



SISTEMAS DE MEGAFONÍA, INTELIGIBILIDAD, STI Y SEÑALES DE VERIFICACIÓN

Alberto Fueyo Gallego^{1*}

¹Acoustics Team Leader – WSP Spain

RESUMEN

El objetivo final de todo sistema de megafonía, que es utilizado en caso de emergencia, debe de ser el cumplimiento de la inteligibilidad exigida por la normativa. Dicha inteligibilidad normalmente se evalúa con el STI o Speech Transmission Index recogido en el UNE-EN 60268-16. Dicho estándar establece una señal similar al ruido rosa para la comisión de estos sistemas.

Por otra parte, la norma EN-54 establece otro tipo de señales para establecer el nivel de potencia de los sistemas de amplificación, por tanto, tenemos al menos 3 tipos de señales que son utilizadas en 3 momentos diferentes durante el diseño, instalación, verificación y utilización de un sistema de megafonía.

Como interactúan estas señales, sus características y como afectan a la inteligibilidad es necesario para el correcto diseño de un sistema de evacuación por voz. Durante esta investigación se ha evaluado los niveles de compresión a los que pueden ser sometidos cada señal sin que se vea afectado el resultado final.

ABSTRACT

The communication has to include also the abstract in English Language. You do not need to literally translate the Spanish version, but it has to contain the same ideas and concepts. In case you write your communication directly in English, you only have to write the abstract in this language.

Palabras Clave— Inteligibilidad, STI, Evacuación por voz.

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de que los sistemas de megafonía suelen tener un uso mixto de mensajes de información general y de evacuación en caso de emergencia, el escenario más demandante de potencia sonora y exigencia de inteligibilidad se considera en el que el sistema se usa como un sistema de emergencia.

Un escenario en el que un sistema de megafonía se utiliza para evacuación tiene las siguientes características:

- Altos niveles de potencia sonora (87dBA)
- Todas las zonas de altavoces están activas (All Call)
- Reproducen señales de voz.
- Lo importantes es la inteligibilidad no la calidad de la señal.

Por otra parte, un sistema de evacuación por voz tiene que cumplir la normativa EN 54. Esta normativa establece en sus diferentes partes unos métodos de verificación para los diferentes elementos que componen el sistema.

Para la evaluación de los sistemas de amplificación que forman parte de un sistema de evacuación por voz se utiliza el estándar europeo EN 54-16, el cual en su cláusula 16.1.5 establece: “*All voice alarm output circuits and transmission paths shall be connected to cables and equipment or to dummy loads. At least one of each type of voice alarm output circuit shall be loaded to its maximum capacity within the manufacturer’s specification.*” Esto implica que cuando se realiza la evaluación que establece la potencia disponible en el amplificador solo hace falta que un canal del amplificador esté operativo. Esta evaluación es muy probable que no refleje el uso real del sistema de amplificación el cual es más que posible que todos los canales de salida estén operativos y funcionando simultáneamente. Además, esta evaluación se realiza con una señal de seno de 1kHz.

Por otra parte, para verificar la inteligibilidad de los sistemas se utiliza el método descrito en el estándar EN 60268-16:2020 en el cual se pueden utilizar dos metodologías diferentes: Directo (señal STI-PA) o indirecto (Ruido rosa con Espectro Male + Swept Sine). En ambos casos las señales son diferentes a la utilizada para la evaluación de potencia de los sistemas de amplificación.

La tercera parte de este escenario es la señal que en realidad van a reproducir los sistemas de evacuación por voz. En este caso estamos hablando de señales de habla, Estas señales tiene dos características fundamentales:

- Toleran muy bien la compresión y distorsión sin afectar a la inteligibilidad.

* **Autor de contacto:** Alberto.fueyo@wsp.com

Copyright: ©2023 First author et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 3.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

- Tiene unos factores de pico muy elevados con periodos muy cortos en los cuales presentan valores de voltaje muy altos.

Las 3 señales, ya que la señal de STI-PA y ruido rosa son similares, se deben evaluar de forma separada y valorar las consideraciones a tomar durante el proceso de predicción, especificación y verificación de un sistema de evacuación por voz.

2. CARACTERÍSTICAS DE LAS SEÑALES

Para entender las diferencias de las 3 señales antes mencionadas se evalúa el factor de pico.

El factor de pico se entiende como la ratio, dB, entre el valor de voltaje pico y el valor RMS de la señal en el dominio del tiempo.

El factor elemento limitante del nivel de potencia acústica en un sistema de megafonía suelen ser los sistemas de amplificación debido a los “rails” que limitan los valores de pico de la señal de entrada. Por tanto, el “valor RMS alcanzable” en un sistema de megafonía depende de la estructura interna de ganancias de voltaje y del valor inicial RMS de la señal de entrada, y, en un sistema en el cual no se varía la estructura de ganancias, con 3 señales de entrada de diferentes valores RMS y pico es de esperar que se produzcan diferentes valores RMS de salida y por tanto diferentes niveles de potencia sonora.

Para conseguir un valor de RMS más alto se puede comprimir la señal y reducir el factor de pico, el problema es que esa compresión crea una distribución inestable de las fases que cuando se filtra el factor de pico se restablece^[1]. Por ejemplo, una señal de ruido rosa con un factor de pico de 12dB, con una compresión que permita reducir el factor de pico a 6dB, una vez filtrada con un filtro paso alto, el factor de pico se restaurará a 12dB.

La señal de STI-PA, utilizada para medir el STI de los sistemas de megafonía, tiene un factor de pico de 14dB, la señal de seno de 1kHz tiene un factor de pico de 3dB y el ruido rosa tiene una señal de pico de 12dB.

Respecto a las señales habladas, el factor de pico depende del hablante. En este caso se puede aplicar la media que está alrededor de 15dB de factor de pico, lo cual y debido a los ajustes de +3dB acorde con el estándar EN 60268:2021 es equivalente a un factor RMS de 12dB. Si bien como antes se ha referenciado, las señales del habla soportan muy bien la distorsión y compresión sin que la inteligibilidad se vea afectada. Se ha establecido una señal de 11dB de factor de pico lo aceptable para sistemas de megafonía, que representan un factor de pico de 8dB en una señal de ruido rosa o similares.

3. NIVEL DE POTENCIA SONORA

Para contextualizar el efecto de los diferentes factores de pico en el nivel de potencia sonora resultante del sistema, se han

normalizado las señales a un límite de “rail” de los sistemas de amplificación de 3dB, esto es el “headroom” de los sistemas de amplificación.

De esa normalización se han obtenido la diferencia en decibelios en la señal de salida, y su equivalencia en potencia eléctrica.

La figura 1 es una representación gráfica de dicha normalización.

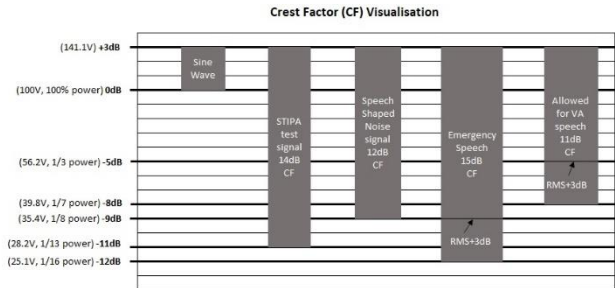


Figura 1. Visualización del valor de pico y potencia de cada señal.

4. FACTOR DE PICO VS COMPRESIÓN

En 2012 en un artículo del AES^[1] se investigaba el efecto del filtrado paso alto sobre diferentes señales de audio que previamente había sido comprimidas. Es común que los sistemas de voltaje constante utilizados en megafonía tengan un filtro paso alto a la salida de los sistemas de amplificación. En el artículo se investigaba dicho efecto en señales de ruido rosa, y música, pero no de habla, por tanto, se debe evaluar el efecto en este tipo de señales.

Partiendo de una señal de 15 dB de factor de pico y la misma comprimida hasta los 11dB de factor de pico se han filtrado con un filtro paso alto Butterworth de 4to orden y frecuencia de corte 80Hz. La tabla 1 muestra los resultados utilizando Adobe Audition.

Tabla 1. Factor de pico cuando la señal del habla es filtrada.

Señal	Factor de pico (CF)
Habla de 15dB CF	15
Habla de 15dB CF + HPF	16
Habla de 11dB CF	11
Habla de 11dB CF + HPF	15

Por tanto, el efecto del filtrado sobre el aumento del factor de pico en señales comprimidas se produce igual en las señales de habla.

5. COMPRESIÓN VS INTELIGIBILIDAD

Se ha visto que para obtener un alto nivel de potencia sonora en un sistema de amplificación una solución es utilizar señales comprimidas reduciendo así su factor de pico. Si bien

esta solución depende de cómo de flexible es el sistema de amplificación con los valores de pico fuera de los “rails” del sistema. En caso de que el sistema tenga esa flexibilidad, en teoría podríamos utilizar señales comprimidas para la evaluación y el uso final del sistema de megafonía, y se podrían conseguir valores más altos de potencia sonora sin necesidad de aumentar el número de amplificadores o la capacidad del sistema.

Ahora bien, como afecta la compresión de las señales a la inteligibilidad o los resultados durante la verificación es algo que se ha investigado ^[2].

5.1. Señales del habla

Por una parte, se debe evaluar cómo afecta a la inteligibilidad la compresión de las señales del habla. No se debe de confundir la percepción de la calidad de la señal con la inteligibilidad. Un claro ejemplo son las señales de los megáfonos portátiles que si bien la calidad de la señal es discutible, sí que es inteligible.

En 2011 se realizó en AMS Acoustics una investigación ^[3] sobre la compresión que podía soportar una señal hablada antes de que fue notable. Dicha investigación concluyó que una señal hablada podía ser comprimida hasta un factor de pico de 11dB antes de los oyentes acusasen dicha compresión.

En 2014 Morales L. ^[2] planteo otra hipótesis en la cual se evaluaba mediante “listening tests” la afectación de la inteligibilidad en señales comprimidas del habla. En dicha investigación se determinó que una señal hablada podía ser comprimida hasta tener 8dB de factor de pico sin que la inteligibilidad se viese afectada.

5.2 STI-PA

Cuando un sistema de megafonía se verifica, se pueden utilizar dos métodos: Indirecto o STI-PA.

En el caso del primero se determina el nivel de presión sonora con el uso de una señal de ruido rosa adecuada al espectro definido en el standard y la matriz de función de transferencia (MTF) se determina con el uso de un barrido de senos. Este método necesita un post procesamiento de las señales para determinar el STI.

En el segundo caso (STI-PA) es una señal pseudorandom que permite determinar el STI en el momento de las mediciones. Para usar este método, durante las mediciones se debe reproducir la señal de STI-PA al mismo nivel de presión sonora que sea va a reproducir la señal del habla (+3dB).

Por tanto, si se ha determinado que la señal del habla y el sistema puede reproducir una señal comprimida de 11dB de factor de pico, la señal de STI-PA debe reproducirse con un factor de pico de 8dB.

En la misma investigación ^[3] se evaluó que el STI se ve altamente afecta cuando la señal de STI-PA se comprime y

por tanto no se correlaciona con la inteligibilidad real del sistema.

Esta falta de correlación se puede solucionar realizando las mediciones a un nivel de presión sonora menor al diseñado y sin compresión en la señal de STI-PA. Dicho método requiere un post procesamiento de la señal y por tanto se pierde esa inmediatez de obtención del resultado de STI.

6. IMPLICACIONES EN LOS DISEÑOS

Todas estas variables tienen una implicación directa durante el proceso de diseño, especificación, verificación y uso del sistema. Se debe entender todas las implicaciones para optimizar el sistema de megafonía, hay que recordar que para conseguir 3dB más de potencia sonora se debe duplicar la potencia eléctrica y muy probablemente duplicar el número de sistemas de amplificación que conforman el sistema.

En las fases iniciales del diseño de un sistema de megafonía se debe establecer el nivel de presión sonora requerido, para aplicaciones de evacuación por voz suelen ser, al menos, de 87dB, si bien depende del ruido de fondo.

En el software de simulación acústica se deben introducir parámetros como la señal de entrada y el “headroom” que permitimos al modelo, en este punto es cuando la definición de la señal de entrada y de la capacidad del sistema de amplificación se debe tener en cuenta ya que se puede estar subestimado o sobrestimando el nivel de presión sonora del sistema. En el caso de subestimarlo se habría sobredimensionado el sistema, por el contrario, en el caso de sobrestimarlo el sistema no alcanzaría los niveles de presión sonora requerido y por tanto se necesitaría volver a diseñar el sistema. En ambos casos el sistema no se puede considerar correctamente diseñado.

Por último, una vez que el sistema de megafonía esté instalado, se debe verificar la inteligibilidad, en este punto se debe de tener en cuenta las limitaciones de los métodos de verificación y las implicaciones que puede tener en los resultados finales de STI cuando se utilizan señales comprimidas.

7. CONCLUSIÓN

El uso de diferentes señales durante las fases que conforman el diseño, instalación y verificación de un sistema de megafonía hace que se deba de entender y tener en cuenta las limitaciones e implicaciones de cada una de las señales.

Se puede optar por una aproximación conservadora al problema y optar por asumir un “headroom” elevado durante la fase de modelización para asegurarnos que las señales no se comprimen durante el proceso de verificación. Esta aproximación conservadora es muy posible que resulte en sistemas de megafonía sobredimensionados y con problemas para alcanzar el nivel de presión sonora requeridos.

Por otra parte, se puede ir a una aproximación menos conservadora, optando por un “headroom” en el modelo



acústico más ajustado, si bien esto permite un diseño más eficiente del sistema se deben de tener en cuenta todas las limitaciones que involucran al sistema en sí mismo y al uso de las señales de verificación y eso cotidiano del sistema.

8. REFERENCIAS

- [1] AES standard for acoustics – Methods of measuring and specifying the performance of loudspeakers for professional applications – Drive units, AES2-2012, Audio Eng. Soc., Annex B, (2012).
- [2] Morales L. (2014) “Validation and optimization of the Speech transmission Index for the English Language” London South Bank University.
- [3] Nicolaidis C. (2011) “How compression affects intelligibility” AMS Acoustics.