

## RESTAURANTES CON SILENCIOS A LA CARTA. APORTACIÓN A LA INVESTIGACIÓN ACÚSTICO-ARQUITECTÓNICA RELATIVA A UNA ÓPTIMA INTELIGIBILIDAD.

PACS: 43.55.HY

Caballero Marcos, Amaya<sup>1</sup>, Roset Calzada, Jaume<sup>1</sup>, Daumal i Domènech, Francesc<sup>1</sup>, Zamora Mestre, Joan Lluís<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (E.T.S.A.B.), Universitat Politècnica de Catalunya (U.P.C.);

<sup>2</sup> LiTA, Universitat Politècnica de Catalunya (U.P.C.).

Avenida Diagonal, 649 planta 7 Departamento de Tecnología de la Arquitectura.  
08028 Barcelona.

España.

93.401.63.87

amaya.caballero@upc.edu; jaime.roset@upc.edu; francesc.daumal@upc.edu,

joan.lluis.zamora@upc.edu

**Palabras Clave:** restaurante, confort conversacional, inteligibilidad, nivel de interferencia verbal, SIL, esfuerzo vocal,  $L_{SIL}$ .

### ABSTRACT.

The present study aims to propose basic recommendations to follow in the design of restaurants for them to be acoustically ideal. Complying with recommendations of good hotel practices and fire and acoustic regulation, we reproduced a restaurant in a class room at E.T.S.A.B. We performed the study with real occupation, variable in gender, number and distribution, and for different levels of background noise. We applied objective and subjective methods to measure and assess the intelligibility. Our results are contrasted with those we would obtain through simulation and theoretical study developed in previously validated models.

### RESUMEN.

El estudio se desarrolla con el objetivo de proponer unas recomendaciones básicas a seguir en el diseño de restaurantes para que sean ideales acústicamente. Cumpliendo con las recomendaciones de buenas prácticas de Hostelería y normativas de incendios y Acústica, reproducimos un restaurante en un aula de la E.T.S.A.B. Practicamos el estudio con ocupación real, variable en género, número y disposición, y para diferentes niveles de ruido de fondo. Aplicamos métodos objetivos y subjetivos para la medición y valoración de la inteligibilidad. Los resultados obtenidos se contrastan con los que obtendríamos mediante simulación y estudio teórico desarrollados en modelos validados anteriormente.

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Un restaurante es un establecimiento al que no solamente acudimos para deleitarnos gastronómicamente. Es también un lugar en el que disfrutar de una placentera y cómoda conversación con los contertulios de nuestra misma mesa, convirtiéndolo así en la sala de reuniones o en el comedor de nuestra casa.

El presente documento se presenta al hilo de algunos trabajos desarrollados anteriormente [1][2], a propósito de las condiciones de diseño y acústicas que debiera reunir un restaurante para determinarlo como confortable desde el punto de vista conversacional, y de las posibilidades que brinda la herramienta de cálculo referida.

El objetivo de este trabajo es estudiar la fidelidad que ofrece a la realidad dicha herramienta teórica [2] y si es posible, mediante su aplicación, agilizar las predicciones de comportamiento referentes a los aspectos relevantes para conseguir el grado de inteligibilidad buscado en la sala de un restaurante (distancias entre comensales, grado de absorción de la sala, esfuerzo vocal a practicar, etc.)

En este documento recogemos la experiencia que nos ha supuesto reproducir un comedor de un restaurante en un entorno controlado (aula de la E.T.S.A.B.), y el cotejo de los datos obtenidos en las ocho pruebas realizadas con aquella herramienta de cálculo desarrollada [2]. En experiencias futuras pretendemos desarrollar las pruebas realizadas en un restaurante real que nos brinde tal oportunidad.

Para la “mise en place” y reproducción del comedor de restaurante, se han partido de varias premisas. En primer lugar, contar con un espacio controlado y disponible para el desarrollo de todas las pruebas. En segundo lugar, la sala tenía que cumplir con lo dictado por el CTE DB HR [3], en lo que se refiere al tiempo de reverberación, y CTE DB SI [4] para la determinación de la ocupación.

Para la disposición de las mesas y las sillas que ocuparán los comensales, se han seguido las recomendaciones aportadas por los principios de ergonomía y la bibliografía conocida, desarrollada ex profeso para estos espacios [5].

Otra característica a determinar era el ruido de fondo en vacío al que teníamos que someter al comedor de nuestro restaurante. Apoyándonos en mediciones realizadas en otros estudios [6], realizamos una campaña previa de mediciones en diversos locales de referencia situados en un mismo entorno urbano.

Al intentar reproducir una situación real, uno de los aspectos más complicados, era la de contar con voluntarios para realizar las pruebas, y que fuesen representativos en género, número y edad de una situación habitual de un restaurante. Gracias a la generosidad de los voluntarios (alumnos del máster MArch de la UPC, a profesores, alumnos de grado y compañeros de estudios) hemos podido contar con el aforo necesario.

Todas las pruebas se han desarrollado en horario de tarde-noche, entre las 19.30h y las 21.30h, y en días laborables, una vez finalizadas las clases.

Cada una de ellas se ha estructurado en cuatro fases. Cabe destacar la cuarta, en la que se ha aplicado un método de evaluación subjetivo, mediante la emisión de un corpus de palabras sin sentido (“logatomos”) en la mesa de pruebas. Todas las fases se han medido y grabado en continuo.

Los datos obtenidos en las mediciones y grabaciones y de las pruebas subjetivas de inteligibilidad, los hemos contrastado con los que pudiéramos obtener con la herramienta de cálculo referenciada [2].

En ella, los autores hemos implementado en una hoja de cálculo las expresiones de campo directo y reverberado extrapoladas a un número 'n' de fuentes sonoras que se encuentran a distancias variadas, pudiéndose predecir el esfuerzo vocal a realizar para alcanzar el grado de inteligibilidad deseado.

Estas experiencias las hemos valorado con el índice LSIL (nivel de ruido de interferencia verbal), obtenido en la fase cuarta de la experimentación, y el SIL (parámetro que evalúa la inteligibilidad), que para la situación descrita y para que se considere como 'buena' deberá tener un valor mínimo de 15 [6] en la posición más desfavorable de la mesa de pruebas.

Finalmente, pretendemos enunciar unas pautas o recomendaciones proyectuales que sirvan de herramienta en el diseño de establecimientos buenamente inteligibles y confortables acústicamente.

## **2. DISEÑO DEL EXPERIMENTO**

Al no disponer de un restaurante real para el desarrollo de todas las pruebas, nos decantamos por convertir una de las aulas de la ETSAB en un comedor de restaurante. De todas las estudiadas, se optó por utilizar el aula A 6.2., ya que cumplía con los condicionantes acústicos y espaciales iniciales enumerados en la línea que deseábamos, y porque nos permitía simplificar las pruebas desarrolladas y evitar ciertos fenómenos acústicos (resonancias, focalizaciones) que bien pudieran alterar las mediciones.

Se encuentra en un entorno urbano, en la planta 6 de un edificio existente, con una fachada en contacto con el exterior y las restantes colindantes con zonas de paso interior, su geometría es prismática de base rectangular y caras paralelas. Dos de las paredes están cubiertas de materiales muy reflectantes (yeso pintado, vidrio, madera pintada-pizarra), mientras que las otras dos paredes están cubiertas en 2/3 de su superficie por placas de corcho, y el resto con material poco absorbente (yeso pintado y vidrio). El suelo es de baldosa prefabricada de mortero de cemento comprimido, y del techo cuelgan placas fonoabsorbentes de yeso escayola, dejando una cámara de aire de aproximadamente 50cm de espesor.

Tiene unas dimensiones de 10.38m de longitud, 6.96m de ancho y 3.46m de alto. Se accede desde los espacios de pasillo y trabajo, y consta de dos zonas: una de mayores dimensiones y superficie de 59.66 m<sup>2</sup>, utilizada habitualmente para los alumnos, y otra de 11.85 m<sup>2</sup>, elevada 30cm, que forma la tarima del profesor. La primera se utilizará como comedor del restaurante, y la segunda como espacio de office, sin ocupación permanente. El volumen total del aula es de 243.75m<sup>3</sup>.

El aula cuenta con dos altavoces en el techo de la zona de tarima, que utilizaremos para emitir el ruido de fondo. Consideramos que la cocina, zona de lavado y aseos están totalmente aislados de la zona de comedor, y la música ambiental, aparato de TV o música en directo son inexistentes.

Para la disposición de las mesas y sus ocupantes, se han tenido en cuenta diferentes consideraciones. En primer lugar, la normativa de incendios [4], que nos permite un ratio de 1.5m<sup>2</sup>/comensal, lo que supone una ocupación máxima de 40 comensales. La segunda consideración ha sido la de la practicidad y el aprovechamiento de las mesas que ya existían en el aula, de dimensiones 1.20x0.80m, apta para cuatro comensales cada una, y de los taburetes de madera, a modo de sillas sin respaldo. Las mesas no se han vestido con mantelería.

Su disposición se ha determinado siguiendo las recomendaciones sobre ergonomía recogidas en la bibliografía conocida para estos espacios [5]. A todas las mesas se les ha aplicado el mismo rango, a excepción de la central, que se ha considerado como "mesa de pruebas" (azul).

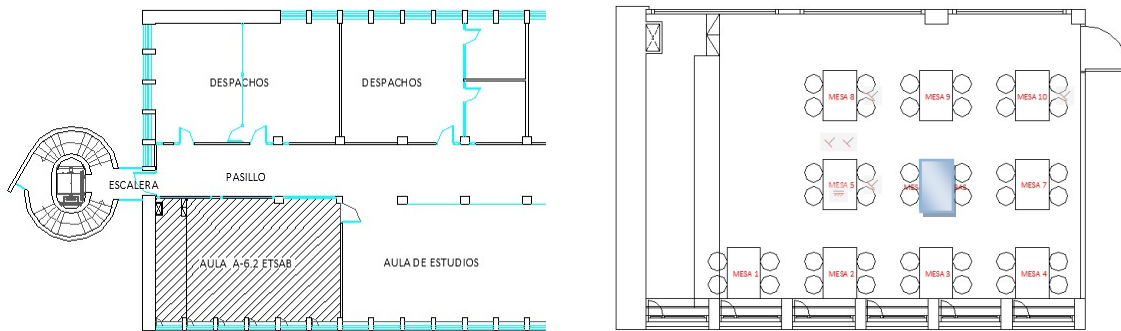


Figura 1. Planta del aula A 6.2, disposición de mesas y mesa de pruebas.

Una de las condiciones acústicas impuestas al aula/restaurante era que contase con un TR no superior a 0.9 segundos en vacío [3]. Se realizó la emisión con altavoz dodecaedro y WinMLS y la medición con sonómetro CESVA SC310 en tres posiciones del aula, y siguiendo las indicaciones normativas [7]. Se obtuvo un valor de  $TR_{medio}$  (s) para las frecuencias de 500Hz, 1KHz, 2KHz y 4KHz de 0.9, igual al máximo permitido.

El segundo aspecto a resolver era el del ruido de fondo o residual a emitir en el comedor cuando éste se encontrase vacío. Para resolver esta incógnita, y conocer la horquilla en la que se encontraba este valor en los restaurantes al uso, se inició una campaña de mediciones del ruido de fondo en 10 restaurantes de Barcelona, según normativa [7], sin ocupación ni funcionamiento, con las puertas cerradas y sin actividad, situados en un mismo entorno urbano. Se concluye que el ruido de fondo de los restaurantes vacíos se encuentra entre los 40 y los 60 dB [1].

Se realizan grabaciones de los ruidos de fondo de estos restaurantes con grabadora TASCAM DR-05 en formato .wav 44100Hz y 32 bits. Una de ellas, la del restaurante “Cadaqués”, será utilizada para inyectarla en nuestra reproducción, por contar con un espectro sonoro más rico que las restantes.

La generosidad de los comensales, todos voluntarios, nos ha permitido reproducir la situación verídica de un restaurante. Pertenecen a ambos géneros, con edades comprendidas entre los 25 y los 55 años, y todos de habla española/castellana.



Figura 2. Escenario y disposición de los voluntarios en una prueba.

Todos los voluntarios son parte activa en las pruebas, aunque de dos formas diferentes. El grueso de los voluntarios mantiene conversaciones ordenadas y cómodas en idioma español en las fases requeridas. Todos han cambiado de rol y posición en las diferentes pruebas que se desarrollan.

Los tres voluntarios que ocupan la mesa de pruebas, junto al altavoz, participan, además, en las pruebas de inteligibilidad con métodos subjetivos. Son nativos, conocedores del idioma castellano [8], y se encuentran dentro de los márgenes de la normalidad, según indican las audiometrías tonales realizadas en un Hospital Universitario de Barcelona.

### 3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE INTELIGIBILIDAD

Se ha desarrollado un total de ocho pruebas en cuatro sesiones diferentes. Para cada una de las pruebas, se ha variado la ocupación, y con ello el número de conversaciones que se han mantenido simultáneamente. En todos los procesos se ha mantenido ocupada la “mesa de pruebas”.

	SPL RUIDO RESIDUAL EN VACÍO	OCUPACIÓN/40		CONVERSACIONES AL UNÍSONO
		PLAZAS	%	
PRUEBA 1	43	37/40	93%	10
PRUEBA 2	43	29/40	73%	8
PRUEBA 3	42	17/40	43%	5
PRUEBA 4	42	8	20%	2
PRUEBA 5	59	27/40	68%	9
PRUEBA 6	59	27/40	68%	10
PRUEBA 7	60	18/40	45%	5
PRUEBA 8	60	7	18%	2

Tabla 1. Relación de SPL en vacío, ocupación y conversaciones para cada prueba.

Cada una de las pruebas ha constado de cuatro fases:

- **Fase 1.** Sin ocupación en el restaurante, se inyecta como ruido de fondo la grabación realizada en el restaurante “Cadaqués”, hasta alcanzar valores próximos a los 40dB en cuatro de las pruebas ( $L_{90}$  de 42-43 dB, NC 30-35) y 60 dB en las otras cuatro ( $L_{90}$  de 59-60 dB, NC 40-50), éste por encima de los valores aconsejados para un restaurante (NC 35-40)[9]. La fluctuación de los valores se debió a la influencia de los espacios aledaños.
- **Fase 2.** Los comensales, en silencio, ocupan ordenadamente sus posiciones.
- **Fase 3.** Los comensales entablan conversaciones libre y ordenadamente. Se obtienen valores de  $L_{90}$  que oscilan entre los 64 y los 72 dB (NC 55-65), no relacionados directamente con el número de conversaciones y el ruido residual existente.
- **Fase 4a y 4b.** Mientras el grueso de comensales conversan, en la mesa de pruebas se realizan pruebas de inteligibilidad por métodos subjetivos, a fin de contrastar los resultados de la escucha con las mediciones. Para ello, y haciendo uso de un altavoz que ocupa la posición de un comensal en la mesa de pruebas, se emiten dos series de 100 “logatomos” cada una, una con voz masculina y otra con voz femenina, grabadas previamente en sala anecoica y equipo profesional del Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la Escuela de Telecomunicaciones de la UPC [10][11]. Se evita, así, que los voluntarios se beneficien de ciertas estrategias (lectura de labios, expresiones corporales y faciales, capacidad para aislar timbres de voz conocidos, etc.).

Los voluntarios de la mesa de pruebas anotaron lo que comprendieron en una plantilla confeccionada para tal fin. El orden de emisión de los ‘logatomos’ se alteró para cada una de las pruebas para evitar su aprendizaje por parte de los voluntarios [8]. Con esto, obtuvimos 16 resultados de comprensión en las situaciones simuladas de un restaurante.

La duración de las tres fases iniciales dependió del tiempo en que se consiguiese estabilizar acústicamente la situación. Se realiza una grabación .wav a 44100Hz y 32 bits en continuo de cada una de las pruebas y medición continua con espectrómetro a una distancia de 40 cm de la posición del comensal más alejado del altavoz. De los datos de SPL obtenidos en las ocho pruebas, hemos procesado aproximadamente 7000, y rechazado el resto. La duración total de las pruebas fue de 16.750 segundos (4h 40').

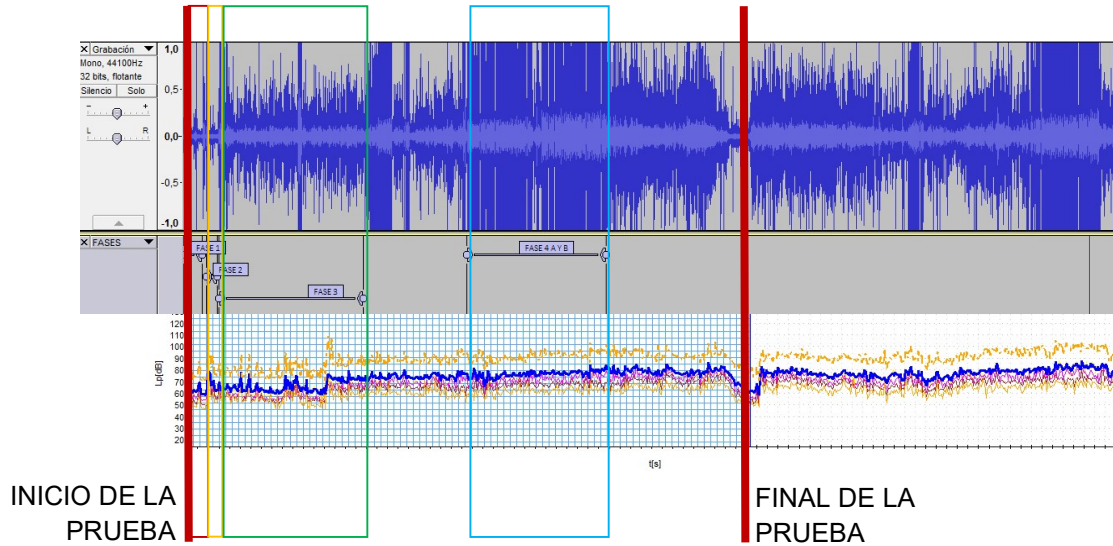


Figura 3. Evolución de una de las pruebas con indicación de las diferentes fases y niveles de SPL.

	OCUPACIÓN	CONVERSACIONES	RUIDO IN SITU																	
			FASE 1. LOCAL VACÍO						FASE 2. OCUPADO EN SILENCIO						FASE 3. OCUPADO HABLANDO					
			L90_A	L90_t1to500	L90_t1to1k	L90_t1to2k	L90_t1to4k	L90_A	L90_t1to500	L90_t1to1k	L90_t1to2k	L90_t1to4k	LAT	L90_A	L90_t1to500	L90_t1to1k	L90_t1to2k	L90_t1to4k		
PRUEBA 1A	93%	10	42,96	42,48	36,90	31,77	25,35	54,34	54,93	46,04	43,81	36,54	72,29	66,24	69,32	51,50	59,17	52,07		
PRUEBA 2A	73%	8	42,96	42,48	36,90	31,77	25,38	42,22	40,08	35,36	32,24	26,45	71,50	67,68	67,80	59,52	56,82	49,97		
PRUEBA 3A	43%	5	42,20	41,43	35,07	31,40	27,49	41,07	39,00	33,53	30,68	27,29	70,60	64,78	65,02	55,82	54,17	47,45		
PRUEBA 4A	20%	2	42,20	41,43	35,07	31,40	27,49	40,08	38,72	33,94	30,24	26,01	72,63	64,29	64,89	54,44	52,49	45,14		
PRUEBA 5A	68%	9	58,64	56,73	52,96	50,08	46,77	57,88	55,76	52,77	49,62	46,09	72,50	68,98	68,66	62,76	59,80	55,15		
PRUEBA 6A	68%	5	59,82	58,74	53,76	51,38	46,76	58,41	55,72	53,15	50,46	46,61	75,78	72,52	70,26	67,05	64,26	59,48		
PRUEBA 7A	45%	5	59,82	58,74	53,76	51,38	46,76	58,20	53,32	51,87	48,99	74,73	68,15	68,39	59,77	57,36	51,46			
PRUEBA 8A	18%	2	59,82	58,74	53,76	51,38	46,76	60,24	61,05	51,80	49,14	47,67	76,47	70,01	69,67	60,99	59,66	53,53		

	FASE 4A. LOGATOMOS VOZ MASC.				FASE 4B. LOGATOMOS VOZ FEMEN.				%ALcons VOZ MASCULINA			%ALcons VOZ FEMENINA			%ALcons PROMEDIO
	LAT	LATpeak	L90_A	SIL: LATpeak-LAT	LAT	L90_A	SIL: LATpeak-LAT	SIL: LATpeak-L90_A							
PRUEBA 1A	77,83	94,59	71,57	16,76	23,02	78,01	71,50	16,87	23,38		29,00		55,00	42,00	
PRUEBA 2A	75,10	93,11	67,82	18,01	25,29	76,31	69,01	17,65	25,15		15,33		26,33	29,33	
PRUEBA 3A	76,94	96,56	64,13	19,02	32,43	77,71	64,58	16,07	31,20		19,33		22,00	20,67	
PRUEBA 4A	76,44	96,41	57,70	19,97	38,71	76,75	56,77	17,65	37,63		16,00		15,33	15,67	
PRUEBA 5A	75,93	92,15	70,84	16,22	21,31	78,21	72,44	16,94	22,71		22,33		16,67	19,50	
PRUEBA 6A	78,11	95,07	73,07	16,96	22,00	80,15	73,27	16,70	23,58		14,33		20,00	17,17	
PRUEBA 7A	80,89	98,53	67,27	17,64	31,26	81,93	72,22	17,16	26,87		10,33		13,67	12,00	
PRUEBA 8A	77,39	96,70	61,90	19,31	35,20	76,95	61,50	18,24	33,64		14,00		10,67	12,33	
TOTALES											17,85		22,33	19,95	

Tabla 2. Valores de SPL, SIL y %ALcons de las diferentes fases y pruebas.

En la situación descrita (comunicación directa en ambiente ruidoso) se consideró que para que la comunicación fuese satisfactoria, sino buena, la emisión de las palabras absurdas se debía hacer con un esfuerzo tal que garantizase un SIL mínimo de 15 [12] en la posición más desfavorable de la mesa de pruebas (voluntario situado a 1.32m del altavoz), ya que obviamos el beneficio que suponen ciertas estrategias neurológicas.

El  $L_{SIL}$  obtenido en esa posición y con ocupación entre 93% (10 conversaciones) y 18% (2 conversaciones), osciló entre los 54 y los 60 dB en las pruebas 1 a 4. En el caso de las pruebas 5 a 8, el  $L_{SIL}$  osciló entre 59 y 65 dB. El esfuerzo vocal fue, por tanto, de entre 69 y 80 dBA, considerado alto o muy alto, y poco recomendables para situaciones de comunicación continuada.

Respecto a las anotaciones de las palabras sin sentido realizadas por los voluntarios de la mesa de pruebas, en el 87,5% de las pruebas la comprensión se considera buena [12], tal y

como era de esperar dado el esfuerzo vocal (excesivo) practicado. El nivel medio de comprensión fue mayor en la emisión con voz masculina (82.15%) que con femenina (77.67%).

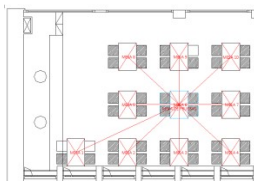
	SPL RUIDO FONDO RESIDUAL		OCUPACIÓN		CONVERSACIONES	%Alcons VOZ MASCULINA	%Alcons VOZ FEMENINA	%Alcons total	COMPRESIÓN	INTELIGIBILIDAD
	PLAZAS	%	PLAZAS	%						
PRUEBA 1	43	37/40	93%		10	29,00	55,00	42,00	58,00	ESCALSA
PRUEBA 2	43	29/40	73%		8	15,33	25,33	20,33	79,67	BUENA
PRUEBA 3	42	17/40	43%		5	19,33	22,00	20,67	79,33	BUENA
PRUEBA 4	42	8	20%		2	16,00	15,33	15,67	84,33	BUENA
PRUEBA 5	59	27/40	68%		9	22,33	16,67	19,50	80,50	BUENA
PRUEBA 6	59	27/40	68%		10	14,33	20,00	17,17	82,83	BUENA
PRUEBA 7	60	18/40	45%		5	10,33	13,67	12,00	88,00	BUENA
PRUEBA 8	60	7	18%		2	14,00	10,67	12,33	87,67	BUENA
						17,58	22,33	19,96	80,04	

Tabla 3. Valores de SPL en fase 1 y comprensión e inteligibilidad en fase 4 para las diferentes pruebas.

#### 4. VERIFICACIÓN DE LOS DATOS CON HERRAMIENTAS DE CÁLCULO VALIDADAS.

Para cada una de las situaciones, introducimos el valor del ruido residual de la medición y las diferentes mesas ocupadas, indicando la distancia entre sus centros y la de pruebas. Se consideró siempre un orador por mesa, según se espera de una conversación racional y ordenada. El volumen es el propio del aula/ restaurante 6.2 (243.75m<sup>3</sup>), y el TR para cada una de las 4 bandas de frecuencia es el que se obtuvo en la medición inicial como TR<sub>medio</sub>.

Para todas y cada una de las mesas, y para poder mantener una conversación cómoda en el ambiente simulado, se ha presupuesto que todos los comensales realizan un esfuerzo vocal 'normal'.



DISTANCIA (m)	GRADIENTE	V (m³)	f (Hz)	TR (s)
5,06	1	243,75	500 Hz	0,9
3,11	1		1000 Hz	0,9
2,1	1		2000 Hz	0,9
3,11	1		4000 Hz	0,9

SELECCIONA ES. VOCAL	NORMAL	TR (s)
Lw 500 (dB)	70,2	
Lw 1000 (dB)	64,2	
Lw 2000 (dB)	58,2	
Lw 4000 (dB)	52,2	

Inteligibilidad	Indice RASTI
Muy Pobre	0 a 0.3
Pobre	0.3 a 0.45
Aceptable	0.45 a 0.60
Buena	0.60 a 0.75
Excelente	0.75 a 1

COMPRESIÓN	INTELIGIBILIDAD	IAIS	SIL (dB)
> 96%	Excelente	0,95	21
85%	Buena	0,75	15 a 21
75%	Satisfactoria	0,65	10 a 15
< 65%	Escasa	< 0,57	3 a 10

RESULTADOS					
Lp DIRECTO (dB)	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	Lw (dB)
	66,4	60,4	54,4	48,4	67,6
Lp REVERBERANTE (dB)	69,8	63,8	57,8	51,8	71,0
Lp TOTAL (dB)	71,4	65,4	59,4	53,4	72,7

INTELIGIBILIDAD <sub>RASTI</sub>	DISTANCIA CRÍTICA	DISTANCIA ENTRE INTERLOCUTORES (m)	
0,60	1,9	PARA ESFUERZO VOCAL SELECCIONADO	PARA ESFUERZO VOCAL SUPERIOR AL SELECCIONADO
L <sub>eq</sub> (dB)	RELAJADO	0,1 <---> 2 <---> 0,3 <---> 0,4	---
	NORMAL	---	---
	ELEVADA	---	0,2 <---> 0,5 <---> 0,7 <---> 0,9
	ALTA	---	0,5 <---> 1 <---> 1,4 <---> 1,8
	MUY ALTA	---	1 <---> 2 <---> 3 <---> 3,6

Nº DE MESAS	Nº DE ORADORES	SIL (dB)
10	10	21 (dB)
10	10	15 (dB)
10	10	12 (dB)
10	10	10 (dB)
10	10	21 (dB)
10	10	15 (dB)
10	10	12 (dB)
10	10	10 (dB)

L<sub>SIL</sub> EN VACIO: **34,96**  
 L<sub>SIL</sub> USUARIO: **0**  
 L<sub>A</sub>: **42,96**

Tabla 4. Datos introducidos y valores obtenidos para la prueba 1.

Se comprueba que, para las 8 situaciones experimentadas, y para las condiciones físicas y acústicas de la sala y el esfuerzo vocal previsto, si queremos obtener una 'suficiente' o 'buena', inteligibilidad (SIL=15) deberíamos estar alejados de nuestro interlocutor entre 20 y 60 cm, situación mucho más intimista que la deseada inicialmente.

	CONVERSACIONES	RUIDO RESIDUAL			RUIDO AMBIENTAL CONVERSANDO		LSIL		CON EV NORMAL		EV PARA SIL= 15 EN POSICIÓN 1.32M	
		MEDICIÓN dB	MEDICIÓN dB	HERRAMIENTA CÁLCULO dB	MEDICIÓN	CÁLCULO	MEDICIÓN	CÁLCULO	DISTANCIA CON SIL= 15	MEDICIÓN - PRUEBA SUBJETIVA	HERRAMIENTA CÁLCULO dB	
PRUEBA 1	10	42,96	69,24	72,70	60,52	62,40	0,20	75,52 ALTO/MUY ALTO	ALTO/ MUY ALTO			
PRUEBA 2	8	42,96	67,68	71,90	58,55	61,60	0,20	73,55 ALTO	ALTO/ MUY ALTO			
PRUEBA 3	5	42,20	64,78	70,00	55,62	59,80	0,30	70,62 ALTO	ALTO			
PRUEBA 4	2	42,20	64,29	65,50	54,24	55,30	0,60	69,24 ALTO	ELEVADO/ALTO			
PRUEBA 5	9	58,64	68,58	78,30	61,09	68,10	0,20	76,09 MUY ALTO	MUY ALTO			
PRUEBA 6	10	58,64	72,52	78,70	65,27	68,40	0,20	80,27 MUY ALTO	MUY ALTO			
PRUEBA 7	5	59,82	68,15	76,00	59,25	65,80	0,30	74,25 ALTO/MUY ALTO	MUY ALTO			
PRUEBA 8	2	59,82	70,01	71,50	61,01	61,30	0,60	76,01 ALTO/MUY ALTO	ALTO			

Tabla 5. Valores obtenidos en las pruebas versus valores obtenidos con herramienta de cálculo.

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Hemos tratado una situación en la que las pruebas de inteligibilidad se practican con la emisión a través de un altavoz de 'palabras sin sentido', y esto nos lleva a solicitar situaciones de inteligibilidad 'suficiente' o 'buena', con un SIL alrededor de 15. En situaciones reales, contamos con mecanismos neurofisiológicos y estrategias de lectura e interpretación corporales, y de reconocimiento de la voz y contextuales de la conversación, que contribuyen a la comprensión del mensaje, y que nos permitirían reducir considerablemente este valor de SIL hasta 12 ('suficiente') o incluso inferior. Para determinar este valor con mayor exactitud, se debería realizar y valorar el estudio descrito practicando con menor exigencia otras pruebas subjetivas reconocidas [13], con emisión de viva voz.

Por otro lado, el hecho de exigir este valor de inteligibilidad, obliga a nuestros comensales a emitir con un esfuerzo vocal que se encuentra entre alto y muy alto, valores que también certifica la herramienta de cálculo. Se trata de una situación totalmente desaconsejable para mantener una conversación. En estas circunstancias, únicamente conseguiríamos valores de inteligibilidad satisfactorios y hablando normalmente cuando en el espacio simulado se produjeran, a lo sumo, dos conversaciones.

Los esfuerzos vocales y los silencios practicados en una situación real no acostumbran a ser continuos, uniformes ni constantes. Esto hace que el  $L_{SIL}$  obtenido de las mediciones de las conversaciones libres de las pruebas haya sido inferior al obtenido con la herramienta de cálculo, y más cuanto más conversaciones se hayan producido simultáneamente. Este es un aspecto importante a tratar en futuros estudios, sobre todo para restaurantes de alta ocupación y absorción baja.

A la vista de los resultados obtenidos, podríamos concluir que:

- El ruido de fondo en vacío se puede considerar despreciable en una medición, cálculo o simulación de un restaurante, pues el que contribuye al nivel de ruido del restaurante en funcionamiento es el de las conversaciones.
- El ruido ambiental fruto de las conversaciones (fase 3) nos proporciona un  $L_{SIL}$  en la posición más desfavorable de la mesa de pruebas ( $d=1.32m$ ) superior en la herramienta de cálculo. Esto nos favorecerá en su aplicación para desarrollar predicciones, ya que serán más restrictivas.
- La aplicación y cumplimiento de la exigencia normativa que impone en CTE DB HR, en cuanto al TR máximo permitido en las frecuencias de 500Hz, 1KHz, 2KHz y 4KHz de un restaurante en vacío no garantiza el confort conversacional en situación de explotación comercial.
- Las pruebas y el estudio se han realizado en un aula con un  $TR_{med}$  en vacío de 0.9 segundos. A pesar de que se encuentra dentro de los márgenes exigidos por la normativa actual [3], la introducción de mayor cantidad de materiales absorbentes y con mayor capacidad absorbente nos permitiría reducir la relación  $L_{reflejado}/L_{directo}$ . Cabría estudiar si el TR a conseguir correspondería a los valores considerados como óptimos para la palabra (0.5/500Hz; 0.5/1KHz; 0.4/2KHz; 0.4/4KHz)[14]. Esto nos hubiera permitido mejorar considerablemente nuestra situación de confort conversacional, aumentando la distancia a la que podrían situarse los contertulios para conseguir una suficiente inteligibilidad.
- Del paralelismo realizado entre las pruebas desarrolladas en el aula y la herramienta de cálculo, podemos concluir que se trata de una herramienta suficientemente fiel a la realidad simulada, y que, por tanto, bien puede ser utilizada como instrumento predictivo para el comportamiento acústico conversacional en salas de restauración.



## 6. REFERENCIAS

- [1] Vera Guarinos, Jenaro; Yebra Calleja, Marisol; Calzado Estepa, Eva. *Condiciones acústicas en bares- restaurantes: una primera aproximación al establecimiento de la "distancia mínima de confort" entre mesas*. Tecniacústica 2015, Valencia, España.
- [2] Yebra, M., Bleda, S., Vera, J., Francés, J., Brocal, F. *Evaluación de la comunicación verbal: Inteligibilidad, Herramientas de cálculo*. Tecniacústica 2008, Coimbra, Portugal.
- [3] MINISTERIO DE FOMENTO - Gobierno de España. CTE. *Guía de aplicación del DB-HR*.
- [4] MINISTERIO DE FOMENTO - Gobierno de España. *CTE DB SI. Tabla 2.1*.
- [5] Lawson, Fred. *Planificación y diseño de restaurantes*. Editorial Blume. Barcelona, 1979.
- [6] Norma española. UNE- ENE ISO 9921:2004 Ergonomía. *Evaluación de la comunicación verbal*.
- [7] *REAL DECRETO 1367/2007*, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Anexo IV.
- [8] Sommerhoff, Jorge.; Rosas, Claudia. (2007). *Evaluación de la inteligibilidad del habla en español*. Estudios Filológicos 42: 215-225.
- [9] Carrión, Antoni. *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Editorial Edicions UPC. Barcelona, 1998.
- [10] Pérez Miñana, José. *Compendio práctico de acústica*. Editorial Labor, S.A. Barcelona, 1969.
- [11] Norma española. UNE- ENE ISO 9921:2004 Ergonomía. *Evaluación de la comunicación verbal*. Apartado 6, Anexos B y F.
- [12] Norma española. UNE- ENE ISO 9921:2004 Ergonomía. *Evaluación de la comunicación verbal*. Apartado 6, Anexo F, Tabla F.1.
- [13] Norma española. UNE ISO 9921:2004 Ergonomía. *Evaluación de la comunicación verbal*. Apartado 6, Anexo F.
- [14] Sendra, J. J.; Zamarreño, T.; Algaba, J.; Navarro, J. *El problema de las condiciones acústicas en las Iglesias: principios y propuestas para la rehabilitación*. I.U. Ciencias de la Construcción - ETSA (Sevilla).