

REQUERIMIENTOS MÍNIMOS A CUMPLIRSE DURANTE LA TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SIMULCAST

Espinosa Ramiro, Ing.¹
Pérez Tania, M.Sc.
Escuela Politécnica Nacional

RESUMEN

La migración hacia el nuevo servicio de Televisión Digital, cualquiera que sea el Sistema de Transmisión Digital Terrestre elegido, enfrenta la transmisión simultánea de televisión analógica y digital durante un período de tiempo; a éste período se ha denominado "Simulcast". Durante el Simulcast habrá que hacer frente a problemas de interferencia entre ambos servicios de televisión, costos de implementación, estudios técnicos, legales etc. Por lo que una rápida elección de un sistema de transmisión digital viene a ser primordial para una adecuada planificación y regularización de la migración hacia el nuevo servicio de televisión.

SIMULCAST

Dada la gran demanda por el uso de frecuencias en las bandas VHF y UHF, la eficiencia espectral es muy importante en el camino que se debe seguir para la migración de operación NTSC a operación DTV (Digital Terrestrial Television); teniendo en cuenta que ambos sistemas de televisión terrestre tendrán que convivir durante un período de tiempo denominado "simulcast". Esta condición conduce al desarrollo de un plan de distribución espectral de frecuencias para DTV que inicialmente haría migrar a las estaciones de televisión NTSC existentes a un canal radioeléctrico que cubra tanto las expectativas del radiodifusor como las del consumidor y que se base en criterios técnicos que llenen dichas expectativas.

Determinación de fuentes de Interferencia [1],[4],[5],[6],[8],[9]

Dentro de éstas se tienen las interferencias co – canal y de canal adyacente: de DTV a

NTSC, de NTSC a DTV y de DTV a DTV. La interferencia co – canal se produce por señales que comparten un mismo canal radioeléctrico, mientras que la interferencia de canal adyacente se da entre señales que se sitúan en canales contiguos.

Actualmente existen tres estándares de televisión digital terrestre. El americano ATSC (Advanced Television Systems Committee), el europeo DVB-T (Digital Video Broadcast-Terrestrial) y el japonés ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial). La mayoría de pruebas técnicas se han efectuado sobre ATSC y DVB-T.

El sistema DVB – T, tiene un buen desempeño contra interferencia co – canal de NTSC sobre DTV, esto porque tiene un buen método de estimación del canal. El sistema ATSC usa un método distinto para evitar interferencias de video, audio y subportadora de color analógico mediante el diseño de un filtro de rechazo frente a interferencias co – canal NTSC. Hay que notar que ambos sistemas, según pruebas, tienen rendimientos parecidos, bajo condiciones similares.

El problema de la interferencia co – canal, o sea el re-uso de frecuencias, está limitado para la señal NTSC a una distancia mínima entre transmisores co-canal, se habla de 275 Km para la banda de UHF, y una menor distancia entre un canal DTV y un NTSC, esta restricción para nuestro país casi no aplica dado nuestra profunda irregularidad geográfica.

El nivel de señal deseada frente al de señal no deseada (D/U), de acuerdo a pruebas llevadas a cabo por la ACATS (Advisory Committee on Advanced Television, organismo encargado de asesorar a la FCC sobre el servicio de televisión avanzada en los Estados Unidos) está alrededor de 33 dB en el extremo del área de cobertura NTSC. Una manera de mejorar la D/U podría ser empleando

¹ raedesco@yahoo.com

polarización de onda vertical para DTT (Digital TV Transmission), dado que en nuestro país la norma técnica de televisión establece canales NTSC de polarización de onda en el plano horizontal. La protección suministrada por esta polarización cruzada es mayor cuando la señal no deseada viene en la misma dirección que la señal deseada, y es mínima cuando la señal no deseada viene desde atrás de la antena de recepción. En la interferencia co – canal DTV a DTV ambas señales pueden ser observadas como ruido blanco gaussiano aditivo. En consecuencia, esta interferencia está altamente asociada con la relación C/N (potencia de la portadora / potencia del ruido), la misma que depende fuertemente de la modulación y codificación de canal usadas. En este aspecto existe una ventaja del sistema ATSC sobre DVB – T de alrededor de 3 a 4 dB (ver tabla No. 1), dado su mejor sistema de corrección de errores FEC. Un buen desempeño de la relación de interferencia C/I (potencia de portadora / potencia de la señal interferente) co – canal de DTV puede resultar en una menor interferencia al servicio de televisión analógico existente. La interferencia de las señales DTV a canales adyacentes ($n \pm 1$) NTSC depende generalmente del diseño de los sintonizadores de los receptores NTSC. Bajo condiciones de señal débil, el amplificador RF opera en máxima ganancia, tanto que la señal no deseada en el canal adyacente es amplificada antes de alcanzar el mezclador, donde éste podría generar intermodulación. En niveles de alta señal interferente, esta señal es transformada en frecuencia antes del filtro IF pasa banda y no puede ser adecuadamente atenuada por el filtro IF. Tal interferencia de canal adyacente, cuando ésta alcanza el segundo detector, contribuye al ruido en el cuadro. Dado que la portadora de audio está localizada a 0.25 MHz debajo del extremo superior de un canal NTSC n dado, una señal 8 – VSB en el canal adyacente superior ($n + 1$) puede introducir ruido en el amplificador de audio IF; esto porque la señal 8 – VSB incluye una portadora piloto a 0.310 MHz del extremo inferior del canal ATSC. Esta interferencia puede ser suprimida por medio de una compensación (offset) de portadoras entre la portadora piloto y la portadora de video NTSC del canal adyacente inferior.

Una “salpicadura” de la señal DTV que caiga sobre el canal adyacente superior, dentro de la señal NTSC; podría no afectar al audio, pero puede afectar al video, introduciendo ruido de baja frecuencia a la luminancia. Esto puede ser minimizado colocando un filtro (elimina

banda) a la salida del transmisor DTV que esté sintonizado a la frecuencia de la portadora de video NTSC.

Canales disponibles para DTV [6],[8].[11]

En la mayoría de los países, las bandas de frecuencia asignadas al servicio de televisión están en uso intensivo y prácticamente se carece de espectro por debajo de 1 Ghz. Se hace por eso necesario considerar formas de acomodar el nuevo servicio digital dentro de las actuales bandas de VHF y UHF destinadas a la televisión analógica. Una de las posibles soluciones consiste en la utilización de canales que estaban privados de uso en el sistema analógico por las características que tienen. Estos canales son: el co-canal n , los canales inmediatamente superior e inferior $n + 1$, $n - 1$, los canales del oscilador $n + 5$, $n - 5$, el canal imagen $n + 9$, entre otros.

Los transmisores DTV pueden operar en cualquiera de los canales considerados “taboo” para NTSC, siempre que su Potencia Efectiva Radiada (ERP: Effective Radiated Power) sea sustancialmente más baja que la requerida para la operación NTSC, y que el espectro de señal sea diseñado para proveer la mínima interferencia potencial a NTSC. Este requerimiento es alcanzado dado que el uso de modulación digital hace que la densidad espectral de potencia sea constante dentro del canal asignado, esto es, la señal digital tiene igual probabilidad de ocurrencia generando un espectro aleatorio, tal como si fuera ruido blanco. Para conseguir que la señal digital se vea como ruido a lo largo del tiempo, los datos son aleatorizados en el transmisor y de - aleatorizados en el receptor.

Durante el período de transición de NTSC a DTV, muchos radiodifusores pueden usar las torres existentes para transmitir las dos señales NTSC y DTV. Algunos pueden escoger añadir líneas de transmisión y antenas DTV nuevas; otros pueden combinar sus señales DTV con NTSC y transmitir con una línea y antena comunes; y otros pueden elegir por agruparse en una nueva estructura común para muchos canales locales. Pero para muchas estaciones, esto es un asunto de costos y factibilidad.

Los dispositivos que realizan esta combinación (combinadores) de canales, son conocidos como multiplexers o diplexers. Así por ejemplo: un combinador de canal de modo dual es un dispositivo que usa una única línea de transmisión en una torre para alimentar dos antenas distintas. La combinación de canal de modo dual, es el proceso por el cual dos

canales son combinados dentro de la misma línea de transmisión, pero en modos separados ortogonales de propagación. Estos dispositivos combinan dos canales de televisión de líneas de alimentación coaxial diferentes en una guía de onda circular común. Este es un método conveniente para combinar señales en los transmisores y dividirlos en las antenas

La posibilidad de colocar nuevas torres de transmisión para DTV, en nuestro medio es baja debido a que los sitios de ubicación, en la actualidad, son escasos. Aún cuando se lograra vencer estos obstáculos, políticas restrictivas y preocupaciones ambientales pueden retrasar la construcción de nuevas torres para DTV por un buen tiempo. De ahí que se analice los pro y contra del uso de las torres existentes para soportar las nuevas antenas DTV aún cuando los puntos más altos de las torres estén ocupados. Las consideraciones de cobertura son particularmente importantes en DTV debido a que toda la energía no deseada, tal como reflexiones, se traducen en pérdida de cobertura, mientras que la energía de la señal no deseada en NTSC se traduce en pérdida de calidad del cuadro.

Consideraciones de protección durante y después del simulcast [5],[4]

Para un ambiente en donde coexistan DTV y NTSC, las relaciones de protección dependen de un número de factores, que para ambos casos, pueden incluir esquemas de modulación, código corrector de errores usado, sincronización, calidad de cuadro y protección de interferencias. La interferencia digital al servicio analógico aparece como ruido por lo cual la relación de protección co – canal (de señal deseada a no deseada D/U) está en el rango de 35 a 45 dB, aproximadamente. Para el servicio digital, la interferencia puede resultar del servicio analógico o del reciente servicio digital. Para este caso la relación de protección co – canal, puede estar en un rango de 5 dB (interferencia DTV a DTV) a 20 dB (interferencia NTSC a DTV). Adicionalmente, en el caso de interferencia analógica la relación de protección puede variar dependiendo del contenido del cuadro de la señal analógica. Otras relaciones de protección tienen que ver con el canal adyacente y canal imagen.

Para una recepción satisfactoria hay que establecer la intensidad de campo requerido en recepción, para lo cual deben ser tomados

en cuenta parámetros tales como: la figura de ruido, relación C/N de recepción, ganancia de la antena y pérdidas de la línea de alimentación.

Los parámetros de implementación del servicio DTV, dependen de cada país; por ejemplo países que han adoptado el mismo sistema de televisión digital han seguido planes de implementación, máscaras de emisión y parámetros técnicos diferentes en sus procesos de distribución de espectro; dependiendo de su recurso espectral y políticas, distribución de la población, calidad de servicio etc. En la tabla No. 1 se puede observar los parámetros técnicos, o relaciones de protección, usados en la planificación DTV para los Estados Unidos, Canadá y Europa.

De tabla No. 1 se puede deducir que las relaciones de protección para interferencia DTV a TV analógica, depende de factores tales como el estándar de TV analógico (NTSC para Estados Unidos y Canadá, PAL y SECAM para Europa) y el ancho de banda del sistema, tanto como del método de evaluación subjetiva (umbral de visibilidad e interferencia troposférica).

Debido al gran número de emisoras que tendrán que coexistir, se hace necesario buscar márgenes de protección entre ellos, ya que cuando se diseñan redes de televisión, el área de cobertura se determina principalmente por la interferencia con otros transmisores más que por el mínimo campo detectable de la señal de TV. Por tanto, como la señal DTV utilizará la misma banda que la analógica se tendrá que vigilar tres márgenes de protección: televisión digital con analógica, televisión analógica con digital y televisión digital con digital.

Principios de asignación de canales para DTV [2]

El desarrollo de una nueva tabla de distribución de canales para el servicio DTV es una tarea compleja. Se requiere determinar los límites de cobertura, los efectos interferentes de las nuevas frecuencias DTV propuestas, los márgenes de protección, etc.

Un primer objetivo es asignar a todos los radiodifusores existentes (canales NTSC), que así lo deseen, un segundo canal (de 6 MHz) para el servicio de DTV. En un principio se daría prioridad a las estaciones existentes y después a nuevas estaciones DTV, que lo soliciten.

Tabla No. 1
Relaciones de protección DTV para distintos planes de implementación

Parámetro (relaciones de protección)	Canadá	USA	EBU ITU – Mode M3
C/N para un canal AWGN	+19.5 dB	+15.19 dB	+19.3 dB
Co – canal DTV a TV analog.	+33.8 dB	+34.44 dB	+34 ~ 37 dB
Co – canal TV analog, a DTV	+7.2 dB	+1.81 dB	+4 dB
Co – canal DTV a DTV	+19.5 dB	+15.27 dB	+19 dB
Canal adyacente inferior DTV a TV analog.	-16 dB	-17.43 dB	-5 ~ -11 dB
Canal adyacente superior DTV a TV analog.	-12 dB	-11.95 dB	-1 ~ -10 dB
Canal adyacente inferior TV analog a DTV	-48 dB	-47.33 dB	-34 ~ -37 Db
Canal adyacente superior TV analog a DTV	-49 dB	-48.71 dB	-38 ~ -36 Db
Canal adyacente inferior DTV a DTV	-27 dB	-28 dB	N/A
Canal adyacente superior DTV a DTV	-27 dB	-26 dB	N/A

El área de cobertura del nuevo servicio DTV debería ser una réplica del servicio actual, esto resulta beneficioso tanto para los consumidores como para los radiodifusores, esto exige que se especifique para cada estación DTV un ERP (Effective Radiated Power: Potencia Radiada Efectiva) y un HAAT (Height Above Average Terrain: Altura de la Antena sobre el Terreno Medio) máximo, tal que se alcance una copia del área de cobertura NTSC.

En lo que tiene que ver con el espectro de frecuencias y con base en estudios (de la FCC) se establece que existe una región de 270 MHz (canal 7 al 51) que es más apropiada para la radiodifusión de DTV y que es suficiente para acomodar a todas las estaciones existentes y nuevas. En un sentido técnico, se observa que en la banda VHF baja (canal 2 al 6) las señales son más susceptibles a degradación debido a ruido atmosférico y ruido causado por el hombre, mientras que en la banda UHF alta (canal 52 al 69) existe gran propagación de pérdidas y son muy susceptibles a efectos multicamino y de sombra. En consecuencia, el servicio de televisión digital estaría ubicado en un núcleo central, entre las bandas VHF y UHF desde el canal 7 al canal 13 (174 – 216 MHz) y desde el canal 14 al 51 (470 – 698 MHz).

Para el caso del Ecuador, de acuerdo a la “Norma Técnica para el Servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales” (del 29 de mayo del 2001), las bandas de frecuencia se dividen en 42 canales de 6 MHz de ancho de banda, que van del 2 al 13 y del 19 al 49, en consecuencia, el núcleo central

para el servicio DTV iría desde el canal 7 al 13 y desde el canal 19 al 49. En esta norma también se establece que los canales 19 y 20 se reservan para el Estado; con la posibilidad de usarlos para facilitar el proceso de migración a la Televisión Digital. Este núcleo, para el caso del Ecuador, se esquematiza en la figura No.1

Lo ideal sería que las estaciones de televisión existentes se queden en el canal actual y se asigne un nuevo canal, dentro del núcleo central, para el servicio DTV. De este modo una vez concluido el simulcast, las estaciones abandonarían el canal analógico y se quedarían definitivamente en el canal digital, consiguiendo de esta forma más canales para DTV.

En cuanto a los límites de la Intensidad de Campo, la FCC, en su “Sexto Reporte” (FCC Sixth Report and Order, del 23 de Febrero de 1998), limita la intensidad de campo mínima a proteger, en el contorno del área de cobertura, a los valores indicados en la tabla No. 2

Tabla No. 2
*Intensidad de Campo mínima a proteger de
señales DTV
en los límites del área de cobertura*

Banda	Canales	Intensidad de Campo mínima
VHF – L	2 – 6	28 dBuV/m
VHF – H	7 – 13	36 dBuV/m
UHF	14 – 51	41 dBuV/m

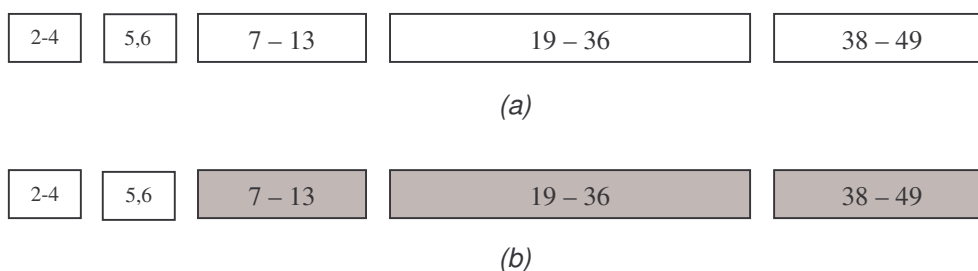


Figura No. 1
 (a) Canales utilizables por el sistema de televisión actual (NTSC)
 (b) Canales propuestos para DTV (áreas sombreadas).

La FCC en el boletín OET No. 69 (FCC OET Bulletin No. 69, del 2 de Julio de 1997), redefine el valor de la Intensidad de Campo para el contorno del área de cobertura en la banda UHF (canales 14 a 69), mediante la siguiente expresión:

$$\text{Intensidad de Campo} = 41\text{dBu} - 20\log\left(\frac{615}{F_o}\right)$$

Donde F_o es la frecuencia central del canal DTV

Durante el tiempo que dure el "simulcast" los valores de la tabla No.2, más las relaciones de protección (DTV – NTSC) deben cumplirse con el objeto de mantener la calidad de la señal de televisión analógica y digital en niveles subjetivamente aceptables.

Sistema de torres, antenas y transmisores [7],[3]

Las torres existentes, a menudo, están totalmente copadas, de ahí que sea una

tentación, para los radiodifusores, multiplexar dos canales dentro de una misma antena para evitar tener que construir nuevas torres. De este modo se puede ahorrar mucho dinero, asumiendo que ésta tiene el ancho de banda requerido.

Muchas de las antenas VHF existentes son sintonizadas para operar en un canal específico, y no podrían ajustarse a una operación de multiplexación. Sin embargo, los diseños de antenas tipo "batwing" y tipo "panel" se ajustan a la operación de multiplexación si son apropiadamente diseñadas y probadas.

Las antenas "batwing" tienen algunas características únicas que las hacen ideales para operación $n + 1$ (DTV en el canal adyacente superior y NTSC en el canal n). Las antenas batwing, cuando son usadas con una línea de entrada dual y combinadores híbridos, pueden ser utilizadas para operación $n + 1$. En la figura No. 2 se puede observar el diagrama de un combinador para antena batwing operando de esta manera.

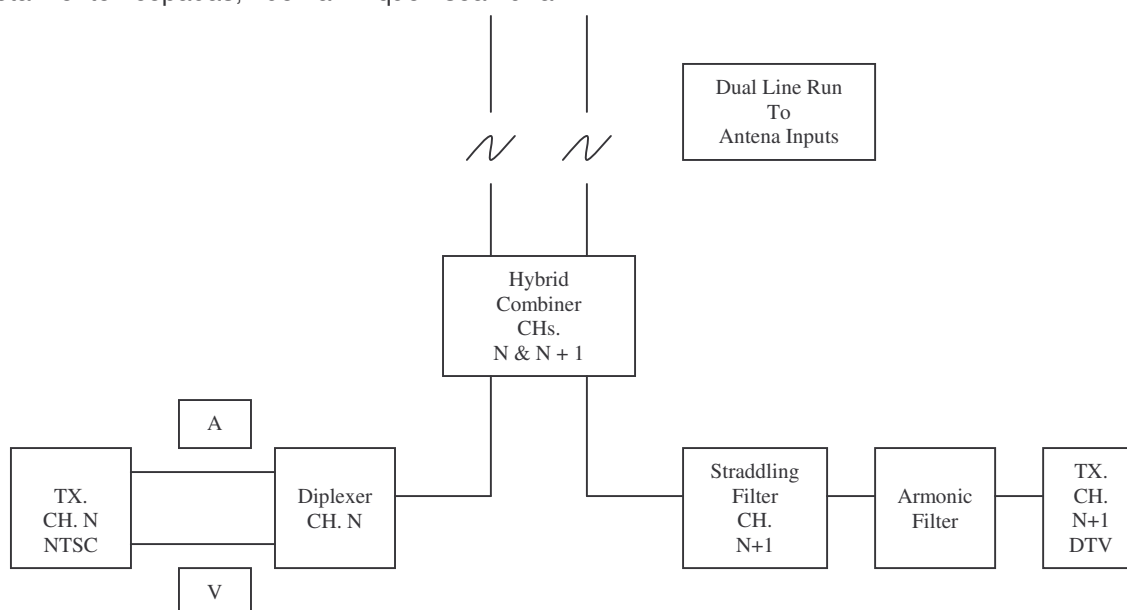


Figura No. 2.
 Combinador DTV para antenas tipo Batwing

Las antenas batwing pueden trabajar, también, en multiplexación con canales no adyacentes (por ejemplo, canal 7 y canal 9 en la misma antena). La operación de multiplexación en VHF es atractiva debido a que ayuda a mantener la carga de la torre al mínimo. Las antenas panel también pueden ser diseñadas para operación múltiple, pero no en canales $n + 1$, debido a que ellas no se adaptan a los combinadores híbridos. La operación múltiple $n + 1$ no es factible en este sistema debido a que los requerimientos de filtraje de los combinadores son demasiado rigurosos y podrían producir características de retraso de grupo indeseables. Muchas de las antenas UHF de alta potencia existentes son diseñadas para operar en un único canal. Sin embargo muchos fabricantes han desarrollado antenas tipo slot que pueden ser usadas para operar en canales n y $n - 1$. Arreglos de slots alimentados por ramas de baja potencia pueden ser diseñados para operar en varios canales. Actualmente, las únicas antenas UHF capaces de operar en banda ancha son arreglos de antenas tipo panel. Estas tienen la ventaja de ser versátiles en cuanto a los patrones de radiación; pero tienen la desventaja de tener muy alta carga de viento y un sistema de alimentación coaxial algo complejo.

A continuación se indican algunas de las ventajas y desventajas de compartir las antenas y líneas de transmisión.

Ventajas

- Baja carga de viento, dado que se comparten la antena y línea de transmisión.
- Centro de radiación y HAAT (altura de la antena sobre el terreno medio) comunes.
- Patrones similares de elevación y azimut para cada estación.
- Es más atractiva para las autoridades encargadas de la zonificación local (torres menos desordenadas).
- Reducidos costos iniciales.

Desventajas

- Los problemas que se den en las antenas y líneas de alimentación afectan a todas las estaciones (NTSC y DTV)
- Es necesario altos niveles de cooperación entre muchas estaciones.

- Un mantenimiento regular es crucial para un buen desempeño a largo plazo.

Hacer que los patrones de radiación se realicen de acuerdo a las necesidades de todos los consumidores no es fácil para las estaciones.

Durante el período de transición a la televisión digital, se afronta el reto de tener que mantener e instalar un segundo transmisor de TV de alta potencia. La primera y mayor tarea es la selección del transmisor con la tecnología apropiada para su aplicación particular. Existen dos tecnologías de transmisión principales empleadas en los transmisores DTV de alta potencia: la que utiliza amplificadores de tubo de vacío y la que emplea amplificadores de estado sólido. La determinación de la tecnología apropiada dependerá del nivel de potencia y la frecuencia de operación requerida. En los canales de VHF, debido a los niveles relativamente bajos de Potencia Radiada Aparente (PRA) requeridos (menos de 100 kW), virtualmente todos los transmisores DTV son de estado sólido. Estos transmisores típicamente utilizan módulos amplificadores MOSFET de estado sólido de 250 a 500 Watts que operan en paralelo para lograr niveles de potencia de 1 a 2 kW por gabinete. En los canales de UHF, los rangos de PRA de 50 kW a 1000 kW crean la necesidad para dos tipos de transmisores DTV: de tipo tubo y de estado sólido.

Los transmisores a tubo de vacío típicamente utilizan un Tubo de Salida Inductiva (IOT). Los transmisores de estado sólido generalmente utilizan el MOSFET de difusión lateral o LDMOSFET. Cada tecnología de transmisión ofrece sus propios beneficios particulares. La tabla No. 3 ofrece una breve comparación de los méritos relativos de cada tecnología. Generalmente, los costos de amplificación de estado sólido llegan a ser prohibitivos en potencias de salida superiores a 25 kW (promedio). Por lo tanto, el transmisor de estado sólido puede ser una opción viable para estaciones con una PAR baja, dependiendo de la ganancia de antena y la línea de transmisión utilizadas.

Uno de los principales obstáculos encontrados con las nuevas instalaciones de transmisores de IOT-DTV es el de obtener capacidad suficiente de energía eléctrica de corriente alterna (CA). En un transmisor de IOT se requiere de una alimentación de voltaje primario de 480 V CA trifásico. En la mayoría

Tabla No.3
Transmisores IOT vs. Transmisores de Estado Sólido.^[3]

Parámetro	Tubo IOT	Estado Sólido (LDMOS)
Potencia por gabinete de Amplificación de potencia (PA)	21 kW promedio	7.25 kW promedio
Modelos disponibles (potencia Promedio)	15, 21, 30, 42, 63, 84 Kw	1.8, 3.6, 5.5, 7.25, 10.5, 14, 20.5, 27.5, 34.5 kW
Configuración	Un IOT por gabinete	16 módulos de 500 W por gabinete
Redundancia	Requiere gabinetes adicionales	Requiere poca redundancia
Eficiencia RMS	20 a 25 %	18 a 20 %
Equipo periférico	Sistema RF, intercambiador de calor, módulo de bomba, transformador HV, regulador de voltaje	Sistema de RF, sistema de aire
Enfriamiento	Agua / glicol	Aire forzado
Fuente de energía principal (por gabinete)	1 x 36 kV @ 3 A	8 x 32 V @ 125 A
Tiempo de instalación	2 semanas / gabinete de amplificación de potencia*	1 semana / gabinete de amplificación de potencia*
Mantenimiento requerido	200 horas por año*	20 horas por año*
Nivel de habilidad requerido para Mantenimiento	Ingeniero con 5 años de experiencia*	Ingeniero con 1 año de experiencia*
Precio de compra por watt (aproximadamente)	US\$ 20 – US\$ 25 por watt	US\$ 50 – US\$ 55 por watt
PAR de la emisora	200 a 1000 kW PAR	0 a 500 kW PAR

*Valores estimados

de los casos, es necesaria la instalación de un nuevo servicio de 480 V CA para suministrar energía al nuevo transmisor IOT-DTV. Muchos de los sitios de UHF-NTSC existentes no tienen capacidad de reserva de 480 V CA suficiente para instalar un segundo transmisor a plena potencia. La mayoría de los sitios VHF-NTSC no utilizan el voltaje de 480 V CA (208 o 240 V CA es el rango típico más común en transmisores VHF).

El siguiente reto principal es la disponibilidad de espacio para el nuevo transmisor. Muchos de los sitios actuales de transmisión NTSC presentan dificultades de espacio en una de tres áreas: espacio de piso disponible para los gabinetes del transmisor, espacio en el techo de la sala para el sistema de radiofrecuencia (RF) o espacio disponible en el exterior para el sistema de enfriamiento y fuentes de alto voltaje.

Desde el punto de vista de instalación, los transmisores de estado sólido son más fáciles de ubicar debido a que no requieren una gran cantidad de equipo periférico y utilizan línea coaxial de RF en lugar de la guía de onda

rectangular (requerida por un transmisor IOT). Por ende, generalmente se adaptan con gran facilidad a la mayoría de los edificios de transmisores NTSC.

Existe una gran variedad de opciones de voltaje de entrada (desde 208 a 480 V CA) que permite la conexión a los sistemas de energía existentes con gran facilidad. La mayor dificultad planteada por un transmisor de estado sólido está generalmente relacionada con el sistema de enfriamiento.

Propuesta de asignación y distribución de canales durante el simulcast para el Ecuador [11]

De acuerdo a la "Norma Técnica para el Servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales", las bandas de frecuencia se dividen en 42 canales de 6 MHz de ancho de banda cada uno, de la siguiente manera (tabla No. 4):

Tabla No. 4
Canalización de las bandas para el servicio de Televisión Analógica

Banda	Rango de Frecuencias (MHz)	Canales
I	VHF 54 – 72	del 2 al 4
	VHF 76 – 88	5 y 6
III	VHF 174 – 216	del 7 al 13
IV	UHF 500 – 608	del 19 al 36
	UHF 614 – 644	del 38 al 42
V	UHF 644 – 686	del 43 al 49

Así mismo, en la citada norma, se definen los siguientes grupos de canales (tabla No. 5), con el fin de asignar canales de acuerdo a “Zonas geográficas” de servicio, las mismas que constan en el Anexo 1 de la citada norma.

Tabla No. 5
Grupos de canales para televisión VHF y UHF

Banda	Grupos	Canales
VHF	A1	2, 4, 5
	A2	3, 6
	B1	8, 10, 12
	B2	7, 9, 11, 13
UHF	G1	19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35
	G2	20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36
	G3	39, 41, 43, 45, 47, 49
	G4	38, 40, 42, 44, 46, 48

De acuerdo a estos grupos se puede notar rápidamente que, con el objeto de evitar interferencias NTSC co – canal y de canal adyacente, a una misma zona de servicio no pueden pertenecer dos grupos contiguos, esto es, A1 y A2 o G3 y G4, por ejemplo. De este modo, en una zona geográfica siempre, o en la mayoría de los casos, existirá un canal libre entre estaciones NTSC, salvo pocas excepciones (específicamente los canales del grupo A1).

En consecuencia, se puede ver que se tiene la posibilidad de ubicar un canal DTV entre dos estaciones NTSC sin necesidad de acudir a algún co – canal dentro de una misma zona, con lo que el único margen de protección a

tomar en cuenta, dentro de una misma zona geográfica de servicio, sería la relación de protección de canal adyacente NTSC (superior e inferior) a DTV y viceversa (salvo excepcionales casos). En esto también hay que enfatizar que las concesiones para más estaciones (o canales) de televisión deberían quedar suspendidas hasta que concluya el período de transición a DTV.

El canal elegible a ser utilizado para DTV (de la estación NTSC existente) debería ser por lo tanto un canal adyacente al actual, esto con el objeto de abaratar la inversión inicial de la migración a DTV (como se ha mencionado) además que, ubicando al canal DTV junto al canal NTSC, la estación en cuestión debería tomar todas las precauciones posibles para evitar interferirse a sí mismo, consiguiendo que los problemas de interferencia entre estaciones NTSC se minimicen.

En conclusión, las estaciones que puedan, tendrían que acomodar su canal digital en el canal adyacente superior a su canal analógico. Mientras que las estaciones que no puedan tomar esta acción, deberían acomodarse en uno de los canales libres y disponibles para DTV, este sería el caso de los canales del grupo A1. Hay que tener en cuenta, además, que la banda ideal para DTV estaría entre el canal 7 y el canal 49 (como se determinó con anterioridad)

En la tabla No. 6 se muestra un ejemplo de distribución de canales para NTSC y DTV propuestos, según el criterio descrito, para la zona P1 (de acuerdo a la Norma Técnica: Provincia de Pichincha, excepto zona occidental de la Cordillera Occidental: Santo Domingo y los Bancos, P. V. Maldonado) en donde los grupos de canales son el A1, B1 (para VHF) y el G1, G4 (para UHF).

De acuerdo a la distribución dada en la tabla No. 6, el canal con asterisco (z) tendría la opción de ocupar el canal 20, canal que siendo atribuido al estado, según la Norma Técnica, puede ser utilizado para facilitar el proceso de migración a DTV. La otra opción, es la que estaciones, que en el sistema NTSC ocupan los canales 4 y 5 se les asignaría los canales 47 y 48 respectivamente para DTV, teniendo estas estaciones que preocuparse de la interferencia de canal adyacente DTV a DTV. De todas maneras, esta relación de protección es mucho menor que la requerida para la protección de canal adyacente entre NTSC y DTV.

Tabla No.6
Distribución, propuesta, de canales durante el simulcast para la zona P1

Canal	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
NTSC	x		y	z*			a		b		c				d		E		f		g	
DTV								a		b		C		z*		D		E		F		g

Canal	29	30	31	32	33	34	35	36	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
NTSC	h		i		j		K		L		m		N						
DTV		h		i		j		k		L		m		n		x		y	Z*

En cuanto a lo que tiene que ver con los enlaces de microondas fijos y móviles para televisión, es necesario establecer espacios de espectro exclusivamente para televisión, es decir, reubicando a otros servicios que se encuentran operando junto con el servicio de televisión y que no deberían estarlo. Este tema no ha sido tomado con mucho interés por parte de las comisiones de la industria mundiales encargados del estudio DTV. Durante el período de migración, la FCC ha indicado que no habrá nuevos espectros auxiliares para STL (Studio to Transmitter Link: Enlace Estudio –

Transmisor) o comunicaciones punto a punto. Mientras unas pocas estaciones podrían añadir un segundo canal para un STL digital, muchos tendrían dificultades para ubicar un segundo canal STL. En este caso se puede tener la alternativa de comprimir la fuente NTSC y combinar las señales NTSC y DTV dentro de un mismo canal de microonda STL. En este caso se necesitaría un par encoder / decoder NTSC / SDTV y un par multiplexer / demultiplexer para mezclar los flujos de bits (bitstreams) NTSC(SDTV) y DTV. (Figura No. 3)

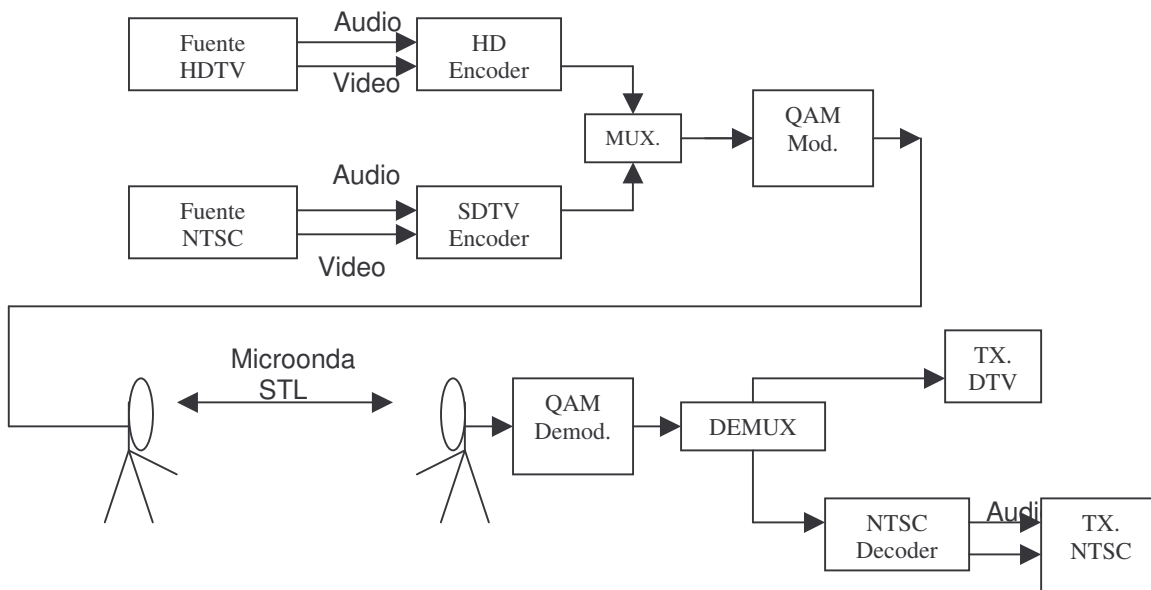


Figura No. 3
Configuración de un enlace Estudio – Transmisor (STL) utilizando un solo canal de microonda por medio de un par encoder NTSC y un par Mux.

Este tipo de multiplexación digital es ampliamente usada en la actualidad por la industria de las telecomunicaciones. Otra opción sería arrendar o construir enlaces de fibra óptica para proveer la función STL necesaria. Estos mismos criterios son aplicables para los enlaces ICR (Intercity Relay: Retransmisor Entre Ciudades).

Plan de implementación del simulcast y sus costos estimados [3], [7], [10]
En la actualidad muchos países (industrializados) aún continúan realizando pruebas con las dos normas de televisión digital (aunque en la actualidad existen variaciones del DVB, como la norma japonesa ISDB – T Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting: Radiodifusión Digital de Servicios Integrados Terrestres) y no deciden que sistema escoger. La decisión de elegir uno u

otro sistema depende, entre otros factores, del servicio que se quiera proporcionar a su país o región. Así, DVB da un enfoque de movilidad y convergencia multimedia, cuyas plataformas abiertas han creado estándares compatibles para televisión terrenal, de cable y por satélite, y actualmente es el más extendido y comercializado del mundo. Mientras que la norma ATSC está enfocado a la televisión de alta definición y recepción fija, y actualmente ha generado polémica y objeciones, tanto domésticas en E.E.U.U. como internacionales.

A pesar de los problemas que ha tenido la norma ATSC en su etapa de introducción, es muy probable que los países que tenemos la norma analógica NTSC (la mayoría de América Latina) vamos a ir hacia ATSC, no solo porque las características, para las cuales está hecha la norma, facilitan la migración de NTSC a ATSC (canalización de 6 MHz, entre otros) con lo que se abaratarían los costos de introducción, sino también porque la elección de la norma DTV envuelve a la política y a la economía, además de la tecnología.

El establecer los plazos para la implementación del simulcast requiere primero elegir un sistema de televisión digital. Se sugiere, por lo tanto, esperar a que la televisión digital tome mayor fuerza en América y el mundo para empezar la migración hacia DTV. Una vez llegado el momento el establecer los plazos para el simulcast depende del mercado interno como del externo. En este sentido, tomando ejemplos de otros países, en los Estados Unidos de Norteamérica se ha estipulado como plazo para dejar de emitir señales analógicas hasta el 2006 (y aún continúa revisándose este plazo), en países como Dinamarca se ha establecido como plazo hasta el 2008, y el resto de Europa hasta cerca del 2010. Hay que considerar que en éstos países ya existen transmisiones de DTV, así en el Reino Unido hay transmisiones de DVB – T desde 1998; en España y Alemania desde 1999; y en Noruega, Finlandia y Holanda, desde el 2000. Con base en estudios realizados por Informa Media Group se estima que la penetración de DTV para el 2010 en el Reino Unido será del 78%, Dinamarca, 69%; Alemania, 58%; Estados Unidos, 91%; Japón, 48%; España, 48%; Francia 53%; Argentina, 18%; México, 18%; Brasil, 8%; Colombia 7%; Venezuela 14%.

Observando éstos datos, se puede concluir que en nuestro País el lapso de migración a DTV será parecido a los mencionados. Tomando en cuenta que aún no elegimos una norma técnica

de DTV, que el poder adquisitivo de los ecuatorianos está concentrado en pocas zonas del país (y en pocas manos), y que la inversión necesaria para la migración es alta y requiere tiempo completarla. De tal manera que, a los plazos establecidos por los países industrializados habría que darle un período más, pues dado el mundo globalizado en que nos encontramos, a pesar de los problemas económicos que nos aquejan, tarde a temprano tendremos que acoger la nueva tecnología. Por lo que el tiempo en que dure el simulcast se podría estipular en un plazo de 10 a 15 años a partir del momento que se elija la norma DTV o hasta que una gran mayoría de la población (principalmente en las zonas de mayor concentración humana y de recursos) pueda acceder al servicio DTV. La implementación de un servicio DTV, variará dependiendo de la estación, esto es, el aspecto económico, planes técnicos y de negocios, etc.

Los costos de la planta de transmisión están, principalmente, afectados por los requerimientos de ERP (potencia Radiada Efectiva). Lo primero que hay que asumir para estimar los costos son los niveles de ERP. Una de las ventajas de DTV frente a NTSC es que puede incluir una réplica de la cobertura NTSC por una estación DTV operando a niveles más bajos de potencia promedio que la potencia pico NTSC. Así por ejemplo, para cubrir una zona en un canal VHF, un transmisor NTSC requeriría una potencia de 20 kW de ERP máximo, mientras que un transmisor DTV operando en el mismo canal VHF requeriría 1.125 kW de ERP promedio, esto es 12 dB menos potencia que el transmisor NTSC.

Para modelos de transmisores DTV UHF se podrían asumir tres niveles de potencia, bajo, medio y alto. El modelo de baja potencia, por ejemplo, se podría basar en 10 kW de ERP para una cobertura de 40 millas (64.37 km). El de potencia media podría basarse en una potencia de 320 kW, la misma que esta 12 dB más abajo que el ERP de 5 MW máximo de NTSC UHF.

Para estaciones que tienen su estación NTSC actual en VHF y se les ha asignado un canal UHF para DTV, para hacer una réplica de cobertura NTSC, la planta DTV tendría que operar en niveles altos de potencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A.P. Robinson and C.R. Nokes, "Results of RF measurements with DVB-T chip-set and comparison with ATSC performance. Contribution to DVB-TM, BBC Research & Development. 28/5/99
- [2] FCC 96-317. Before the FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION. In the Matter of Advanced Television Systems and Their Impact upon the Existing Television Broadcast Service. Sixth Further Notice Of Proposed Rule.
- [3] David A. Sparano, INSTALACION DE TRANSMISORES DE TELEVISION DIGITAL Y PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO. Harris Corporation Broadcast Division. Quincy, Illinois.
- [4] International Telecommunication Union. Radiocommunication Study Groups. Guide For The Use Of Digital Television Terrestrial Broadcasting Systems Based On Performance Comparison Of ATSC 8-VSB And DVB-T Cofdm Transmission Systems. Document 11A/65-E. 11 May 1999.
- [5] Dr. Yiyang Wu. Performance Comparison of ATSC 8-VSB and DVB-T COFDM Transmission Systems for Digital Television Terrestrial Broadcasting. Communications Research Centre. Canada 3701 Carling Avenue, Ottawa, Canada K2H 8S2.
- [6] Advanced Television Systems Committee. ATSC VSB Transmission: The Right Choice for U.S. DTV Broadcasters. July 2, 1999
- [7] Bill Kerkhoff. Antenna Options - Survey of Antenna Characteristics and Types. Harris Antenna Engineering. 2/25/99
- [8] Michael Robin and Michael Poulin. Digital Television Fundamentals. Second Edition. Mc Graw-Hill. 2000
- [9] FCC. DTV REPORT ON COFDM AND 8-VSB PERFORMANCE. Office of Engineering and Technology September 30, 1999

[10] Informa Telecoms and Media. http://www.informatm.com/marlin/20001001561/ARTICLEVIEW/mp_articleid/20017283891/mp_pubcode/IMG_press/media/true?proceed=true&MarEntityId=1118696890965&entHash=1027127dc00

[11] Espinosa Coello, Ramiro Eduardo. Requerimientos mínimos a cumplirse durante la transmisión de televisión digital terrestre en la implementación del Simulcast. Tesis. Escuela Politécnica Nacional. Quito 2001

BIOGRAFÍAS

Espinosa, Ramiro Ing. Nació en Quito en 1976. Obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en diciembre del 2001 en la Escuela Politécnica Nacional. Trabaja desde ese año hasta la fecha en Televisión del Pacífico – Gamavision en el Departamento de Ingeniería. Se desempeña como Supervisor de Radio Frecuencia y soporte técnico. Actualmente cursa estudios para certificarse como CCNA (Cisco Certified Network Associated) en la Academia Cisco de la Universidad San Francisco de Quito. Su campo de interés es la transmisión de Televisión Digital sobre redes de datos.

Pérez, Tania Ing. Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones graduada en el Instituto Bonch Bruyevich, Leningrado 1977. Actualmente se desempeña como profesora principal a tiempo completo en la Escuela Politécnica Nacional. Ha realizado estudios de postgrado en computación en la misma institución. Sus áreas de interés se encaminan al desarrollo del video y procesamiento de imágenes.