



Latin
America



Análisis de la situación actual y estudio de coexistencia de sistemas de radiodifusión y servicios LTE en la banda de 700MHz en Perú





La GSMA representa los intereses de los operadores móviles en todo el mundo. Abarcando más de 220 países, la GSMA reúne a cerca de 800 de los operadores móviles del ámbito mundial con más de 230 compañías del ecosistema móvil, incluyendo fabricantes de teléfonos, compañías de software, proveedores de equipos y compañías de Internet, así como organizaciones en sectores tales como servicios financieros, atención a la salud, medios de comunicación, transporte y servicios públicos. La GSMA también organiza eventos líderes en el sector, tales como el Mobile World Congress y la Mobile Asia Expo.

Para más información, visite el sitio web corporativo de la GSMA en www.gsma.com o Mobile World Live, el portal online para la industria de las comunicaciones móviles, en www.mobileworldlive.com

GSMA Latin America es el brazo de la GSMA en la región. Para obtener más información en inglés, español y portugués, visite www.gsmala.com



BACKHAUL ADVISORY es una empresa especializada en servicios de consultoría y asesoría técnica y regulatoria enfocada en servicios y redes de telecomunicaciones. Cuenta con un equipo de profesionales con gran trayectoria en investigaciones de alto nivel sobre diseño y optimización de redes y servicios de telecomunicaciones, ingeniería de espectro, evaluación técnica y económica de proyectos y tendencias de la industria. Para mayor información, por favor visitar el sitio web www.backhauladvisory.com

El Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (iTEAM) es un centro de investigación integrado a la Universidad Politécnica de Valencia, que realiza actividades de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) dentro del área de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Está formado por 8 grupos de investigación que aglutinan a más de 100 investigadores, abarcando 5 áreas científicas relacionadas con la Ingeniería de las Telecomunicaciones. Para mayor información, por favor visitar el sitio web www.iteam.upv.es

Contenido

1.	RESUMEN EJECUTIVO	4
2.	INTRODUCCIÓN	12
3.	COEXISTENCIA DE SERVICIOS DE TV Y LTE EN BANDA DE 700MHZ	13
	3.1. Metodología y supuestos	15
	3.2. Resultados	17
	3.2.1. Conclusiones sobre coexistencia de los servicios operando en la misma banda	19
	3.2.2. Coexistencia de servicios en bandas adyacentes	23
	3.3. Metodología y supuestos	25
4.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL PERUANA	26
	4.1. Contexto político y regulatorio del Perú	28
	4.2. Ocupación de la banda de 700mhz en Perú	29
5.	CONSIDERACIONES PARA EL PLAN DE LIBERACIÓN DE LA BANDA DE 700MHZ EN PERÚ	31
	5.1. Experiencia internacional sobre limpieza de bandas de espectro para uso en imts	31
	5.2. Buenas prácticas	33
	5.3. Componentes del plan de migración – caso Perú	34
	5.4. Estimación de costos de migración	36
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
	ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MEDICIÓN	41
	ANEXO 2. DETALLE DEL RESULTADO DE LAS MEDICIONES	44
	ANEXO 3. BALANCE DE ENLACE	52
	ANEXO 4. DETALLE DE BENCHMARKING	54

1 Resumen ejecutivo

En 2009, mediante Resolución Suprema No. 019-2009-MTC, Perú adoptó el estándar ISDB-T para el proceso de digitalización de la televisión analógica, estableciendo metas para el inicio de transmisión de señales digitales y para el “apagón analógico” en cada uno de los cuatro territorios definidos para el proceso de implementación de la TV Digital en el Plan Maestro para la implementación de la Televisión Digital Terrestre (TDT) en el Perú, aprobado y modificado por los Decretos Supremos N° 017-2010-MTC y N° 020-2014-MTC respectivamente. Con base en dicho cronograma de implementación, las transmisiones analógicas en Perú sólo cesarán en el 53% de la población a partir del 2024. La siguiente tabla resume el estado del proceso de implementación de la TDT.

Territorio	% Población	Inicio transmisión digital		Fin Transmisión analógica	Estado (2015-1H)
		Transmisión Simultánea	Transición Directa		
1. Lima y Callao	31%	2015-4Q	2019-4Q	2020-4Q	Plan canalización aprobado 20 estaciones digitales transmitiendo (CH 16 – 51)
2. Arequipa, Curao, Trujillo, Chiclayo, Piura, Huancayo	14%	2017-3Q	2021-4Q	2022-4Q	Plan canalización aprobado 4 estaciones digitales transmitiendo (CH 16-51)
3. Ayacucho, Chimbote, Ica, Iquitos, Juliaca, Pucallpa, Puno y Tacna	8%	2019-4Q	2023-4Q	2024-4Q	Plan Canalización aprobado
4. Resto de localidades	47%	2024-1Q	2025-1Q	Indefinido	Planes de canalización en desarrollo (41 localidades OK)

Tabla 1. Estado del proceso de implementación de la TDT en Perú

Por otro lado, la banda de 698 a 806MHz se encuentra atribuida en el Perú para prestación de Servicios Públicos de Telecomunicaciones y la Resolución Viceministerial N° 661-2014-MTC/03 canalizó la banda de 700MHz en 3 bloques de 2 x 15MHz atendiendo el plan de banda definido por APT (Banda 28 del 3GPP para LTE). En este sentido y considerando el estado del despliegue de la TDT en Perú mencionado previamente, se requiere condiciones técnicas para asegurar la convivencia de las redes LTE con los sistemas de radiodifusión digital y analógica en la banda de 700MHz. La siguiente figura detalla la situación actual.

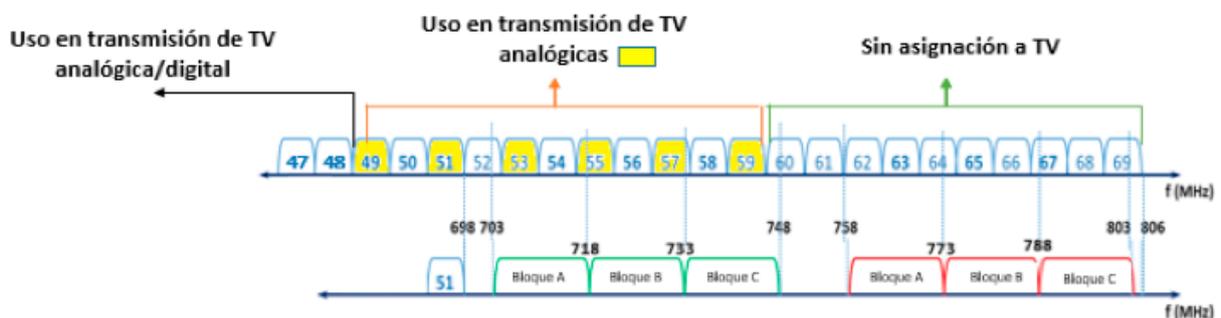


Figura 1. Situación actual de uso de los canales de UHF en Perú

1. Resolución Ministerial N° 188-2011-MTC/03

La siguiente figura resume el nivel de ocupación de cada uno de los bloques de espectro para la operación de redes LTE considerando la cantidad de estaciones de TV operando en canales adyacentes (dentro y fuera de la banda de 700MHz) y aquellas que pueden generar interferencia co-canal con base en la tabla a continuación. Así mismo, se detalla la disponibilidad de canales analógicos para la migración de los mismos a la banda de 470-608MHz y 614-698MHz:

Bloque	Canales en Banda Adyacente	Canal Adyacente	Co-Canal
A	51,5	6	52,53, 54,55
B	N/A	54,58	55,56,57
C	N/A	57,61	58,59,60

Tabla 2. Consideraciones para análisis de ocupación de cada uno de los bloques LTE

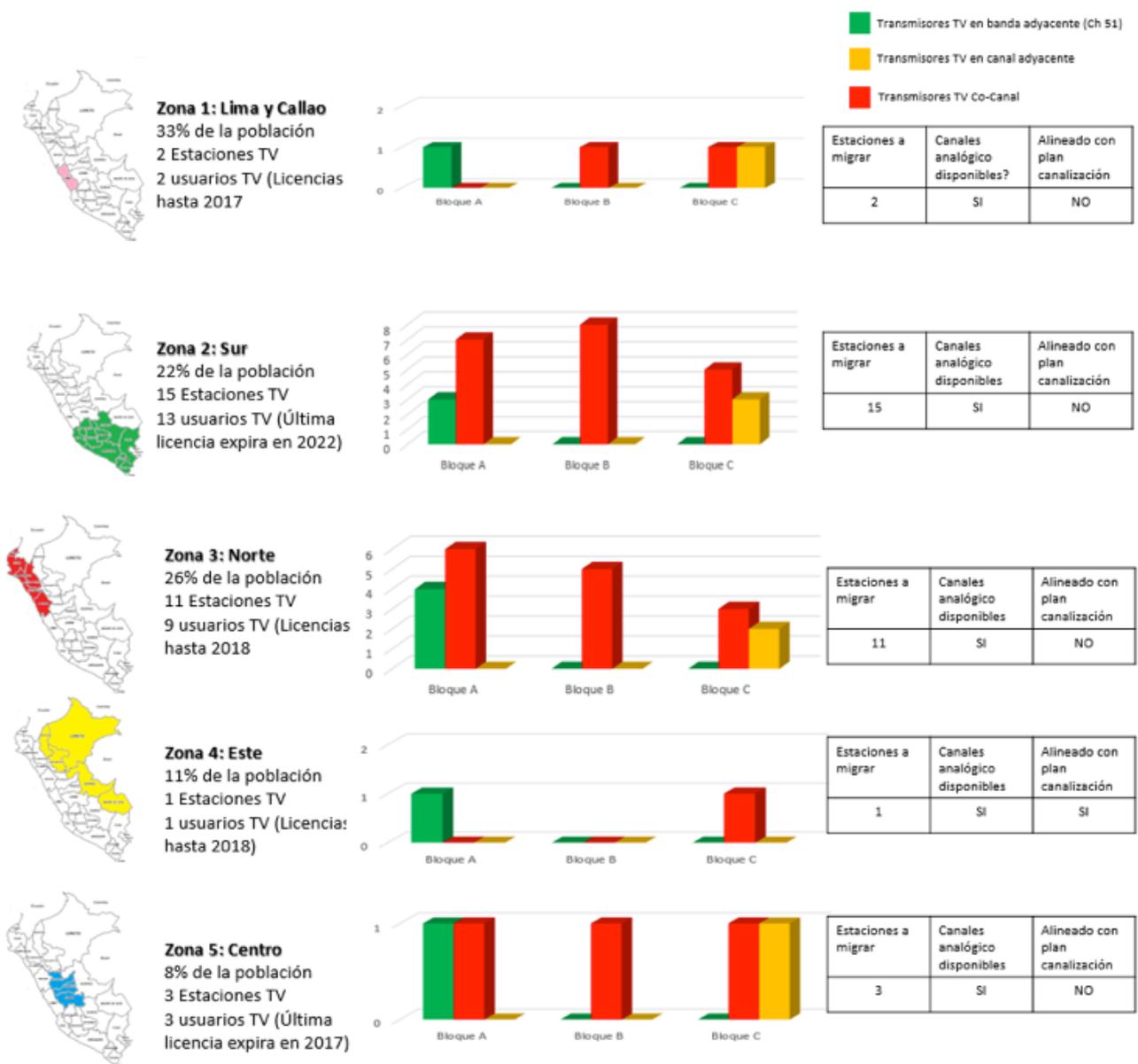


Figura 2. Análisis de ocupación de los bloques de espectro para operación de redes LTE en Perú

Con base en la figura anterior se concluye que ninguno de los tres bloques de espectro en la banda de 700MHz se encuentra disponible para su uso a nivel nacional en servicios de banda ancha móvil. Así mismo, las zonas 2 y 3, correspondientes al 48% de la población, tienen el mayor nivel de criticidad por la alta ocupación de la banda generada por las 32 estaciones transmisoras de TV operando en los canales 53, 55, 57 y 59.

Las provincias de Arequipa, Cusco, Chiclayo (Lambayaque) y Lima presentan la mayor ocupación de canales en la banda de 470 – 608MHz y 614-698MHz, por lo que la disponibilidad de canales para migración en analógico es limitada. En este sentido, se recomienda dar prioridad en la planeación de la migración para estas localidades, a fin de asegurar la disponibilidad de espectro para llevar a cabo la migración de las estaciones de TV analógica.

Debido a la situación en Perú, se hace necesario analizar las condiciones técnicas para asegurar la coexistencia de los servicios de banda ancha móvil LTE y radiodifusión de TV analógica y digital. Para ello se realizaron mediciones en laboratorio de los márgenes de protección y umbrales de saturación para diferentes escenarios y las mejoras obtenidas mediante la aplicación de técnicas de mitigación como:

- Filtrado adicional de señales (Receptores de TV y estaciones base LTE)
- Incremento de bandas de guarda
- Separación geográfica entre estación transmisora de TV y estación base LTE / terminal de usuario LTS
- Reducción de potencias de transmisión de las estaciones de televisión

A continuación se detallan los resultados para diferentes escenarios de convivencia entre los servicios.

- Escenarios de convivencia en banda adyacente: La siguiente figura describe los escenarios analizados para la convivencia de redes LTE y servicios de radiodifusión en bandas adyacentes.

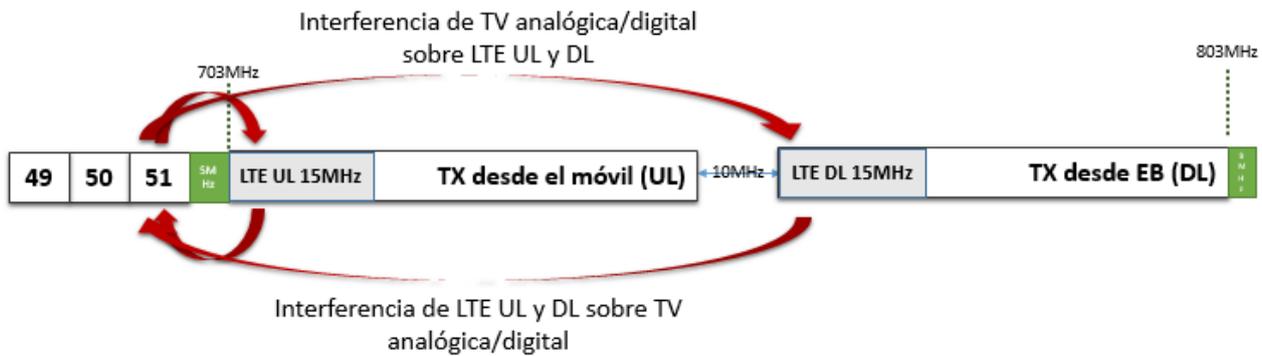


Figura 3. Escenario de convivencia de servicios en banda adyacente

Considerando que la banda de guarda entre el canal 51 de TV y el enlace descendente de LTE es de 60MHz, el riesgo de interferencia se genera con el enlace ascendente de LTE. La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos para cada escenario y considerando técnicas de mitigación de manera independiente.

Escenario	Sin Técnica de Mitigación	No Uso del Canal 51	Uso de filtros en receptor
Transmisor TV analógica → Estación Base LTE	● ALTA	● BAJA	● MEDIA
Transmisor TV Digital → Estación Base LTE	● MEDIA	● BAJA	● BAJA
Terminal LTE → Receptor TV analógica	● MEDIA	● BAJA	● BAJA
Terminal LTE → Receptor TV Digital	● MEDIA	● BAJA	● BAJA

Tabla 3. Resultados escenarios convivencia en banda adyacente

Los resultados de las pruebas de laboratorio muestran que los márgenes de protección requeridos para la convivencia de los servicios analizados son entre 12dB y 16dB más exigentes en el caso de la TV analógica respecto de la TV digital debido a características técnicas de dichas señales.

En el caso de TV analógica, el uso de filtros en los receptores de la estación base LTE no resultan suficiente para mitigar satisfactoriamente las interferencias generadas por un transmisor de TV analógica operando en el canal 51, para ello es necesario considerar las siguientes técnicas de mitigación.

- i) No uso del canal 51 → resulta suficiente para permitir la convivencia de servicios en los escenarios analizados. Los costos asociados corresponderían a la migración de 10 estaciones de transmisión de TV analógica autorizadas para operar en dicho canal a Julio de 2015 y que son detallados más adelante.
- ii) Implementación de filtros en estación base LTE y el receptor de TV y asegurar una distancia de separación entre el transmisor de TV y la estación base LTE superior a 20 kilómetros → Representa implicaciones en el diseño de la red LTE debido a las pérdidas de inserción generadas por el uso de los filtros (entre 0.5db y 1.3dB dependiendo de la calidad del filtro) y asegurar la distancia requerida respecto del transmisor de TV, además de adicionar un potencial punto de falla en la arquitectura de la red LTE.

En el caso que el canal 51 sea usado para la operación de transmisores de TV digital, la convivencia de los servicios es viable evitando el uso del canal 51, como se mostró en la tabla, o mediante el uso de filtros en el receptor de la estación base LTE y en los receptores de TV digital con las implicaciones mencionadas previamente.

Para la implementación de filtros en los receptores de televisión que mitiguen las interferencias perjudiciales, se estima que la cantidad de hogares con potencial riesgo de interferencia podría estar entre el 3% y el 5%. Considerando el costo del filtro (USD 15), costos logísticos para entrega, stock de repuestos y atención al cliente por fallas o inquietudes durante 1 año, se estima que los costos asociados con esta técnica de mitigación podrían ascender a los USD 4.8 Millones, lo cual es mucho mayor que el costo asociado con la modificación del canal de operación de 10 estaciones de TV analógica (migración a analógico en otro canal).

- Escenarios de convivencia dentro de la banda de 700MHz: La operación de los servicios de banda ancha móvil LTE y radiodifusión de TV analógica dentro de la banda de 700MHz incluye análisis de escenario de interferencia Co-Canal para los canales de TV 56 y 65 y escenarios de interferencia en canal adyacente como se describe en la siguiente figura.

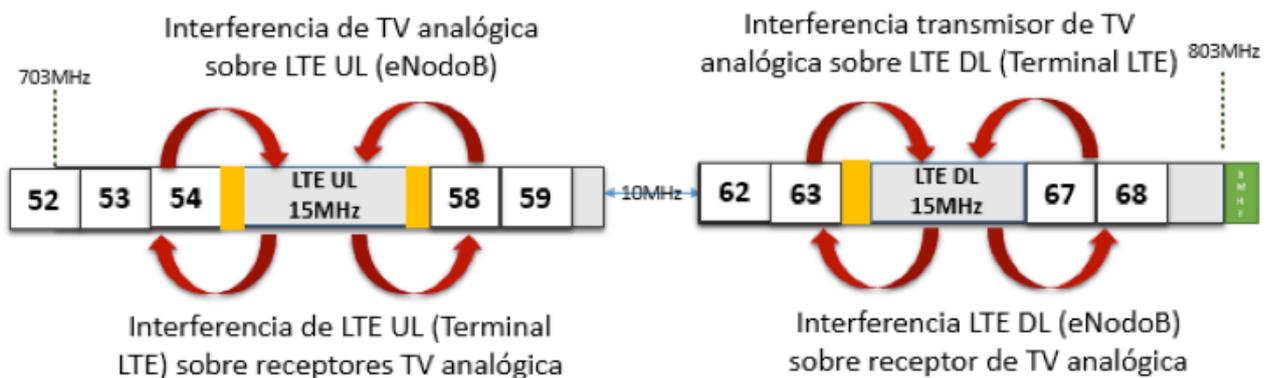


Figura 4. Escenarios de interferencia dentro de la banda de 700MHz

Con base en las mediciones realizadas, los márgenes de protección y umbrales de saturación del receptor requeridos para la convivencia de los servicios analizados en el caso de operación Co-Canal son altamente exigentes y, dado que no aplica el uso de filtros, los riesgos de interferencia son críticos, requiriendo grandes distancias de separación entre los transmisores de ambas tecnologías y manejando muy bajas potencias de transmisión como se mostrará más adelante.

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos en el caso de operación en canal adyacente dentro de la banda de 700MHz.

Escenario	Sin Técnica de Mitigación	Uso de filtros en receptor
Transmisor TV analógica → Estación Base LTE	● ALTA	● MEDIA
Transmisor TV analógica → Terminal LTE	● MEDIA	NO APLICA
Estación base LTE → Receptor TV analógica	● MEDIA	● BAJA
Terminal LTE → Receptor TV analógica	● MEDIA	● BAJA

Tabla 4. Resultados convivencia de servicios para operación en canal adyacente dentro de la banda de 700MHz

Con base en la anterior tabla, se concluye que el uso de filtros en la estación base LTE como medida de mitigación no es suficiente para alcanzar los márgenes de protección adecuados, a diferencia de la implementación de filtros domésticos en los receptores de TV analógicos. No obstante, considerando el alto riesgo de interferencias en el escenario co-canal y que los filtros pasa banda de radiofrecuencia para la estación base LTE resultan insuficientes, en el siguiente gráfico se muestra la distancia geográfica mínima en espacio abierto requerida entre la estación transmisora de televisión analógica y la estación base LTE/ Terminal de usuario LTE para alcanzar los márgenes de protección requeridos en cada escenario.

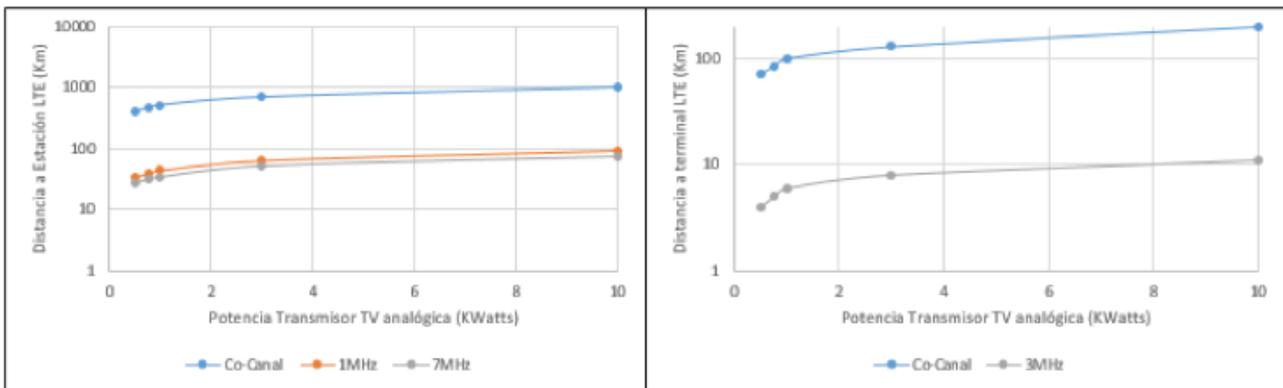
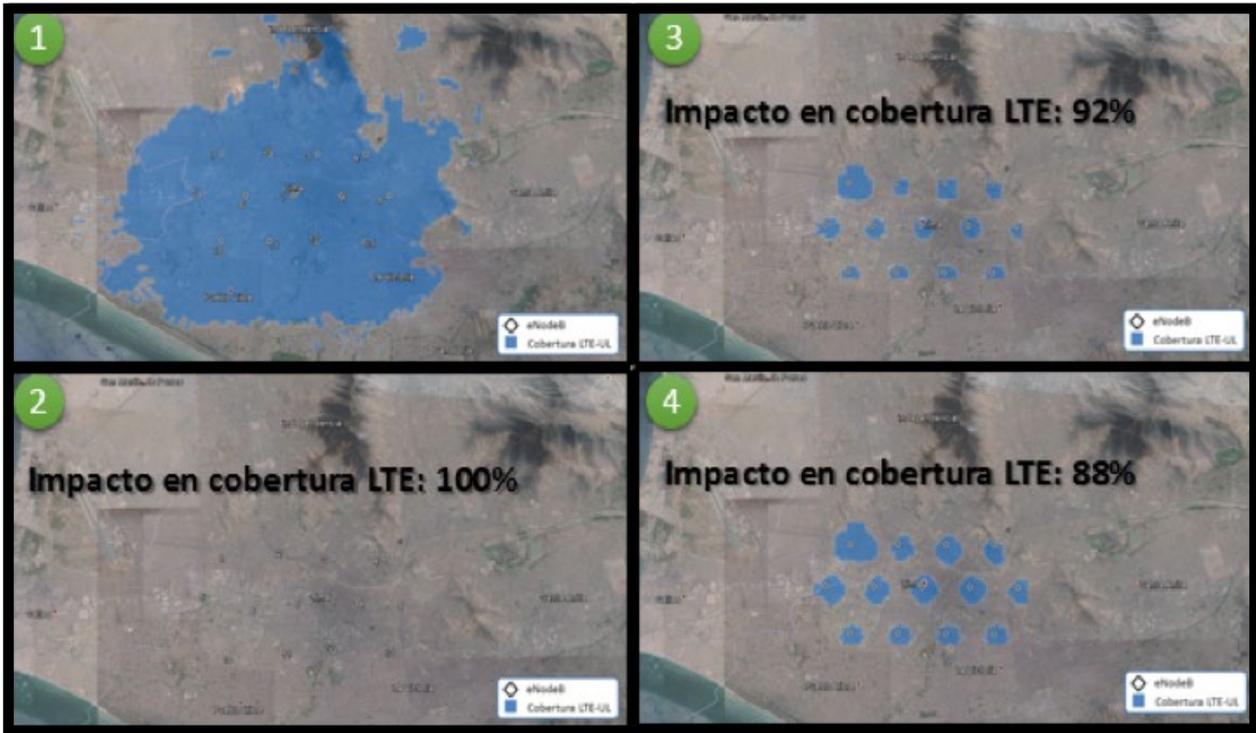


Figura 5. Distancia requerida entre transmisor de TV analógica y estación base LTE (izquierda) / terminal de usuario LTE (derecha) para diferentes potencias y bandas de guarda.

Con base en la anterior figura, la coexistencia de servicios en operación co-canal implicaría distancias en espacio libre de hasta 1000 kilómetros, lo que en términos prácticos representa que dicho escenario no resulta técnicamente viable debido al alto riesgo de interferencia que impedirían la correcta operación de los sistemas LTE. Ahora bien, desde el punto de vista de operación en canal adyacente, considerando una separación entre canales o banda de guarda superior a 7MHz, se requieren técnicas de mitigación como distancias en espacio libre superiores a 40km entre el transmisor de TV analógica y la estación base LTE y potencias de transmisión de TV analógica menor a 1KWatt.

Considerando un despliegue de 13 estaciones base LTE (eNB) en la ciudad de Lima, se simula el impacto en la cobertura de LTE considerando los niveles de interferencia generados por la operación de sistemas de transmisión de TV analógica en el mismo canal (canal 57) y en canales adyacentes dentro de la misma banda (canal 59) con una separación promedio entre el transmisor de TV analógica y la estación base LTE de 20Km.

2 La mejora obtenida con la implementación de filtros en la estación base LTE es menor a los 3dB. En el caso de los receptores de TV analógica, la adopción de filtros domésticos reduce significativamente el riesgo de interferencia cuando hay operación en canales adyacentes dentro de la misma banda.



1. Cobertura LTE sin interferencias externas
 2. Cobertura LTE con transmisor de TV analógica operando en el mismo canal a 20KM de distancia
 3. Cobertura LTE con transmisor de TV analógica operando en el canal adyacente (7MHz de banda de guarda) a 20KM de distancia.
 4. Cobertura LTE con transmisor de TV analógica operando en el canal adyacente (7MHz de banda de guarda) a 20KM de distancia y con filtro en la estación base LTE
- Finalmente, debido a la necesidad de migrar las estaciones de TV analógica que operen en los canales 53, 55, 57 y 59, se presenta en la siguiente figura un resumen de la experiencia internacional en procesos de limpieza de bandas.

Finalmente, debido a la necesidad de migrar las estaciones de TV analógica que operen en los canales 53, 55, 57 y 59, se presenta en la siguiente figura un resumen de la experiencia internacional en procesos de limpieza de bandas.

Alternativa en la implementación de los planes de migración y limpieza de bandas correspondientes al Dividendo Digital

✓ Limpieza de banda y/o digitalización

✓ Mitigación Interferencias banda adyacente

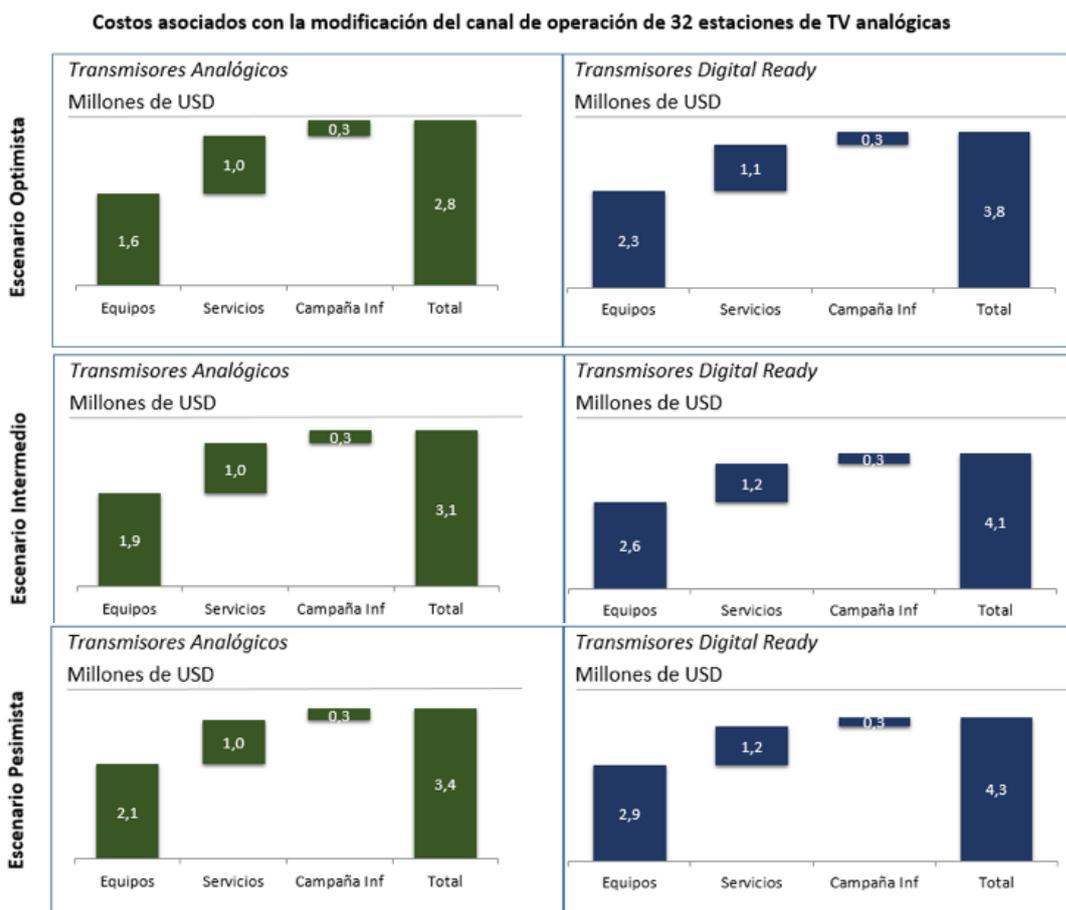
Alternativas								
Financiad principal	•G obierno				✓ ³	✓	✓ ²	
	•A djudicatarios de espectro	✓✓		(AWS y 2.5)		✓		
	•O peradores de TV y PMSE		✓	✓ ² (700MHz)				✓
	•T erceros (prov. de infraestructura y serv. integ.)				✓		✓	
Ejecutor principal	•C onsortio de adjudicatarios	✓						
	•A djudicatarios de espectro			✓ ¹ (AWS y 2.5) ¹				
	•O peradores de TV y PMSE		✓	✓ (700MHz)	✓	✓	✓	✓
	•T erceros (prov. de infraestructura y serv. integ.)				✓		✓	

1. Se estableció un comité de coordinación con la participación y coordinación del MINTIC
 2. En Australia la canalización estableció una banda de guarda de 9MHz para mitigar interferencias. Colombia planea evitar el uso del canal 51
 3. Se consideró que el despliegue de LTE sería libre de interferencia y dejó el asunto para futuro análisis

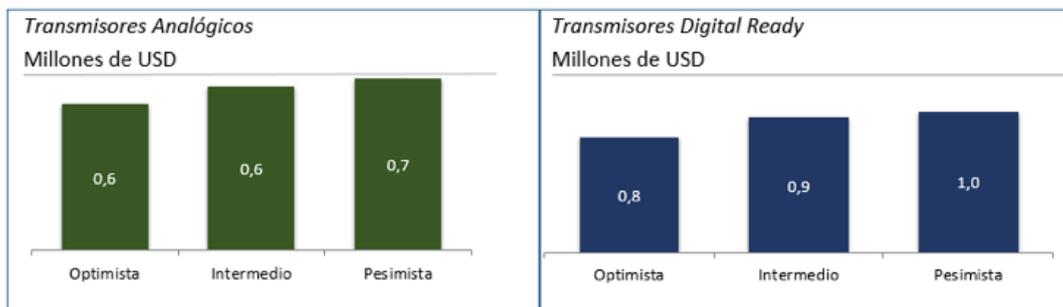
Con base en los casos internacionales analizados, se identifican las siguientes “buenas prácticas” para la implementación de planes de migración:

Aspectos Técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Planeación temprana y detallada</u>. Se recomienda que el canal de destino para la migración sea el definitivo para la operación del servicio. - <u>Definición temprana de condiciones técnicas</u> basado en Site Survey detallado. Los requerimientos de equipos deben estar ajustados al estado del arte de los proveedores. - <u>Evitar modificaciones en requerimientos técnicos</u> durante ejecución del proyecto que afecten cronograma.
Aspectos administrativos y logísticos	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Definir plazos</u> claros para todos y cada uno de los hitos del proyecto y para solución de controversias. Establecer procedimiento de escalamiento y solución de conflictos (instancia de decisión). - <u>Establecer marco general</u> antes de inicio del proyecto enfocada a facilitar las tareas de coordinación (eg. Esquema de contratación de bienes y servicios). - <u>Validar que el marco regulatorio</u> se ajusta al procedimiento de migración. - <u>Minimizar incertidumbre</u> en cuanto a financiamiento y plazos de ejecución del proyecto (Plan de riesgos y mitigación). - <u>Seguimiento permanente y detallado del proyecto</u> - Auditoría de cumplimiento de requerimientos técnicos y costos.

Finalmente, bajo el entendimiento que el alcance de la obligación establecida en las bases del proceso de subasta de la banda de 700MHz se limita a la modificación del canal de operación y que el despliegue de televisión digital en Perú se encuentra en una fase inicial, se estimaron los costos para llevar a cabo el cambio de canal de 32 estaciones de TV analógicas con dos opciones: i) equipos analógicos o ii) equipos Digital Ready que soporten transmisiones analógicas. Así mismo se consideran 3 posibles escenarios de requerimiento de modificación del sistema radiante: i) optimista, en el caso que ninguna estación requiera modificación del sistema radiante, ii) intermedio, en el que se reemplaza el sistema radiante en la mitad de las estaciones; y iii) pesimista, correspondiente al cambio en todas las estaciones. La siguiente figura resume los costos estimados (no incluye costos asociados con aspectos administrativos de la migración).



Por otro lado, considerando la recomendación de modificar el canal de operación de los transmisores de TV analógica que actualmente hacen uso del canal 51, la siguiente figura muestra los costos estimados para dicha modificación.



Es importante resaltar que el costeo realizado no contempla la transmisión de señales digitales. Este escenario implicaría que adicional al costeo de migración a transmisores Digital Ready, se deba considerar los costos asociados con Setup Box que les permitan a los televidentes recibir las señales digitales. Estos costos incluyen el setup box, la logística de distribución, servicio de atención al cliente por consultas y fallas y campañas educativas para la instalación del equipo y adopción de la digitalización, y podrían superar los US\$207 millones y un impacto significativo en el plazo de implementación. No obstante, con base en el análisis realizado por el equipo consultor, se considera un escenario poco probable dado el amplio cronograma para el apagón analógico en el Perú.

Finalmente, se resalta la importancia de considerar otros posibles escenarios de coexistencia con la banda de 700MHz como:

- Coexistencia con servicios iDEN que operen en la banda de 800MHz (banda de guarda de 3MHz por canalización APT): En el rango de espectro de 806 a 824 MHz se encuentra el enlace ascendente de los sistema iDEN, por lo que el mayor riesgo de interferencia se presentaría desde la estación base LTE sobre el receptor de la estación base de iDEN. Algunos estudios como el estándar 3GPP TR 36.820 establecen que el uso de filtros de radiofrecuencia proporcionarían la suficiente atenuación para la coexistencia de los servicios.
- Coexistencia con la canalización A4 (bandas 12, 13 y 17) adoptada por Bolivia en zonas de frontera.

3. Basado en costos de Setup Box de USD 17 – USD 20, costos de logística y un promedio de una posición de Call Centro por cada 90,000 hogares.

2 Introducción

El proceso de digitalización de la televisión analógica ha viabilizado la liberación de la banda de 698 a 806MHz, conocida como Dividendo Digital, tradicionalmente usada por sistemas de radiodifusión, para su uso en la prestación de servicios de banda ancha móvil, proporcionando ventajas para ampliar la cobertura de los servicios y, por ende, reducir la brecha digital e incrementar los beneficios sociales y económicos de los países en Latinoamérica. Por esta razón, países latinoamericanos como Brasil, Chile y Panamá, han realizado la asignación de la banda de 700MHz, mientras Perú, Colombia, México, Argentina, entre otros, se encuentran en dicho proceso.

En el caso particular de Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) canalizó la banda de 700MHz en 3 bloques de espectro de 2 x 15MHz basado en el plan de banda propuesto por Asia Pacific Telecommunity (APT) o banda 28 del 3GPP para el proceso de asignación de la banda proyectado a realizarse en el primer semestre de 2016, como se muestra en la siguiente figura.

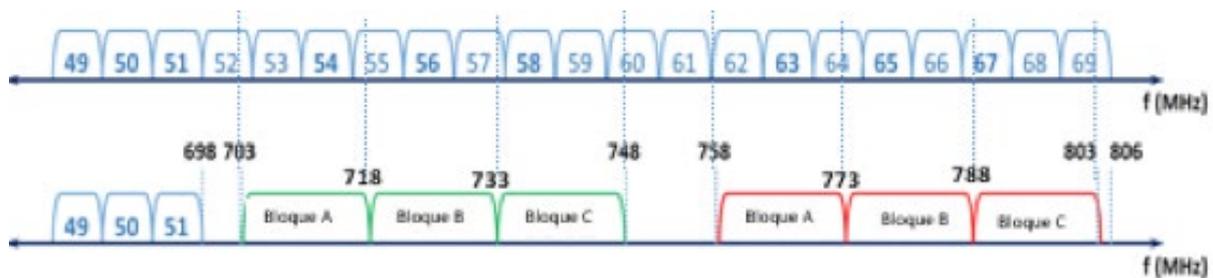


Figura 1. Plan de canalización banda de 700MHz Perú

Por otro lado, Perú adoptó el estándar de Televisión Digital ISDB-T (Integrated Service Digital Broadcasting Terrestrial), proyectando el “apagón analógico” en cerca del 53% de la población en 2014, y actualmente existen 32 estaciones transmisoras de televisión analógica operando dentro de la banda de 700MHz (Canales 52 al 59) con el estándar analógico NTSC y 16 estaciones de TV autorizadas para transmitir en los canales 49 y 51, adyacentes a la banda de 700MHz.

Con base en el escenario peruano descrito, resulta relevante entender el impacto de la ocupación actual de la banda en la implementación de los servicios de banda ancha inalámbrica, identificar las medidas necesarias para asegurar la coexistencia de los sistemas de radiodifusión de TV y redes LTE y las implicaciones del proceso de limpieza de la banda de 700MHz, para lo cual la GSMA encargó a BACKHAUL ADVISORY, con el apoyo de la Universidad Politécnica de Valencia y el Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (iTeam), el desarrollo del presente estudio.

Este reporte presenta en el capítulo 3 los resultados del estudio de coexistencia a partir de la estimación de los márgenes de protección y umbrales de saturación para diferentes escenarios y técnicas de mitigación y el capítulo 4 hace un análisis de la situación actual del Perú en cuanto a ocupación de la banda de 698 a 806MHz y el contexto regulatorio relacionado con el proceso de limpieza y asignación de la misma. Finalmente, en el capítulo 5 se analizan opciones administrativas para llevar a cabo la limpieza de la banda y una estimación de los costos asociados con la misma, en el marco del proceso de asignación de la banda de 700MHz que se está llevando a cabo.

4. GSMA – TAS Consultancy, “Beneficios económicos del Dividendo Digital para América Latina”. (2011)
 5. Plan de canalización definido mediante Resolución Viceministerial N° 661-2015-MTC/03
 6. Resolución Suprema N° 019-2009-MTC
 7. Finalización de transmisiones de señales analógicas
 8. MTC, “Estaciones Autorizadas de Radiodifusión por Televisión a Nivel Nacional”. 20/07/2015

3 Coexistencia de servicios de tv y lte en banda de 700mhz

Como se mencionó previamente, Perú adoptó una canalización basada en bloques de 6MHz para la operación de servicios de radiodifusión de TV y bloques de 2 x 15 MHz para los servicios de banda ancha móvil en la banda de 700MHz. Los canales del 52 al 59 están siendo usados para la transmisión de señales de TV analógicas NTSC y aquellos adyacentes a la banda de 700MHz podrán ser usados por transmisores tanto analógicos NTSC como digitales ISDB-T. A continuación se presenta la canalización actual de la televisión analógica y digital (Figura 2 superior) y las bandas uplink (enlace ascendente, UL) y downlink (enlace descendente, DL) de LTE (Figura 2 inferior).

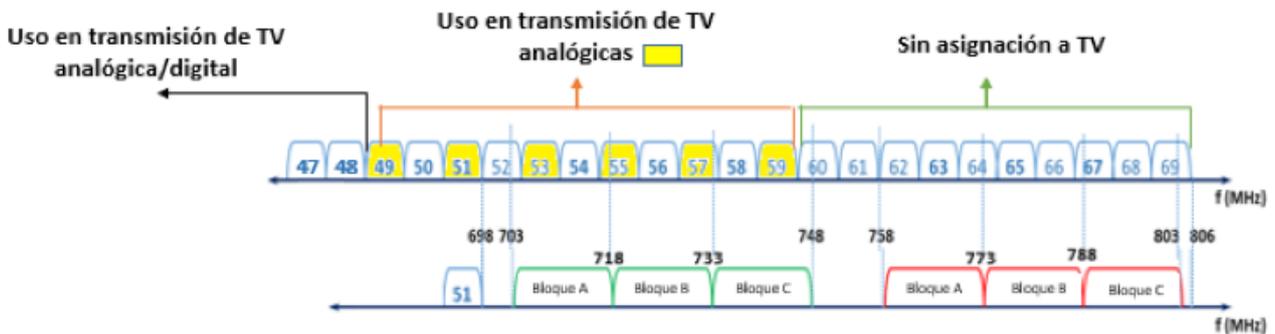


Figura 2. Canalización en la banda de UHF de la televisión analógica (arriba) y la televisión digital terrestre junto con las bandas planificadas para la señal LTE (abajo).

Cabe destacar que el canal adyacente LTE (700 MHz) a la banda de TDT (600 MHz) corresponde al enlace ascendente o uplink (UL), siendo la banda de guarda prevista de 5 MHz. Entre la banda de TDT y el enlace descendente, downlink (DL), existe una separación de aproximadamente 60 MHz.

Con base en lo expuesto, se consideran dos principales casos de convivencia a evaluar:

- Convivencia de servicios de TV y 4G en bandas adyacentes (600 – 700 MHz), en el que las señales de TV (analógica y digital) operarían en la banda de 600 MHz, y las señales 4G LTE operarían en la banda de 700 MHz.
- Convivencia de servicios de TV analógica y 4G en la misma banda (700 MHz), donde tanto las señales de TV como las de LTE operarían en la banda de 700 MHz.

Para cada uno de los casos mencionados se evaluaron diferentes escenarios de coexistencia según la señal útil analizada (TV o LTE). La siguiente figura describe los escenarios analizados cuando la señal de TV es interferida por señales 4G LTE.

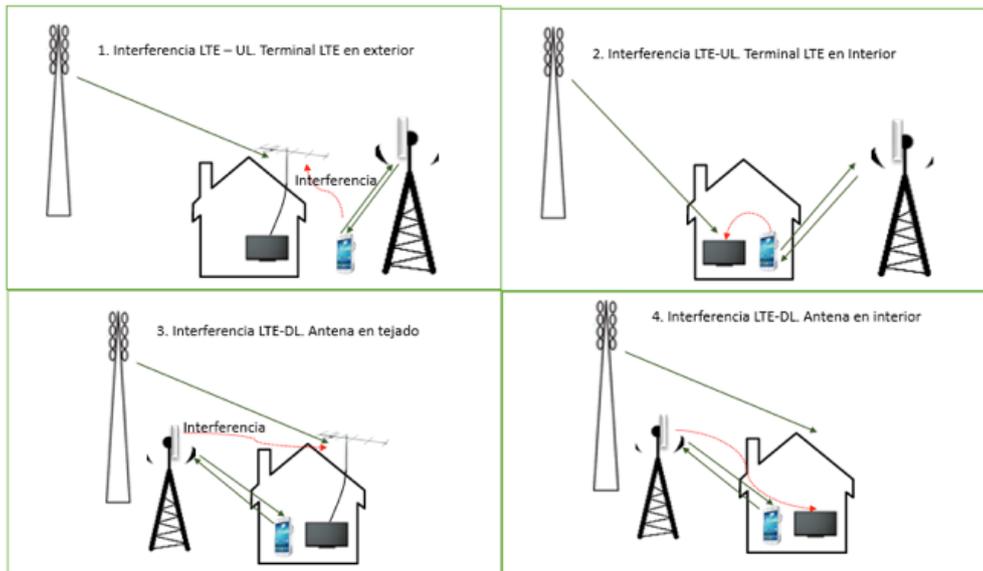


Figura 3. Escenarios a estudiar entre la red de TV como señal útil y la red de telefonía celular 4G LTE como interferente.

En los escenarios 1 y 2, se analizó el peor caso posible, es decir, aquel en el cual el terminal móvil provoca mayor interferencia⁹. En el escenario 3 se evalúa el caso LTE en Downlink, interfiriendo sobre antena fija con recepción en tejado. El caso más crítico sucede cuando la estación base LTE se encuentra muy cercana al receptor de TV, mientras que éste se encuentra en el borde de su celda.

En cuanto al escenario 4, como se ha comprobado en el Anexo 2 del Informe número 30 del CEPT (pág. 67), éste no es tan crítico como el 3, al tener en cuenta las pérdidas por penetración en paredes del enlace interferente. Por este motivo, las posibles soluciones serán las mismas que para el escenario 3, aunque menos restrictivas.

Los márgenes de protección para estos escenarios se calculan para el canal AWGN (Additive White Gaussian Noise). Los márgenes para otros modelos de canal (ej. Rice o Rayleigh) pueden ser calculados añadiendo un valor de compensación que se proporcionará más adelante.

La siguiente figura muestra los escenarios analizados cuando la señal de 4G LTE es interferida por señales de TV.

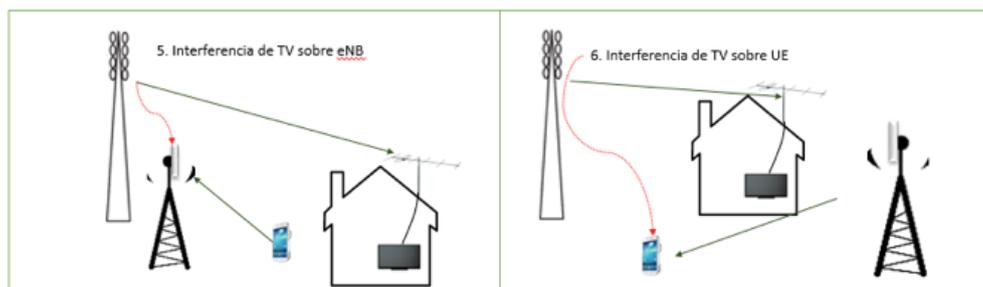


Figura 4. Escenarios a estudiar entre la red de telefonía celular 4G LTE como señal útil y la red de TV como interferente.

En el escenario 5 se evalúa el caso LTE en Uplink, interferido por una señal de TV. El caso más crítico será aquel en el que la estación base LTE se encuentra muy cercana al transmisor de TV, recibiendo la mínima potencia por parte del terminal móvil. En el escenario 6, en cambio, se evalúa el caso LTE en Downlink, interferido por una señal de TV. El caso más crítico será aquel en el que el terminal móvil LTE se encuentra muy cercana al transmisor de TV y también está en el borde de la celda LTE, recibiendo la mínima potencia necesaria. Existe un último escenario no mostrado, donde la señal LTE Downlink es recibida por parte del terminal móvil en el interior del hogar. No obstante, al igual que sucede en el escenario 4, el riesgo a interferencias indeseadas es menor al tenerse en cuenta las pérdidas por penetración del enlace interferente y, por tanto, se descarta su estudio.

9. Este escenario sucede cuando la antena fija de TV se encuentra justo en el borde del área con cobertura de televisión recibiendo la potencia mínima necesaria para su correcto funcionamiento y el terminal móvil transmite a la máxima potencia posible (23 dBm).

3.1 Metodología y supuestos

La configuración de las señales a emplear para la evaluación de las interferencias entre distintas tecnologías se muestra en la Tabla 1

Tecnología	Tipo de señal	Ancho de banda	FFT	Intervalo Guarda	Modulación	Codificación	Carga de Tráfico
LTE-UL	Útil	15 MHz	1K	Normal	MCS Index 5		100%
	Interferente	15 MHz	1K	Normal	MCS Index 5		5%
LTE-DL	Útil / Interferente	15 MHz	1K	Normal	MCS Index 5		100%
ISDB-Tb	Útil / Interferente	6 MHz	8K	1/16	64QAM	3/4	-
NTSC	Útil / Interferente	6 MHz	-	-	-	-	-

Tabla 1. Configuración de las señales a evaluar.

En Perú, la televisión analógica utiliza el estándar NTSC y se ha adoptado el estándar ISDB-Tb para el despliegue de la TDT. Ambas señales utilizan un ancho de banda de 6 MHz. El modo de transmisión de referencia TDT seleccionado utiliza FFT de tamaño 8k, intervalo de guarda 1/16, modulación 64QAM y codificación 3/4. Este modo permite una tasa binaria de hasta 18,1 Mbps, necesitando una SNR mínima de 20,1 dB en canal AWGN, 21,1 dB en canal Rice (recepción fija) y 22,8 dB en canal Rayleigh (recepción portable en interiores). Respecto a las señales LTE a utilizar, Perú piensa utilizar un ancho de banda de 15 MHz, FFT 1k e intervalo de guarda normal (4,7 μ s primer símbolo, 5,2 μ s resto).

Además, se ha optado por utilizar la carga de tráfico que presenta un mayor nivel de interferencia sobre las señales de televisión. Como se indica en la Recomendación ITU-R BT.2033-1, la señal más interferente para el caso UL es aquella con una carga de tráfico ligera, donde solo un pequeño número de resource blocks se utilizan (5%)¹⁰. En el caso DL, la señal más interferente es aquella con una carga de tráfico del 100%, pues al tratarse de una señal OFDM, sus portadoras generan mayor potencia de pico en las mismas condiciones de transmisión.

Los parámetros a emplear para caracterizar la interferencia son el Margen de Protección (MP)¹¹ y el Umbral de Saturación del receptor u overloading threshold (Oth)¹². Los cuáles serán medidos mediante pruebas de laboratorio, con el uso de la siguiente instrumentación:

- ISDB-Tb:
 - Generador de señal: Modulador Dektec DTA-115 (tarjeta PCI). Permite tanto transmitir directamente la señal ISDB-Tb generada en RF como almacenarla en formato IQ para su posterior carga en equipo transmisor.
 - Transmisor: R&S SMU 200A Vector Signal Generator. Encargado de la transmisión de señales digitales mediante la carga de archivos IQ de cualquier estándar (en este caso ISDB-Tb). Dispone de dos cadenas generadoras de señal independientes. Permite modificar la potencia radiada y la frecuencia central del canal RF.
 - Receptor: Demodulador Dektec DTA-2131 (tarjeta PCI). Receptor multi-estándar configurado para la recepción de la señal ISDB-Tb a 6 MHz.
 - Visualización: Televisor SONY BRAVIA conectado al receptor mediante conexión HDMI.

10. Esto se debe a la naturaleza de la señal SC-FDMA, cuya variación temporal produce picos fuera de banda que influyen negativamente en la recepción de televisión. Por el contrario, una señal al 100% es más similar a ruido blanco Gaussiano, produciendo una interferencia menor. Recomendación ITU-R BT.2033-1, "Planning criteria, including protection ratios, for second generation of digital terrestrial television broadcasting systems in the VHF/UHF bands", Febrero 2015.

11. El margen de protección (MP) es el valor mínimo de diferencia entre la señal deseada y la no deseada, expresado en dB, a la entrada del receptor que se ha de cumplir para un requisito de calidad determinado.

12. El umbral de saturación u overloading threshold (Oth) es el nivel de señal interferente por encima del cual el receptor comienza a perder su capacidad para discriminar dicha señal a frecuencias diferentes a las de la señal útil, es decir, el inicio de un comportamiento no lineal del margen de protección

- LTE:

Transmisor: Aeroflex SGD. Generador de señales (LTE, EV-DO, Wi-Fi, BluetoOth, etc.) con interfaz de usuario y pantalla táctil, que permite modular la señal deseada en IQ. En el caso de generación de señales LTE, permite la configuración de los canales de datos PDSCH y PUSCH de forma que se puede controlar la carga de tráfico, la modulación, etc.
- NTSC:

Transmisión:

 - Generador de señal de televisión multi-estándar PROMAX GV-698. Encargado de generar la señal patrón de televisión analógica NTSC.
 - Generador de señal vectorial R&S SMIQ 02. Utilizado para modificar la potencia de transmisión y la frecuencia central de canal RF.

Recepción y visualización: Televisor SONY BRAVIA con sintonizador NTSC.
- Filtros:

Filtro Paso Bajo doméstico y profesional: Utilizados en el escenario bandas adyacentes para filtrar señales de TV útiles.

Filtro Paso Banda Sintonizable: Utilizado en el resto de escenarios de convivencia.

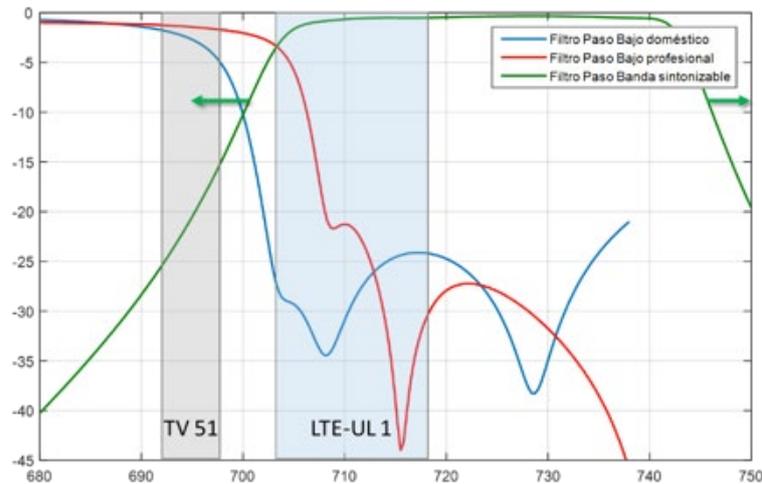


Figura 5. Respuesta en frecuencia de los filtros empleados en las medidas de los márgenes de protección adyacente

A partir del cálculo de los Márgenes de Protección y Umbrales de saturación de recepción con y sin medidas de mitigación, se podrán evaluar los riesgos de interferencia mediante el siguiente procedimiento (El ANEXO 1 detalla la metodología de medición empleada para la medición MP y Oth para cada una de las señales útiles):

1. Calcular la potencia de la señal interferente que se recibe en el receptor y evaluar la diferencia en dB con respecto a la sensibilidad del receptor (la cual determina el área de cobertura).
2. Si se cumple que la diferencia entre la sensibilidad del receptor y la potencia de la señal interferente recibida en el receptor sea mayor que el margen de protección, se concluye que no existirán interferencias. Sin embargo si se cumple dicha condición, pero la potencia de la señal interferente es superior al Oth, se concluye que si existen riesgo de interferencia.

Finalmente, se analizaron las siguientes técnicas de mitigación de interferencias:

- Filtrado adicional de señales (Receptores de TV y estaciones base LTE)
- Incremento de bandas de guarda
- Separación geográfica entre estación transmisora de TV y estación base LTE / terminal de usuario LTS
- Reducción de potencias de transmisión de las estaciones de televisión

3.2 Resultados

La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos en las medidas del overloading threshold y los márgenes de protección para cada escenario (el detalle de las mediciones realizadas se describen en el ANEXO 2) y las mejoras obtenidas mediante la implementación de filtros en los receptores de TV o en la estación base LTE según el caso. Así mismo, en dicha tabla se identifica el riesgo de interferencia mediante colores (rojo: alto riesgo, amarillo: riesgo medio y verde: bajo riesgo) y con base en los supuestos descritos en la siguiente figura.

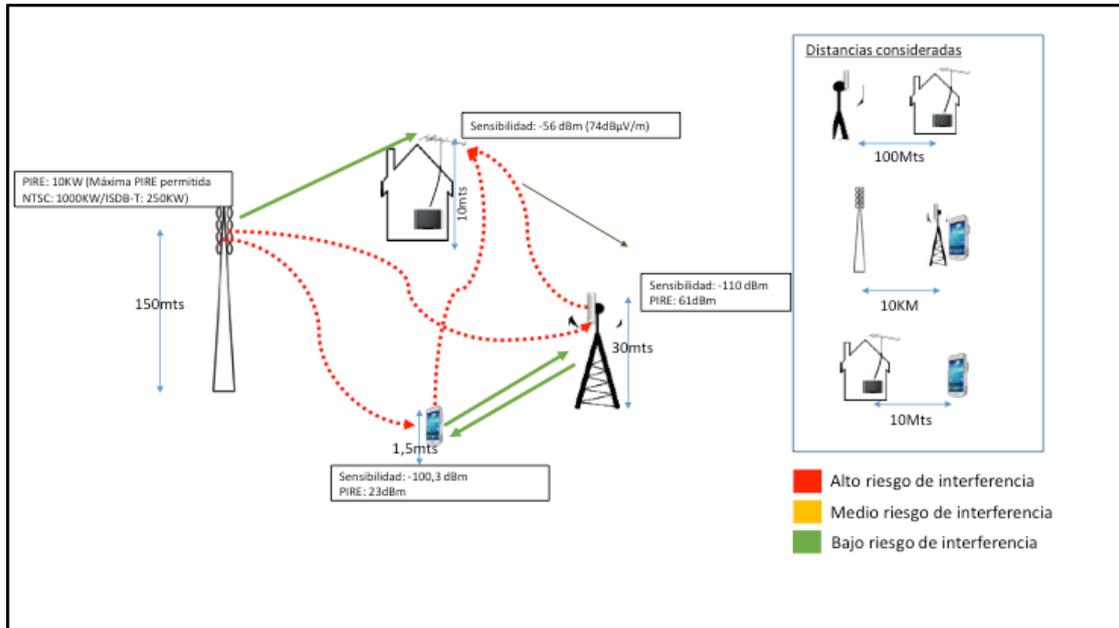


Figura 6. Supuestos para identificación de riesgos de interferencia

Como se mencionó previamente, el riesgo de interferencia para cada caso de coexistencia fue analizado para el peor escenario en cuanto a ubicación del receptor, es decir, cuando este se encuentra ubicado en el borde de cobertura, con niveles de recepción mínimos para alcanzar el desempeño deseado según análisis de balance de enlace o "link Budget" detallado en el ANEXO 3, y de potencia de transmisión, considerando en cada caso la máxima potencia radiada desde el transmisor interferente¹³. Finalmente, considera distancias geográficas comunes entre transmisores (señal interferente) y receptores interferidos: 10KM de separación entre la estación transmisora de TV y la estación base LTE, 100 metros entre una estación base LTE y un receptor de TV con antena en tejado y 10 metros entre un terminal de usuario LTE en exterior y un receptor de TV con antena en tejado.

13. En el caso de las estaciones transmisoras de TV analógica en el escenario de coexistencia dentro de la banda, se consideró una potencia de transmisión de 10 Kilo Watts, dado que es la máxima usada por las estaciones de transmisión actuales. No obstante, la regulación de Perú permite hasta un máximo de 1,000 kilo watts para este tipo de servicios.

Escenario	Útil vs Interesante	Canal útil	Canal Interesante	Banda de Guarda ³	Oth (dBm)	MO (dB)	MP adj con Filtro (dB)
Co-banda	LTE vs NTSC	LTE-UL2	54	2 MHz	10.6	-23.1	-25
			56	Co-canal	-	11.3	No aplica ¹
			58	1 MHz	13.2	-22.9	-25
		LTD-DL2	59	7 MHz	-	-25.8	-28
			63	3 MHz	-	-30,6	No aplica ²
			65	Co-canal	-	13.7	No aplica ¹
	NTSC vs LTE	LTE-UL2	67	0 MHz	-	-29.2	No aplica ²
			54	2 MHz	-14	-20.3	-31,2
			56	Co-canal	-	31.6	No aplica ¹
		LTD-DL2	58	1 MHz	-1.56	-20.3	-30
			63	3 MHz	-	-24	-32
			65	Co-canal	-	31	No aplica ¹
67	0 MHz	-	-24	-32,1			
Bandas adyacentes	LTE vs NTSC	LTE-UL1	49	17 MHz	16	-44.8	-
			50	11 MHz	16	-41.1 ⁵	-
			51	5 MHz	14.4	-29	-30,5
	LTE vs ISDB-Tb	LTE-UL1	49	17 MHz	18	-55.2	-
			50	11 MHz	17	-54	-
			51	5 MHz	17	-50,5	-52
	NTSC vs LTE	LTE-UL1	49	17 MHz	-12.6	-24.6	-
			50	11 MHz	-13.3	-23.6	-
			51	5 MHz	-13	-20.4	-29/-35 ⁴
	ISDB-Tb-Tb vs LTE	LTE-UL1	49	17 MHz	9.8	-37.2	-
			50	11 MHz	9.5	-35.7	-
			51	5 MHz	9.1	-32.5	-41/-42.5 ⁴

Tabla 2. Resultados de las mediciones de Oth y MP

Notas:

- Operación de las dos señales en el mismo canal, por lo que no es posible considerar filtros en este escenario.
- Debido al tamaño del terminal de usuario LTE, no resultaría viable desde el punto de vista práctico la implementación de filtros adicionales
- La banda de guarda corresponde a la diferencia de espectro, en MHz, entre la caída de un canal y el inicio del canal adyacente.
- La primera medida corresponde a resultados obtenidos con filtros domésticos, cuyos precios de mercado oscilan entre USD 12 – USD 17. La segunda medida corresponde a resultados obtenidos con filtros profesionales, cuyo precio de mercado está alrededor de USD 70.
- Para el escenario analizado, se encuentra que la diferencia entre la sensibilidad del receptor y el nivel de la señal interferente en la entrada del mismo es 1dB menor que el margen de protección requerido. Aunque se marca como interferencia media dado que estrictamente se encuentra fuera del rango, el consultor observa una mejora significativa respecto del riesgo de interferencia con el canal 51

3.2.1 Conclusiones sobre coexistencia de los servicios operando dentro de la banda de 700MHz

De la Tabla 2 se identifica que la coexistencia de servicios dentro de la misma banda representa el mayor riesgo de interferencias. En este caso, el uso de filtros como medida de mitigación no es suficiente para alcanzar los márgenes de protección adecuados¹⁴.

Con base en las mediciones realizadas, los márgenes de protección y umbrales de saturación del receptor requeridos para la convivencia de los servicios analizados en el caso de operación Co-Canal son altamente exigentes y, dado que no aplica el uso de filtros, los riesgos de interferencia son críticos, requiriendo grandes distancias de separación entre los transmisores de ambas tecnologías y manejando muy bajas potencias de transmisión como se mostrará más adelante.

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos en el caso de operación en canal adyacente dentro de la banda de 700MHz.

Escenario	Sin Técnica de Mitigación	Uso de filtros en receptor
Transmisor TV analógica → Estación Base LTE	● ALTA	● MEDIA
Transmisor TV analógica → Terminal LTE	● MEDIA	NO APLICA
Estación base LTE → Receptor TV analógica	● MEDIA	● BAJA
Terminal LTE → Receptor TV analógica	● MEDIA	● BAJA

Tabla 3. Resultados convivencia de servicios para operación en canal adyacente dentro de la banda de 700MHz

Con base en la anterior tabla, se concluye que el uso de filtros en la estación base LTE como medida de mitigación no es suficiente para alcanzar los márgenes de protección adecuados¹⁵, a diferencia de la implementación de filtros domésticos en los receptores de TV analógicos. No obstante, considerando el alto riesgo de interferencias en el escenario co-canal y que los filtros pasa banda de radiofrecuencia para la estación base LTE resultan insuficientes, en el siguiente gráfico se muestra la distancia geográfica mínima en espacio abierto requerida entre la estación transmisora de televisión analógica y la estación base LTE/ Terminal de usuario LTE para alcanzar los márgenes de protección requeridos en cada escenario. Se estimaron a partir de análisis teórico mediante modelo de propagación Okumura-Hata para espacio libre en ambientes urbanos, considerando diferentes niveles de potencia de transmisión¹⁶ y bandas de guarda.

14. La mejora obtenida con la implementación de filtros en la estación base LTE es menor a los 3dB. En el caso de los receptores de TV analógica, la adopción de filtros domésticos reduce significativamente el riesgo de interferencia cuando hay operación en canales adyacentes dentro de la misma banda.

15. La mejora obtenida con la implementación de filtros en la estación base LTE es menor a los 3dB. En el caso de los receptores de TV analógica, la adopción de filtros domésticos reduce significativamente el riesgo de interferencia cuando hay operación en canales adyacentes dentro de la misma banda.

16. Se toma como referencia de análisis, las potencias que están autorizadas para las estaciones de transmisión analógica que están operando dentro de la banda de 698 – 806 MHz.

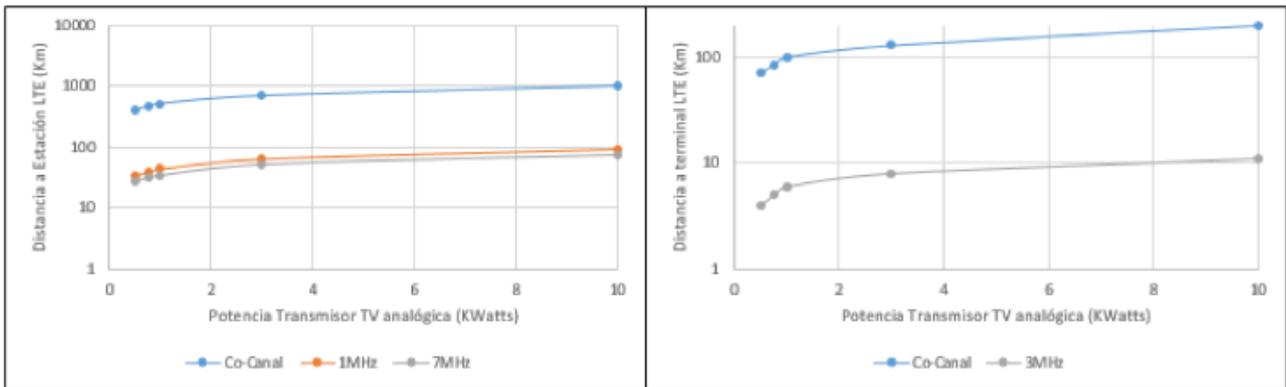


Figura 7. Distancia requerida entre transmisor de TV analógica y estación base LTE (izquierda) / terminal de usuario LTE (derecha) para diferentes potencias y bandas de guarda.

Con base en la anterior figura, la coexistencia de servicios en operación co-canal implicaría distancias en espacio libre de hasta 1000 kilómetros, lo que en términos prácticos representa que dicho escenario no resulta técnicamente viable debido al alto riesgo de interferencia que impedirían la correcta operación de los sistemas LTE. Ahora bien, desde el punto de vista de operación en canal adyacente, considerando una separación entre canales o banda de guarda superior a 7MHz, se requieren técnicas de mitigación como distancias en espacio libre superiores a 40km entre el transmisor de TV analógica y la estación base LTE y potencias de transmisión de TV analógica menor a 1KWatt.

Con el objetivo de analizar el caso particular de Perú, se realizó un ejercicio de planificación para la ciudad de Lima, con el objetivo de entender el impacto de los niveles de interferencia.

El siguiente mapa muestra la situación de la ciudad de Lima y las estaciones de televisión en las que existen emisiones en canales de la banda de 700 MHz (canales 53 a 59). En la zona ampliada se aprecia la cercanía del transmisor de Chorrillos (77°02'04.7''W 12°11'04.8''S) a la ciudad de Lima (20 Km aproximadamente), sobre la que se realiza el análisis¹⁷.

17. Las estaciones cercanas a Lima ubicada en las provincias de Huancayo, Ica y Chimbote, presentan áreas de cobertura y zonas de exclusión de 200KM, 254KM y 360KM respectivamente, por lo que no afectarían la ciudad de Lima

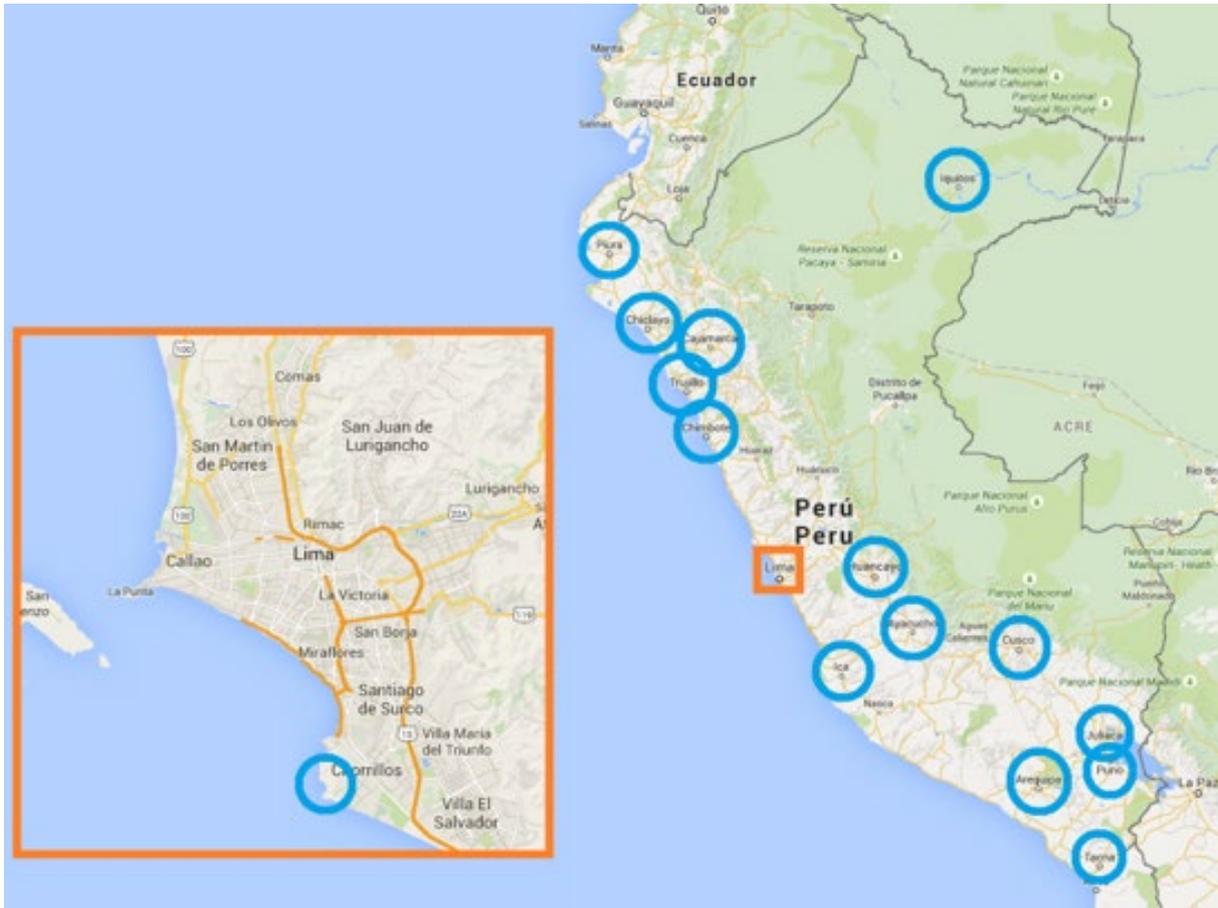


Figura 8. Mapa de ubicación de las estaciones de televisión analógica en zonas cercanas a Lima.

Haciendo uso de la herramienta de planeación ICS TELECOM, se obtiene la siguiente huella de cobertura y zona de exclusión para la estación de TV analógica ubicada en Chorrillos operando en el canal 57.



Figura 9. Área de cobertura y zona de exclusión de TV analógica en Lima

Considerando un despliegue de 13 estaciones base LTE (eNB) en la ciudad de Lima, se simula el impacto en la cobertura de LTE considerando los niveles de interferencia generados por la operación de sistemas de transmisión de TV analógica en el mismo canal (canal 57) y en canales adyacentes dentro de la misma banda (canal 59).

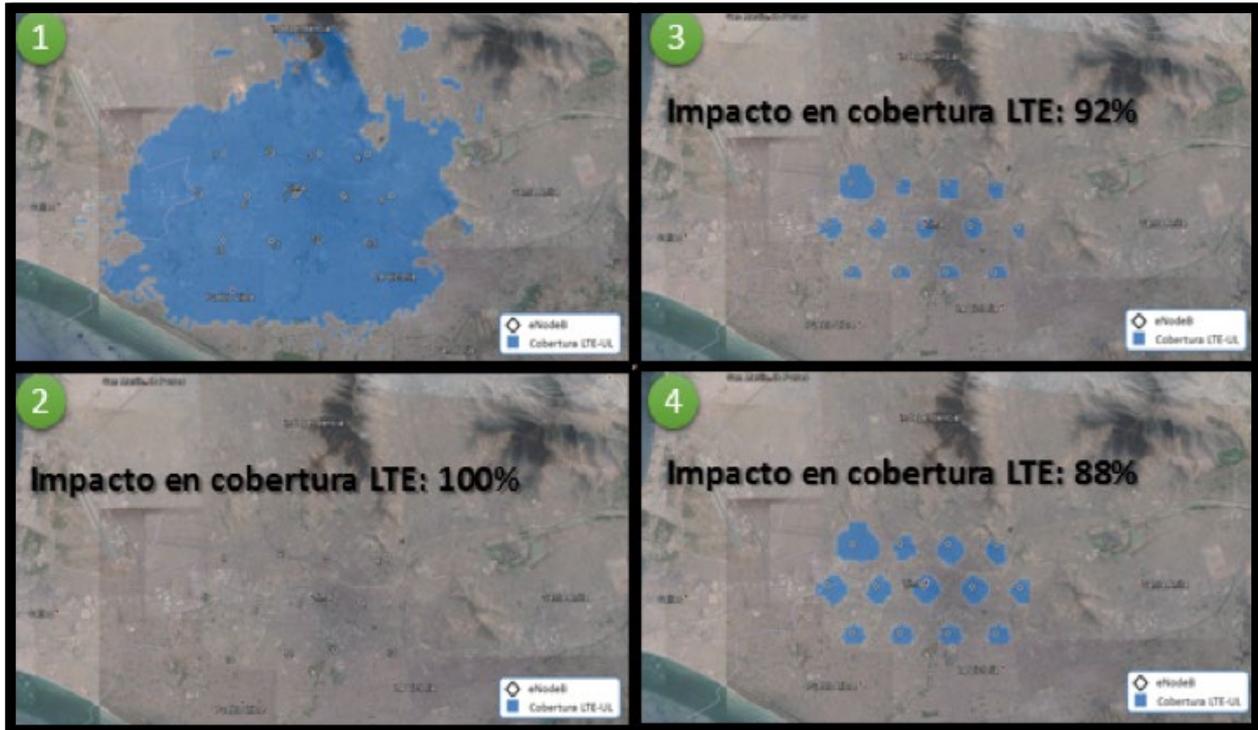


Figura 10. Impacto en la cobertura LTE por interferencia de transmisores de TV analógica dentro de la banda de 700MHz

5. Cobertura LTE sin interferencias externas
6. Cobertura LTE con transmisor de TV analógica operando en el mismo canal a 20KM de distancia
7. Cobertura LTE con transmisor de TV analógica operando en el canal adyacente (7MHz de banda de guarda) a 20KM de distancia.
8. Cobertura LTE con transmisor de TV analógica operando en el canal adyacente (7MHz de banda de guarda) a 20KM de distancia y con filtro en la estación base LTE

Con base en lo expuesto, se concluye que la operación de estaciones transmisoras de radiodifusión analógica dentro de la banda de 700MHz generaría alto riesgo de niveles de interferencia que afectarían el desempeño de las redes LTE 700MHz. En este sentido, se recomienda la migración de dichas estaciones a canales debajo de 698MHz.

3.2.2 Coexistencia de servicios en bandas adyacentes

Como se mostró en la Tabla 2, los márgenes de protección requeridos para la coexistencia de los servicios de TV analógica y digital y los sistemas LTE resultan menos exigentes que en el caso de operación dentro de la misma banda.

Considerando que la banda de guarda entre el canal 51 de TV y el enlace descendente de LTE es de 60MHz, el riesgo de interferencia se genera con el enlace ascendente de LTE. La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos para cada escenario y considerando técnicas de mitigación de manera independiente.

Escenario	Sin Técnica de Mitigación	No Uso del Canal 51	Uso de filtros en receptos
Transmisor TV analógica → Estación Base LTE	● ALTA	● BAJA	● MEDIA
Transmisor TV Digital → Estación Base LTE	● MEDIA	● BAJA	● BAJA
Terminal LTE → Receptor TV analógica	● MEDIA	● BAJA	● BAJA
Terminal LTE → Receptor TV Digital	● MEDIA	● BAJA	● BAJA

Tabla 3. Resultados escenarios convivencia en banda adyacente

Los resultados de las pruebas de laboratorio muestran que los márgenes de protección requeridos para la convivencia de los servicios analizados son entre 12dB y 16dB más exigentes en el caso de la TV analógica respecto de la TV digital debido a características técnicas de dichas señales.

En el caso de TV analógica, el uso de filtros en los receptores de la estación base LTE no resultan suficiente para mitigar satisfactoriamente las interferencias generadas por un transmisor de TV analógica operando en el canal 51, para ello es necesario considerar las siguientes técnicas de mitigación.

- i) No uso del canal 51 → resulta suficiente para permitir la convivencia de servicios en los escenarios analizados. Los costos asociados corresponderían a la migración de 10 estaciones de transmisión de TV analógica autorizadas para operar en dicho canal a Julio de 2015 y que son detallados más adelante.
- ii) Implementación de filtros en estación base LTE y el receptor de TV y asegurar una distancia de separación entre el transmisor de TV y la estación base LTE superior a 20 kilómetros → Representa implicaciones en el diseño de la red LTE debido a las pérdidas de inserción generadas por el uso de los filtros (entre 0.5db y 1.3dB dependiendo de la calidad del filtro) y asegurar la distancia requerida respecto del transmisor de TV, además de adicionar un potencial punto de falla en la arquitectura de la red LTE.

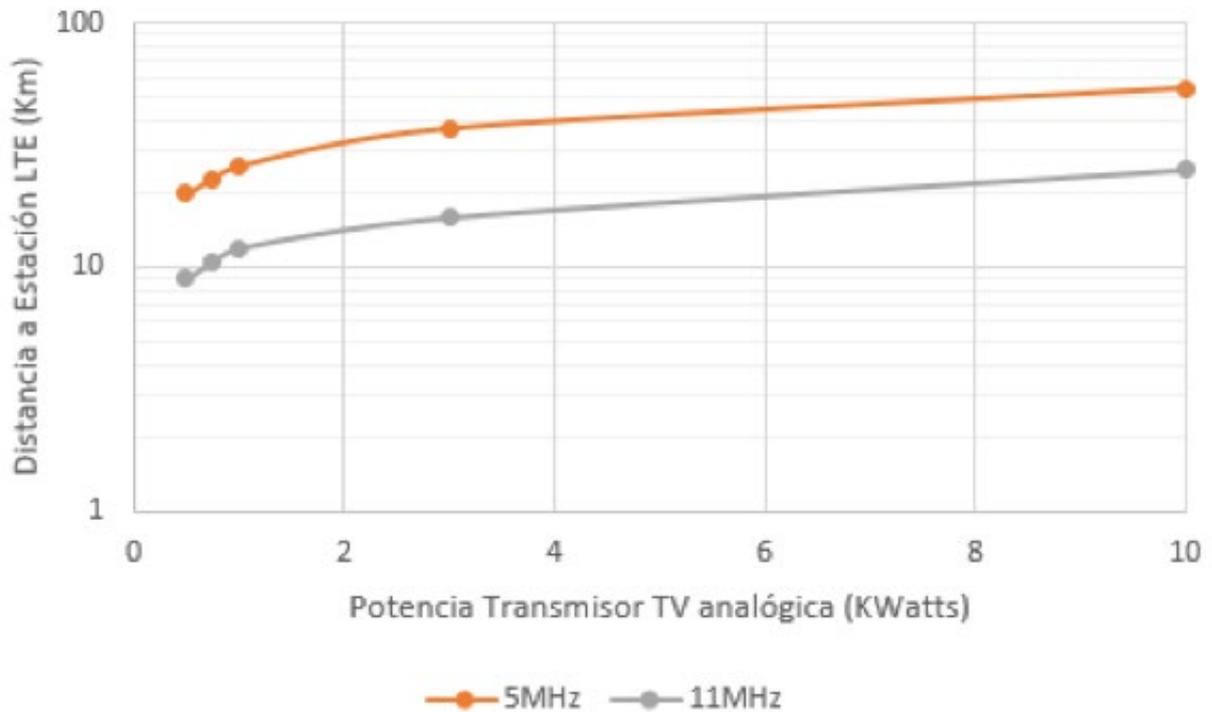


Figura 11. Distancia mínima entre estación de TV analógica y estación LTE en banda adyacente

En el caso que el canal 51 sea usado para la operación de transmisores de TV digital, la convivencia de los servicios es viable evitando el uso del canal 51, como se mostró en la tabla, o mediante el uso de filtros en el receptor de la estación base LTE y en los receptores de TV digital con las implicaciones mencionadas previamente.

Para la implementación de filtros en los receptores de televisión que mitiguen las interferencias perjudiciales, se estima que la cantidad de hogares con potencial riesgo de interferencia podría estar entre el 3% y el 5%. Considerando el costo del filtro (USD 15), costos logísticos para entrega, stock de repuestos y atención al cliente por fallas o inquietudes durante 1 año, se estima que los costos asociados con esta técnica de mitigación podrían ascender a los USD 4.8 Millones, lo cual es mucho mayor que el costo asociado con la modificación del canal de operación de 10 estaciones de TV analógica (migración a analógico en otro canal).

En relación con los escenarios con el receptor de televisión y el terminal de usuario en interiores (peor caso), se estimó que La distancia mínima en el caso que el terminal y el receptor TDT se encuentren en la misma sala es de 7,7 metros. De todos modos, esta distancia de seguridad sólo será necesaria en el caso más crítico, donde el terminal transmite a la máxima potencia. En casos menos restrictivos, esta distancia se verá reducida en gran medida. Para casos típicos de escenarios urbanos y rurales, se emplean potencias medias en el terminal LTE de 2 y -9 dBm, respectivamente. Las distancias mínimas obtenidas para este caso serán:

Potencia Terminal LTE	Misma sala	Sala adyacente
23 dBm	7,7 m	1,9 m
2 dBm	0,8 m	0,2 m
-9 dBm	0,25 m	0,13 m
-13 dBm	0 m	0 m

Tabla 4. Distancias mínimas entre el terminal LTE y el receptor TDT en función de la potencia LTE transmitida, para una misma sala o salas distintas. Canal 51 de TDT.

3.3 Conclusiones del Estudio de Coexistencia

Esta sección presenta las conclusiones más relevantes de los hallazgos obtenidos a partir de las mediciones de laboratorio realizadas con el apoyo de la Universidad Politécnica de Valencia España y las estimaciones teóricas para el peor caso en cada uno de los escenarios analizados, es decir, aquel donde el receptor del sistema evaluado se encuentra ubicado en el borde de cobertura del transmisor y el transmisor de la señal interferente está cercano al receptor.

Para los escenarios correspondientes a la operación de estaciones transmisoras de TV analógica (estándar NTSC) y digital (ISDB-T) en los canales 49, 50 y 51, y las redes de banda ancha móvil LTE en la banda de 700MHz (bloques de 2 x 15MHz), se listan a continuación las principales conclusiones.

- Existen riesgos de interferencia entre los servicios de radiodifusión de TV operando en el canal 51 y las redes de banda ancha móvil LTE operando en la parte baja de la banda de 700MHz (Dividendo Digital).
- El mayor riesgo de interferencia es generado cuando la estación transmisora de TV en el canal 51 hace uso de tecnología analógica, debido a que los márgenes de protección entre los servicios de TV y LTE son entre 12dB y 16dB más exigentes que en el caso de las señales digitales.
- Evitar el uso del canal 51 para la operación de televisión mitiga los riesgos de interferencia cumpliendo con los márgenes de protección requeridos. En caso contrario, se requiere la combinación de técnicas de mitigación como la implementación de filtros en los receptores de TV, reducción de la potencia de transmisión de las estaciones TV y asegurar una distancia mínima de separación entre estaciones de transmisión de TV y radio bases LTE, además de filtros en las estaciones base LTE en los casos de alto riesgo de interferencia por cercanía a la estación de TV. **No obstante, se observó que en el caso de señales de TV analógicas, para el peor escenario, la implementación de filtros en las radio bases LTE no son suficientes para alcanzar los márgenes de protección requeridos.**
- El uso de filtros en las radio bases LTE tiene un impacto en la planeación de las redes debido a las pérdidas de inserción de dichos dispositivos, además de ser un elemento adicional de falla en la infraestructura de red que podría impactar la calidad de servicio. En el caso de los filtros domésticos para los receptores de televisión, es necesario considerar en el análisis de costos tanto el dispositivo como la logística de distribución, una campaña educativa para su instalación y adopción, un centro de atención para los televidentes que tengan dudas o presenten fallas con el filtro y un stock de repuestos, con base en el potencial número de hogares afectados y el promedio de televisores por hogar.

A continuación se mencionan las principales conclusiones de los resultados obtenidos para los escenarios correspondientes a la operación de estaciones transmisoras de TV analógica (estándar NTSC) dentro de la banda de 700MHz, y las redes de banda ancha móvil LTE en la banda de 700MHz (bloques de 2 x 15MHz).

- La coexistencia de servicios de TV analógica y LTE dentro de la banda de 700MHz en la misma zona geográfica no es viable debido a los exigentes márgenes de protección requeridos. La operación de TV analógica dentro de la banda de 700MHz no permite la prestación de servicios LTE cuando se encuentran en el mismo rango de espectro e impacta la cobertura de los servicios de banda ancha 4G hasta en un 92% cuando operan en canales adyacentes dentro de la banda de 700MHz.
- La separación geográfica en espacio libre entre una estación base LTE y una estación transmisora de TV analógica a 1Kwatt de potencia tendría que ser superior a 800 kilómetros en caso de operación Co-Canal (TV y LTE operando en el mismo rango de espectro dentro de la banda de 700MHz) y 40Km en canal adyacente con una separación de espectro o banda de guarda mayor a 7MHz entre los dos servicios.

4 Análisis de la Situación actual peruana

En 2009, mediante Resolución Suprema No. 019-2009-MTC, Perú adoptó el estándar ISDB-T para el proceso de digitalización de la televisión analógica, estableciendo metas para el inicio de transmisión de señales digitales y para el “apagón analógico” en cada uno de los cuatro territorios definidos para el proceso de implementación de la TV Digital en el Plan Maestro para la implementación de la Televisión Digital Terrestre (TDT) en el Perú, aprobado y modificado por los Decretos Supremos N° 017-2010-MTC y N° 020-2014-MTC respectivamente, y que se detallan en la siguiente figura.

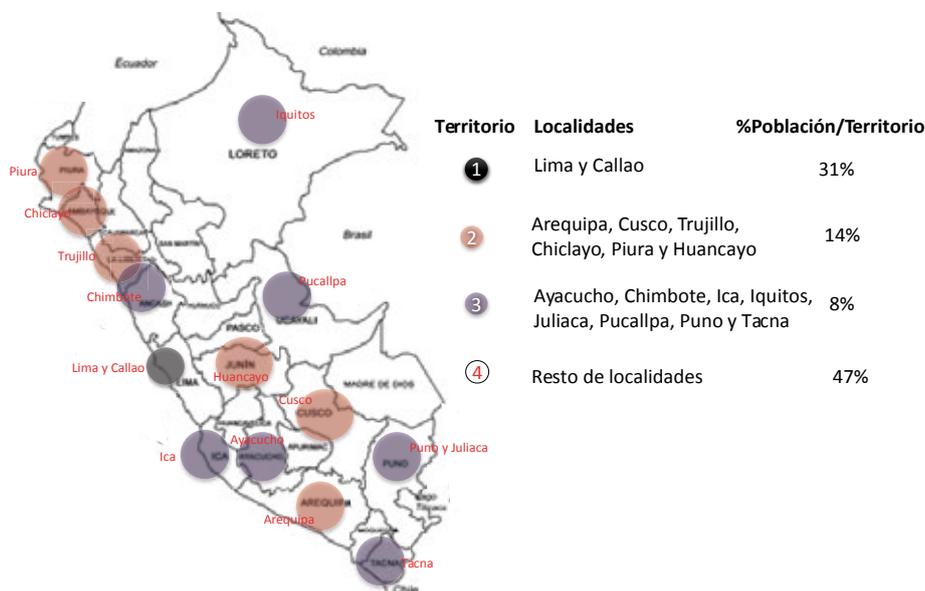


Figura 12. Territorios para implementación de TDT en el Perú
Fuente: Decreto Supremo N° 017-2010-MTC, Porcentaje de población estimada

Así mismo, se establecieron dos opciones para el proceso de transición de TV analógica a TDT: i) transmisión simultánea de la programación analógica y digital en dos (2) canales de frecuencia; y ii) transición directa a la prestación de servicios con señal digital en un canal de radiofrecuencia. Así mismo, dicho plan contempla dos posibles opciones para la gestión de los canales asignados mediante transmisión simultánea:

- Gestión exclusiva: los operadores usan en forma completa y exclusiva un canal en la banda UHF para hacer la transición de su señal en la banda VHF. En caso de ya contar con canales en UHF, deberá realizar ahí mismo la transición. Pueden aplicar aquellos titulares que cuenten con autorización para prestar servicio como mínimo en la localidad de Lima y el 50% de las localidades del Territorio 2 y 3 o que cuenten con autorización para prestar servicios en la banda VHF.
- Gestión compartida: se compartirá el canal por un mínimo de 3 titulares para prestar servicios de TDT en la misma localidad¹⁸.

La siguiente tabla resume las fechas objetivo para la implementación de la TDT y los aspectos más importantes del plan de canalización definido.

18. Artículo 11.3 del Plan Maestro

Territorio	Inicio transmisión digital		Fin Transmisión analógica	Estado (2015-1H)
	Transmisión Simultanea	Transición Directa		
1	2015-4Q	2019-4Q	2020-4Q	Plan canalización aprobado 20 estaciones digitales transmitiendo (CH 16 – 51)
2	2017-3Q	2021-4Q	2022-4Q	Plan canalización aprobado 4 estaciones digitales transmitiendo (CH 16-51)
3	2019-4Q	2023-4Q	2024-4Q	Plan Canalización aprobado
4	2024-1Q	2025-1Q	Indefinido	Planes de canalización en desarrollo (41 localidades OK)

Tabla 5. Estado implementación TDT en el Perú

Fuente: Basado en Decretos Supremos N° 17-2010-MTC y N° 20-2014-MTC e Informe Anual de Evaluación del Proceso de Implementación de la TDT en el Perú 2015

En términos generales, los planes de canalización definidos hacen uso de los canales del 15 al 51¹⁹ para transmisiones en señal digital y analógico y los canales del 52 al 59 (banda de 700MHz) para transmisiones en señal analógica, siempre atendiendo criterios de planeación para la coexistencia de los dos tipos de señales. Adicionalmente, se incluye para algunas localidades la ubicación de las plantas transmisoras en una misma zona o área establecida. La siguiente figura resume lo mencionado.



Figura 13. Planes de canalización

Nota P11A del PNAF: los canales asignados en le banda de 698 – 746 MHz deberán migrar, pudiendo utilizar para la transmisión señales analógicas sujetos a los plazos y condiciones que determine el MTC

De esta manera, se encuentran en Perú autorizaciones para la operación 32 estaciones de transmisión de TV analógica en los canales UHF del 53, 55, 57 y 59 (banda de 700MHz) y 10 transmisores de TV analógica en el canal 51 (banda adyacente a 700MHz) .

Por otro lado, mediante Resolución Ministerial N° 337-2014 MTC/03 se dispuso la realización de Concurso Público para otorgar concesión única para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones y asignar los bloques de la banda 698 – 806 MHz, cuya canalización se definió en 3 bloques de 2 x 15 MHz mediante Resolución Viceministerial N° 661-2014-MTC/03 de manera que la banda de 700MHz pueda ser usada para la implementación de tecnologías como LTE.

Las siguientes secciones resumen aspectos relevantes en el contexto político relacionado con la banda de 700MHz y la ocupación actual de la misma en el Perú.

19. A excepción del canal 37, el cual es usado para Radioastronomía
20. Informe de "Estaciones Autorizadas de Radiodifusión por Televisión a Nivel Nacional" en Perú del MTC (20/07/2015) e información proporcionada por Telefónica Perú (2015)

4.1 Contexto Político y Regulatorio del Perú

El MTC, publicó a finales del mes de Agosto de 2015 las bases para la subasta de los 3 bloques de espectro en la banda de 700MHz, incluyendo como obligación para los asignatarios la migración de los *“titulares de autorizaciones para prestar servicios de radiodifusión que funcionen en la Banda, cuya autorización se encuentre vigente a la Fecha de Cierre de la Licitación”*²¹, para lo cual deberán realizar todas las actividades necesarias para modificar el canal de transmisión asignado a dichos titulares por otros canales que se encuentren en las bandas de 470 – 608MHz y 614-698MHz, estableciendo un plazo de 12 meses para llevar a cabo la migración y las pruebas necesarias.

Con base a los resultados del análisis de coexistencia presentado en el capítulo anterior, y que la meta establecida por el Perú para que se produzca el “apagón analógico” se extiende hasta el 2024 en el 53% de la población, la pronta migración de los titulares autorizados para prestar servicios de radiodifusión en los canales 53, 55, 57 y 59, es importante para el despliegue de redes de banda ancha móvil en la banda del Dividendo Digital.

En este marco, es importante resaltar que el Plan Maestro para la Implementación de la TDT en el Perú, contempla que la transmisión de señales digitales se realice en la banda UHF, por lo que tanto los titulares de autorizaciones en la banda de VHF y de la banda de 700MHz, como las nuevas autorizaciones deban migrar a los canales disponibles en la banda de UHF (35 canales). Sin embargo, según se realicen transiciones en transmisión simultánea (dos canales asignados a un mismo titular) o el extensivo uso de señales analógicas (requiere un canal de guarda por lo que el número de canales efectivos se reduce significativamente), la disponibilidad de espectro para recibir a todos los titulares de TV será reducida. En razón a lo expuesto, resulta relevante que el **MTC defina la planeación de canales a los cuales podrán migrar los titulares actuales**, de manera que se asegure dicha disponibilidad.

Por otro lado, los planes de canalización definidos para las localidades de los territorios 1, 2 y 3 y un porcentaje del territorio 4, identifica canales específicos para transmisiones analógicas o digitales. En este sentido, **bajo el entendimiento que el alcance de la obligación de migración implica una modificación del canal y no una digitalización**, es decir, que la migración se realizaría de analógico a analógico, **el MTC deberá definir oportunamente si dichos planes de canalización requieren modificaciones temporales**. Por ejemplo, en el caso de Lima, el plan de canalización identifica 21 canales para TDT y 13 canales para analógico (canales del 15 al 51), actualmente se encuentran autorizados 13 canales digitales y 14 analógicos y la obligación implica la migración de dos estaciones que operan en los canales 57 y 59. **Esta situación representa que canales identificados para transmisión digital sean usados para transmisiones analógicas**. En la siguiente sección se presenta el análisis preliminar realizado para otras localidades.

21. Proinversión (2015). Bases: “CONCESIONES ÚNICAS PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS DE TELECOMUNICACIONES Y ASIGNACION DE TRES BLOQUES DE LA BANDA 698 – 806 MHz A NIVEL NACIONAL”

4.2 Ocupación de la banda de 700MHz en Perú

Con el objetivo de analizar la ocupación de la banda de 700MHz en cada uno de los bloques de espectro identificados previamente, se propone una división del territorio nacional del Perú en 5 regiones, como se muestra en la figura a continuación, a fin de identificar el número de estaciones transmisoras de televisión digital y analógica que potencialmente podrían generar interferencia en los escenarios de: i) banda adyacente (referido al canal 51), ii) co-canal (canales que coincidan, total o parcialmente, en el rango de espectro de cada bloque analizado) y iii) canal adyacente (canales dentro de la banda de 700MHz).

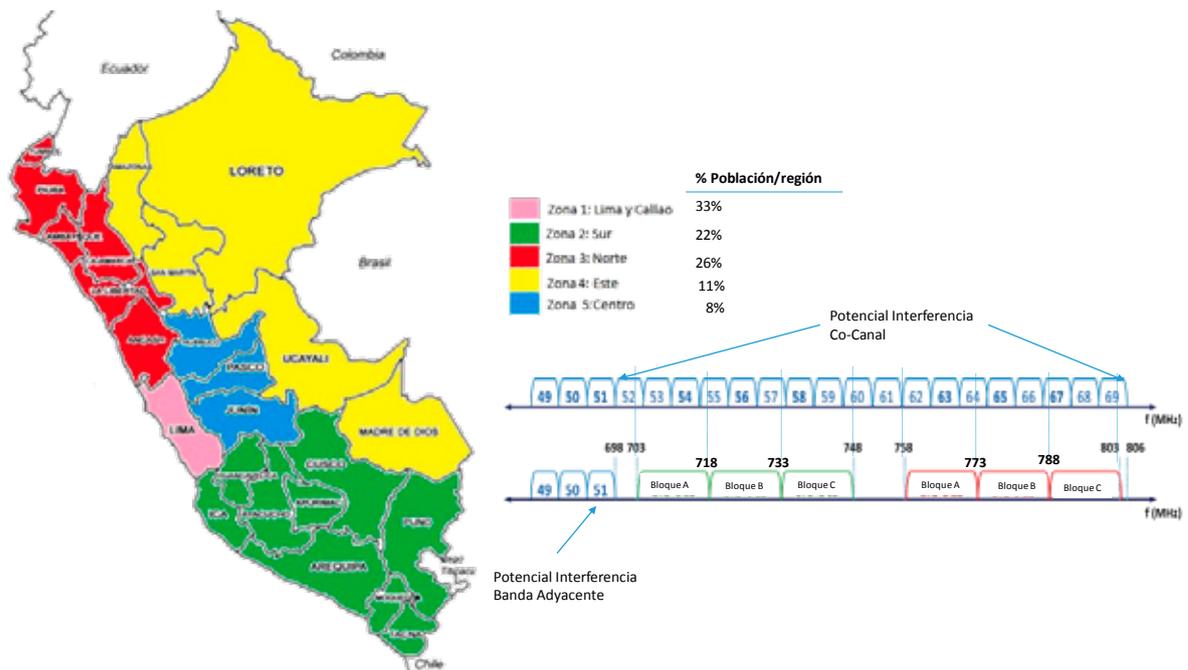


Figura 14. Regiones del Perú para análisis de ocupación de la banda

Cada bloque se analiza de manera independiente contabilizando el número de estaciones transmisoras de TV que pueden llegar a generar algún tipo de interferencia en la operación de los servicios LTE. Las siguientes figuras muestran el nivel de ocupación de la banda para cada bloque de espectro, si existe disponibilidad de canales para migración en analógico, e indicando si estaría o no alienado con los planes de canalización actual para transmisiones analógica o digitales.

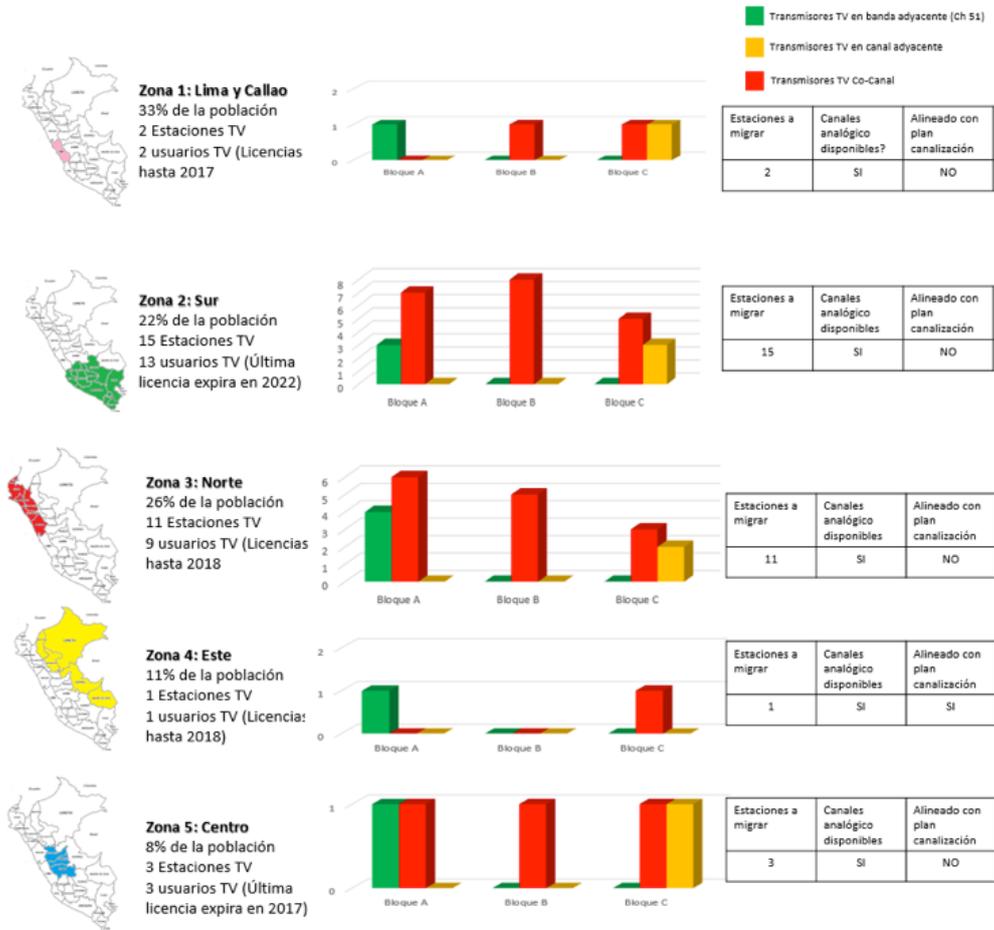


Figura 15. Ocupación de la banda 700MHz por cada bloque de espectro

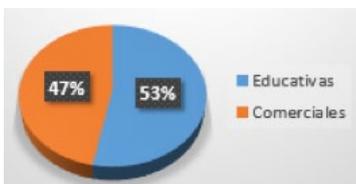
Las provincias de Arequipa, Cusco, Chiclayo (Lambayaque) y Lima presentan la mayor ocupación de canales en la banda de 470 – 608MHz y 614-698MHz, por lo que la disponibilidad de canales para migración en analógico es limitada. En este sentido, se recomienda dar prioridad en la planeación de la migración para estas localidades, a fin de asegurar la disponibilidad de espectro para llevar a cabo la migración de las estaciones de TV analógica.

Con base en la figura anterior se concluye que ninguno de los tres bloques de espectro en la banda de 700MHz se encuentra disponible para su uso a nivel nacional en servicios de banda ancha móvil. Así mismo, las zonas 2 y 3, correspondientes al 48% de la población, tienen el mayor nivel de criticidad por la alta ocupación de la banda generada por las 26 estaciones transmisoras de TV operando en los canales 53 al 59.



Finalmente, el bloque B en la zona este, correspondiente a la región selvática, y el bloque A, en la zona de Lima y Callao, presentan el menor nivel de ocupación.

De las estaciones transmisoras operando dentro de la banda de 700MHz, 15 tienen una finalidad comercial y 17 tienen una finalidad educativa, es decir, que corresponde a empresas estatales, universitarias y religiosas.



El titular que cuenta con un mayor número de estaciones autorizadas es JESUS BROADCASTING NETWORK S.A.C., operando 8 estaciones en los canales 57 y 59 y ASOCIACIÓN CULTURAL BETHEL con 2 estaciones en los canales 53 y 55. Estas empresas cuentan con la asignación de un canal de gestión exclusiva en la localidad de Lima, en la que ASOCIACIÓN CULTURAL BETHEL ya inició transmisiones en digital.

5 Consideraciones

para el Plan de Libración de la banda 700 MHz en Perú de tv y lte en banda de 700mhz

5.1 Experiencia internacional sobre limpieza de bandas de espectro para uso en imts

En esta sección se presenta el relevamiento de casos internacionales de migración y limpieza de bandas en miras al otorgamiento de espectro de Dividendo Digital por medio de procesos de subasta. En la siguiente figura se expone un breve resumen comparativo de dos aspectos esenciales en la definición de los planes de migración: cuál el origen de los fondos para solventar la migración y quiénes serán los responsables de implementarla.

Alternativa en la implementación de los planes de migración y limpieza de bandas correspondientes al Dividendo Digital

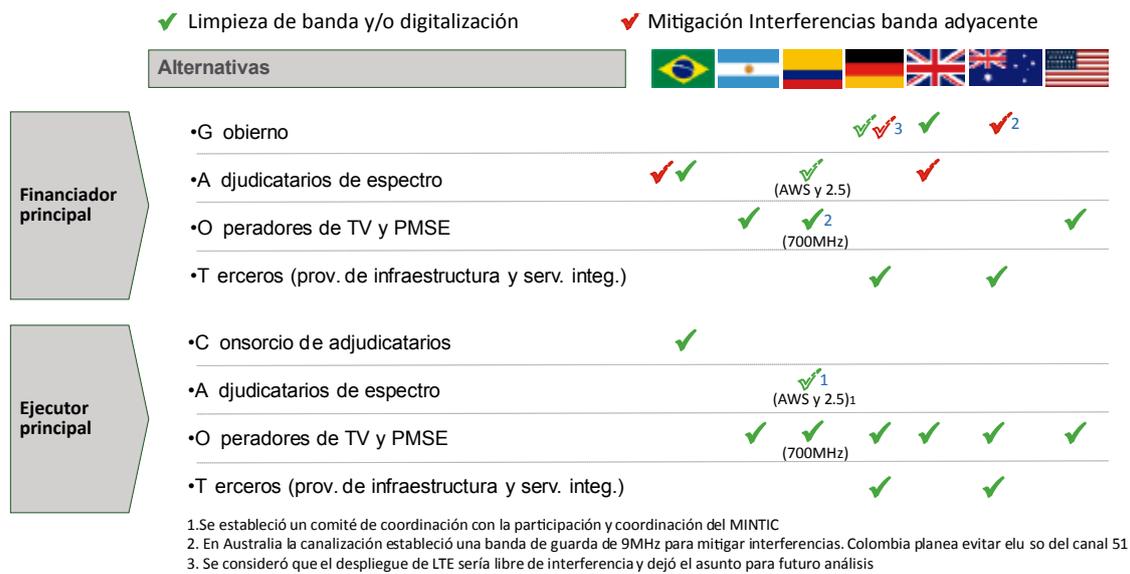


Figura 16. Alternativas en la implementación de planes de migración

Existen distintas variantes para el financiador. En los países que presentaban alta ocupación de la banda a subastar (eg, Brasil, Reino Unido, Alemania, Australia) el financiamiento no estuvo a cargo de los operadores de TV y PMSE. Los EEUU podría representar una excepción, aunque el caso presentado en este reporte (subasta por incentivo) constituye un caso especial y los operadores de TV no están obligados a migrar. La selección del financiador también puede obedecer a condiciones legales o normativas, que en algunos casos (eg, Argentina) prevén esta necesidad dentro del régimen general, o es realizado por los operadores de TV mediante la adopción de un esquema de planeación participativo con los actores involucrados (e.g. Colombia). En particular, el caso del Reino Unido ha sido apoyado con fondos públicos, dada la alta incidencia que los servicios de televisión abierta tienen dentro de su población. En Alemania, el apoyo financiero del gobierno estuvo concentrado en los usuarios PMSE.

Por otro lado, se observan variaciones en el responsable propiamente de la ejecución de la migración. Por ejemplo, en el caso de Colombia, el gobierno realizó un trabajo conjunto con los operadores de televisión y la Comisión Nacional de Televisión – CNTV (hoy extinta) desde el año 2011 para establecer acuerdos que viabilizaran la implementación de la TDT y la liberación de la banda de 698 a 806MHz. El Acuerdo 004 de 2011 establece, por ejemplo, que los concesionarios de TV privada nacional (RCN y CARACOL) y el operador público RTVC prestaran servicios sobre la tecnología DVB-T, en canales dentro de la banda de 700MHz, por un periodo de tres (3) años contados a partir del inicio de emisiones en Simulcast. Así mismo, la CNTV indicó en un comunicado de enero de 2012 que, conforme a las Sentencias en la Corte Constitucional T-081 de 1993 y C-815 de 2001, los titulares que hagan uso de canales en la banda de 698 a 806MHz están obligados a cesar el uso de dichas frecuencias cuando el Estado lo requiera. De esta manera, la migración, tanto en su operatoria como fondeo, está a cargo de los operadores de TV, y es el resultado de un acuerdo previo entre el sector público y los operadores de televisión, celebrado en el marco del plan de digitalización de la TV.

En Reino Unido, el gobierno se encargó del financiamiento y ejecución de la migración de los transmisores de TV operando en los canales 61 y 62 y la entrega de los setup box requeridos para la recepción de señales digitales mediante el programa “Digital Switchover Help Scheme” - DSHS. No obstante, los operadores que resultaron licenciarios del Dividendo Digital financiarían las medidas de mitigación que fuesen requeridas para la coexistencia de los servicios en banda adyacente.

En la figura siguiente se presentan las barreras más comunes en la implementación de los planes de migración, así como las iniciativas más exitosas para llevarlos adelante.

Principales iniciativas exitosas y barreras en los planes de migración y limpieza de bandas correspondientes al Dividendo Digital

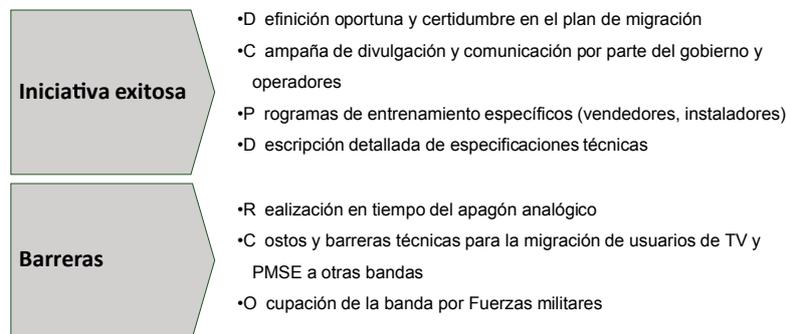


Figura 17. Iniciativas y barreras en planes de migración

La planificación temprana y detallada, así como la previsión de mecanismos de contingencia, fue reiterada como una de las herramientas indispensables para la implementación de los planes de migración. En un gran número de casos, esta planificación fue discutida con el sector y puesta a consideración mediante procesos de consulta pública. El otro aspecto fundamental es la puesta en marcha de programas de comunicación y entrenamiento, en muchos casos implementados tanto desde el gobierno como por parte de los operadores, y la definición oportuna de las condiciones técnicas requeridas para la migración.

Entre las barreras más comunes se cita el retraso en los planes de digitalización de la TV, que se ve frecuentemente retrasado, muchas veces como consecuencia de una insuficiente comunicación.

El ANEXO 4 presenta el detalle de los aspectos relevados para cada país.

5.2.1 Buenas prácticas

Con base en los casos internacionales analizados, se identifican las siguientes “buenas prácticas” para la implementación de planes de migración:

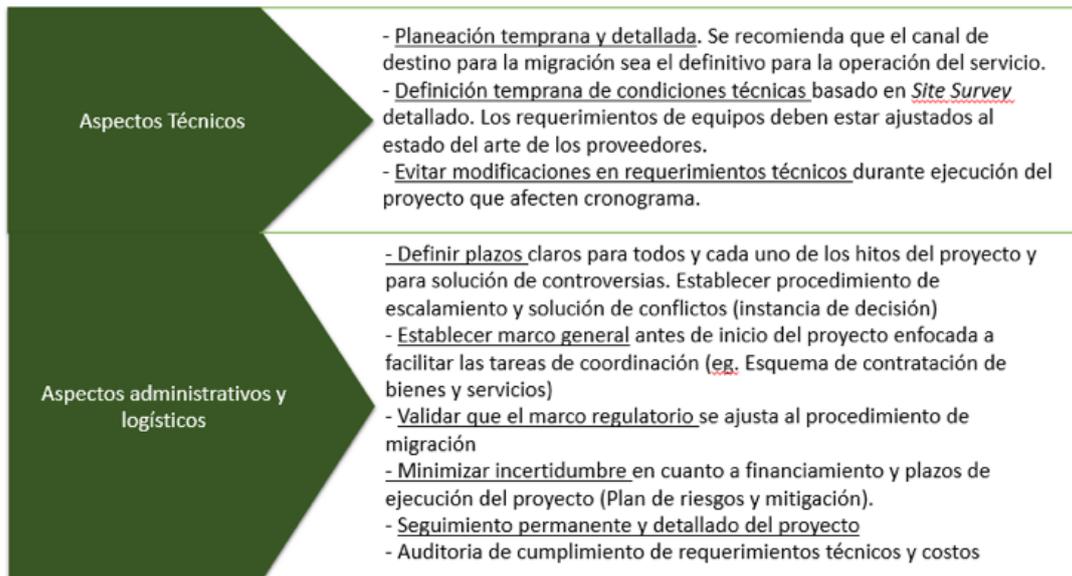


Figura 18. Buenas Prácticas para planes de migración

La decisión sobre quién es responsable del financiamiento y ejecución de los procesos de migración dependen en gran medida del tiempo en que se desee llevar a cabo el proyecto y el monto de los costos asociados con el mismo. En los casos en que se desee llevar a cabo un proceso de migración en el corto plazo (1 – 2 años), la agilidad de los procesos del sector privado y la posibilidad de contar con capacidad financiera inmediata para adquisición de equipos favorece dicha situación, sin que esto represente que dichos costos sean asumidos por cuenta y riesgo de estos actores cuando no sean los beneficiarios o titulares de las redes migradas.

Es altamente recomendable que el MTC y/o PROINVERSIÓN realice un costeo detallado de las actividades necesarias para el cambio de canal de operación en cada una de las estaciones transmisoras de TV analógica a migrar. De esta manera se podrá estimar un presupuesto ajustado a la realidad que facilite la definición de un tope en los costos por parte de los adjudicatarios. No obstante, en caso que dicho tope no resulte suficiente para cubrir la totalidad de los costos asociados con el plan de migración, es necesario definir previamente un plan de acción para mitigar dicho riesgo de manera que la liberación de la banda se realice a cabalidad.

Finalmente, con base en los resultados del análisis de coexistencia de servicios dentro de la misma banda, es necesario que el plan de migración asegure que la totalidad de la banda quedará liberada y que no dependa de la cantidad de bloques que sean adquiridos durante el proceso de subasta. Así mismo, es recomendable que la banda de 700MHz sea liberada en su totalidad para asegurar la correcta operación de los servicios de banda ancha LTE debido al alto riesgo de interferencia, especialmente en el caso de operación co-canal, como se describió en el capítulo 3. El uso de la banda de 700MHz de manera parcial generando un posible escenario de operación en canal adyacente deberá considerar los exigentes requerimientos técnicos necesarios para asegurar la convivencia de los servicios.

5.3 Componentes del plan de migración – caso Perú

A continuación se describen aspectos generales sugeridos para la estructuración de un plan de migración para la banda de 700MHz en Perú.

a. Financiamiento

Considerando que se espera realizar la subasta de espectro en la banda de 700MHz durante el primer trimestre de 2016 y el interés de la industria en poder acceder a este espectro, el financiamiento del proceso de migración de los titulares vigentes en el momento de adjudicación convendría que fuera realizado por los operadores que resulten adjudicatarios del proceso de subasta, pero los costos asociados con todas las actividades necesarias para llevar a cabo dicha migración deben ser deducidos del valor del espectro.

Así mismo, el costo total de la migración deberá ser dividido entre los adjudicatarios en partes iguales sin importar el bloque de espectro del que resulte asignatario. En caso que quede bloques sin vender, el financiamiento será asumido por los ganadores y dicho costo será deducido del valor del espectro.

b. Administración de recursos y ejecución del plan de migración

- Tipo de Asociación: Fideicomiso de administración
- Integrantes del comité de administración y coordinación técnica:
 - Un Representante MTC, responsable de liderar y coordinar las actividades promoviendo el cumplimiento de los plazos establecidos.
 - Un Representante Proinversión
 - Un Responsable por cada operador concesionario de espectro en banda de 700MHz
 - Dos representantes de los operadores de radio difusión con permiso vigente en los bloques adjudicados
- Soporte operativo:
 - Recursos técnicos de los concesionarios
 - Recursos técnicos de los operador de radio difusión con permiso vigente en los bloques adjudicados
 - Terceros (ej: asesores técnicos, proveedores de tecnología, etc.)
- Funciones principales del Fideicomiso:
 - Supervisar seguimiento al plan de migración
 - Homologar equipo de transmisión a adquirir
 - Definir y aprobar requerimientos técnicos de equipos y servicios requeridos para el plan de migración.
 - Aprobar modificaciones en los requerimientos técnicos, que no afecten costos o plazos.
 - Aprobar la tercerización de funciones del fideicomiso
 - Decidir ante conflictos operativos, técnicos y financieros. Realizar escalamiento con base en matriz establecida, para que instancias de decisión resuelvan conflictos o controversias
 - Imputar responsabilidades entre integrantes de administración o soporte operativo
 - Aprobar liberación de fondos para pago de equipos y otros gastos
 - Aprobar plan de pruebas
 - Certificar cumplimiento de obligación de migración a cargo de los concesionarios
 - Aprobar uso del bloque adjudicado
 - Devolver fondos remanentes a los concesionarios según reglas de aporte
- Funcionamiento:
 - Reuniones ordinarias semanales
 - Confección y envío de informe de avance mensual
 - 1 voto por representante
 - Decisiones por mayoría simple

c. Hitos principales

- Elección de los representantes de cada una de las partes y del equipo de soporte
- Conformación y formalización del comité de coordinación y fideicomiso. Es recomendable que las bases y estatutos para dicha conformación y formalización se encuentren pre-establecidos por el MTC previo al proceso de adjudicación.
- Definición y aprobación de requerimientos técnicos.
- Invitación a cotizar para proveer equipos y servicios requeridos
- Análisis de ofertas y selección del (de los) proveedor(es).
- Contratación.
- Inicio del proyecto
- Aprobación para uso de bloques adjudicados.

Las fases previas al inicio del proyecto dependerán de la capacidad de coordinación, la definición de reglas claras antes del proceso de adjudicación de espectro, la calidad de la información disponible (eg. Inventario y detalle de las condiciones técnicas de cada una de las estaciones a migrar) y el liderazgo que realice el MTC en la coordinación de las actividades. En este sentido, no es posible estimar con exactitud el plazo de dichas actividades.

La siguiente figura resume los plazos estimados para las actividades relacionadas propiamente con la ejecución del proyecto, es decir, después que estén definidas todas las condiciones técnicas, jurídicas y contractuales mencionadas previamente. De esta manera, se estima que los plazos estimados para la fabricación y nacionalización de equipos, estudio de interferencias en el canal de destino asignado por el MTC, la limpieza del mismo en caso de uso no autorizado y demás servicios requeridos para la modificación del canal de las estaciones de TV analógicas a migrar, pueden tomar entre 7 y 9 meses considerando un mínimo de 5 equipos de trabajo completos para la ejecución de los servicios.

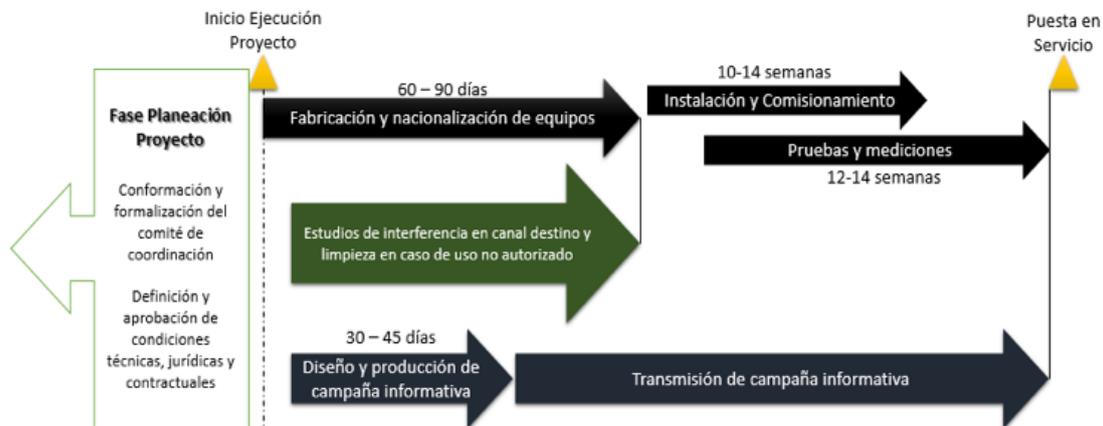


Figura 19. Plazos estimados para actividades de puesta en servicio de las estaciones de TV analógica en el nuevo canal

5.4 Estimación de costos de migración

Las actividades necesarias para modificar el canal de operación de las 32 estaciones transmisoras de TV analógica autorizadas en los canales 53, 55, 57 y 59, se pueden agrupar en tres ítems: i) adquisición de los equipos a ser reemplazados, ii) servicios asociados con la puesta en operación de la modificación y iii) campañas educativas que le permitan a los televidentes informarse sobre el cambio de canal. A continuación se detallan las consideraciones para cada grupo de actividades:

a. Equipos

Bajo el entendimiento de que el alcance de la migración de los titulares actuales está limitado a una modificación del canal de operación, es decir, una migración de analógico a analógico, y con base en los equipos disponibles en el mercado, se identifican dos posibles opciones descritas en la siguiente tabla:

Opciones	Transmisor y Filtro	Sistema Radiante (Arreglo de antenas, guía de onda)
Transmisor analógico	Transmisor y filtro analógico. Para transmisores mayores a 1KW se considera doble excitador para redundancia.	Arreglo de antenas panel de banda ancha La cantidad de paneles de penderán de la potencia de transmisión.
Transmisor <i>Digital Ready</i> que soporte transmisiones analógicas	Transmisor analógico con modulador digital y filtro analógico/digital de máscara crítica de 8 cavidades. Para transmisores mayores a 1KW se considera doble excitador para redundancia.	Sólo aplica en estaciones que requieran cambio de sistema radiante (Ej. Donde el sistema radiante actual sea de banda angosta)

Tabla 6. Opciones de equipos para modificación del canal de los titulares en la banda de 700MHz

A fin de estimar los costos de este rubro, se tienen presentes los siguientes supuestos:

- No se realizará transmisión simultánea en dos canales analógicos o simulcast. Esta posibilidad incrementa los costos al requerir la operación de dos sistemas de transmisión de manera simultánea, adicionalmente se identifican limitantes en la disponibilidad de espectro para algunas regiones. Así mismo, no se considera simulcast para transmisiones en analógico y digital.
- Se asumen tres escenarios diferentes respecto de las estaciones transmisoras que van a requerir reemplazo del Sistema Radiante (la consultora no conoce el detalle de inventario de equipos actuales de la red de TV analógica, se sugiere la realización de Technical Site Survey para ajustar presupuesto).
- Se tomó para el costeo, basado en información de fabricantes como EGATEL y ROHDE & SCHWARZ, la siguiente distribución de transmisores según la potencia actualmente autorizada para su operación.
- Para analizar un posible escenario en el que se requiera la transmisión de señales digitales, se asume el peor escenario en cuanto a cantidad de hogares que requieren de setupbox para asegurar la recepción de señales digitales, es decir, el 100% de los hogares que hacen uso de TV abierta²². Así mismo, se asume 1 televisor por cada hogar y solo se consideran costos asociados con los transmisores y receptores de TV, no se consideran cambios a nivel de cabeceras.

22. Se estima a partir del porcentaje de hogares con TV en Perú según el INEI (2013) y de la penetración de la TV por cable. 83% de los hogares tienen al menos un televisor y la penetración de TV por cable es del 34%. En total se tienen 4.4 millones de hogares.

La siguiente tabla detalla los escenarios analizados en relación con el requerimiento de cambio del sistema radiante.

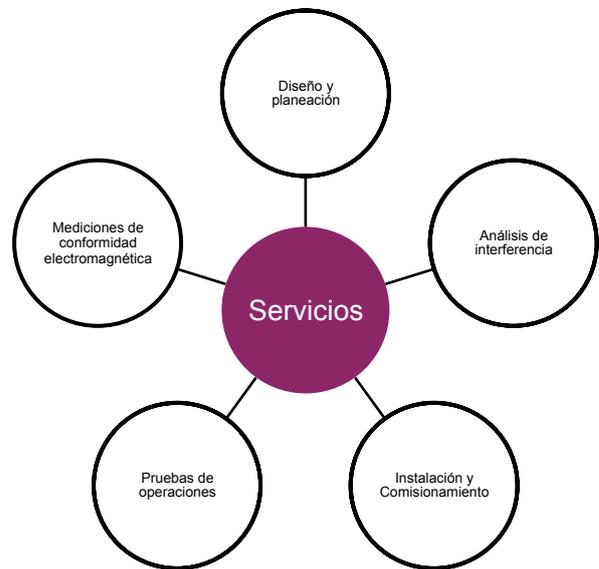
Potencia	Cantidad de Estaciones	Cantidad de Estaciones que se asume requieren cambio de sistema radiante		
		Escenario Optimista	Escenario Intermedio	Escenario Pesimista
10 KW	2	0	1	2
3 KW	1	0	0	1
1,5 KW	5	0	3	5
1 KW	19	0	9	19
500 W – 750 W	5	0	3	5

Tabla 7. Distribución de transmisores según potencia autorizada

b. Servicios para puesta en operación de la estación de radiodifusión de TV en el nuevo canal

Los servicios considerados para asegurar la puesta en servicio de la estación de radiodifusión de TV en el nuevo canal involucran las actividades detalladas a continuación.

- Diseño y planeación de cobertura de la estación de TV analógica en el nuevo canal.
- Análisis de interferencia para asegurar que el canal de destino se encuentra libre y que no existen transmisores haciendo uso no autorizado del espectro²³. Se asume mediciones en 10 a 15 puntos
- Instalación de los nuevos equipos, Comisionamiento de los mismos, adecuaciones eléctricas y en ventilación, ajuste del sistema radiante o instalación de un sistema nuevo según el caso.
- Pruebas de operación del sistema y mediciones de cobertura para validación de diseño.



c. Campaña educativa

Debido a que la migración implica que los televidentes deberán sintonizar un canal diferente para ver la programación, se hace necesario llevar a cabo una campaña informativa que le permita al televidente conocer el nuevo canal y la fecha en la que se realizará el cambio. Para ello se estimaron costos de producción de contenido y publicitarios según el número de hogares potenciales a los cuales llega la señal de TV abierta.

Con base en lo expuesto, la siguiente gráfica resume los costos estimados para la modificación de los canales en las 32 estaciones de TV analógica que operan a la fecha del presente informa dentro de la banda de 700MHz, para cada una de las opciones de equipos planteada.

23. El MTC se encuentra instalando un sistema de monitoreo de espectro para detectar usos no autorizados de espectro y llevar a cabo el procedimiento administrativo necesario. Dicho sistema quedará operativo este año. Sin embargo, para efectos presupuestales se incluyó este valor en el costeo.

Con base en lo expuesto, la siguiente gráfica resume los costos estimados para la modificación de los canales en las 32 estaciones de TV analógica que operan a la fecha del presente informa dentro de la banda de 700MHz, para cada una de las opciones de equipos planteada.

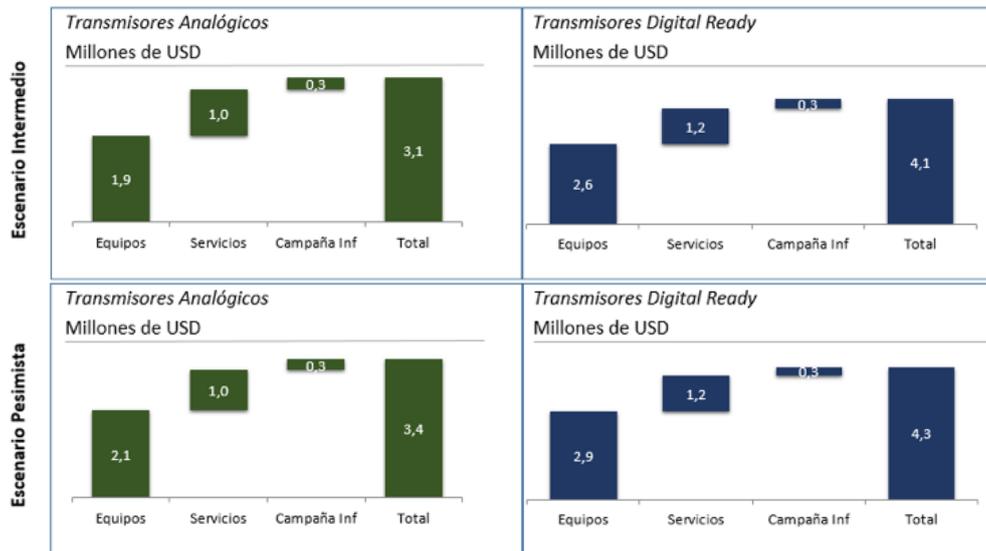


Figura 20. Costos asociados con la modificación del canal de operación de 32 estaciones analógicas

El costeo presentado en la anterior figura corresponde a un valor referencial basado en los supuestos expresados previamente, no considera costos relacionados con aspectos administrativos para coordinar y gestionar el proceso de migración ni un factor incremental por imprevistos. Para fines presupuestales se recomienda la realización del Technical Site Survey a cada una de las estaciones transmisoras que serán objeto de migración a fin de determinar todos los trabajos y cantidades de obra requeridos en cada caso.

Por otro lado, considerando la recomendación de modificar el canal de operación de los transmisores de TV analógica que actualmente hacen uso del canal 51, la siguiente figura muestra los costos estimados para dicha modificación.

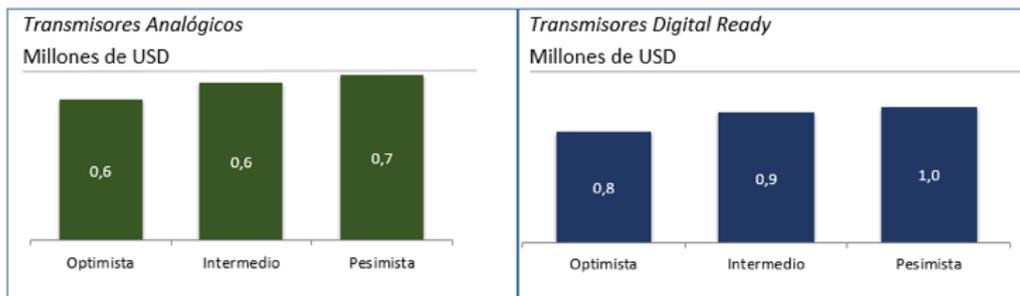


Figura 21. Costos estimados para modificación del canal de operación de los 10 transmisores de TV analógica en el canal 51

Finalmente, es importante resaltar que el costeo realizado no contempla la transmisión de señales digitales. Este escenario implicaría que adicional al costeo de migración a transmisores Digital Ready, se deba contemplar los costos asociados con Setup Box que les permitan a los televidentes recibir las señales digitales. Estos costos incluyen el setup box, la logística de distribución, servicio de atención al cliente por consultas y fallas²⁵ y campañas educativas para la instalación del equipo y adopción de la digitalización, estimados de manera preliminar en USD 47 por hogar, es decir, este escenario podría alcanzar un costo superior a US\$207 millones y un impacto significativo en el plazo de implementación. No obstante, con base en el análisis realizado por el equipo consultor, se considera un escenario poco probable dado el amplio cronograma para el apagón analógico en el Perú.

24. Los costos asociados con equipos y servicios de instalaciones se obtuvieron a partir de reuniones con los fabricantes EGATEL y ROHDE & SCHWARZ. Corresponden a costos con fines presupuestales bajo los supuestos expresados.

Referencia bibliográfica

- Resolución Suprema No. 019-2009-MTC
- Decretos Supremos N° 017-2010-MTC y N° 020-2014-MTC
- Informe de “Estaciones Autorizadas de Radiodifusión por Televisión a Nivel Nacional” en Perú del MTC (20/07/2015) e información proporcionada por Telefónica Perú (2015)
- CEPT REPORT 30. “The identification of common and minimal (least restrictive) technical conditions for 790 - 862 MHz for the digital dividend in the European Union”, Octubre 2009.
- DIGITALEUROPE White Paper, “Standardized DVB-T2 RF specifications”, Abril 2012.
- Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB-T). “Specification of Channel Coding, Framing Structure and Modulation”, Septiembre 1998.
- Recomendación UIT-R BT.1368-9, “Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, de los servicios de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas”, Diciembre 2011.
- Recomendación ITU-R BT.500-13, “Metodología para la evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes de televisión”, Enero 2012.
- Recomendación ITU-R BT.2033-1, “Planning criteria, including protection ratios, for second generation of digital terrestrial television broadcasting systems in the VHF/UHF bands”, Febrero 2015.
- Recomendación ITU-R BT.2215-4, “Measurements of protection ratios and overload thresholds for broadcast TV receivers”, Noviembre 2014.
- “Why is NTSC color carrier frequency 3.57954545 MHz and not some other number that can be remembered easily?” M-SYS MV blog, Enero 2011.
- Resolución Viceministerial N° 472-2010-MTC/03, “Modifican Planes de Canalización y Asignación de Frecuencias del Servicio de Radiodifusión por Televisión en VHF del departamento de Loreto”.
- F. Tarrés Ruiz, “Sistemas Audiovisuales. Volumen 1 - Televisión Analógica y Digital”, Ediciones UPC, 2000.
- 3GPP TS 36.211 v10.6.0, “3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation (Release 10)”, Diciembre 2012.
- M. Fuentes et al., “Coexistence of Digital Terrestrial Television and Next Generation Cellular Networks in the 700 MHz Band,” IEEE Wireless Communications Magazine, vol. 21, no. 6, Diciembre 2014.

Anexo 1

Descripción de la metodología de medición

1. Medidas con señal de Televisión Analógica

La Figura 22 muestra un caso típico de la interferencia a estudiar, donde se observa el espectro de una señal NTSC útil situada en el último canal asignado e interferida por el primer canal LTE-UL.

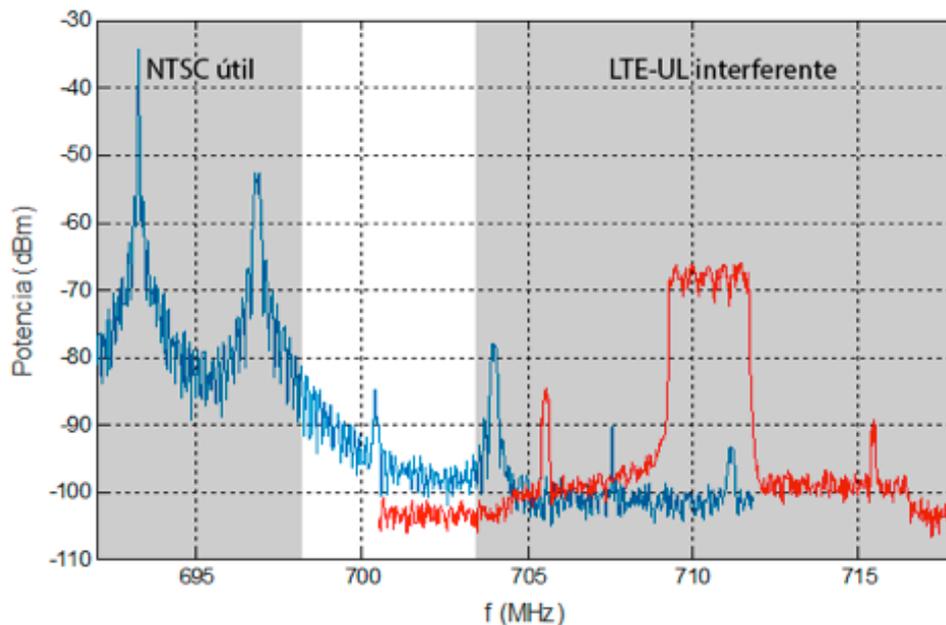


Figura 22. Señales utilizadas en la metodología de medida de márgenes de protección de señales NTSC interferidas por LTE.

El objetivo de estas medidas es obtener los valores de margen de protección y umbrales de saturación para sistemas de televisión terrestre analógica deseados, interferidos por una señal LTE. Para ello, se ha de aplicar el método de comparación subjetiva con una fuente interferente de referencia sinusoidal que se describe en [ITU1368].

En este tipo de medidas se utiliza un tipo de interferencia continua, perceptible pero no molesta, que aparece en el receptor durante al menos el 50% del tiempo.

El montaje de medidas consta de tres bloques necesarios para el método de comparación subjetiva. Estos bloques son la fuente interferente no deseada (en este caso LTE), el transmisor de televisión NTSC, y el receptor de televisión que se somete a prueba.

En este proceso de medida, se necesita una imagen de prueba electrónica (se empleará un patrón de barras de color), que debe ser visualizada a una distancia cinco veces la altura de la imagen. La potencia de la señal de entrada debe ser -39 dBm (70 dB μ V a 75 Ω). Se necesitan 5 observadores, experimentados o no experimentados. Cada prueba debe efectuarse con un solo observador y el método de evaluación debe presentarse a cada uno de ellos.

Medidas de señal de Televisión Digital

La Figura 23 muestra otro caso de la interferencia a estudiar, donde se observa el espectro de una señal ISDB-Tb útil situada en el último canal planeado e interferida por el primer canal LTE-UL.

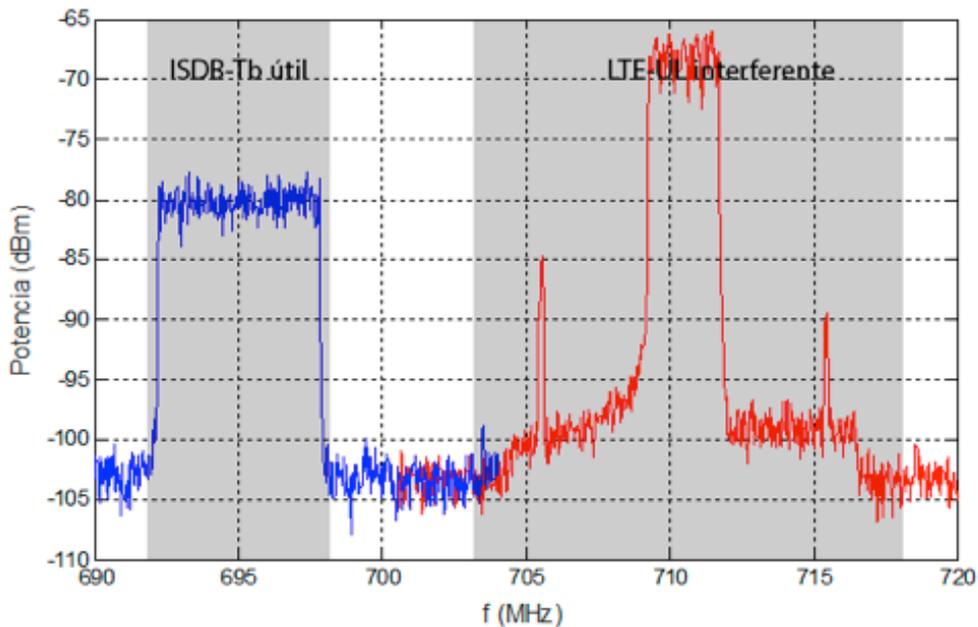


Figura 23. Señales utilizadas en la metodología de medida de márgenes de protección de señales ISDB-Tb interferidas por LTE.

Existen diferentes métodos para obtener los márgenes de protección necesarios para una señal digital. Principalmente existen dos procedimientos:

En el caso de sistemas de TDT (como ISDB-Tb), los márgenes de protección se miden entre los códigos interno y externo, antes de la decodificación, para un $BER = 2 \times 10^{-4}$, lo que corresponde a un $BER < 1 \times 10^{-11}$ a la entrada del demultiplexor MPEG-2. Este procedimiento viene especificado en la Recomendación ITU R BT.1368-12 [ITU1368].

En receptores domésticos es posible que no se pueda medir el BER y, para estos, se propone el método de punto de fallo subjetivo. Este método viene especificado en las recomendaciones ITU R BT.1368-12 [ITU1368] e ITU-R BT.2215 [ITU2215], y se explica a continuación.

Método de punto de fallo subjetivo.

Para el cálculo de los márgenes de protección y umbrales de saturación, se ha empleado una señal útil ISDB-Tb cuya potencia es de -60 dBm. Fijada la potencia útil, se realiza un barrido de potencias para la señal interferente, y se observa en el receptor (televisión) el resultado en un video real de 20 segundos. Si durante los 20 segundos no se observa ningún error, se aumenta la potencia interferente en 0.1dB, y se vuelve a observar. Cuando se observe un error, la potencia interferente anterior a esa medida será la máxima (P_{int}), y el margen de protección resultante se obtiene como $MP = -60 - P_{int}$.

Medida de Señal 4G LTE-UL y LTE-DL

La Figura 24 muestra el espectro de una señal LTE útil situada en el último canal asignado e interferida por el primer canal de TDT.

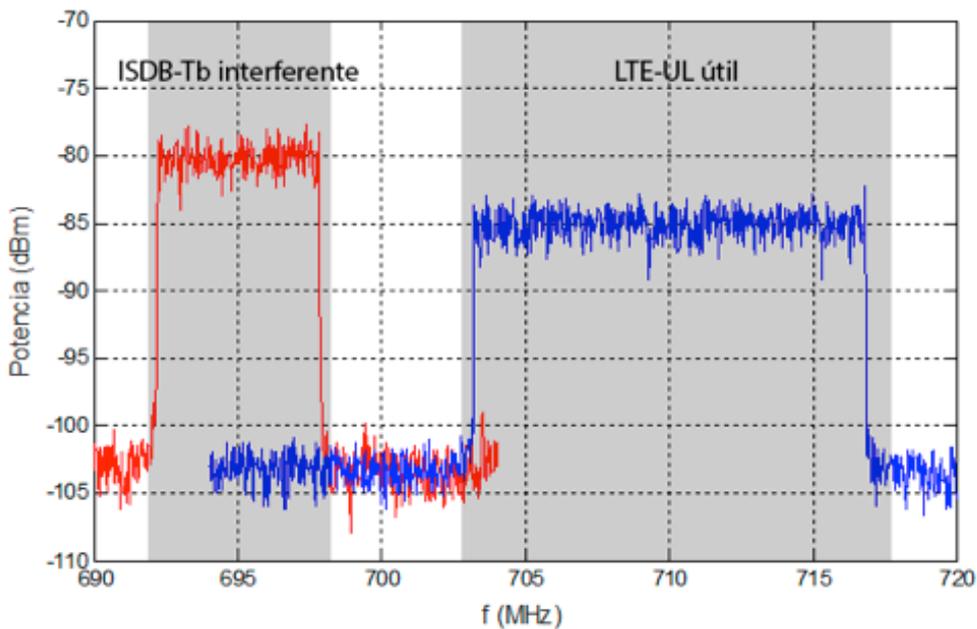


Figura 24. Señales utilizadas en la metodología de medida de márgenes de protección de señales LTE interferidas por ISDB-Tb.

La naturaleza de la señal LTE que se pretende utilizar, tanto en Downlink como en Uplink, es similar a la TDT, es decir, se trata de una señal OFDM, con todas las portadoras activas. Por ello, el procedimiento seguido es obtener un modo TDT equivalente en cobertura y capacidad (throughput) al de LTE deseado, que permita obtener márgenes de protección extrapolables a esta tecnología.

En este caso, se ha empleado una señal TDT DVB-T2, estándar de segunda generación más robusto, con modulaciones y tasas de codificación similares a LTE. El modo empleado es una señal QPSK 1/2, con FFT 1K e intervalo de guarda 1/16.

Los márgenes de protección y overloading thresholds para este caso se obtienen también mediante el método de punto de fallo subjetivo, tanto para señales UL como DL.

Anexo 2

Detalle del resultado de las mediciones

1. Valores obtenidos en convivencia en la misma banda (TV 700 MHz; LTE 700 MHz)

A continuación se presentan los márgenes de protección (co-canal y adyacente) y los umbrales de saturación para los dos casos de interferencia posibles en el escenario co-banda.

Interferencia de la TV analógica sobre LTE.

Cuando NTSC interfiere sobre una señal LTE en la misma banda, se han obtenido valores de Oth para los canales inmediatamente adyacentes. Estos valores se muestran a continuación.

Overloading Threshold (Oth) (dBm)

Canal NTSC	54 (711.25 MHz)	58 (735.25 MHz)
Oth (dBm)	10.6	13.2

Tabla 8. Overloading thresholds de señales LTE-UL interferidas por señal analógica NTSC. Convivencia en la misma banda (canales adyacentes).

El peor caso se da para el canal 54, donde la máxima interferencia permitida es de 10.6 dBm, ya que la banda de guarda es menor (1 MHz en lugar de 2 MHz). Aun así, la interferencia permitida es muy alta, poco probable de encontrar en un escenario de convivencia real.

Margen de Protección Co-canal (MPco) (dB)

LTE-UL ch. 2 útil (725.5 MHz)

NTSC ch. 56 interferente (723.25 MHz)

Canal analógico	56 (723.25 MHz)
MP (dB)	11.3

Tabla 9. Margen de protección co-canal de señales LTE-UL interferidas por señal analógica NTSC. Convivencia en la misma banda.

LTE-DL ch. 2 útil (780.5 MHz)

NTSC ch. 65 interferente (777.25 MHz)

Canal analógico	65 (777.25 MHz)
MP (dB)	13.7

Tabla 10. Margen de protección co-canal de señales LTE-DL interferidas por señal analógica NTSC. Convivencia en la misma banda.

Los márgenes de protección co-canal son positivos. Esto significa que la potencia de la señal interferente permitida es menor a la útil, puesto que se encuentra en el mismo canal de la banda. En este caso se ha analizado el caso de señal útil LTE-UL y LTE-DL. El peor valor se da para el caso LTE-DL, cuyo margen de protección es mayor (más restrictivo).

Margen de Protección Adyacente (MPadj) (dB)

LTE-UL ch. 2 útil (725.5 MHz)

Canal analógico	54 (711.25 MHz)	58 (735.25 MHz)
MP (dB)	-23.1	-22.9

Tabla 11. Margen de protección de canal adyacente de señales LTE-UL interferidas por señal analógica NTSC. Convivencia en la misma banda.

LTE-DL ch. 2 útil (780.5 MHz)

Canal analógico	63 (765.25 MHz)	67 (789.25 MHz)
MP (dB)	-30.6	-29.2

Tabla 12. Margen de protección de canal adyacente de señales LTE-DL interferidas por señal analógica NTSC. Convivencia en la misma banda.

Los márgenes de protección adyacentes, sin embargo, son más restrictivos para el caso UL. En cuanto a los valores para DL, el peor caso se produce con el canal 67 como interferente, cuya banda de guarda es menor (0 MHz en lugar de 3 MHz).

Los valores obtenidos son más restrictivos que los proporcionados por la ITU y mostrados en la Error! Reference source not found.. La razón de esta diferencia se puede deber a la peor calidad del receptor empleado para este estudio.

Mitigación de interferencias en canal adyacente

Debido al tamaño del terminal móvil, solo se considera válido el empleo de filtros para mitigar las interferencias provenientes de la señal de TV en el enlace uplink. Se sitúa un filtro a la entrada en recepción del eNodoB. En tal caso, los MP se verían reducidos a:

LTE-UL ch. 2 útil (725.5 MHz)

Canal analógico	54 (711.25 MHz)	58 (735.25 MHz)
Filtro Recepción eNodoB LTE	Paso Alto	Paso Bajo
MP (dB)	-25	-30

Tabla 13. Margen de protección de canal adyacente de señales LTE-UL interferidas por señal analógica NTSC empleando un filtro paso señal LTE en la recepción del eNodoB.

Como se puede observar, los MP solo mejoran en 2 dB. Esta medida se prevé insuficiente para asegurar la correcta coexistencia de ambas tecnologías. No obstante, en la sección 6 se procederá a su estudio mediante ejercicios de planificación.

Interferencia de LTE sobre la TV analógica.

Overloading Threshold (Oth) (dBm)

Canal NTSC	54 (711.25 MHz)	58 (735.25 MHz)
Oth (dBm)	-14	-15.6

Tabla 14. Overloading thresholds de señales NTSC interferidas por LTE-UL. Convivencia misma banda.

Los valores de Oth obtenidos son menores que con señales digitales LTE, debido a la menor robustez de la señal analógica. Los valores son similares para los 2 canales bajo estudio, obteniendo potencias interferentes máximas de -14 y -15.6 dBm, para los canales 54 y 58, respectivamente.

Margen de Protección Co-canal (MPco) (dB)

LTE-UL ch. 2 interferente (725.5 MHz)

NTSC ch. 56 útil (723.25 MHz)

Canal analógico	56 (681.25 MHz)
MP (dB)	31.6

Tabla 15. Margen de protección co-canal de señales analógicas NTSC interferidas por LTE-UL. Convivencia en la misma banda.

LTE-DL ch. 2 interferente (780.5 MHz)

NTSC ch. 65 útil (777.25 MHz)

Canal analógico	65 (777.25 MHz)
MP (dB)	31

Tabla 16. Margen de protección co-canal de señales analógicas NTSC interferidas por LTE-DL. Convivencia en la misma banda.

Los valores de MP también son mucho más altos. Con NTSC como señal útil, conviviendo en el mismo canal RF con servicios LTE, el MP permitido es de 31.6 y 31 dB para servicios UL y DL, respectivamente. Esto quiere decir que la señal analógica sólo permite una interferencia que se encuentre 31 dB por debajo de la misma, algo bastante difícil de cumplir en un escenario real.

Margen de Protección Adyacente (MPadj) (dB)

LTE-UL ch. 2 interferente (725.5 MHz)

Canal analógico	54 (711.25 MHz)	58 (735.25 MHz)
MP (dB)	-20.3	-20.3

Tabla 17. Margen de protección de canal adyacente de señales analógicas NTSC interferidas por LTE-UL. Convivencia en la misma banda.

LTE-DL ch. 2 interferente (780.5 MHz)

Canal analógico	63 (765.25 MHz)	67 (789.25 MHz)
MP (dB)	-24	-24

Tabla 18. Margen de protección de canal adyacente de señales analógicas NTSC interferidas por LTE-DL. Convivencia en la misma banda.

Observando los valores de MP en canal adyacente, se puede ver que son mayores para el caso LTE-UL. Tanto para canal 54 como 58, la diferencia permitida con UL es de -20.3 dB, mientras que para los canales 63 y 67, la diferencia permitida con DL es -24 dB. Comparando los resultados con la **Error! Reference source not found.** se puede ver como, en este caso, los resultados obtenidos son menos restrictivos.

Mitigación de interferencias en canal adyacente

Se considera el uso de filtros para mitigar las interferencias provenientes de la señal de LTE (tanto enlace uplink como downlink), situando un filtro en el receptor de TV. En tal caso, los MP se verían reducidos a:

LTE-UL ch. 2 útil (725.5 MHz)

Canal analógico	54 (711.25 MHz)	58 (735.25 MHz)
Filtro Recepción TV	Paso Bajo	Paso Alto
MP (dB)	-31.2	-30

Tabla 19. Margen de protección de canal adyacente de señales NTSC interferidas por señal LTE-UL empleando un filtro paso señal NTSC.

LTE-DL ch. 2 útil (780.5 MHz)

Canal analógico	63 (765.25 MHz)	67 (789.25 MHz)
Filtro Recepción TV	Paso Bajo	Paso Alto
MP (dB)	-32	-32.1

Tabla 20. Margen de protección de canal adyacente de señales NTSC interferidas por señal LTE-DL empleando un filtro paso señal NTSC.

En este caso, los MP mejoran en torno a 10 dB para el uplink y 6 dB para el downlink. De modo, que esta medida posiblemente sirva para paliar las interferencias provocadas y asegurar la correcta coexistencia entre ambas tecnologías.

2. Valores obtenidos en convivencia en bandas adyacentes (TV 600 MHz; LTE 700 MHz)

A continuación se presentan los márgenes de protección adyacente y los umbrales de saturación para los cuatro casos de interferencia posibles en el escenario de bandas adyacentes.

Interferencia de la TV analógica sobre LTE.

Medida del Overloading Threshold (Oth) (dBm)

Las siguientes tablas muestran la potencia NTSC interferente permitida para diferentes valores de potencia útil, dependiendo del canal interferente (49, 50 ó 51):

Canal NTSC	49 (681.25 MHz)	50 (687.25 MHz)	51 (693.25 MHz)
Oth (dBm)	16	16	14.4

Tabla 21. Overloading thresholds de señales LTE-UL interferidas por señal analógica NTSC. Convivencia en bandas adyacentes.

Se obtienen valores de Oth similares para los 3 canales evaluados. Al no haber casi interferencia, la potencia permitida por parte de los 3 canales es similar, tratándose más de una interferencia generada por ruido que por la propia interferencia.

El menor valor de Oth en este caso se obtiene para el canal 51. Al ser menor la diferencia en frecuencia entre la señal útil y la interferente que con los canales 49 y 50, la señal interferente permitida es ligeramente menor. Este valor es ligeramente superior al obtenido en el caso co-banda, 3.8 dB. Esto se debe a que la banda de guarda entre canales es mayor en este caso. En bandas adyacentes hay 5 MHz de diferencia, mientras que antes era de 2 y 1 MHz para canal 54 y 58, respectivamente.

Medida del Margen de Protección Adyacente (MPadj)(dB)

Señal LTE-UL ch. 1 útil (710.5 MHz), Potencia -60 dB

Canal analógico (portadora de vídeo)	49 (681.25 MHz)	50 (687.25 MHz)	51 (693.25 MHz)
MP (dB)	-44.8	-41.1	-29

Tabla 22. Margen de protección adyacente de señales LTE-UL interferidas por señal analógica NTSC. Convivencia en bandas adyacentes.

En cuanto a los márgenes de protección de canal adyacente, sucede lo mismo. El peor caso es el canal 51, canal más cercano a la señal LTE-UL. El margen de protección es de -29 dB, mientras que para canales 49 y 50 se obtienen mejores valores, -44.8 y -41.1 dB, respectivamente. El MP para el canal 51 continúa siendo más restrictivo que los proporcionados por la ITU en la *Error! Reference source not found.*, sin embargo, a partir del canal 50 los valores son muy similares.

Mitigación de interferencias en canal adyacente

Como en el escenario de interferencia co-banda, se considera el empleo de filtros para mitigar las interferencias provenientes de la señal de TV en el enlace uplink, situando un filtro que permita el paso de la señal LTE en su recepción en el eNodeB. En tal caso, el MP se mejoraría hasta:

LTE-UL ch. 1 útil (710.5 MHz)

Canal analógico	51 (693.25 MHz)
Filtro Recepción eNodeB LTE Paso Alto	
MP (dB)	-30.5

Tabla 23. Margen de protección de canal adyacente de señales LTE-UL interferidas por señal analógica NTSC empleando un filtro paso señal LTE en la recepción del eNodeB.

De nuevo, el MP solo mejora en 1.5 dB, con lo que para la correcta coexistencia de ambas tecnologías se recomienda no utilizar el canal 51 como medida de mitigación en lugar del empleo de filtros. Adoptando esa medida el MP adyacente se reduciría a -41.1 dB.

Interferencia de la TV digital sobre LTE.

Canal TDT	49 (683 MHz)	50 (689 MHz)	51 (695 MHz)
Oth (dBm)	18	17	17

Tabla 24. Overloading thresholds de señales LTE-UL interferidas por señal digital ISDB-Tb. Convivencia en bandas adyacentes.

En el caso de interferencia de TV digital sobre LTE, los valores de potencia interferente necesarios son más altos que en NTSC.

Margen de Protección Adyacente (MPadj)(dB)

LTE-UL ch. 1 útil (710.5 MHz), Potencia -60 dB

Canal TDT	49 (683 MHz)	50 (689 MHz)	51 (695 MHz)
MP (dB)	-55.2	-54	-50.5

Tabla 25. Margen de protección adyacente de señales LTE-UL interferidas por señal digital ISDB-Tb. Convivencia en bandas adyacentes.

En este caso los márgenes de protección son muy bajos. El peor caso se vuelve a dar para el canal 51, que necesita un margen de -50.5 dB, más de 20 dB de diferencia con respecto al caso analógico como interferente. De esta forma se corrobora lo expuesto en la sección **Error! Reference source not found.**

Mitigación de interferencias en canal adyacente

Se considera el empleo de filtros a la entrada del eNodoB. El MP obtenido es:

LTE-UL ch. 1 útil (710.5 MHz)

Canal analógico	51 (695 MHz)
Filtro Recepción eNodoB LTE Paso Alto	
MP (dB)	-52

Tabla 26. Margen de protección de canal adyacente de señales LTE-UL interferidas por señal digital ISDB-Tb, empleando un filtro paso señal LTE en la recepción del eNodoB.

De nuevo, el MP solo mejora en 1.5 dB. En este caso, la mejora sigue siendo pequeña con lo que no se recomienda utilizar filtros, ya que los valores originales ya eran suficientemente bajos. Este escenario no requeriría del empleo de medidas de mitigación.

Interferencia de LTE sobre la TV analógica.

Cuando se analizan señales útiles de TV analógica, la potencia interferente permitida es muy baja. El tipo de tecnología no permite valores de interferencia tan altos como los obtenidos con LTE, y por tanto los valores de Oth obtenidos son menores. Los valores mostrados son los valores medios obtenidos a partir de los 5 observadores.

Overloading Threshold (Oth) (dBm)

Canal NTSC	49 (681.25 MHz)	50 (687.25 MHz)	51 (693.25 MHz)
Oth (dBm)	-12.6	-13.3	-13

Tabla 27. Overloading thresholds de señales analógicas NTSC interferidas por señal LTE-UL. Convivencia en bandas adyacentes.

Los valores son muy similares para los 3 canales bajo estudio, obteniendo potencias interferentes máximas de -12.6, -13.3 y -13 dBm, para los canales 49, 50 y 51, respectivamente.

Margen de Protección Adyacente (MPadj) (dB)

Canal NTSC	49 (681.25 MHz)	50 (687.25 MHz)	51 (693.25 MHz)
MP (dB)	-20	-23.6	-24.4

Tabla 28. Margen de protección adyacente de señales analógicas NTSC interferidas por señal LTE-UL. Convivencia en bandas adyacentes.

Consecuentemente, los márgenes de protección obtenidos son muy altos en comparación con LTE.
Mitigación de interferencias en canal adyacente

Se considera el uso de filtros paso bajo (tanto doméstico como profesional) para mitigar las interferencias provenientes de la señal de LTE-UL, es decir, situando un filtro en el receptor de TV. En tal caso, los MP se verían reducidos a:

LTE-UL ch. 1 interferente (710.5 MHz)

Canal 51	Filtro Doméstico	Filtro Profesional
MP (dB)	-29	-35

Tabla 29. Margen de protección de canal adyacente de señales NTSC interferidas por señal LTE-UL empleando un filtro paso bajo.

Como ocurría en el escenario co-banda, los MP mejoran hasta 15 dB para el filtro profesional. De modo que esta medida posiblemente sirva para paliar las interferencias provocadas y asegurar la correcta coexistencia entre ambas tecnologías.

Interferencia de LTE sobre la TV digital.

Overloading Threshold (Oth) (dBm)

Cuando la señal útil es una señal de TDT ISDB-Tb, los valores de protección obtenidos dependen directamente del modo de transmisión utilizado. Para el modo de Perú, descrito en la sección 3.1, los valores obtenidos son:

Canal TDT	49 (685 MHz)	50 (689 MHz)	51 (695 MHz)
Oth (dBm)	9.8	9.5	9.1

Tabla 30. Overloading thresholds de señales digitales ISDB-Tb interferidas por señal LTE-UL. Convivencia en bandas adyacentes.

El peor valor de Oth obtenido se da para el canal útil 51, obteniendo un valor de 9.1 dBm.

Margen de Protección Adyacente (MPadj) (dB)

LTE-UL ch. 1 interferente (710.5 MHz)

Canal TDT	49 (683 MHz)	50 (689 MHz)	51 (695 MHz)
MP (dB)	-37.2	-35.7	-32.5

Tabla 31. Margen de protección adyacente de señales digitales ISDB-Tb interferidas por señal LTE-UL. Convivencia en bandas adyacentes.

En cuanto a los márgenes de protección, también para el canal 51 se tiene el peor caso. La diferencia en potencia permitida entre la señal TDT útil y la señal LTE interferente es de -32.5 dB en este caso. Este valor de MP es mayor que el calculado con LTE, puesto que tanto la tecnología como el modo empleado son menos robustos. En cambio, comparados con NTSC, los valores obtenidos son menos restrictivos.

Si se compara con la Error! Reference source not found., extraída de la recomendación ITU-R BT.1368 [ITU1368], se puede considerar que el receptor digital empleado ofrece ligeramente mejores prestaciones.

Mitigación de interferencias en canal adyacente

De forma análoga a la sección 0 se emplean filtros paso bajo (tanto doméstico como profesional) para mitigar las interferencias provenientes de la señal de LTE-UL, es decir, situando un filtro en el receptor de TV. Los MP son:

LTE-UL ch. 1 interferente (710.5 MHz)

Canal 51	Filtro Doméstico	Filtro Profesional
MP (dB)	-41	-42.5

Tabla 32. Margen de protección de canal adyacente de señales ISDB-Tb interferidas por señal LTE-UL empleando un filtro paso bajo.

Los MP mejoran hasta 10 dB para el filtro profesional considerándose, de nuevo, aconsejable el uso de esta medida para mitigar las interferencias causadas.

Obtención de márgenes de protección y umbrales de saturación en escenarios reales

Tanto los márgenes de protección como los umbrales de saturación de secciones anteriores se han obtenido sin tener en cuenta ningún tipo de modelo de canal, considerando tan solo ruido blanco Gaussiano (AWGN, Additive White Gaussian Noise) generado en el receptor.

Para obtener los valores asociados a escenarios reales, definidos en la sección 2, es necesario añadir un valor adicional (Δ) que dependerá del modelo de canal, dependiendo del tipo de recepción de TV (fija o portable) considerada. Con las señales LTE-UL se ha utilizado modelo de canal AWGN, puesto que la propia naturaleza de la señal ya tiene en cuenta las distintas potencias que genera cada usuario en función de su posición respecto a la estación. Igualmente, con LTE-DL, debido a la cercanía entre terminal móvil y estación base, simplemente se modela un canal AWGN.

Los valores finales, por tanto, pueden obtenerse como:

$$MP' = MP + \Delta$$

$$O_{(th)}' = O_{(th)} + \Delta$$

Los valores Δ a añadir en los márgenes de protección y overloading thresholds fueron obtenidos en anteriores estudios [WCM-COEX], y son los siguientes:

Tipo de recepción TDT	Fija		Portable	
	TV	LTE	TV	LTE
Señal útil				
Δ (dB)	+1	-1	+2	-2

Tabla 33. Valores adicionales (Δ) a añadir en los márgenes de protección y overloading thresholds obtenidos, en función de la señal útil bajo estudio.

Anexo 3

Balance de enlace de las mediciones

1. Balance de enlace LTE - UL

Parámetro	Unidades	Valor
Parámetros Configuración		
Bandwidth	MHZ4	,5
Antena Gain	dBi1	6
Cell Load Target	%	50%
MIMO	-	2
Throughput in cell edgek	bps3	84
Max RB in UL Transmission	#5	
BLER	%	10%
Modulation & Code Scheme	Selection0	
Service-		Data
Transmitter - UE		
Max TX Powerd	Bm	23
Antenna Gaind	Bi	0
Body Loss	dB	0
EIRP	dBm	23
Receive - eNB		
UE Noise Figured	B2	,2
Thermal Noised	Bm	-114,46
Receiver Noise Floord	Bm	-112,26
SINR	dB	1,28
Receiver Sensitivy	dBm	-110,98

2. Balance de Enlace LTE-DL

Parámetro	UnidadesV	valor
Parámetros Configuración		
Bandwidth	MHZ	13,5
Antena Gain	dBi1	6
Cell Load Target	%	50%
MIMO	-	2
Throughput in cell edge	kbps	1024
BLER	%	10%
Modulation & Code SchemeS	election	QPSK
Service-		Data
Transmitter - UE		
TX Power - HS - DSCH Power	dBm4	3
Power Combining Gain	dB	3
Antenna Gain	dBi1	6
Body Loss	dB	1
EIRP	dBm	61
Receive - eNB		
UE Noise Figured	B7	
Thermal Noised	Bm	-102,70
Receiver Noise Floor	dBm	-95,70
SINR	dB	-4,6
Receiver Sensitivy	dBm	-100,30

3. Estimación Sensibilidad receptor de TV

Las señales de televisión analógicas deben cumplir con los valores mínimos de intensidad de campo, en dBµV/m (dB referidos a un microvoltio/metro), en el área de cubrimiento autorizada para la señal de televisión del operador, la cual debe estar protegida contra posibles interferencias en co-canal y canal adyacente de otros operadores. Estos valores corresponden normalmente a la intensidad de campo a un nivel de 10 metros sobre el suelo y son utilizados para el diseño técnico de las estaciones de televisión. El valor utilizado en Perú son 74 dBµV/m.

La intensidad de campo para recepción fija con antena en tejado está relacionada con el nivel de potencia recibida por la siguiente formula (despreciando el ruido humano en la banda UHF):

$$E_{min} = P_{min} - A_a + L_f + C_L + 145.8$$

Donde:

- E_{min} Mínima intensidad de campo equivalente en el receptor ($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$).
- P_{min} Potencia mínima de recepción (dBW).
- A_a Apertura efectiva de antena (dBm^2). $A_a = G_{iso} + 10 \log_{10} (\lambda^2 / 4\pi)$, siendo G_{iso} la ganancia de la antena relativa al dipolo de media onda (dBd) y λ la longitud de onda de la señal.
- L_f Pérdidas del cable entre la antena y el televisor (dB).
- C_f Factor de corrección por probabilidad de cobertura (dB). $C_L = \mu \times \sigma$, siendo μ el factor de distribución según la probabilidad objetivo (0.52 para 70%, 1.28 para 90%, 1.64 para 95% y 2.33 para 99%), y σ la desviación estándar de la señal, cuyo valor típico para recepción en exteriores es de 5.5 dB.

Suponiendo una frecuencia de operación de 700 MHz ($\lambda = 0.428$ m), una ganancia de la antena receptora de $G_{iso} = 11$ dBd, unas pérdidas del cable de $L_f = 4$ dB, y una probabilidad de cobertura aceptable del 70% ($C_L = 3$ dB), la fórmula se simplifica a:

$$E_{min} = P_{min} + 160.2$$

Y por tanto la potencia mínima recibida para una intensidad de campo de $74 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$ serían **-56 dBm**. La potencia de ruido serían $P_n = -99.2 \text{ dBm}$, calculada como $P_n = F + 10 \log_{10} (K \cdot T_0 \cdot B)$, siendo F la figura de ruido del receptor ($F = 7 \text{ dB}$), K es la constante de Boltzmann ($K = 1.23 \cdot 10^{-23}$), T_0 la temperatura de referencia ($T_0 = 290 \text{ K}$), y B el ancho de banda de ruido ($B = 6 \text{ MHz}$). Lo cual da una relación señal a ruido de 40.2 dB.

Anexo 4

Detalle de Benchmarking

Brasil

En 2014 se realiza en Brasil la segunda subasta 4G y se incluye la banda de 700MHz²⁶, donde se ofertan 80MHz en seis bloques; tres bloques de 2x5MHz a nivel nacional y 1 bloque de 2x5MHz subdividido en tres regiones.

Al momento de la subasta, la banda de 700MHz se encontraba intensamente utilizada por operadores de TV y RTV, estimando en 1050 (dispuestos en 1096 municipalidades del país) los canales que debían ser migrados para la plena utilización de la banda. Esta necesidad motivó el desarrollo previo de propuestas y discusiones²⁷ en torno a los escenarios de limpieza y migración, además de estudios de convivencia e interferencia²⁸.

Como resultado de los estudios, se estimó un total de USD 1.5 Billones²⁹ para limpieza de la banda de 700MHz y se decidió la creación de las siguientes entidades para ordenar la migración y solución de interferencias eventuales:

- EAD - Entidade Administradora do Processo de Redistribuição e Digitalização de Canais de TV e RTV (la entidad de "Ejecución")
- GIRED - Grupo de Implantação do Processo de Redistribuição e Digitalização de Canais de TV e RTV (la entidad de "Control")

26. Los servicios 4G ya eran prestado en Brasil sobre la banda de 2.5GHz, otorgados en 2012.

27. Incluyendo la publicación de consultas públicas al sector (Consulta Pública 18)

28. Se realizaron pruebas de laboratorio en el Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL - y mediciones de campo en Pirenópolis.

29. 3.6 billones de reales.

Según esto, en Brasil se encargó la responsabilidad de ejecución de la migración y control de las interferencias a los mismos adjudicatarios del proceso de asignación del espectro, como método para asegurar la celeridad y eficiencia del proceso de migración. Ver siguiente ilustración.

Estructura para implementar la migración y control de interferencia en Brasil

	Entidad	Integrantes	Funciones
Implementación	EAD - Entidade Administradora do Processo de Redistribuição e Digitalização de Canais de TV e RTV	<ul style="list-style-type: none"> • Adjudicatarios en la subasta de la banda de 700MHz: <ul style="list-style-type: none"> • Algar • Claro • TIM • Telefónica 	<ul style="list-style-type: none"> • Operatividad del proceso de migración • Divulgación y promoción del proceso en la población • Inversiones para mitigación de interferencias • Distribución de convertidores, set-top-box, filtros y antenas gratuitas a los beneficiarios del programa "Bolsa Familia".
	GIRED - Grupo de Implantação do Processo de Redistribuição e Digitalização de Canais de TV e RTV	<ul style="list-style-type: none"> • Anatel • Ministerio de Comunicaciones • Adjudicatarios del espectro • Radiodifusores • Grupos técnicos de apoyo 	<ul style="list-style-type: none"> • Probar, controlar, fiscalizar y disciplinar la limpieza de la banda y el funcionamiento de la EAD • Evaluar y dar viabilidad técnica a la desconexión de la señal analógica de TV y el uso de la banda por parte de los prestadores de banda ancha móvil en cada zona específica

La EAD es una sociedad con objeto específico y creada ad hoc por los adjudicatarios de la subasta (Algar, Claro, TIM y Telefónica), quienes asumen el compromiso de aportar los fondos necesarios para el proceso de limpieza y migración de la banda. Dentro de sus actividades se incluye:

- la operatividad del proceso de migración (eg., plan y diseño, compra e instalación de equipo)
- su divulgación y promoción en la población (eg., campañas en zonas específicas conforme avanza el switch off, Call center de información)
- la realización de inversiones para mitigación de interferencias (conformes a las técnicas identificadas en los estudios de Anatel: filtros, cambio de posición de antenas, reducción de potencia)
- la distribución de convertidores, set-top-box, filtros y antenas gratuitas a los beneficiarios del programa "Bolsa Familia".

Estos últimos requisitos motivaron que algunos actores estimarán los fondos necesarios del EAD en cifras cercanas a los USD 2 billones³⁰. No obstante, el compromiso de recursos por parte de los adjudicatarios no sería fijo, pudiendo incrementarse en caso que se encuentren insuficientes para cumplir con sus objetivos.

La GIRED se encuentra constituida por el regulador del espectro (Anatel), el Ministerio de Comunicaciones, los adjudicatarios del espectro en la subasta y los radiodifusores, además de grupos técnicos de apoyo. La GIRED tiene como objetivos:

- aprobar, controlar, fiscalizar y disciplinar la limpieza de la banda y el funcionamiento de la EAD (eg., validar planes de divulgación, el cronograma de desconexión, las especificaciones de los equipos, ...)
- evaluar y dar viabilidad técnica a la desconexión de la señal analógica de TV y el uso de la banda por parte de los prestadores de banda ancha móvil en cada zona específica

Con base en el Decreto 8061/2013, la migración de la TV analógica por la digital se realizaría de manera gradual, completándose hacia 2018. Este switch over gradual permitiría la ocupación gradual de la banda en zonas específicas por parte de los adjudicatarios (que en todo caso debe ser al menos 12 meses posterior a la desconexión de la señal de TV). En los casos de San Pablo y Río de Janeiro, los adjudicatarios solo podrán prestar el servicio un año después de la desocupación de todo el estado (ie., 2017).

30. Como lo estimado por Abert, la asociación brasilera de emisores de radio y TV

Argentina

A fin del año 2014 tiene lugar en la República Argentina el proceso de subasta 4G, que incluyó el otorgamiento de licencias en las bandas AWS y 700MHz³¹. La banda de 700MHz se encontraba parcialmente ocupada en el país, principalmente por:

- Operadores de TV abierta
- El operador público TDT
- Operadores de TV paga inalámbrica
- Universidades Nacionales (~15 universidades en la región AMBA)

Si bien el proceso de subasta tuvo lugar en 2014, no fue sino hasta mediados de 2015 el momento en que se asignó la banda de 700MHz. La demora en la asignación, en palabras de la entonces Secretaria de Comunicaciones, se debió a problemas técnicos. Las especulaciones en torno a la demora entendían que ésta se produjo por una tutela interpuesta por uno de los operadores de TV con licencia en 700Mhz y por la falta de claridad acerca de la migración del operador TDT.

En todo caso, para la limpieza se ordenó la migración de la totalidad de los sistemas presentes en un plazo de dos años, que comenzaría una vez transcurrido un período de 60 días destinado a coordinar los esfuerzos de migración entre el usuario actual y la autoridad regulatoria³²:

En Argentina, el proceso de migración de usuarios y limpieza de bandas sigue un procedimiento ordinario, descrito dentro del Artículo 12 del Reglamento de administración, gestión y control del espectro radioeléctrico³³:

“12.1. La Autoridad de Aplicación podrá requerir a los titulares de autorizaciones y/o permisos de uso de frecuencias, la migración de sus sistemas si, como consecuencia de cambios en la Atribución de las Bandas de Frecuencias, ello resultare necesario. En su caso, la Autoridad de Aplicación establecerá un plazo de entre DOS (2) y CUATRO (4) años para la migración, asignando las frecuencias de destino.

12.2. Los autorizados y/o permisionarios que, habiendo sido autorizados para utilizar una banda de frecuencias, respecto de la cual la Autoridad de Aplicación hubiese dispuesto la migración de los sistemas explicitados en el apartado 12.1 precedente, podrán convenir con el autorizado y/o permisionario obligado a desocupar dicha banda, las condiciones de la anticipación del plazo de migración, referido en dicho apartado, asumiendo el requirente los costos de dicha migración. En caso de discrepancia, la Autoridad de Aplicación resolverá la misma.

12.3. Los autorizados y/o permisionarios afectados por el apartado 12.1 del presente Reglamento no tendrán derecho a reclamar indemnización alguna por la migración dispuesta”.

Según este reglamento, la necesidad de migración es una consideración determinada por el administrador del espectro, y debe ser cumplida y solventada por los usuarios de la banda a migrar.

31. También se adjudicaron porciones de espectro en 1.9GHz correspondiente al servicio PCS.

32. Resolución 18 de 2015

33. Incluido en el Decreto N° 764 de 2000

Colombia

En mayo de 2015, el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC), en conjunto con la Agencia Nacional del Espectro (ANE) y la Comisión de Regulación de las Comunicaciones (CRC) de Colombia, publicaron un documento de consulta pública, que sienta las bases para la asignación de distintas bandas de espectro, entre ellas la de 700MHz.

El documento propone la asignación de una parte de la banda de 700MHz en el corto plazo (inicios de 2016) y otra parte a mediano plazo (2017). No obstante, el documento es esencialmente propositivo, dejando una gran cantidad de variables bajo discusión (eg., canalización, cronograma, régimen de topes, elegibilidad del proceso).

En 2012, la ANE atribuyó la banda de 700MHz a uso exclusivo de servicios de telecomunicaciones móviles terrestres 4G. La banda se encuentra parcialmente ocupada por operadores regionales de TV y emisoras de nicho (eg., universidades, religiosos). Ver siguiente figura.

Ocupación de la banda de 700MHz por operadores de TV en Colombia

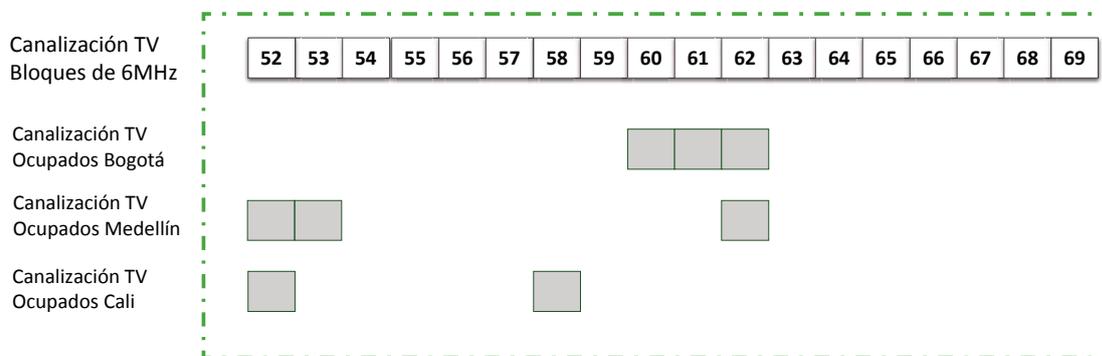


Figura 26. Experiencia Colombia

El MINTIC estableció plazo de migración para la limpieza total de la banda, mediante Resolución 32 de 2012, cuya fecha final sería el 30 Agosto de 2015. Se espera de este modo que al momento de la subasta de 700MHz la banda este totalmente desocupada.

El gobierno colombiano realizó un trabajo conjunto con los operadores de televisión y la Comisión Nacional de Televisión – CNTV (hoy extinta) desde el año 2011 para establecer acuerdos que viabilizaran la implementación de la TDT y la liberación de la banda de 698 a 806MHz. El Acuerdo 004 de 2011 establece, por ejemplo, que los concesionarios de TV privada nacional (RCN y CARACOL) y el operador público RTVC prestaran servicios sobre la tecnología DVB-T, en canales dentro de la banda de 700MHz, por un periodo de tres (3) años contados a partir del inicio de emisiones en Simulcast. Así mismo, la CNTV indicó en un comunicado de enero de 2012 que, conforme a las Sentencias en la Corte Constitucional T-081 de 1993 y C-815 de 2001, los titulares que hagan uso de canales en la banda de 698 a 806MHz están obligados a cesar el uso de dichas frecuencias cuando el Estado lo requiera. De esta manera, la migración, tanto en su operatoria como fondeo, está a cargo de los operadores de TV, y es el resultado de un acuerdo previo entre el sector público y los operadores de televisión, celebrado en el marco del plan de digitalización de la TV.

Adicionalmente, la ANE llevó a cabo estudios de coexistencia entre sistemas DVB-T2 y LTE en banda de 700MHz para identificar medidas de mitigación que permitan la convivencia de los servicios. Se identificó un potencial riesgo de interferencia generado por la operación de TV en el canal 51, para lo cual se analizaron medidas de mitigación como filtros, distancias, o aumento de bandas de guarda.

34. Resolución 668 del 12 de diciembre de 2012

35. Resolución 2623 de 2009 del MINTIC y resoluciones 37 de 2012 y 813 de 2014 de la ANE

Existe también un problema de interferencia en frontera, con el vecino país de Venezuela, quien mantiene atribuida la banda de 700MHz a TV. Al respecto, la ANE ha encaminado conversaciones y un borrador de acuerdo se encuentra en discusión.

Colombia presenta un antecedente significativo de coordinación para migración y liberación de bandas de espectro, que tuvo lugar en 2013 en ocasión de la subasta 4G que otorgó porciones de espectro en 2.5GHz y AWS ³⁶.

En aquella ocasión, el MINTIC estableció obligaciones de migración por cuenta de los adjudicatarios del proceso, quienes debían migrar las bandas conforme a las especificaciones técnicas incluidas en el anexo. El plazo total para las migraciones fue de 12 meses, y el presupuesto total de USD 40 millones aproximadamente. Este presupuesto se destinó a realizar la re-sintonización, adquisición, instalación, adecuación, integración, interconexión, puesta en marcha, capacitación y dar las garantías asociadas, excluyendo los gastos operativos de explotación.

La obligación de migración recayó sobre 3 tipos de redes:

- **Armada Nacional de Colombia**, desde la banda de 470 a 512 MHz hacia la banda de 800 MHz.
- **Policía Nacional de Colombia**, desde la banda 470 a 512 MHz hacia la banda 440 a 470 MHz
- **Comando General de las Fuerzas Militares**, requiere reemplazar parte de sus redes de comunicación en las bandas de 2110 a 2155 MHz, de 2525 a 2620 MHz y de 2645 a 2690 MHz.

Estas obligaciones estaban asociadas a determinado tipo de banda (eg., AWS, 2.5GHz) y bloque (eg., abierto o reservado). Así, los adjudicatarios a cargo de estas obligaciones fueron determinados según la porción de espectro que le fuera adjudicado, de la siguiente manera:

- La migración de las redes de la ARMADA NACIONAL DE COLOMBIA será asumida en forma conjunta y solidaria por los asignatarios de segmentos abiertos en la banda 2.500MHz.
- La migración de las redes de la POLICÍA NACIONAL DE COLOMBIA será asumida en forma conjunta y solidaria por los asignatarios de segmentos abiertos en la banda AWS.
- La migración de las redes de la COMANDO GENERAL DE LAS FUERZAS MILITARES será asumida en forma conjunta y solidaria por los asignatarios de segmentos abiertos y reservados en las bandas AWS y 2.500MHz

Alemania

A inicios de 2015 Alemania adjudica mediante subasta la banda de 700MHz, constituyéndose en el país pionero de Europa en adjudicar esta banda para la prestación de servicios de banda ancha móvil. La decisión de asignación de la banda de 700MHz obedece a un ambicioso plan de banda ancha nacional cuyo objetivo es llegar al 97% de los hogares con velocidades de 10Mbps en el año 2018.

Se adjudicaron 60MHz a tres participantes (20MHz cada uno): Verizon, Telefónica Deutschland y Telekom Deutschland. La decisión no obstante revistió especial dificultad, ya que la atribución de espectro a servicios móviles es responsabilidad del órgano estatal, en tanto que el licenciamiento de espectro para TV es responsabilidad de las regiones federales.

El espectro en la banda de 700MHz quedará libre una vez se realice la migración desde DVB-T a DVB-T2, cuyo inicio está previsto para 2017 y su finalización para mediados de 2019.

Para efectuar esta migración, la autoridad regulatoria local ha contratado a un tercero (Media Broadcast, un proveedor de infraestructura y servicios integrados de TV), a cargo de la construcción de la nueva red de TV terrestre digital. Tanto la operación como el fondeo de la transición hacia DVB-T2 de las señales comerciales es responsabilidad de Media Broadcast, en tanto que la migración de la señal pública será responsabilidad del operador público.

Asimismo, Alemania presenta un caso de migración histórico, ocurrido con ocasión de la asignación del espectro en la banda de 800MHz en 2010, decidida también como fruto del entonces recientemente aprobando plan de banda ancha con alcance nacional.

Para liberar la banda de 800MHz se definió un proceso de migración, que fue considerado un caso de éxito, y finalizó antes del tiempo previsto. En la siguiente figura se describen los aspectos fundamentales del plan de migración.

Aspectos claves en el plan de migración de la banda de 800MHz en Alemania

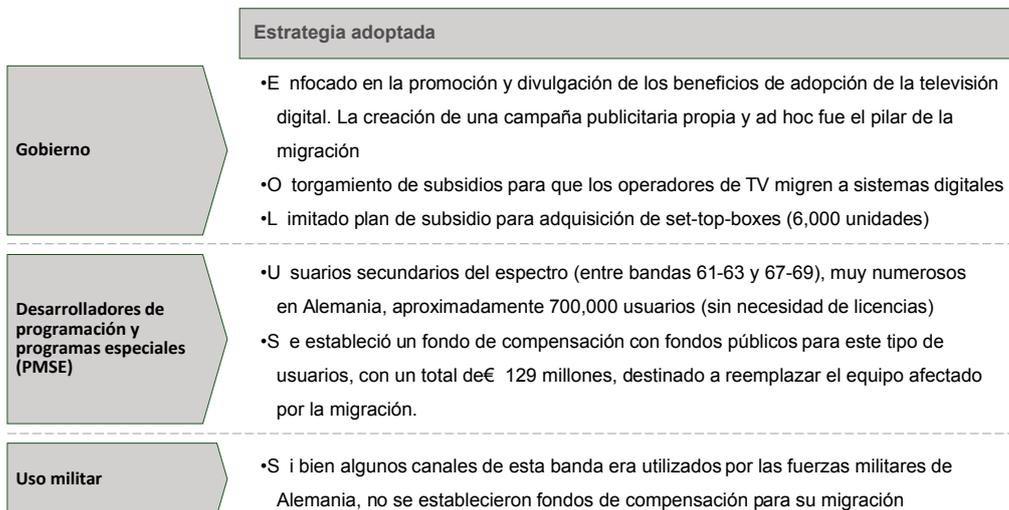


Figura 27. Experiencia Alemania

Reino Unido

En el Reino Unido todavía no se ha definido en detalle el plan de migración hacia DVB-T2, que pudiese liberar porciones de espectro en la banda de 700MHz con potencial asignación a los servicios de banda ancha móvil. En todo caso, esta liberación se espera tenga un impacto significativamente mayor que en Alemania, dada la mayor cantidad de consumidores finales de DTT presentes en este país.

A finales de 2014, la agencia OFCOM anunció planes de asignación de la banda de 700MHz para servicios de banda ancha móvil, dada la esperada demanda de espectro por parte de este último. Según estos planes, los actuales servicios DTT y PMSE³⁷ deberán liberar la banda de 700MHz hacia 2022. Según OFCOM, los costos necesarios para la migración se ubican en el rango de los £430-520 millones³⁸, dependiendo del año de liberación de la banda.

OFCOM no se ha pronunciado sobre quién asumiría los costos de migración, sin embargo, los representantes de los servicios de TV y PMSE ya han argumentado que ni los usuarios actuales ni el consumidor final deberían afrontar estos costos de migración.

Al igual que Alemania, el Reino Unido presenta un antecedente realizado de limpieza de banda, en ocasión de la asignación de la banda de 800MHz (790-862MHz) a los servicios móviles. El proceso se inició hacia 2003, y fueron realizados numerosos estudios técnicos y estimaciones costo-beneficio de limpiar la banda y asignarla a servicios móviles terrestres. Luego de una larga serie de discusiones y cambio de planes, finalmente se llevó a cabo la subasta y asignación del espectro de 800MHz en el año 2013.

La siguiente figura ilustra los aspectos más destacados de la estrategia de migración.

Aspectos claves en el plan de migración de la banda de 800MHz en el Reino Unido

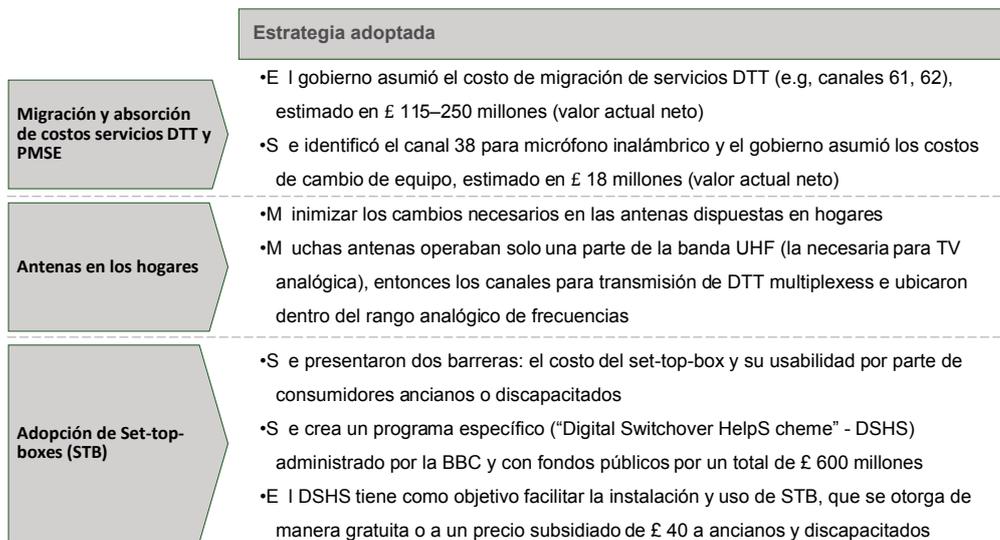


Figura 28. Experiencia Reino Unido

37. Programme Making & Special Events

38. Excluyendo costos de oportunidad

Australia

En 2013, el órgano regulador de Australia (ACMA³⁹) llevó adelante la subasta de las bandas 4G, que incluyó la asignación de la banda de 700MHz y recaudó aproximadamente USD 2 billones en total. Los tres participantes resultaron adjudicatarios: Optus Mobile, Telstra y TPG Internet, aunque solo Optus Mobile y Telstra se adjudicaron bloques en la banda de 700MHz, con 2x10MHz y 2x20MHz, respectivamente.

Para la asignación de espectro en 700MHz a los servicios móviles, se debió llevar adelante un proceso de migración de servicios DTT y PMSE hacia las bandas 520-694 MHz y 174-230 MHz.

El proceso de migración y limpieza de la banda de 700MHz constó de dos fases fundamentales:

- la revisión del plan nacional de bandas e identificación de bandas destino para los servicios de TV, y,
- la implementación de los cambios propuestos por parte de los operadores de TV y proveedores de infraestructura

Se designó a Broadcast Australia, un proveedor de infraestructura y servicios integrados para TV, como el responsable principal de implementar y financiar la migración de los servicios DTT.

En la siguiente figura se presentan los aspectos fundamentales del plan de migración.

Aspectos claves en el plan de migración de la banda de 700MHz en Australia

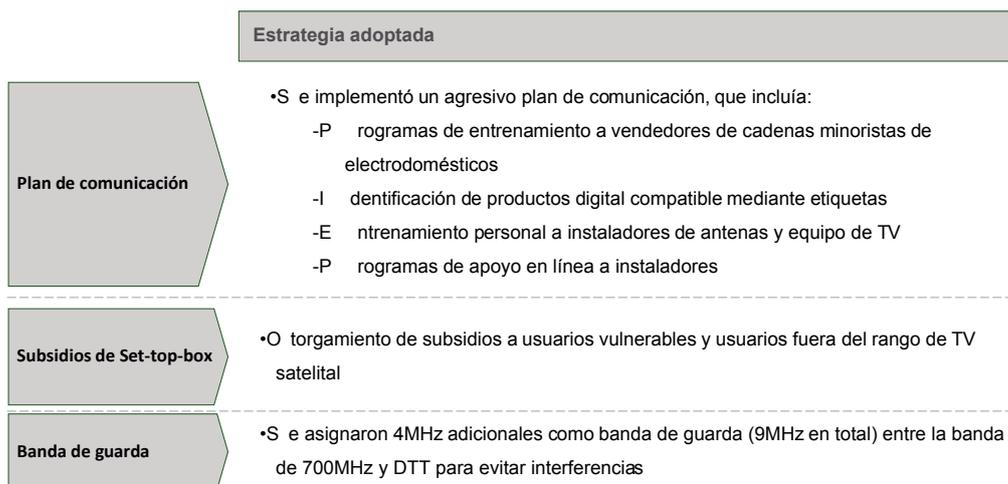


Figura 29. Experiencia Australia

39. Australian Communications and Media Authority

Estados Unidos

Los EEUU fueron pioneros mundiales en la asignación de espectro en la banda de 700MHz, cuando se adjudicaron 62MHz de espectro en 2008⁴⁰ en esta banda. La banda de 700MHz estaba previamente ocupada por servicios de TV analógica, que debieron migrar mediante un plan de transición.

Actualmente, se ha planeado para fines de marzo de 2016 una ambiciosa subasta de espectro (ie., “incentive auction”) para asignar hasta 144MHz en la banda de 600MHz. A continuación, describimos brevemente la estructura de esta subasta y su plan para liberación de espectro por su carácter innovador.

El proceso de asignación propuesto combina dos subastas: una del tipo “reverse auction” y otra “forward auction”. La primera subasta tiene como objetivo determinar el precio al cual los operadores de TV estarían dispuestos a abandonar la banda de 600MHz, migrando, o no, a otra banda destino. La segunda subasta tiene como objetivo determinar el precio que los operadores de servicios móviles estarían dispuestos a pagar para acceder al espectro en 600MHz. La interacción de ambas subastas determina los vendedores, los compradores y cuánto espectro se comercializará (este último, pudiendo oscilar entre un piso de 42MHz y un techo de 144MHz).

La solución, o clearing, de la subasta puede darse según 12 escenarios distintos, que difieren en la cantidad de espectro liberado (por los operadores de TV) y asignado (a los operadores de telefonía móvil), sin embargo, la dinámica es similar para cada escenario: los operadores de TV ofrecen precios, y si se produce el cierre de la subasta, son entonces migrados a la parte baja de la banda UHF en canales de 6Mhz, al tiempo que se libera espectro en la parte alta de la banda UHF para los operadores de servicios móviles (con base en bloques de 2x5MHz).

A diferencia de la migración realizada para la anterior subasta en EEUU (Auction 73) y diferente también a la mayor parte de los casos de migración, la “incentive auction”, si bien supone una migración y/o abandono de frecuencias por parte de los operadores de TV, este no es mandatorio, sino libremente determinada por la voluntad de las partes. Así, la migración y limpieza en esta banda puede variar desde en 42MHz o hasta 144MHz y tiene motivaciones puramente económicas.

40. Auction 73



Latin
America

gsmala.com