

### Introducción

Solía ser que cuando llegaba el momento de poner en marcha un nuevo televisor en el mercado, los ingenieros al último momento se acordaban de revisar el audio, entonces conectaban los cables del amplificador de audio a los parlantes y si se escuchaba el sonido, se consideraba que el audio funcionaba correctamente y que era hora de empesar la producción en masa . Ya no es así ahora, en el sistema digital, los requerimientos de audio son mas avanzados y complicados. Uno de los problemas que se experimenta con el audio digital es que la sonoridad no es constante entre los programas, de canal a canal y entre programas y anuncios. En esta Nota Técnica, elaboramos un poco sobre el audio digital especialmente que es sonoridad y como se mide sonoridad.

### Audio Digital

El Sistema de televisión digital provee mejor calidad de audio en general, ya que ofrece un mayor rango dinámico, respuesta de frecuencia más amplia, salidas multicanal y la capacidad para ser procesada es más. En televisión digital, el audio tiene que ser personalizado para los diferentes esquemas de presentación. Tiene que ofrecer un nivel como se espera del cine, un nivel de programa de televisión normal con diálogo suave y pasajes fuertes, de rápido movimiento en las películas de acción, y de pura música desde rock hasta clásica. Estas aplicaciones complican la forma en que el sistema tiene que mantener los niveles normales de audio de modo que el espectador no percibe cambios drásticos de sonoridad cuando se cambia los programas, los canales o incluso cuando los anuncios se muestran. También, el audio digital provee multi canales de audio (surround sound) y se usa bastante el up-mixing (convertir dos canales de estéreo a surround) y el down-mixing (convertir sur-

round a 2 canales de estéreo), y esto también complica el mantenimiento de los niveles de audio.

Ha habido una tendencia desde la introducción del CD de hacer las grabaciones en niveles cada vez mas altos. Se ha reducido la gama dinámica de los

sonidos por una técnica conocida como compresión, mediante la reducción de nivel de picos altos y el aumento de los niveles suaves, el resultado es un volumen más alto con muy poca diferencia de las clases de sonidos. El audio en televisión se ve atrapado en esta “guerra del volumen” ahora, ya que todo programa usa audio digital, por lo que el nivel de sonoridad cambia de un canal

a otro, entre el programa y el anuncio y, a veces incluso dentro de un mismo programa. Esto ha dado lugar a leyes y regulaciones de los distintos países para proporcionar directrices para los operadores de televisión y productoras para mantener un nivel de sonoridad más uniforme en todo lo que llega al televisor. De hecho, el Congreso de EE.UU. aprobó la Ley CALM para hacer cumplir las directrices dentro de los Estados Unidos.

### Sonoridad

El último destino de sonidos y ruidos originales o reproducidos es el oído humano. Por lo tanto, las variadas respuestas del sistema auditivo son factores importantes en la reproducción de sonido.

Nosotros, los humanos, no escuchamos todo el rango de frecuencias en el mismo nivel de sonoridad. También, tal como el volumen cambia, también lo hacen nuestros oídos al responder al espectro de frecuencias. Esto se puede apreciar al ver las curvas de igual sonoridad que se desarrollaron por primera vez por Fletcher y Munson en 1933 (Fig. 1.1). Aproximaciones de estos contornos se han utilizado en los sonómetros durante varios años y se conoce comúnmente como curvas de ponderación de frecuencia. En este



tipo de curvas, la intensidad de cada frecuencia se pondera de acuerdo a la forma del contorno de igual sonoridad.

Es fácil confundir volumen con sonoridad, pero son dos cosas diferentes. Volumen es la percepción subjetiva que el ser humano tiene a la potencia de un determinado sonido. Es el nivel de potencia de la señal. Al subir el volumen del televisor se aumenta la potencia de los amplificadores para que la señal sea más fuerte en todas las frecuencias.

Mientras que sonoridad es la percepción subjetiva de la intensidad del sonido. Como dijimos anteriormente, el oído humano no es capaz de oír cada frecuencia en el mismo nivel, el volumen percibido es diferente a medida que avanzamos hacia arriba y hacia abajo en frecuencia. Sonoridad depende del nivel de presión

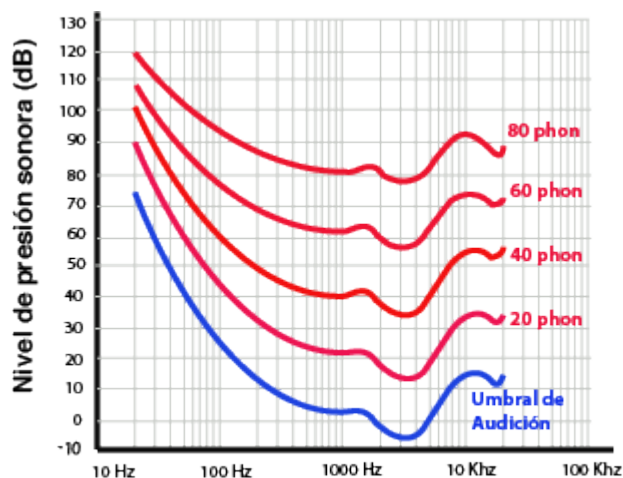


Fig. 1.1 Curvas de sonoridad de niveles iguales vs frecuencia

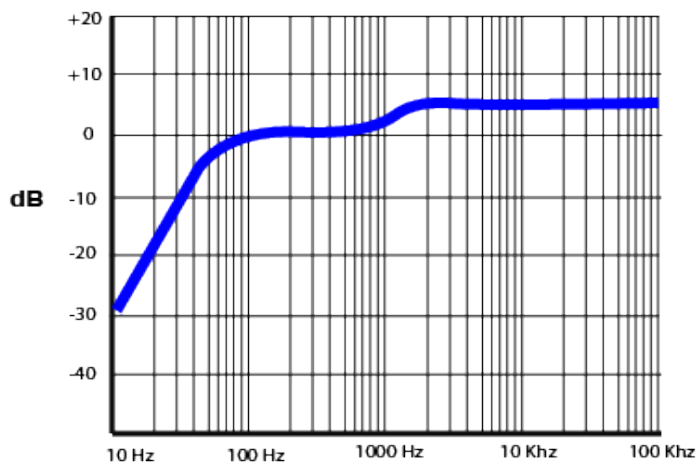


Fig. 2.1 Curva de Ponderación "K" usado para medir sonoridad utilizando el metodo de ITU-R BS.1770

acústica, de la frecuencia y forma de onda. Por ello, los sonómetros típicos como PPM y VU no pueden hacer la medición de sonoridad correctamente.

Sonoridad es muy subjetiva, esto resulta en diferencias de percepción de sonoridad entre diferentes oyentes. Esto complica en tener un método común de medición teniendo en cuenta todos los factores antes mencionados para todos los individuos. No hay nivel de sonoridad única que satisfaga a todos los oyentes todo el tiempo.

### Estándar ITU-R BS.1770

La sonoridad percibida de una señal de audio se puede considerar de varias maneras. A corto plazo y a largo plazo, hay cambios en la sonoridad que son reflejos de la naturaleza de audio que continuamente cambia de acuerdo al contenido de audio por necesidades artísticas o técnicas. Estas necesidades se tienen que mantener para que los oyentes puedan disfrutar los programas. Por lo tanto, el objetivo final no es hacer que todos los programas tengan el mismo y constante nivel de sonoridad, lo que se quiere obtener es asegurar que el promedio de sonoridad sea igual en todos los programas, todos los canales y todos los anuncios. El objetivo es conseguir un nivel de sonoridad universal para beneficio de los oyentes.

Varios grupos de investigación y desarrollo (ITU, ATSC, etc..) en varios países han trabajado para definir reglas como medir la sonoridad a corto plazo y a largo plazo. El resultado de estos estudios y experimentos es la norma ITU-R BS.1770, que es un documento que es el resultado de un arduo trabajo de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones. El propósito de este estándar es establecer un algoritmo abierto y pactado para medir la sonoridad y el nivel de pico verdadero de los programas de audio. Es un estándar robusto cuyo principal beneficio es la simplicidad de su implementación. Este estándar principalmente, define una curva de ponderación K 'K-weighting curve' (Contiene un pre-filtro y un filtro de baja frecuencia de ponderación-B modificado), como se puede ver en la Fig. 2.1.

### Medición de sonoridad utilizando ITU-R BS.1770

Recalcamos que hay dos objetivos, uno es medir el promedio de los niveles de audio dentro de un tiempo establecido de una forma que se aproxima a como el oído humano percibe los diferentes niveles de audio.

Otro objetivo es establecer una manera mas uniforme de monitoreo de sonoridad, para poder aumentar la satisfacción de los oyentes. El algoritmo usado en ITU-R BS.1770 funciona de acuerdo al diagrama mostrado en la Fig. 3.1. A continuación explicamos como funciona este algoritmo para obtener el valor total de sonoridad:

1. Cada canal de entrada se mide por separado. El canal de efectos de baja frecuencia (LFE) no es tomado en cuenta.
2. Cada señal pasa a través de dos filtros en cascada, un pre-filtro para compensar los efectos acústicos de la cabeza humana y el filtro RLB (ponderación-B modificado) proporcionan el ajuste de ponderación-K.
3. Después de los filtros, se hace la computación de la energía cuadrática-media de cada canal durante el intervalo de medición.
4. A continuación, cada canal de sonoridad se pondera de acuerdo al ángulo de llegada. Los factores de ganancia son 0 dB para los canales frontales y +1.5 dB para los canales de sonido envolvente (surround), los sonidos envolventes por lo general llegan desde detrás del oyente y se perciben como más fuerte con respecto a los canales frontales.

5. Finalmente, todos los canales se suman linealmente para proporcionar el valor total de sonoridad para el programa.

$$\text{Sonoridad} = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i^N G_i \times Z_i$$

donde :

$G_i$  = ponderidad de los coeficientes de los canales de entrada

$Z_i = \frac{1}{T} \int_0^T y_i^2 dt$  valores de energía cuadratica media de cada canal

La constante -0.691 indica el efecto del pre-filtro y el filtro RLB

Es importante mencionar que también hay un requisito de integración adaptativa usando una compuerta (Gating) que utiliza umbrales que permiten el sistema de medición no tener en cuenta a los períodos de silencio o incluso los niveles de audio muy bajos. Después de muchos experimentos, los expertos de todo el mundo han llegado a la conclusión de que la compuerta umbral adaptativo debe funcionar entre -10dB y -6dB, lo que significa que cuando el nivel de audio está por debajo de estos umbrales, que debe ser ignorado y no tenerse en cuenta en las mediciones de sonoridad objetiva.

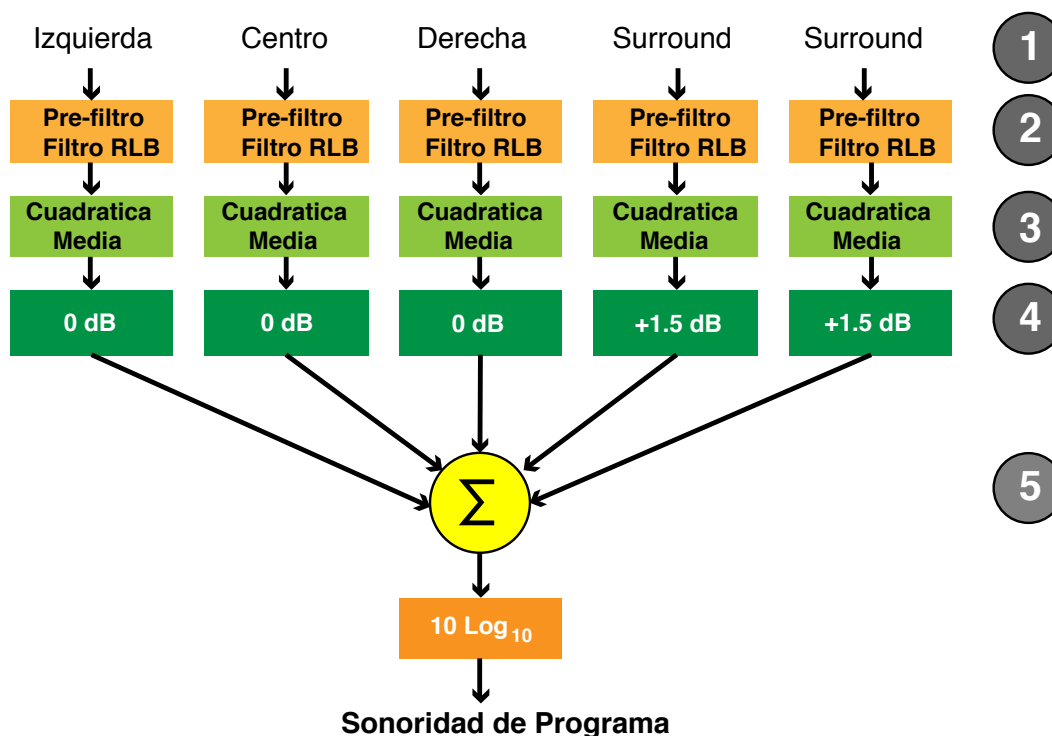


Fig. 3.1 Medición de sonoridad basado en la norma ITU-R BS.1770

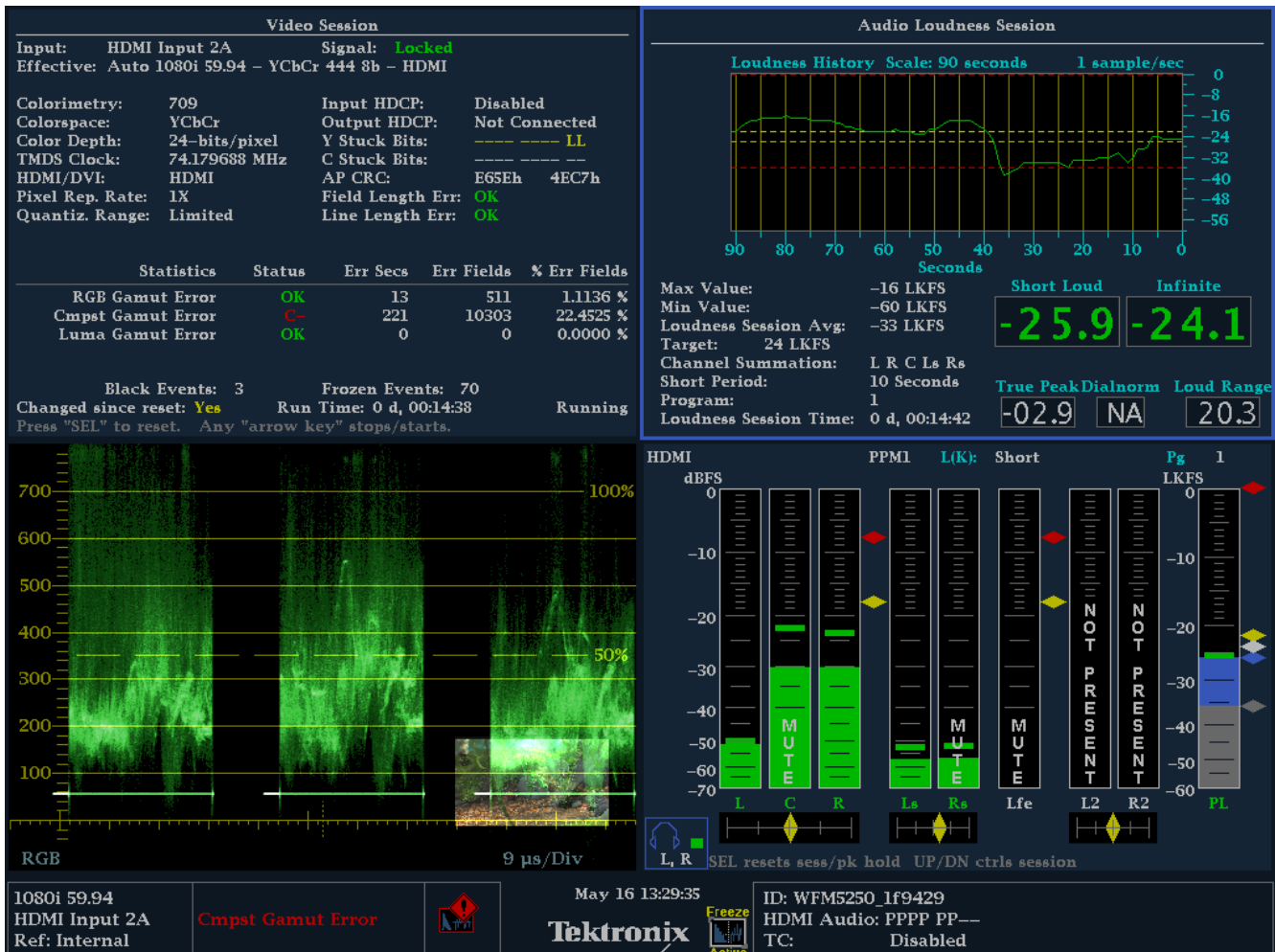
## Resultados de Mediciones

Aquí mostramos un ejemplo de como se mide sonoridad, esta medición se realizó durante una sesión de entrenamiento presentado por Tektronix en Burbank, California. Se utilizó un equipo de monitoreo de onda modelo WFM5200 de Tektronix. Algo nuevo de este equipo es que acepta de entrada señales de tipo HDMI que es común en hogares que tienen acceso a televisión digital. En referencia a la figura mostrada abajo, el cuadrante superior a la derecha muestra los resultados de las medidas hechas sobre sonoridad (Audio Loudness Session). A continuación describimos todos los parámetros de medición que se muestran en la pantalla del WFM5200:

1. Loudness History: (Historia de sonoridad): Muestra una representación gráfica de mediciones de sonoridad con respecto a tiempo. El gráfico de línea muestra que tendencia existe durante períodos de 90 o 180 segundos y un gráfico de barras de 7.5 minutos a 30 horas en los instrumentos.
2. Scale: (Escala): Indica el intervalo de tiempo durante el cual se realizan las mediciones de sonoridad.

Esto se puede configurar en el menú Sesión sonoridad. Cuando se selecciona un gráfico de barras, la parte superior izquierda de la gráfica muestra la duración de cada barra y un icono de actualización muestra cuándo se añadirá la siguiente barra de la gráfica.

3. Short Loud (Sonoridad a corto plazo): medición de sonoridad basado en la duración del tiempo corto. Se indica usando LKFS como unidad de medición. En este ejemplo es de -25.9 LKFS.
4. Infinite (Infinidad): Medición de sonoridad basado en la duración de toda la sesión de audio. Se indica usando LKFS como unidad de medición. En este ejemplo es de -24.1 LKFS.
5. True Peak (Pico verdadero): es el valor máximo del pico verdadero registrado por los medidores de audio. En este ejemplo es de -2.9 dB.
6. Dialnorm (Diálogo normalizado): Es el valor de metadatos que está presente tanto en el flujo de datos Dolby o que se lleve como un paquete de datos auxiliares por SMPTE2020. Este número



generalmente fluctúa entre -1 dB y -31 dB de acuerdo a los metadatos del formato AC-3. Audio analógico por supuesto no indica este valor.

7. Max Value (Valor máximo): El valor de intensidad máxima registrada dentro de la sesión de sonoridad. Aquí indica el valor de -16 LKFS.
8. Min Value (Valor mínimo): El valor mínimo de sonoridad registró en la sesión de sonoridad. Aquí indica el valor de -60 LKFS.
9. Loudness Session Avg. (Promedio de la Sesión de Sonoridad): El promedio de sesión de sonoridad que es un promedio sumado de todos los valores registrados en la sesión. Aquí indica el valor de -33 LKFS.
10. Channel Summation (La suma de los canales): Muestra la suma de los canales de audio que actualmente se utilizan para calcular el promedio de sonoridad, en este caso, estamos monitoreando la L, D, C, y los canales envolventes de izquierda y derecha.
11. Short Period (Período Corto): Muestra la duración actual del promedio de sonoridad durante un corto periodo. Aquí indica que el periodo de medida deseado es de 10 segundos. Esto se cambia de acuerdo al programa.
12. Target Value (Valor de destino): Muestra al usuario que nivel de sonoridad es el objetivo. Aquí indica que se desea obtener el valor de -24 LKFS.

## Especificaciones

Como hemos elaborado, ITU-R BS.1770 establece un método bien definido para medir el nivel de sonoridad de toda clase de programas, a lo largo de toda la cadena de radiodifusión y de tal manera ayuda a los ingenieros y técnicos a crear unas especificaciones robustas para la ingesta, producción, reproducción y distribución a multitud de plataformas.

Todos los medidores de sonoridad deben cumplir con la recomendación ITU-R BS.1770-3 (Usando compuerta (Gating) para no tener en cuenta periodos de silencio o de muy bajo nivel.

Se debe establecer un solo número de sonoridad de programa expresado en LKFS o LUFS a largo tiempo de duración del programa. Por ahora, este número es -24 LKFS (+/- 2dB) si es que no se usa el sistema de compuerta (gating), y es de -23 LKFS si se usa la compuerta. También se usa LUFS como unidad de medición, LKFS es igual que LUFS.

Se debe usar el diálogo normalizado (dialnorm) de acuerdo al metadato propuesto por el codificador de AC-3. En algunos casos, se puede apuntar a un nivel de diálogo normalizado si es posible hacer la medición del diálogo por un cierto tiempo para poder anclar las otras mediciones.

Aquí están los diferentes estándares y recomendaciones para medir, evaluar y monitorear sonoridad.

- IEC 61672-1: Sonómetros acústicos
- ITU-R.BS 1770: Algoritmo para medición de sonoridad y nivel de pico verdadero
- ITU –R.BS 1771:Requerimientos para medidores de sonoridad y pico-verdadero
- ATSC A/85 RP :Técnicas para establecer y controlar sonoridad para televisión digital
- FCC Ruling 47 CFR Parts 73 and 76:Implementación del acto CALM para la mitigación de sonoridad en anuncios.
- P/Loud Working Group:Medición usando compuerta (Gating). Incluye el canal de bajas frecuencias (LFE)

## Equipos de prueba y medición

Hay varios proveedores de equipos para medir sonoridad. Algunos equipos no solo pueden hacer la medición de sonoridad y de pico verdadero, también pueden corregir errores que exceden las especificaciones.

- Tektronix WFM5200 and WFM8200 monitores de onda de multi-formato.
- Dolby Broadcast Loudness Meter LM100.
- Linear Acoustic LQ-1 Loudness Meter.
- Videotek CMN-LA Loudness Analyzer.
- TC Electronics DB6 Broadcast Audio Processor and LM2.

## Sumario

- Audio digital es mas complicado que audio analógico.
- La guerra de sonoridad es real.
- Televisión digital debe ofrecer una buena experiencia a los clientes y debe reproducir fielmente todo el rango artístico de audio.

- Se debe controlar los niveles de sonoridad a través de toda clase de programas, en todos los canales y en todos los anuncios, cosa que el cliente no perciba diferentes niveles de audio.

ITU-R BS.1770 es un buen algoritmo que es usado universalmente y existen proveedores de equipos de medición para todos los gustos y para todos los bolsillos. Siempre siguen perfeccionando los algoritmos, dado así que ahora se usa más el BS.1770-3 que incluye el sistema compuerta para que el nivel de sonoridad no sea afectado por periodos sin audio o con muy bajos niveles de audio.

## Referencias

1. A/85:2011, ATSC Recommended Practice. Techniques for establishing and maintaining audio loudness for digital television.
2. ITU-R BS.1770, 1770-2 - Algorithms for measuring audio program loudness and true peak audio levels. (2006-2012)
3. EBU R128 (2010) Loudness Recommendation with accompanying Tech documents 3341-3344 on Metering specs, Loudness Range, Production Guidelines and Distribution Guidelines.
4. Audio Loudness Monitoring with WFM and WVR products - Tektronix

## Contacto

Por favor contacten a:  
***marketing@portaldtv.com***

si desea:

- Hacer reproducciones de Notas Técnicas.
- Traducciones de documentos técnicos entre inglés y español.
- Apoyo técnico en ramas de televisión digital y multimedia.