

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS ACÚSTICOS DE LA UNE-EN ISO 3382-1 MEDIDOS CON FUENTE PUNTUAL Y CON EL SISTEMA DE REFUERZO SONORO EN CINES

PACS: 43.55 Gx

Alves Santos, Helena; Gómez Alfageme, Juan José; Blanco Martín, Elena; Sánchez Bote, José Luis

Universidad Politécnica de Madrid

E.T.S. Ingeniería de Sistema y Telecomunicación

Ctra Valencia km 7

28031 Madrid, España

Tel: +34913367775

Fax: +34913319229

E-mail: helena.alves@upm.es; juanjose.gomez.alfageme@upm.es; elena.blanco@upm.es;
joseluis.sanchez,bote@upm.es

ABSTRACT

Some acoustic parameters, as shown in UNE-EN ISO 3382-1, have been measured with an omnidirectional source and each channel sound reinforcement system in a movie theater (Kinopolis' room 6). The data obtained from the measurements has been analyzed in order to include a comparative study with information about the acoustic parameters variation depending on the type of acoustic source or the acoustic quality of the room. Furthermore, it presents the possibility of measuring some acoustical parameters with a sound reinforcement system, taking into account improvements in subjective parameters when measuring with screen channels.

RESUMEN

Se han medido los parámetros acústicos, que especifica la UNE-EN ISO 3382-1, con una fuente omnidireccional y con el sistema de refuerzo sonoro en una sala de cine (Sala 6 de Kinopolis Madrid). Con los datos obtenidos, se ha realizado un estudio comparativo en el que se incluye información acerca de cómo varían los parámetros en función del tipo de fuente utilizada o la calidad acústica de la sala. Además, se presenta la posibilidad de realizar la medición de dichos parámetros con los altavoces de la sala, teniendo en cuenta las mejoras de los parámetros subjetivos con los altavoces de pantalla.

INTRODUCCIÓN

El diseño de cines se rige por las normas SMPTE EG 18-1994 [1] y la guía de recomendaciones para cines THX [2]. En ellas se establecen todo tipo de características desde las dimensiones de pantalla o ángulos de visión recomendados, pasando por las características acústicas (ruido de fondo, reverberación o aislamiento) y terminando con otras características

acerca de otros elementos como los aseos, el personal, etc. A parte de un tiempo de reverberación bajo o unas superficies muy absorbentes, una de las características principales de las salas de cine es que siempre se utiliza el sistema electroacústico activo, ya que no es habitual escuchar a un orador realizando una conferencia. Aunque, en los últimos años, estas salas, que normalmente estaban destinadas únicamente para la palabra (en películas), se están usando para la proyección de conciertos, ópera e incluso actuaciones en directo. Este cambio de uso, unido a la utilización del sistema de refuerzo sonoro, requiere diferentes valores de los parámetros acústicos que establece la norma UNE-EN ISO 3382-1 [3]. Por ello se ha decidido estudiar la acústica de este tipo de salas utilizando el sistema de refuerzo sonoro instalado y compararlo con las medidas según la norma (con fuente omnidireccional) para arrojar la posibilidad de la medida de parámetros con las fuentes instaladas en el recinto.

MÉTODOS DE MEDIDA Y ANÁLISIS

Se han realizado dos sesiones de medición de la respuesta impulsiva de la sala 6 de los cines Kinépolis Madrid que se encuentran situados en el complejo de “Ciudad de la Imagen”. Esta sala tiene una capacidad de 706 butacas repartidas en 22 filas con una pendiente entre 13° y 16° . Cuenta con unas dimensiones de 26,20 m de ancho y 40,50 m de largo y una altura comprendida entre 3,60 m y 10,70 m, como se observa en la Figura 1, lo que proporciona un volumen de más de 8800 m^3 . En la pared delantera de la sala se encuentra una pantalla curva de 10 m de alto por 25 m de ancho. Tiene instalado un sistema de refuerzo sonoro 5.1 que consta de 24 altavoces de surround repartidos en las dos paredes laterales y la pared trasera (8 en cada una de ellas), un sistema de pantalla con tres canales (izquierdo, derecho y central) y un canal de efectos de baja frecuencia (LFE).

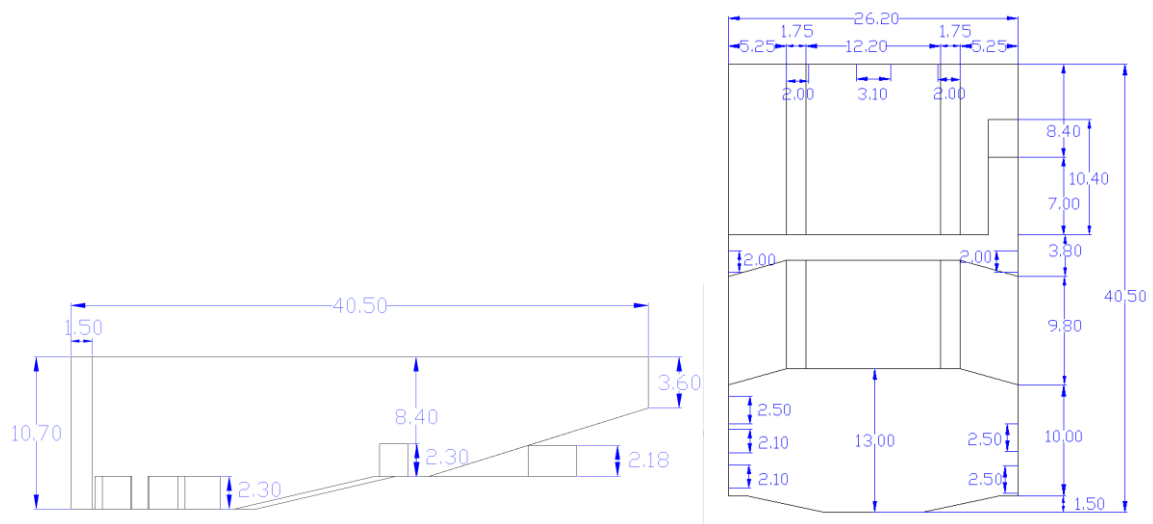


Figura 1. Planos de la sala

En la primera sesión, se utilizó una fuente omnidireccional para excitar la sala con señal MLS y con barrido sinusoidal siguiendo los pasos que marca la norma UNE-EN ISO 3382-1; y en la segunda se usó el sistema de refuerzo sonoro. En cuanto a las características de estas mediciones, se han seleccionado un total de 3 posiciones de fuente omnidireccional en la parte delantera de la sala, los 5 canales del sistema de refuerzo sonoro (Izquierdo, Central, Derecho, Surround Izquierdo y Surround Derecho) y 9 posiciones de micrófono repartidas por la zona de butacas como se muestra en la Figura 2. No se pudo excitar por

separado cada uno de los altavoces de surround por lo que la respuesta obtenida corresponde al conjunto de 12 altavoces.

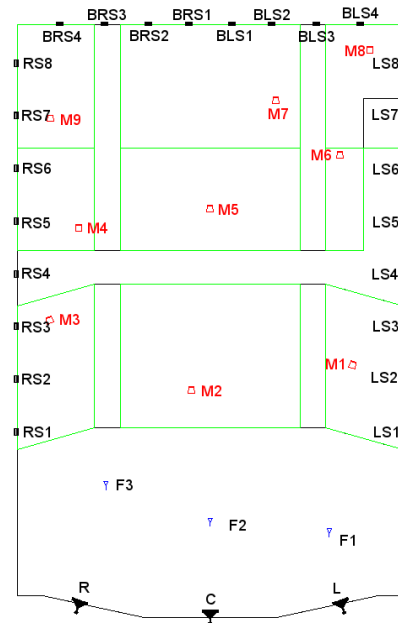


Figura 2. Posiciones de la fuente omnidireccional (F1-F3), del sistema de refuerzo (L, C, R, LS1-LS8, LR1-LR8, BLS1-BLS4 y BRS1-BRS4) y del micrófono (M1-M9)

A partir de las respuestas medidas con DIRAC (*Dual Input Room Acoustics Calculator*) [4], se han obtenidos los Tiempos de Reverberación (T20 y T30), el Tiempo de Reverberación Inicial (EDT), la Claridad (C80), la Definición (D50) y el Tiempo central (Ts). Los parámetros relativos a la reverberación se han corregido por medio del criterio de Chauvenet, que se basa en el cálculo de la media y la desviación estándar de una muestra marcando un margen de confianza. De manera que, asumiendo una distribución normal, se rechazan aquellos valores cuya probabilidad de aparición sea inferior a $1/2n$, siendo n el número de medidas. Si la diferencia entre la media de todos los datos y un dato en concreto supera a la desviación estándar multiplicada por el coeficiente de Chauvenet (Tabla. I), ese dato es dudoso y se descarta.

Número de muestras (n)	Coficiente de Chauvenet (c)
10	1,96
15	2,13
25	2,33
50	2,57

Tabla. I. Coeficientes de Chauvenet

Además se han comparado los resultados por tipo de señal de excitación y por tipo de fuente utilizada en función del valor de JND (*Just Noticeable Difference*) tomando como referencia la señal de barrido. Estas diferencias son: un 5% para los parámetros de reverberación, 1 dB para la Claridad, 10 ms para el Tiempo Central y 0,05 para la Definición.

La combinación de las tres posiciones de fuente omnidireccional da resultados adecuados de los distintos parámetros con desviaciones relativamente bajas, pero no ocurre lo mismo con el sistema de refuerzo sonoro ya que presentan grandes diferencias entre los canales de pantalla y los canales de surround. Por ello, a la hora de procesar los datos se han considerado tres combinaciones de fuentes para el sistema de refuerzo: los cinco canales juntos (Sist. Refuerzo), los tres canales de pantalla (Sist. Pantalla) y los dos canales de surround (Sist. Surround).

RESULTADOS

El estudio comparativo se realizó en dos partes. En primer lugar se han comparado los valores medidos con ambos tipos de señal para cada uno de los parámetros calculados. En segundo lugar, se realizó un estudio comparativo entre las dos mediciones realizadas analizando parámetro a parámetro para ver la influencia del uso del sistema de refuerzo sonoro en la obtención de parámetros acústicos.

Barrido Sinusoidal vs. Secuencias de Longitud Máxima (MLS)

Los dos tipos de señales de excitación estudiados son el barrido sinusoidal y la Secuencias de Longitud Máxima (MLS). En la Figura 3 se representan las diferencias existentes entre el valor promedio de los distintos parámetros medidos con ambas señales. La gráfica de la izquierda corresponde a los resultados de la fuente omnidireccional. En ella, se observa que las diferencias son menores de 1 JND para todos los parámetros excepto para EDT que muestra diferencias de 2,45 JND (0,061 s) en la banda de 1600 Hz. La segunda gráfica, a la derecha, son las diferencias de las medidas realizadas con el sistema de refuerzo sonoro. Para los parámetros subjetivos C80 y D50 no hay diferencias perceptibles entre el uso de uno u otro tipo de señal y para Ts sólo hay diferencia en 100 Hz de 2,92 JND (16,6 ms). En cuanto a los tiempos de reverberación, T20 sólo presenta diferencias en las bandas de 800 Hz a 1250 Hz (entre 33 ms y 74 ms) y T30 presenta diferencias en mayor número de bandas pero todas ellas inferiores a 82 ms. Además, EDT presenta aparentemente diferencias muy grandes y perceptibles, pero hay que tener en cuenta que el valor de un JND es aproximadamente 10 ms.

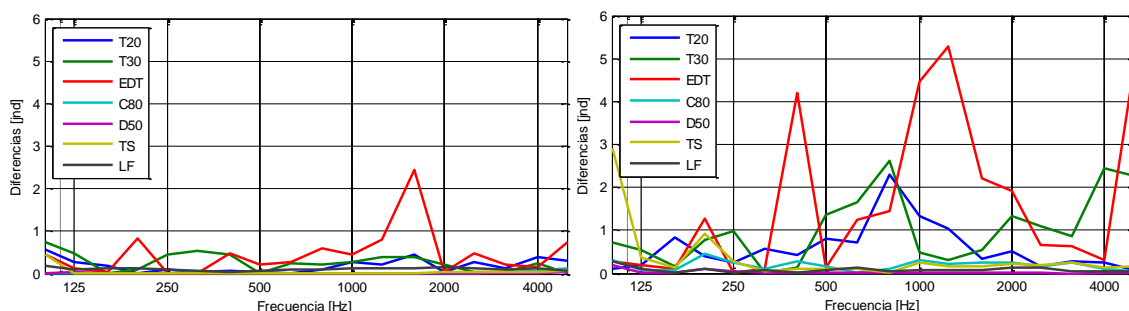


Figura 3. Diferencias entre los promedios de la sala medidos con barrido y señal MLS para la fuente omnidireccional (izquierda) y el sistema de refuerzo sonoro (derecha)

Debido a la dispersión de los datos y las pequeñas diferencias existentes, se podría indicar que ambas señales de excitación dan resultados similares, especialmente para los parámetros subjetivos. Aunque se obtienen mejores valores de la relación impulso-ruido (INR) para el barrido sinusoidal, lo que conllevará datos más fiables.

Fuente Omnidireccional vs. Sistema de Refuerzo Sonoro

Tomando como referencias las medidas realizadas con la fuente omnidireccional, se han comparado los valores de los distintos parámetros medidos utilizando un barrido sinusoidal como señal de excitación. En las medidas con los altavoces de la sala, INR era demasiado bajo, especialmente para los altavoces de surround, y en algunas posiciones las reflexiones y/o señales de otros altavoces hacían difícil la obtención de una respuesta al impulso adecuada.

Comparando los valores de T20, se observa en la Figura 4 que toma valores similares para los distintos promedios realizados con los altavoces del sistema de refuerzo sonoro, pero existen un pequeño desplazamiento de los valores mínimos de 630 Hz a 400 Hz respecto a la fuente omnidireccional. Esto provoca que en la zona de frecuencias medias existan mayores diferencias, alcanzando los 5 JND para el sistema de surround. Para T30, las diferencias no superan los 3 JND en ninguna banda, lo que implica menos de 90 ms, y, de nuevo, se produce el desplazamiento del valor mínimo hacia frecuencias más bajas (ver Figura 5). Viendo estos resultados, es posible medir los valores de T20 y T30 con los altavoces de pantalla sin alejarnos demasiado de los valores según la norma, especialmente T30, ya que las diferencias entre los datos son comparables a las desviaciones estándar calculadas (aproximadamente de 100 ms en frecuencias medias).

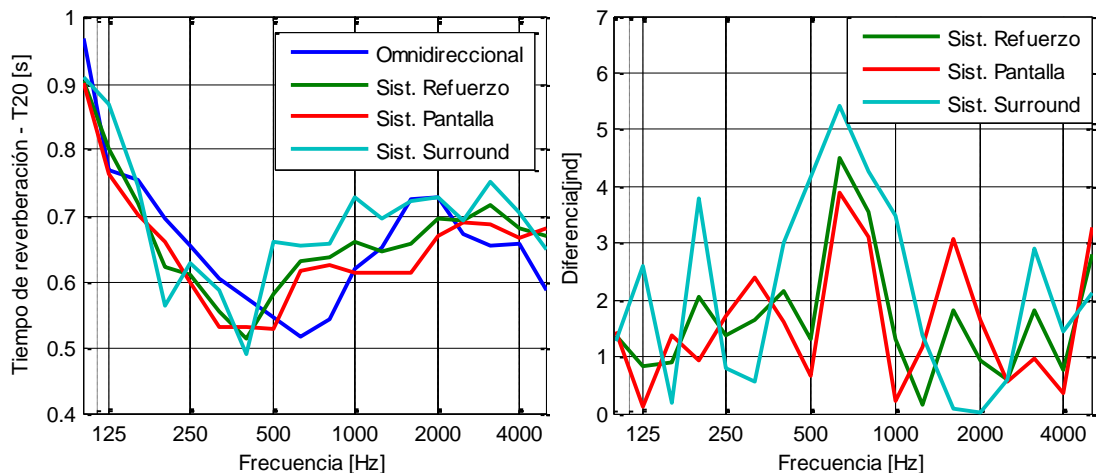


Figura 4. Valores y diferencias entre promedios de la sala: T20

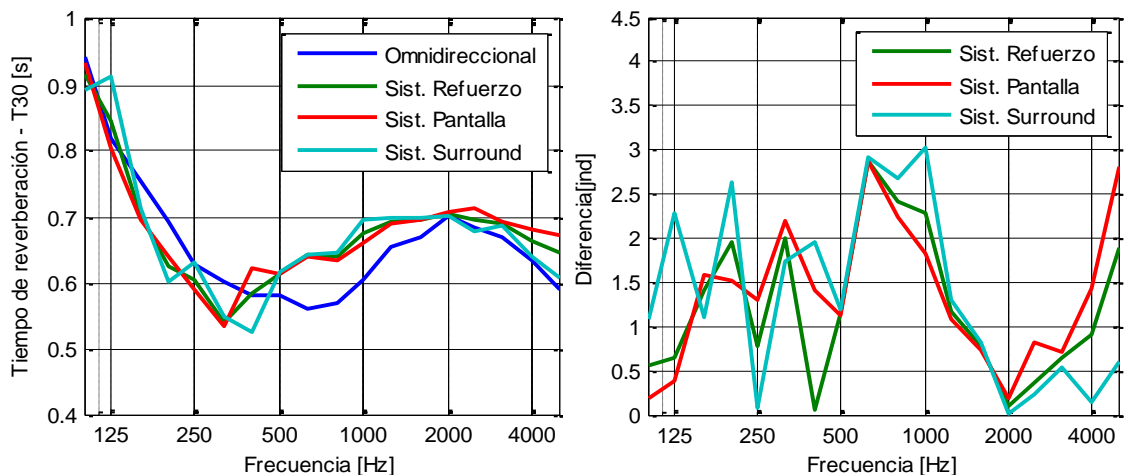


Figura 5. Valores y diferencias entre promedios de la sala: T30

Si se analizan los aspectos subjetivos, las diferencias serán mayores. El primero de los aspectos subjetivos a tratar es EDT, donde se ven las diferencias más claras entre el uso de uno u otro tipo de fuente. Si se observa la Figura 6, EDT toma valores parecidos a T20 o T30 cuando se usa la fuente omnidireccional, aunque ligeramente menores (aproximadamente 100 ms), pero no ocurre lo mismo con el sistema de refuerzo sonoro. Los altavoces de pantalla proporciona un EDT mucho menor al medido con fuente omnidireccional, las diferencias superan los 8 JND en las bandas superiores a 200 Hz. Con los altavoces de surround los resultados son intermedios entre ambos casos. Por tanto, el sistema de refuerzo sonoro proporciona menor sensación de reverberación que la fuente omnidireccional, especialmente acusada para los canales de pantalla.

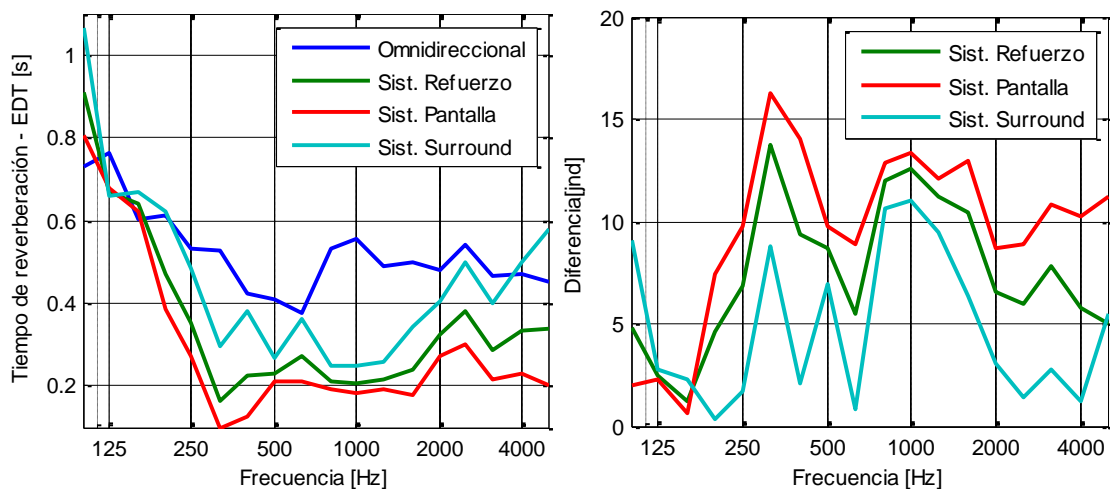


Figura 6. Valores y diferencias entre promedios de la sala: EDT

Tanto C80 como D50 presentan valores especialmente altos con el sistema de pantalla ya que superan 15 dB y 0,9 a partir de 250 Hz, lo que indica mayor claridad o nitidez de la sala. En cambio los canales de surround dan resultados inferiores pero más parecidos a los de la fuente omnidireccional (diferencias inferiores a 2 JND en la mayoría de las bandas). Estos resultados son en parte esperados ya que un sistema envolvente no puede proporcionar igual nitidez que una fuente puntual, ni unos altavoces directivos concentran de igual manera la energía en la zona de audiencia que una fuente omnidireccional.

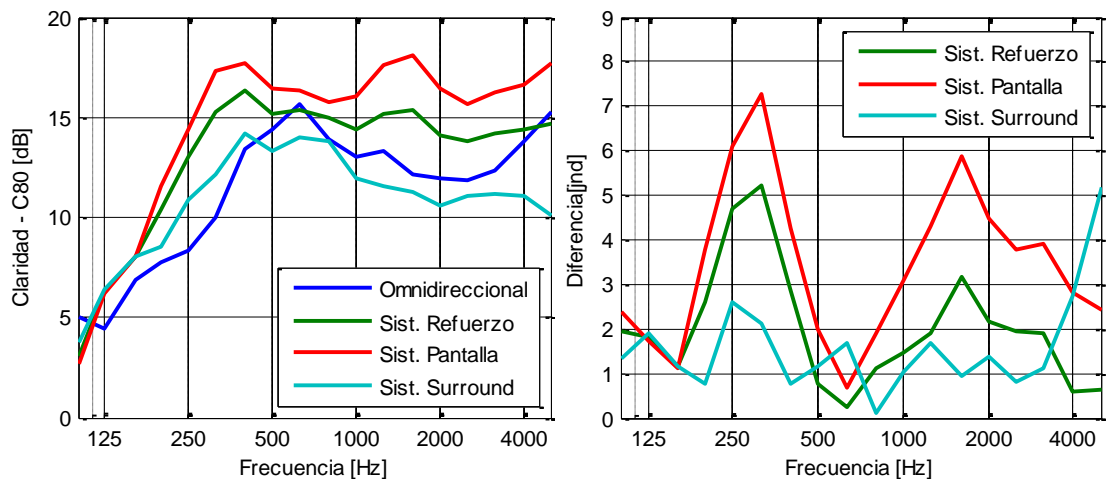


Figura 7. Valores y diferencias entre promedios de la sala: C80

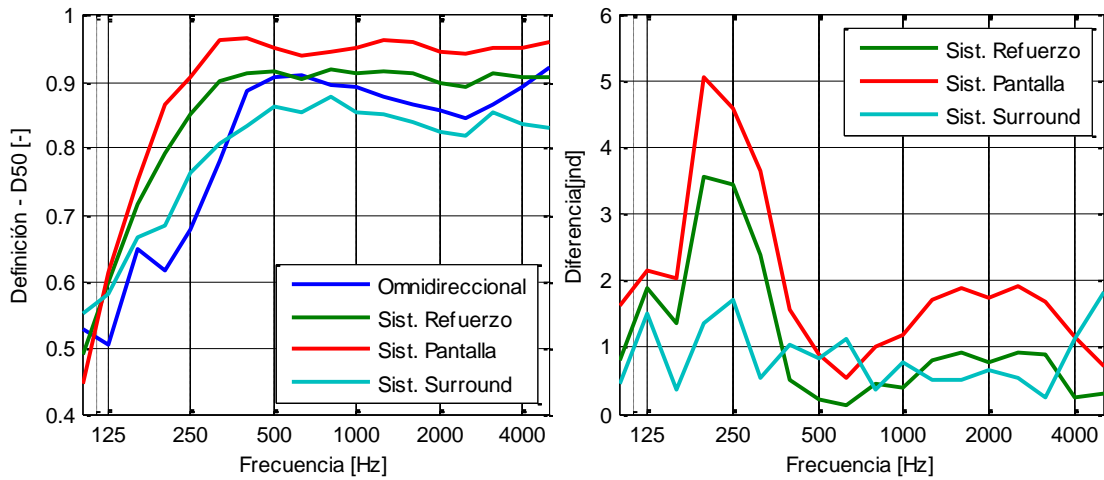


Figura 8. Valores y diferencias entre promedios de la sala: D50

Las diferencias en el Tiempo Central (Ts) son inferiores a 2 JND (20 ms) para todas las bandas y para los conjuntos de altavoces promediados. Los datos obtenidos con fuente omnidireccional son bastante parecidos a los de pantalla en media y alta frecuencia, lo que hace pensar que es posible medir este parámetro con ellos. Los altavoces de surround proporcionan resultados mayores, aunque las diferencias no son excesivamente altas.

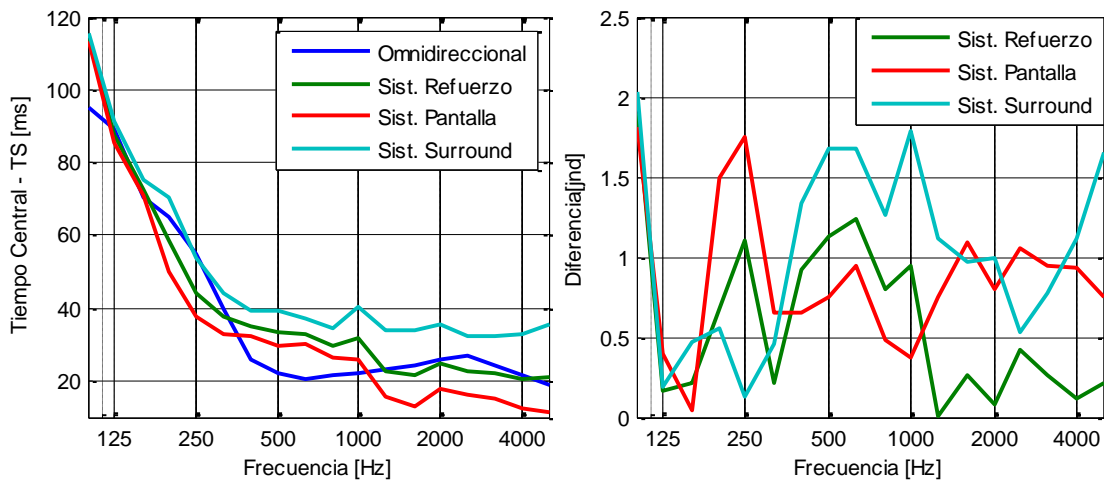


Figura 9. Valores y diferencias entre promedios de la sala: Ts

Como se ha mostrado ambas mediciones arrojan resultados similares, aunque con diferencias perceptibles en algunos parámetros. Aun así, se puede caracterizar la sala 6 como una sala muy seca, con tiempos de reverberación bajos, y con unos niveles de nitidez muy altos.

CONCLUSIONES

El uso de un tipo u otro de señal de excitación no conlleva diferencias apreciables en los resultados, excepto en los valores de EDT. El barrido sinusoidal proporciona mejores

valores de la relación impulso-ruido que la señal MLS en esta sala y se produce una eliminación de menor número de valores erróneos por el Criterio de Chauvenet.

En cuanto al uso del sistema de refuerzo sonoro para la medida de parámetros, se considera que los datos obtenidos con los canales de pantalla se aproximan bastante a la realidad de la sala. Los valores del tiempo de reverberación medidos con estos canales no distan demasiado de los medidos con fuente omnidireccional, obteniendo resultados mejores para T30 con diferencias inferiores a 3 JND (aproximadamente 90 ms) en el promedio de la sala. Aunque el valle con menores valores de T20 y T30 se desplaza hacia frecuencias inferiores, lo que hace pensar que el tiempo de reverberación no depende únicamente de las características de la sala sino también, aunque en menor medida, de la fuente de excitación. Mientras que los parámetros subjetivos (EDT, C80, D50 y Ts) proporcionan valores mejores en cuando a nitidez y reverberación, con diferencias que alcanzan 400 ms para EDT y 7 dB para C80. En cuanto a los altavoces de surround, estos proporcionan mayor reverberación, menor claridad y definición; aunque los datos obtenidos para C80 y D50 son similares a los medidos con fuente omnidireccional. Por todo esto y por el hecho de que en las sala de cine siempre se utiliza el sistema de refuerzo sonoro, se concluye que es posible la medición de los parámetros acústicos con el sistema de refuerzo sonoro con un margen de error relativamente pequeño excepto para EDT. Teniendo en cuenta que con los altavoces de pantalla, los parámetros subjetivos proporcionarán mejores resultados y serán más acordes a la percepción de los espectadores en el día a día de la sala. Y con los altavoces de surround se proporcionará el grado de espacialidad necesario.

Los resultados completos de este estudio pueden encontrarse en el Trabajo Fin de Máster del mismo título [5].

REFERENCIAS

- [1] SMPTE EG 18, "Design of Effective Cine Theaters", 1994.
- [2] Lucasfilm Ltd., "Recommended guidelines for presentation quality and theatre performance for indoor theatres", 2000.
- [3] UNE-EN ISO 3382-1, "Acústica – Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 1: Salas de espectáculos", 2010.
- [4] Acoustics Engineering, Software DIRAC, <http://www.acoustics-engineering.com/>
Consultado en Marzo de 2014
- [5] Alves, H., "Estudio comparativo de los parámetros acústicos de la norma UNE-EN ISO 3382-1 medidos con fuente puntual y con el sistema de refuerzo sonoro en salas de cine.", Trabajo Fin de Máster, ETSIST-UPM, 2014.