

Informe Técnico

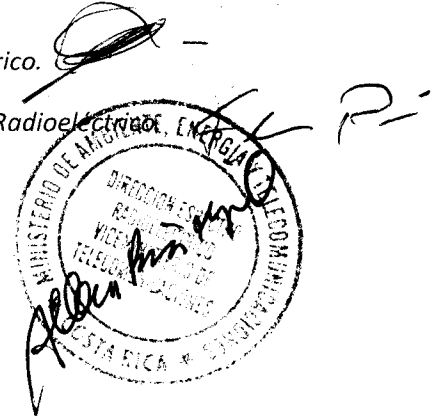
IT-GAER-2010-189

Medición de señales de televisión analógica

Realizado por: José Manuel Peralta, Profesional en Espectro Radioeléctrico.

Revisado por: Federico Penón, Gerente de Administración del Espectro Radioeléctrico.

Avalado por: Allan Ruiz, Director de Espectro Radioeléctrico.



1. Justificación

Por solicitud del Gerente de Administración del Espectro Radioeléctrico se procede a rendir criterio técnico sobre los métodos existentes para la medición de señales de televisión terrestre y las variables a evaluar técnicamente, en virtud de poder cuantificar técnicamente la calidad y zona de cobertura de una señal de televisión analógica. Lo anterior con relación al informe emitido por la Superintendencia de Telecomunicaciones "Informe de ocupación de frecuencias de los servicios de radiodifusión televisiva en Costa Rica", del cual se realizará un análisis a la luz de lo normado técnicamente por estándares y organismos internacionales relacionados con el tema.

2. Análisis

2.1. Características de las señales de televisión analógicas.

Las Administraciones disponen de diversos esquemas para la implementación y organización técnica del servicio de radiodifusión televisiva analógica. Para ello, deberá contarse con una distribución del espectro radioeléctrico tal que se asignen frecuencias específicas para este tipo de servicio, apropiadas para la difusión de señales televisivas.

Existen esquemas para la operación analógica de este servicio, tal como lo es el NTSC (*National Television System Comitee*), que fue adoptado por la Administración costarricense. Este sistema, desde la perspectiva del espectro radioeléctrico, presenta una serie de características, las cuales se



encuentran estipuladas en la recomendación ITU-R BT.1701-1. Estas características se resumen en el cuadro a continuación:

Cuadro No.1 Resumen de características del sistema analógico para televisión NTSC

Característica	Valor
Ancho de banda del canal	6 MHz
Diferencia entre el valor de la portadora de audio y la portadora de video	4,5 MHz
Extremo más próximo del canal en relación con la portadora de video	1,25 MHz
Desviación de frecuencia	+/- 25 kHz

Fuente: Recomendación ITU-R BT 1701-6

De manera gráfica, en la imagen a continuación se representan los valores mencionados anteriormente, mostrando para ello el ancho de banda completo para un canal de televisión analógica (6MHz) y la distribución de las portadoras de video (f_v), de color (f_c) y de audio (f_a).

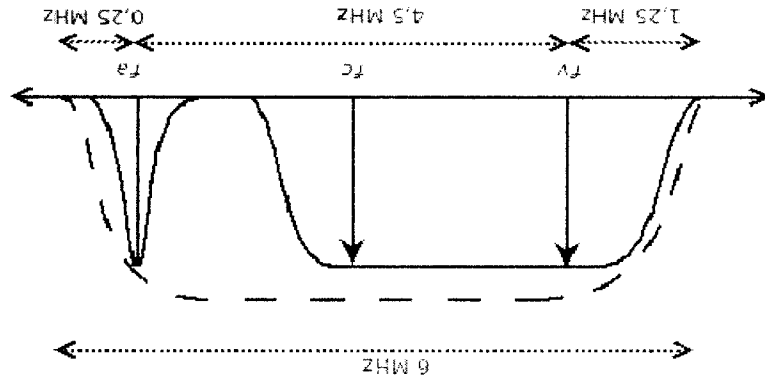
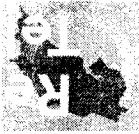


Figura No.1 Representación del espectro de frecuencias para un canal de televisión analógico, estándar NTSC. Fuente: Valores mencionados en la recomendación ITU-R BT 1701-6

De la información que se desprende de la recomendación ITU-R BT 1701-6, se establece que para los canales utilizados en televisión analógica, estándar NTSC, se contará con 6 MHz de ancho de banda para la transmisión de audio y video.



Tal como se puede observar tanto en la figura No.1 como en el cuadro No.1, la frecuencia portadora de video se encuentra, separada 4,5 MHz de la portadora de audio. Cabe destacar que, dados los parámetros técnicos mencionados, la portadora de audio se encuentra separada 0,25 MHz del extremo más positivo de la banda.

Desde la perspectiva de modulación, propagación y composición de las señales de televisión analógicas, el estándar NTSC establece que la portadora de color se encuentra compuesta por diversas subportadoras (porciones de información), las mismas con modulación ya sea en amplitud o fase. El siguiente es un modelo matemático que revela el comportamiento de las señales de televisión en el formato mencionado:

$$EC.1 \quad x(t)_{NTSC} = Y'(t) + I'(t) \cdot \cos(2\pi f_0 t + 33^\circ) + Q'(t) \cdot \sin(2\pi f_0 t + 33^\circ) \quad 1$$

donde $x(t)_{NTSC}$: señal compuesta NTSC.

$Y'(t)$: información de luminancia (nivel o cantidad de brillo).

$I'(t)$: combinación lineal de las señales de color rojo y luminancia (R-Y)'.¹

$Q'(t)$: combinación lineal de las señales de color azul y luminancia (B-Y)'.¹

Tal como se aprecia de la ecuación anterior, la señal de video para televisión en el estándar NTSC se compone de diversas subportadoras, que moduladas en amplitud y fase proporcionan la suficiente información para que el receptor conforme la imagen en el dispositivo. Los desfases mostrados en la ecuación 1 deben mantenerse en los valores correctos de frecuencia y amplitud, para que la información de imagen, color y brillo puedan ser recibidos correctamente. En este orden de ideas es necesario mencionar que las señales $I'(t)$ y $Q'(t)$ componen la portadora de color, y la portadora de color y la portadora de video conforman la señal de imagen que este sistema de televisión utiliza para la difusión de contenido televisivo, tal como se muestra a continuación:

¹ Tarrés, Francesc. "Sistemas audiovisuales – Televisión analógica y digital", 1ª. edición. Editorial de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, Año 2000.



2.2. Determinación de parámetros de medición en sistemas de televisión analógicos

Tal como se ha analizado en el apartado anterior, los sistemas de televisión analógicos transmiten su información utilizando rangos de frecuencias establecidos y atribuidos con anterioridad por la Administración.

Las señales que se envían utilizando el espectro radioeléctrico poseen características electromagnéticas asociadas que las determinan físicamente. Las ondas de televisión analógica, tal como cualquier onda electromagnética, posee una intensidad de campo eléctrico y magnético. Esta intensidad de campo varía de acuerdo con la distancia (a mayor distancia menor intensidad de campo), debido a que las señales electromagnéticas al propagarse pierden energía y con ello se debilita el campo eléctrico y magnético asociado a dicha onda.

Por este motivo, las señales analógicas para televisión podrán ser recibidas efectivamente en su destino toda vez que la intensidad de campo de esa señal se mantenga sobre un límite, pudiéndose de esta manera recuperar la información audiovisual que contiene dicha señal de televisión.

Es importante, con el fin de garantizar una correcta cobertura de la señal de televisión, que se tenga en todo momento que los niveles de potencia de las portadoras de audio, color y video sean superiores a un valor umbral preestablecido por la Administración, lo que garantiza a fin de cuentas la nitidez de la imagen recibida. Además, deberán mantenerse niveles bajos de ruido en el medio de propagación, para que la señal de televisión analógica no presente alteraciones en el destino. Estas alteraciones (ruido aditivo) serán percibidas como fallas en la imagen, en el audio o en ambos.

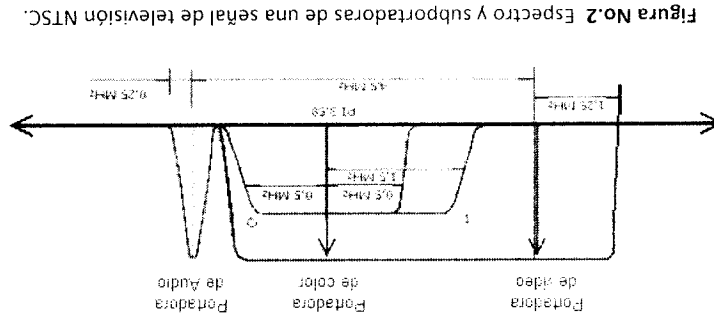


Figura No.2 Espectro y subportadoras de una señal de televisión NTSC.



Cabe mencionar que, tal como se analizó en el apartado anterior, deben mantenerse los valores correctos de fase y amplitud de las subportadoras de la portadora de color $I'(t)$ y $Q'(t)$, luminancia y video.

La correcta recepción de una señal de televisión, compuesta por las portadoras y subportadoras antes descritas, depende de las características de propagación con las que cuente la señal de televisión. En el caso particular de la televisión analógica es importante que la señal posea una intensidad de campo eléctrico aceptable, tal como se mencionó anteriormente, y valores nominales de potencia en las portadoras de video y audio, entre otros. Por este motivo, se deberán considerar la medición de los siguientes parámetros, con el fin de garantizar que, en la zona de cobertura, la señal televisiva puede percibirse correctamente:

Cuadro No.2. Parámetros de medición para valoración de la calidad de una señal de televisión analógica.

Parámetros
Valor de intensidad de campo eléctrico.
Cumplimiento de máximos de potencia de la portadora de video y modulación de portadora.
Nivel de relación de las señales audio-video.
Relación portadora a ruido (CNR) del canal
Fases de las subportadoras de la portadora de color
Efectos de las interferencias en la portadora de audio (distorsión armónica)

2.3. Método para medición de parámetros en sistemas de televisión analógicos

A continuación se mencionan algunos aspectos relacionados con la medición de señales de televisión analógica, postulados en documentos, recomendaciones y referencias de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos de América (FCC):



i. Aspectos propuestos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (teóricos aplicables):

- La UIT, mediante el reporte BT.485-1 define parámetros y niveles para el establecimiento de niveles de "calidad de servicio" para el servicio de radiodifusión televisiva (analógico). Para este caso, se indican lineamientos generales acerca de la definición matemática de calidad de servicio (Q) y provee una guía de teoría para la determinación de términos involucrados como el porcentaje de ubicaciones (L) donde se desea medir la calidad de servicio de televisión así como el porcentaje de tiempo en que se realizará dicha medición (T).

- Mediante la recomendación ITU-R BT.1439-1 la UIT específica y define algunos métodos de medición, así como señales de prueba utilizados para verificación de señales de televisión analógica.

Se definen parámetros de medición insertando en el sistema de transmisión señales de prueba, con las que se puede medir, por ejemplo, errores en la señal de crominancia, distorsiones en la señal de luminancia, que finalmente inciden en distorsiones o interferencias en la señal portadora de imagen. Para este fin, la UIT específica que para realizar "las mediciones deberán utilizarse aparatos que proporcionen los valores eficaces".

Los equipos a los que hace referencia esta recomendación de UIT son: osciloscopios, analizadores de espectro, medidores de intensidad de campo y antenas direccionales a cierta altura, tal que se reciba de manera eficaz la señal de interés. Por lo tanto, este tipo de equipos deberán ser utilizados toda vez que se realicen mediciones de señales de televisión analógicas.

ii. Aspectos propuestos por la Federal Communications Commission (FCC):

- La FCC, mediante el boletín EB-181TV, del año 2008, provee una herramienta para realizar la evaluación técnica de las señales de televisión analógicas, emitidas en un esquema de NTSC. Se establece, para las mediciones de frecuencia de transmisión de



televisoras, que las mismas no pueden exceder un máximo de +/- 1000 Hz que el autorizado por la Administración.

- La FCC indica, a manera de recomendación, la utilización procedimientos de calibración de antenas, con el fin de realizar mediciones de señales radiadas, tal como lo son las señales de televisión analógicas. Esta calibración de antenas deberá realizarse, según el criterio de la FCC, de acuerdo a la norma ANSI C63.5-2006. Dicho documento establece lo siguiente:

"... Es útil el notar que el procedimiento de calibración delineado en ANSI C63.5-2006 se encuentra basado únicamente en medidas de polarización horizontal efectuadas en un sitio de calibración de antenas estándar, con medidas de distancia de 10 metros. Esos factores de antena pueden entonces ser utilizados por cualquier medida, ya sea con polarización vertical u horizontal..." (Traducción propia)

De lo anterior, se observan varios aspectos que deben ser tomados en cuenta con el fin de realizar mediciones de monitoreo de señales de televisión analógicas. Para determinar efectivamente la calidad de estas señales deberán realizarse mediciones de diversas variables técnicas que caracterizan estas señales. Por este motivo, deberá establecerse un plan técnico en el que se especifiquen sitios geográficos ("L", según recomendaciones de UIT), los tiempos de medición ("T", según recomendaciones de UIT) y por sobre todo, los niveles umbral con los que se van a evaluar todos los resultados obtenidos.

Dicha estrategia de medición deberá encontrarse respaldada, técnicamente, en los documentos antes mencionados y en el modelo teórico y práctico de operación del sistema de televisión analógica NTSC.

2.4 Análisis técnico del "Informe de ocupación de frecuencias de los servicios de radiodifusión televisiva en Costa Rica", realizado por la Superintendencia de Telecomunicaciones en Setiembre de 2010.

En este informe la Superintendencia de Telecomunicaciones expone los resultados de las mediciones de señales de televisión analógica realizadas en distintos sitios del territorio nacional.

Particularmente para la realización de estas mediciones, la Superintendencia indica la metodología que se implementó para la conclusión de las mismas:

“... Con el fin de determinar la ocupación, calidad de señal del espectro en las bandas comprendidas entre 54 MHz hasta 960 MHz esta Superintendencia procedió a programar un conjunto de giras técnicas a los principales cerros y varios sitios estratégicos a nivel nacional, con el fin de realizar mediciones para comprobar los parámetros antes mencionados...”

... Los equipos utilizados para realizar las mediciones cuentan con las siguientes características:

- Analizador de espectros portátil, marca Rhode & Schwartz, modelo PR100, que opera en el rango de frecuencias comprendido entre 20 MHz y 7.5 GHz
- Juego de Antenas direccional marca Rhode & Schwartz, modelo HE300, que opera en el rango de 20 MHz a 7500 MHz
- Analizador de espectros portátil, marca Anritsu, modelo MS2711D que opera en el rango de frecuencias comprendido entre 100 kHz y 3 GHz.
- Juego de antenas omnidireccionales y direccionales que operan en el rango de 50 MHz y 3 GHz...

... Tomando en consideración los niveles de CNR descritos anteriormente, se realizó el análisis de la ocupación del espectro tomando en cuenta la calidad de la señal recibida, tanto para canales analógicos como digitales...”

De lo anterior se observa que dicha Superintendencia realizó las mediciones con equipo monitor de espectro (analizador de espectro) marca Rhode & Schwartz, modelo PR100. Según las especificaciones del fabricante en el sitio de Internet², este equipo es configurable en el momento de compra, para realizar ciertas mediciones específicas. De las citas del informe de SUTEL no se especifica que equipamientos adicionales posee dicho analizador de espectro, por lo que no queda claro que tipo de mediciones, adicionales a potencia de portadora y frecuencias, pueden realizarse con dicho equipo.

Cabe recordar de los apartados anteriores que para determinar la calidad de señales de televisión deben realizarse mediciones de intensidad de campo, así como diversas relaciones de potencias de portadoras y modulaciones. Esto con el fin de determinar si las señales de televisión analógicas son identificables por los receptores en las ubicaciones establecidas. En este caso, si no se cuenta con equipamientos adicionales al equipo marca Rhode & Scharts no se podría llevar a cabo estas mediciones completas.

² http://www2.rohde-schwarz.com/en/products/radiomonitoring/receivers/PR100-%7C-Ordering_Information-%7C-14-%7C-4720.html



Una situación similar se presenta con el equipo utilizado marca Anritsu, modelo MS2711D, el cual según el sitio de Internet del fabricante³ es necesario un equipamiento adicional con el cual es posible realizar mediciones de señales de televisión analógica (potencia de portadoras, interferencias, entre otros).

Adicionalmente, se desprende de la metodología utilizada por la SUTEL que dicha Superintendencia considera únicamente la medición de la relación portadora a ruido (CNR). Además, esa Superintendencia generaliza esta medición tanto para señales de televisión analógicas como digitales. Cabe mencionar que las señales de televisión digitales no presentan una "composición" por portadoras y subportadoras debido a que utilizan esquemas de modulación como OFDM, o variantes de OFDM como COFDM, a diferencia de los esquemas analógicos que utilizan la composición de señales por subportadoras y portadoras moduladas en amplitud y fase. La medición de CNR, realizada por SUTEL, asegura o describe la calidad de la señal de televisión (debido a la afectación del ruido del canal a la señal portadora), en tanto las mediciones de campo, potencia de portadoras y modulaciones describen de manera precisa la cobertura (presencia de la señal en una zona geográfica específica).

Con respecto al tema de antenas, la SUTEL indica la utilización de antenas, o batería de antenas (el documento de SUTEL no es explícito con respecto a ese particular). Se omite en ese informe el indicar la altura de los mástiles y la calibración de las antenas, así como el tipo de cables utilizados para la conexión de antenas y equipos de medición. Este último punto es importante en virtud que, dependiendo de la longitud del cableado, tipo y calibre, las mediciones podrán tener mayor o menor grado de fiabilidad.

En general, la Superintendencia omite especificar un plan estratégico de mediciones y evaluación de señales para televisión analógica. Este plan, tal como se especifica en apartados anteriores debe contemplar el modelo de funcionamiento del esquema de televisión analógica NTSC y sus más importantes parámetros de medición, para de esta forma evaluar y validar la posible zona de cobertura de una señal electromagnética, en virtud de sus características técnicas.

³ http://www.us.anritsu.com/products/MS2711D_Spectrum-Master-Handheld-Spectrum-Analyzer_ARQOSidz556.aspx

3. Conclusiones

En el presente informe se han expuesto, de manera global, aspectos y características técnicas del sistema de transmisión de televisión analógica NTSC. Se ha podido apreciar que la medición de variables físicas de las señales, tales como potencia de portadoras, intensidad de campo, modulaciones, entre otras, se puede determinar de manera efectiva la zona de cobertura y el nivel de calidad que posee y puede brindar una señal de televisión al usuario final.

Es mediante la implementación de un esquema de monitoreo detallado utilizando el equipo adecuado que la medición de señales de televisión puede llevarse a cabo. Internacionalmente, organismos como la Unión Internacional de Telecomunicaciones y la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos de América establecen ciertos lineamientos para realizar estas mediciones, en aras de normar técnicamente el procedimiento de medición y normalizar los resultados que se obtendrán.

Con relación a lo anterior, y en virtud de lo establecido por la Superintendencia de Telecomunicaciones en el informe "*Informe de ocupación de frecuencias de los servicios de radiodifusión televisiva en Costa Rica*", la SUTEL establece una metodología la cual consiste en realizar la medición de la relación portadora a ruido (CNR) para señales de televisión analógicas y digitales. Debido a lo discutido en el análisis del presente informe se concluye que en dicho informe se omite la medición de otras variables, tales como intensidad de campo, potencia de portadora de video, nivel de relación de las señales audio-video y fases de las portadoras, entre otros, debido a que la medición de estas variables implica que se esté realizando la medición de la zona de cobertura de una señal de televisión analógica.

4. Recomendaciones

Dada la falta de información sobre cómo se realizaron las mediciones del informe y la omisión de otras variables importantes en la caracterización de las señales de televisión analógica, se recomienda solicitarle a la SUTEL que, para la realización de próximos estudios de señales de televisión analógicas, se establezca una metodología, que contemple como mínimo los siguientes parámetros de medición: valor de intensidad de campo eléctrico, cumplimiento de máximos de potencia de la portadora de video y modulación de portadora, nivel de relación de las señales



audio-video, relación portadora a ruido (CNR) del canal, fases de las subportadoras de la portadora de color y efectos de las interferencias en la portadora de audio (distorsión armónica)

5. Referencias bibliográficas

1. Tarés, Francesc. "Sistemas Audiovisuales: 1-Televisión Analógica y Digital", 1ª edición. Editorial de la Universidad Politècnica de Catalunya, Barcelona. Año 2000.
2. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recomendación ITU-R BT.1701-1: "Características de las señales radiadas de los sistemas de televisión analógica convencional". Aprobada en agosto, 2008.
3. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Reporte ITU-R BT.485-1: "Contribución a la planificación de los servicios de televisión". Aprobada en 1982.
4. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recomendación ITU-R BT.1439-1: "Métodos de medición aplicables en los estudios de televisión analógica para el conjunto del sistema de televisión analógica". Aprobada en agosto, 2008.
5. Comisión Federal de Comunicaciones (FCC). Boletín informativo EB-18TV : "TV Broadcast Station Self - Inspection Checklist". Año 2008
6. Comisión Federal de Comunicaciones (FCC). "Antenna Calibration Procedures".