



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

LA MATRIZ-STI: UNA NUEVA ESTRATEGIA DE APOYO PARA LA PLANIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN ACÚSTICA DE OFICINAS, RESTAURANTES Y OTRAS SALAS DONDE LA COMUNICACIÓN HABLADA ES PROBLEMÁTICA

PACS: 43.55.ka

Böhm, Michael
Probst, Wolfgang
Notario Tévar, Antonio
DataKustik GmbH
Dorniestr. 4
82205 Gilching
Alemania
+49 8105 77467 0
E-Mail: antonio.notario@gmail.com

Palabras Clave: Mapas estratégicos de ruido, incertidumbre, configuración de cálculos

ABSTRACT

Human speech is one of the most important “noise sources” in open plan offices, restaurants and other rooms where communication between people is important. With existing software techniques, it is possible to create computer models of such environments in the planning phase and to apply measures with an optimized layout to ensure that intelligibility is optimized according to clear formulated targets. The STI-Matrix technique supports the study of all combinations speaker-listener within a room so the best conditions are met. This contribution presents the technique demonstrated for a planned restaurant where multiple conditions should be fulfilled.

RESUMEN

La comunicación hablada es hoy día una de las “fuentes de ruido” más importantes en oficinas, restaurantes y otras salas donde la comunicación entre personas es importante. Con las técnicas de simulación existentes es posible crear modelos de dichos entornos para planificar y aplicar medidas que aseguren una inteligibilidad optimizada de acuerdo con objetivos claramente definidos. La técnica de la Matriz-STI puede aplicarse en el estudio de cualquier combinación fuente-receptor en una sala, de forma que se alcancen las mejores condiciones. Esta contribución presenta dicha técnica aplicada a un restaurante donde deben cumplirse múltiples condiciones.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

INTRODUCCIÓN

Las normas VDI 2569 e ISO 3382-3 se emplean para definir la calidad Acústica en oficinas abiertas teniendo en cuenta la caída del habla a lo largo de varias trayectorias de medidas en una serie de lugares de trabajo. El concepto de la matriz STI presenta un nuevo enfoque que incluye la relación entre cualquier par de puestos de trabajo y por tanto, proporciona una base más profunda de cara a cualquier evaluación.

En esta comunicación se presenta el concepto de matriz STI aplicada a oficinas donde prima la concentración en el trabajo personal. El ruido de fondo en este tipo de oficinas procede de equipos como la ventilación o el ruido exterior. No obstante, en la mayoría de situaciones, la distracción es provocada por las conversaciones de otros compañeros. Este problema puede solucionarse deduciendo cuantas personas son distraídas por cualquier persona que habla, teniendo en cuenta los niveles de la señal hablada y el ruido de fondo. Este concepto se explica primero en una sala de pruebas artificial, siendo demostrado después en un caso real.

LA SALA DE PRUEBAS ARTIFICIAL

La Fig.1 muestra el plano de la sala de pruebas artificial. Sus dimensiones son 17,5m x 17,5m, con una altura de 3m. Los "puestos de trabajo" están situados en disposición regular cada 3,5m x 3,5m. La posición de la cabeza de cada persona sentada está en el medio del puesto de trabajo a una altura de 1.20 m. El nivel de potencia sonora y el espectro de la señal hablada son asignados conforme a la norma ISO 3382-3.

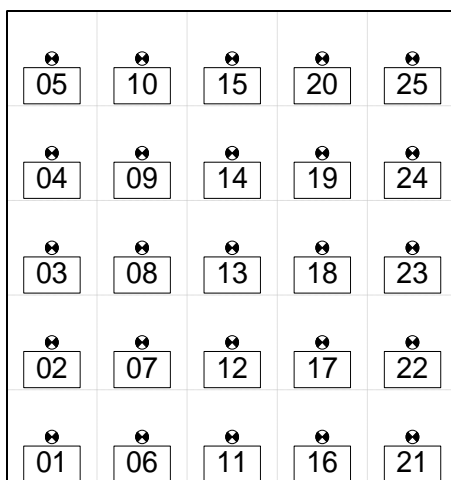


Fig. 1 – Plano de la sala de pruebas artificial con 25 puestos de trabajo. Dimensiones: 17,5m x 17,5m x 3m.

La sala de pruebas se estudia a continuación en tres configuraciones (Fig.2):

- como sala reverberante (coeficiente de absorción de 0.1 por octava en techo, suelo y paredes).
- con techo acústico añadido (coeficiente de absorción de 0.85 por octava).
- con techo acústico y paneles acústicos adicionales de 1.6 m de altura entre puestos de trabajo.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

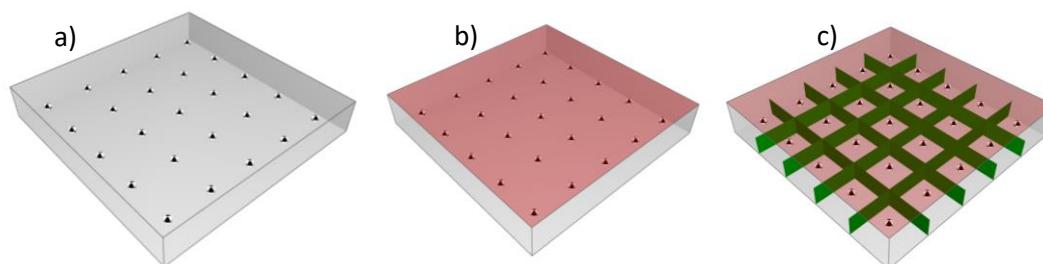


Fig. 2 – Configuraciones de la sala de pruebas: a) reverberante, b) techo acústico c) techo y paneles acústicos

Para cada configuración se ejecuta un grupo de cálculos de forma automatizada. Comenzando con una persona hablando en la posición 1, se determina el nivel de habla y la respuesta impulsiva en las demás posiciones. Este proceso se repite iterando la posición de la Fuente.

LA MATRIZ DE NIVELES

El primer resultado que se obtiene del cálculo anterior es la matriz de niveles, que muestra los niveles calculados en cada posición de escucha producidos por cualquier persona hablando (solo habla una persona al mismo tiempo). En la tabla 1 se muestra un fragmento de la matriz de niveles correspondiente a la configuración b). Así pues, en la posición 7 (IO07) existe un nivel de 49,6 dBA provocado por una persona hablando en la posición 3 (SP03).

Tabla 1: Matriz de nivel para la configuración b) de la sala de pruebas, mostrando el nivel causado por el habla de una persona hablando.

L _{pA} [dB]		Speaker position							...
		SP01	SP02	SP03	SP04	SP05	SP06	SP07	
Listener position	IO01		52.6	48.9	46.9	46.2	52.6	50.4	...
	IO02	52.6		51.8	48.3	46.9	50.4	51.4	...
	IO03	48.8	51.9		51.8	48.9	48.1	49.6	...
	IO04	46.9	48.2	51.9		52.6	46.6	47.5	...
	IO05	46.2	46.9	48.8	52.6		46.0	46.6	...
	IO06	52.6	50.5	48.1	46.6	46.0		51.5	...
	IO07	50.4	51.4	49.6	47.6	46.6	51.4		...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		

En total, la matriz de niveles contiene los 600 “canales de habla” posibles, combinando las fuentes con los receptores. Es interesante mostrar esos canales según el procedimiento descrito en las normas VDI 2569 e ISO 3382-3 como niveles de habla en función de la distancia entre el emisor y el receptor (Fig.3). Este diagrama es el primer elemento crítico para el estudio de este tipo de oficinas.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

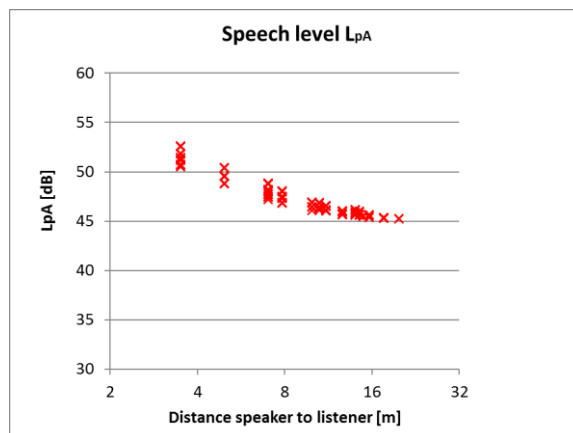


Fig. 3– Gráfico de niveles de habla para la sala de pruebas en configuración b), mostrando los niveles de habla como función de la distancia entre la Fuente y el receptor.

LA MATRIZ DE STI

El Segundo resultado de la simulación es la matriz-STI. La matriz se deduce de las respuestas impulsivas teniendo en cuenta el ruido de fondo. La Tabla 2 muestra un fragmento de dicha matriz asumiendo un nivel de ruido de fondo constante de 40 dBA en cada receptor.

Tabla 2 – Fragmento de la matriz-STI la configuración b) de la sala de pruebas mostrando los valores de STI en cualquier posición receptora y asumiendo un valor de ruido de fondo constante de 40 dBA.

STI		Speaker position							
L _b 40 dBA		SP01	SP02	SP03	SP04	SP05	SP06	SP07	...
Listener position	IO01		0.71	0.57	0.50	0.48	0.71	0.63	...
	IO02	0.71		0.67	0.54	0.50	0.63	0.66	...
	IO03	0.57	0.67		0.68	0.57	0.54	0.59	...
	IO04	0.50	0.54	0.68		0.71	0.49	0.51	...
	IO05	0.48	0.50	0.57	0.71		0.47	0.49	...
	IO06	0.71	0.63	0.54	0.49	0.48		0.66	...
	IO07	0.64	0.66	0.59	0.51	0.49	0.66		...
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Por ejemplo, si una persona está hablando en la posición 2 (SP02), el STI en el receptor de la posición 6 (IO06) tiene un valor de 0,63 asumiendo un ruido de fondo de 40 dBA.

Dado que los valores de STI por encima de 0.50 se consideran negativos para la capacidad cognitiva, la matriz de STI permite determinar el número de personas con alto nivel de distracción mediante conteo de los valores de STI mayores que 0.50. Dicho de otra forma, la matriz describe el rango del efecto negativo en la concentración expresado en número de personas afectadas.

La media de STI > 0.5 puede obtenerse para distintos valores de ruido de fondo de forma automática. Como resultado se obtiene el gráfico de la Fig.4 que muestra el número de personas distraídas en función del nivel de ruido de fondo.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

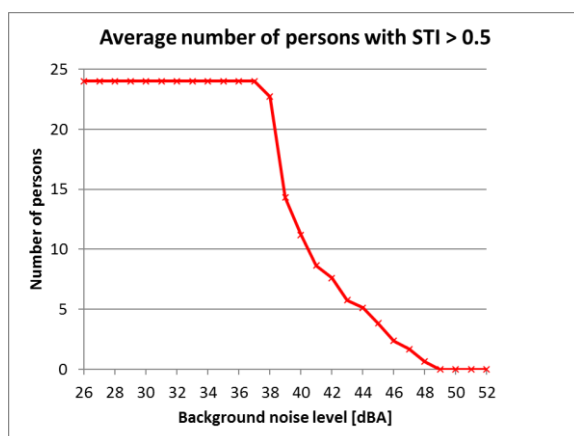


Fig. 4 – Media de personas con STI > 0.5 para diferentes valores de ruido de fondo para la sala de pruebas en configuración b)

Como es de esperar, el número de personas que se distraen por la conversación de una persona depende en gran medida del nivel de ruido de fondo. En este escenario, para un nivel de fondo de 38 dBA o menor, cualquier persona que hable distraerá a cualquier persona en cualquier posición. Con un nivel de fondo de 49 dBA o superior, se producirá un enmascaramiento de la señal hablada y por tanto, no se producirá distracción. Por supuesto, ruidos de fondo altos no se consideran deseables desde el punto de vista de la concentración en el trabajo.

Para estudiar estas relaciones generales se emplean gráficos que se deducen a partir de la matriz-STI y que se muestran en la Fig. 5 y Fig.6 para los tres casos de la sala de pruebas.

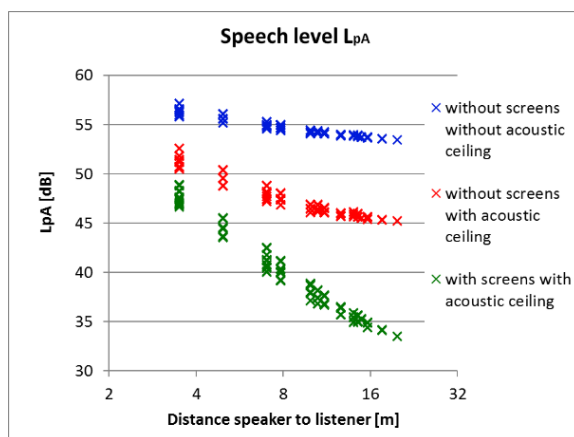


Fig. 5 – Gráfica de niveles de habla para la sala de pruebas en las tres configuraciones.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

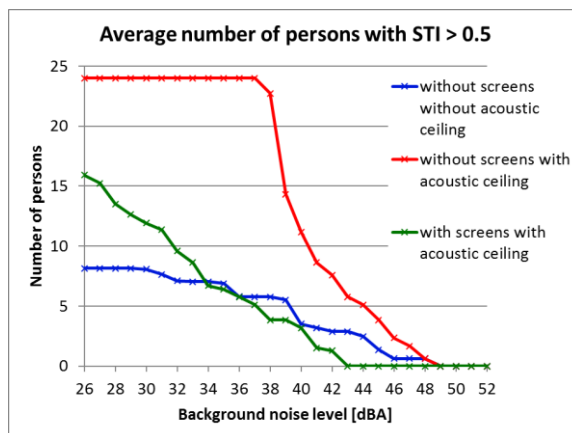


Fig. 6 – Número medio de personas con STI por encima de 0.5 para distintos niveles de ruido de fondo, en las tres configuraciones de la sala de pruebas.

Comparando la sala reverberante (color azul en Fig.5 y Fig.6) y la sala con techo acústico (color rojo), puede verse que añadir un techo acústico conlleva una disminución de los niveles de habla (Fig. 5) pero también un aumento de la inteligibilidad y por tanto una mayor distracción provocada por una persona que habla sobre un amplio abanico de ruidos de fondo (Fig.6). Este efecto suele ocurrir frecuentemente: al añadir un material absorbente en el techo, suelo o paredes de una oficina, los trabajadores se quejan de que ahora pueden entender perfectamente a sus compañeros, incluso en el caso de estar alejados de su puesto de trabajo.

Es obvio que en estas situaciones los paneles separadores proporcionan una protección efectiva contra esta inteligibilidad aumentada. En consecuencia, puede observarse en la Fig. 5 y Fig. 6 (color verde) que los paneles disminuyen más aún los niveles de habla al tiempo que limitan el número de trabajadores distraídos por la conversación de un compañero.

Comparando el número de trabajadores distraídos en la sala reverberante (Fig.6) frente a la sala con techo acústico, es necesario remarcar que los efectos que limitan la inteligibilidad son diferentes. En la sala reverberante la profundidad de la modulación de la señal hablada se reduce y por tanto no es inteligible. En la sala con el techo y paneles acústicos, la señal es inteligible pero no tiene un nivel suficiente como para estar por encima del ruido de fondo.

Estas dos gráficas, – el diagrama de niveles y el diagrama mostrando el número de trabajadores distraídos, muestran de forma eficiente las relaciones principales relevantes para planificar y gestionar oficinas desde el punto de vista acústico. El objetivo es encontrar el número mínimo de personas distraídas con niveles de habla bajos al mismo tiempo.

EJEMPLO EN UNA OFICINAS REAL

Aunque en la vida real la optimización acústica de una oficina suele combinar apantallamientos y otro tipo de medidas para reducir la reverberación, los objetivos son los mismos que en el caso de la sala de pruebas: una disminución de la inteligibilidad en un amplio rango de ruidos de fondo distintos, así como una disminución de los niveles de habla al mismo tiempo.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

En el siguiente ejemplo, se ha considerado una oficina real (Fig. 7) cuyo modelo ha sido calculado en el software CadnaR. La situación actual se muestra en color gris. En este escenario, los trabajadores se quejaron de que las conversaciones de sus compañeros se entendían perfectamente de forma que no era posible concentrarse en el trabajo. Para mejorar la situación se planificaron las soluciones acústicas mostradas en color rojo: pantallas absorbentes, así como material absorbente en el techo y paredes.

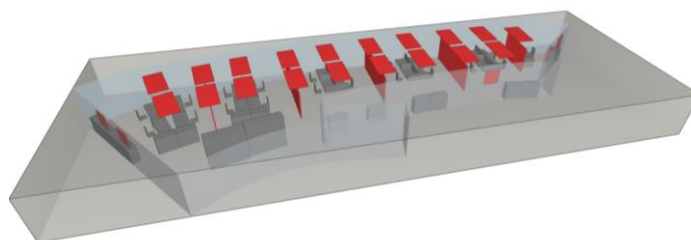


Fig. 7 – Oficina alargada con 21 puestos de trabajo. Situación actual mostrada en color gris. Las mejoras acústicas se muestran en color rojo.

Las gráficas principales resultado del cálculo, así como la matriz STI se muestran en Fig. 8 y Fig. 9. El efecto de la optimización Acústica puede observarse claramente tanto en la reducción de los niveles de habla como en la reducción de la inteligibilidad.

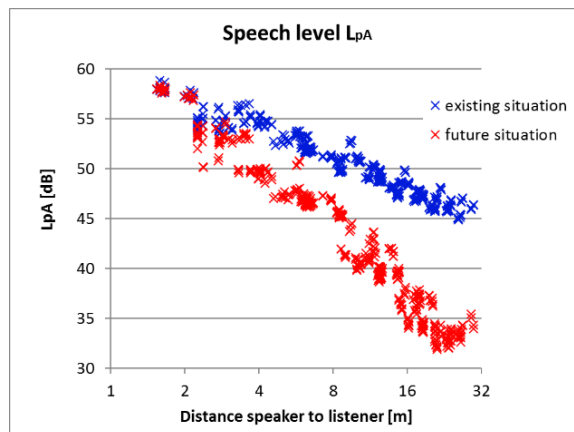


Fig. 8 – Gráfica de los niveles de ruido

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

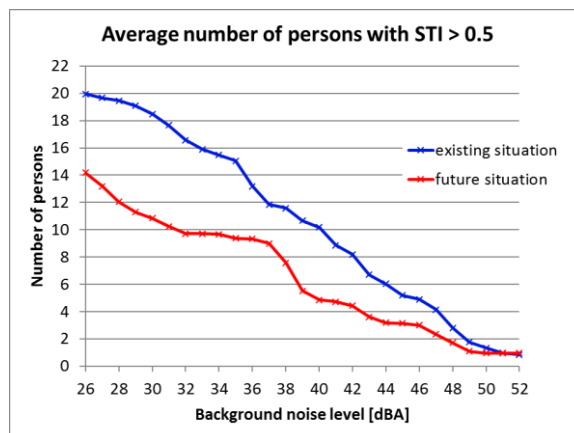


Fig. 9 – Número medio de personas con un STI superior a 0.5 para varios niveles distintos de ruido de fondo

CONCLUSIONES

Las matrices de niveles y de STI, así como los diagramas resultantes mostrando los niveles y el número medio de personas que presentan distracción constituyen una base profunda para la evaluación y gestión de la situación acústica en oficinas enfocadas al trabajo individual, teniendo en cuenta cualquier combinación emisor – receptor.

Este concepto es también aplicable a oficinas con distintos usos. En cualquier caso, primero ha de definirse si la inteligibilidad es o no necesaria (por ejemplo, si es necesario asegurar una buena comunicación entre trabajadores de un mismo equipo, o si bien se necesita privacidad. El segundo paso es asegurar un nivel de ruido de fondo adecuado. Por último, la planificación acústica debe asegurar los requisitos de inteligibilidad, ruido de fondo y posiblemente sistemas adicionales de enmascaramiento.

REFERENCIAS

1. VDI 2569 E:2016 „Sound protection and acoustical design in offices“, Beuth Verlag
2. DIN EN ISO 3382-3:2012 „Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 3: Open plan offices“, Beuth Verlag.
3. Probst W., Böhm M.: Die Anwendung des Speech Transmission Index (STI) zur Beurteilung von Sprachgeräuschen. Lärmbekämpfung Bd. 12 (2017) Nr. 2 – März
4. CadnaR, URL: <http://www.datakustik.com/>