de publicación en revistas o congreso, en caso de ser requerido	\$1.000.000	-	\$ 1.000.000
<b>TOTAL DEL PROYECTO:</b>					25.100.000

### Referencia bibliográficas

Agencia Nacional del Espectro-Colombia. (2016). Resolución ANE 0711 de 2016 Bandas ICM Colombia. 11 Oct 2016. Retrieved from [http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Normatividad/Planeacion\\_del\\_espectro/Resolucion711de2016.pdf](http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Normatividad/Planeacion_del_espectro/Resolucion711de2016.pdf)

- Agencia Nacional del Espectro, & Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (n.d.). *MANUAL DE GESTIÓN NACIONAL DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO. Fundamentos de gestión nacional del espectro radioeléctrico*. Retrieved from [http://ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo\\_I.pdf](http://ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo_I.pdf)
- Akyildiz, I. F., Lee, W. Y., Vuran, M. C., & Mohanty, S. (2006). NeXt generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey. *Computer Networks*, 50(13), 2127–2159. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2006.05.001>
- International Telecommunication Union. (2012). Digital Dividend: Insights for Spectrum Decisions. *Online Access*, 1–61. Retrieved from [http://www.itu.int/ITU-D/tech/digital\\_broadcasting/Reports/DigitalDividend.pdf](http://www.itu.int/ITU-D/tech/digital_broadcasting/Reports/DigitalDividend.pdf)
- MinTIC, M. D. T. D. L. I. Y. L. C., & ANE, A. N. D. E. (2012). Ingeniería Del Espectro Radioeléctrico. *Manual De Gestión Nacional Del Espectro Radioeléctrico*, 260. Retrieved from [http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo\\_II.pdf](http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo_II.pdf)
- Agencia Nacional del Espectro-Colombia. (2016). Resolución ANE 0711 de 2016 Bandas ICM Colombia. 11 Oct 2016. Retrieved from [http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Normatividad/Planeacion\\_del\\_espectro/Resolucion711de2016.pdf](http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Normatividad/Planeacion_del_espectro/Resolucion711de2016.pdf)
- Agencia Nacional del Espectro. (2017). Resolución 461 de 2017 Por la cual se modifica la Resolución 711 de 2016 para establecer las condiciones de uso de los dispositivos de espacios en blanco. Retrieved from [http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Normatividad/Planeacion\\_del\\_espectro/Resolucion461de2017.pdf](http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Normatividad/Planeacion_del_espectro/Resolucion461de2017.pdf)
- Agencia Nacional del Espectro, & Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (n.d.). *MANUAL DE GESTIÓN NACIONAL DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO. Fundamentos de gestión nacional del espectro radioeléctrico*. Retrieved from [http://ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo\\_I.pdf](http://ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo_I.pdf)
- Akyildiz, I. F., Lee, W. Y., Vuran, M. C., & Mohanty, S. (2006). NeXt generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey. *Computer Networks*, 50(13), 2127–2159. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2006.05.001>
- Ancha, B., & Digital, V. (2012). de las TIC.
- Beluri, M., Bala, E., Yuying Dai, Di Girolamo, R., Freda, M., Gauvreau, J. L., ... Touag, A. (2012). Mechanisms for LTE coexistence in TV white space. *2012 IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks, DYSPAN 2012*, 317–326. <https://doi.org/10.1109/DYSPAN.2012.6478155>
- Corporation, M. (2009). FCC Releases Phase II White Space Device Test Report.

- Holland, O., Ping, S., Aijaz, A., Chareau, J. M., Chawdhry, P., Gao, Y., ... Kokkinen, H. (2015). To white space or not to White Space: That is the trial within the Ofcom TV White Spaces pilot. *2015 IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks, DySPAN 2015*, 11–22. <https://doi.org/10.1109/DySPAN.2015.7343846>
- International Telecommunication Union. (2012). Digital Dividend: Insights for Spectrum Decisions. *Online Access*, 1–61. Retrieved from [http://www.itu.int/ITU-D/tech/digital\\_broadcasting/Reports/DigitalDividend.pdf](http://www.itu.int/ITU-D/tech/digital_broadcasting/Reports/DigitalDividend.pdf)
- Llamas, K., & Cardona, N. (2016). Potential Sharing between DTT and IoT Services in the UHF band, 146–151. <https://doi.org/10.1109/PIMRC.2016.7794578>
- MinTIC, M. D. T. D. L. I. Y. L. C., & ANE, A. N. D. E. (2012). Ingeniería Del Espectro Radioeléctrico. *Manual De Gestión Nacional Del Espectro Radioeléctrico*, 260. Retrieved from [http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo\\_II.pdf](http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo_II.pdf)
- Rahman, M. A., Song, C., & Harada, H. (2011). Development of a TV white space cognitive radio prototype and its spectrum sensing performance. *2011 6th International ICST Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications (CROWNCOM)*, (41), 231–235. <https://doi.org/10.4108/icst.crowncom.2011.246293>
- Release, N. (2015). Dynamic Spectrum Alliance welcomes WRC-15 decision to preserve lower UHF bands for terrestrial TV in ITU Region 1, (November).

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4658242/keywords#keywords>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8377175>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/7343846/keywords#keywords>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/6915754/keywords#keywords>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/6933806>



<https://ieeexplore.ieee.org/document/8503797>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8125069>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/7490347/keywords#keywords>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/6873518>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/7468556>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/6555308>



Nit. 860.012.357-6

SEDE PRINCIPAL BOGOTÁ - PBX: (571) 587 87 97 **Línea gratuita nacional:** 01 8000 111 180  
Carrera 9.º n.º 51-11 / contactenos@usantomas.edu.co  
www.usta.edu.co

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA  
PBX: (571) 595 00 00 ext. 2044 / Carrera 10.º n.º 72-50 / admisiones@ustadistancia.edu.co  
www.ustadistancia.edu.co



# PF

---

## ORIGINALITY REPORT

---

3%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

---

## PRIMARY SOURCES

---

1

Submitted to Universidad Santo Tomas

Student Paper

3%

---

Exclude quotes Off

Exclude bibliography On

Exclude matches < 3%