



**Franz Zenker**

Psicólogo • Aduioprotésista

*Clinica Barajas • Fundación Canaria para la Prevención de la Sordera.  
Santa Cruz de Tenerife. España.*

### Resumen

La recepción del habla en personas con discapacidad auditiva depende en gran medida del grado y etiología del defecto auditivo. Las condiciones acústicas en las que se lleva a cabo la comunicación influyen de forma determinante en la percepción final del habla. Pérdidas auditivas leves y ligeras pueden comprometer severamente la percepción en entornos ruidosos o reverberantes. El habla finalmente percibida depende tanto de las propiedades de la sala y los materiales empleados como de las características del mensaje, los recursos lingüísticos y capacidades auditivas del oyente. El Índice de Audibilidad del Habla (IAH) es una medida que refleja la recepción final del habla en un entorno específico teniendo en cuenta todas estas variables. El IAH nos permite adaptar y modelar las condiciones acústicas de un entorno determinado hasta alcanzar valores de escucha aceptable. En general para obtener un IAH óptimo deben mantenerse relativamente bajas la reverberación y el ruido de fondo. La amplificación en campo libre mediante altavoces adecuadamente situados pueden mejorar significativamente este índice.

Los usuarios de implante coclear y audífonos disponen en sus aparatos de bobinas inductoras que permiten la recepción de la señal directamente a través de campos magnéticos o señales de frecuencia modulada. El uso de estos dispositivos dependen de la instalación previa de emisoras que permitan la recepción de la señal. El uso de esta tecnología mejora la inteligibilidad del habla además de minimizar el efecto de la reverberación, especialmente en aulas, salas de conferencia, iglesias y espacios con una acústica pobre.

En esta presentación revisaremos los principales factores determinantes de una buena inteligibilidad del habla así como las principales ayudas técnicas en la accesibilidad de la comunicación a las personas con discapacidad auditiva.

### INTRODUCCIÓN

La palabra y el lenguaje expresado a través del habla juegan un papel primordial en la comunicación humana. Las dificultades en la comprensión y producción del lenguaje hablado se pueden atribuir a deficiencias anatómicas fisiológicas o a dificultades en la percepción neurosensorial del mensaje hablado, y en última instancia también al entorno medioambiental. Este último factor adquiere mayor relevancia cuanto más alto sea el grado de deficiencia auditiva que tenga un cierto segmento de población.

Con la adopción de acciones correctivas en el campo sonoro medioambiental no se pretende que dichas capacidades disminuyan en grado, pues en la mayoría de los casos se pueden considerar no solo irreversibles, sino más bien progresiva. En este

artículo revisaremos la posibilidad de encontrar qué parámetros acústico, característico de los recintos habitado donde se utilizan el mensaje hablado, gobiernan el grado de inteligibilidad del mismo y qué valores se le debe exigir para que la recepción del mensaje sea de la mejor calidad posible. Con ello, se pretende que la merma en la inteligibilidad que sufre una persona debida a causas fisiológicas propia, no se vea agravada por la deficiente acústica de su entorno.

Se quiere asegurar de este modo que la persona con discapacidad auditiva disponga del 100% de posibilidades de hacer frente a su entorno sonoro deformada razonablemente equitativa con los normoyentes y facilitar de esta manera al máximo su integración. Los métodos que existen para intentar mejorar la audición de la persona con distintos grados de discapacidad auditiva, se basan

principalmente en lograr que la señal llegue ampliada a la cóclea, para así aprovechar lo que se puede denominar audición residual, métodos que ningún caso consiguen llegar al 7% de lo que es la capacidad auditiva media de la población normoyente. Entre estos métodos, se puede destacar los éxitos obtenidos con la utilización de emisores-receptores de FM y bucles magnéticos ya que aseguran una recepción directa de mensajes sonoros, al estar el micrófono cerca de la boca del locutor, sea cual sea la posición relativa hablante-oyente.

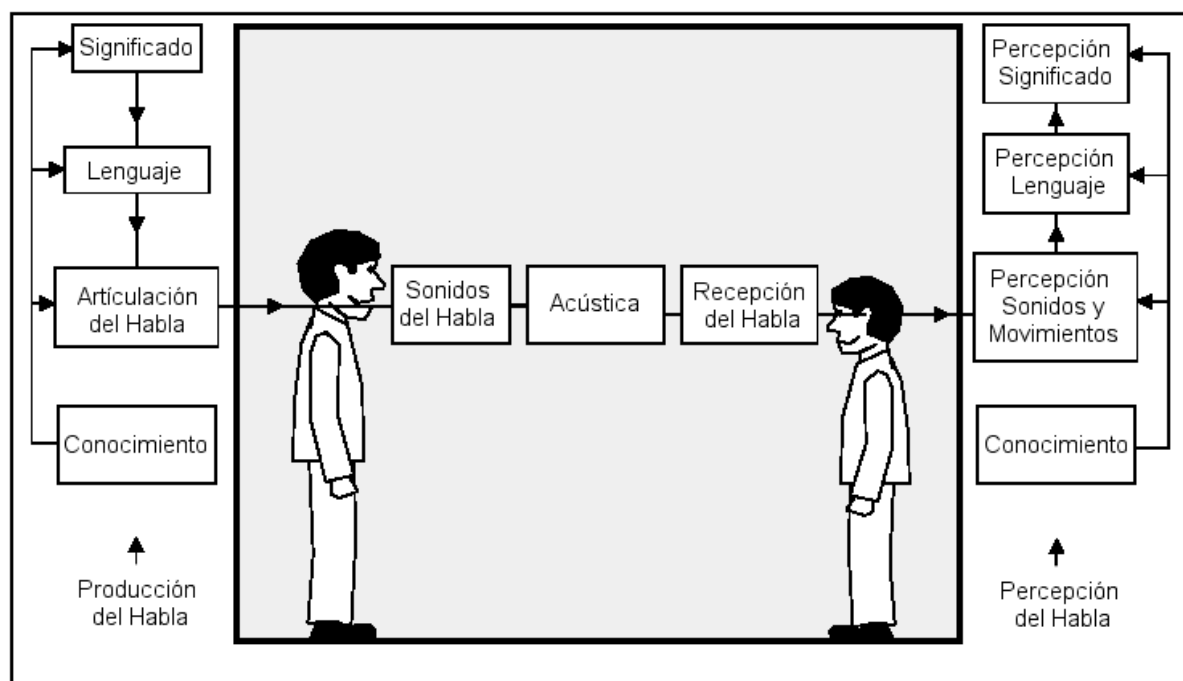
En resumen, la intención de este informe es encontrar que condiciones se deben de dar en el entorno de las personas con discapacidad auditiva, para que los aparatos de amplificación personal (audífonos, sistema FM, implante nucleares, etc.) sean efectivos en el mayor grado deseable. Para ello el efecto del recinto donde tiene lugar la comunicación, debe ser, como mínimo neutro, y conseguir además que en el mayor número de casos mejore la inteligibilidad, y que bajo ningún concepto la acústica de una sala vaya en detrimento de la producción y recepción de los mensajes hablados. Ello significa, yendo al fondo de la cuestión, que los recintos en los que se vaya a comunicar mediante el habla, estuvieran proyectadas y construidos de manera que tuvieran acústicamente una inteligibilidad lo más próxima posible al 100%.

## El Promedio del Espectro del Habla

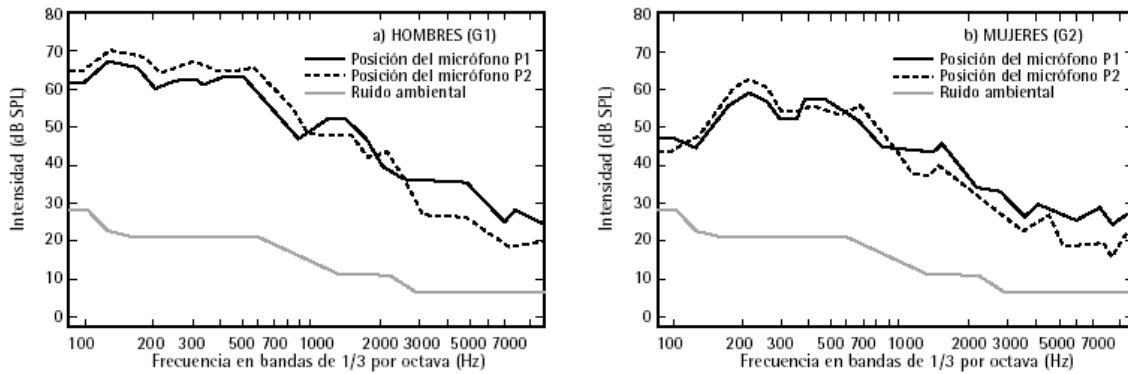
El promedio del espectro del habla a largo plazo o LTASS (Long Term Average Speech Spectrum) es una medida de las características acústicas de la señal del habla a través del muestreo y promediado de la intensidad sonora en función de la frecuencia. El LTASS puede expresarse a través de varios parámetros:

Intensidad a largo plazo promediada. Esta medida se obtiene a un metro de distancia de los labios del hablante. El promedio se lleva a cabo durante unos 10 o 20 segundos con un esfuerzo vocal normal. La intensidad a largo plazo promediada es de aproximadamente unos 70 dB SPL. Este valor se obtiene a partir de la media de la intensidad en todas las bandas de frecuencia que forman el espectro del habla.

Promedio del espectro a largo plazo. En la figura 2 observamos el promedio del habla registrada en bandas de 1/3 por octava durante 2,30 minutos colocando un micrófono a 30 cm enfrente del hablante durante un intervalo de tiempo establecido previamente. La señal registrada es promediada mediante un analizador de espectro y finalmente representada como una curva de la intensidad de la señal en función de la frecuencia. La mayoría de estudios sobre el LTASS se han llevado a cabo en grupos atendiendo a variables de clasificación como el sexo, la edad o el esfuerzo vocal. El LTASS muestra un



**Figura 1:** Las propiedades acústicas del entorno influyen en la inteligibilidad del mensaje durante el acto de comunicarse. En la percepción final del habla además de las variables acústicas propias de la sala influyen aspectos de competencia lingüística y estatus auditivo del oyente. De forma que condiciones acústicas óptimas para un normoyente puede ser absolutamente deficientes en el caso de una persona con discapacidad auditiva.



**Figura 2:** Promedio del espectro del habla (LTASS) en bandas de 1/3 por octava registrado durante 2,30 minutos mediante la grabación digital de un discurso a largo plazo colocando un micrófono a 30 cm enfrente del hablante (Zenker, F., Delgado, J. y Barajas, J.J. Características acústicas y aplicaciones audiológicas del promedio del espectro del habla a largo plazo. Revista de Logopedia, Foniatria y Audiología. 2003, Vol. 23, No. 2, 58-65)

pico de mayor concentración de energía entre las frecuencias de 250 Hz a 630 Hz como resultado de la contribución del primer formante del habla en adultos. A partir de los 500 Hz la intensidad decrece entre 5 y 6 dB por octava hasta los 4000 Hz. Los registros del LTASS se diferencian claramente en función del sexo. La media de la intensidad total promediada en varones adultos es 2.3 dB mayor que el nivel promediado para el grupo de mujeres adultas. Dada la contribución de la frecuencia fundamental de las voces masculinas esta diferencia se hace más evidentes en la región de las bajas frecuencias a partir de los 200 Hz.

Variaciones a corto plazo. Los registros del LTASS pueden llevarse a cabo en intervalos cortos de tiempo similares a los tiempos de integración del oído humano (50 a 100 msec). La intensidad varía en estos casos alrededor de 30 dB.

De estos resultados se puede concluir que la utilización de un sólo número para representar el LTASS puede inducir a error. Gran parte de la información específica en frecuencia del habla está a intensidades por debajo del promedio especialmente en las altas frecuencias por lo que recomendamos tener siempre como referencia el espectro total del habla.

### El Efecto de la Distancia

La distancia entre el hablante y el oyente determina la intensidad total que finalmente es percibida por el oyente. En general, la caída que se produce en la intensidad es de aproximadamente 6 dB cada vez que se dobla la distancia al hablante. Por ejemplo, si el promedio de la intensidad del habla es de 70 dB SPL a 1 metro, entonces será 64 dB SPL a 2 metros, 58 dB SPL a 4 metros y así sucesivamente.

### LA REVERBERACIÓN

En espacios cerrados, el oyente, además del percibir el habla directa, recibe la reverberación que se produce por las reflexiones de las ondas sonoras sobre las paredes de la habitación. Durante la generación del sonido las reflexiones se distribuyen más o menos de forma uniforme. La intensidad de las reflexiones está en función de la fuente sonora original y depende del tamaño de la habitación, las propiedades de absorción de los materiales y la direccionalidad de la fuente (Q). El Tiempo de Reverberación ( $TR_{60}$ ) se define como el tiempo que tarda un sonido en disminuir 60 dB en un recinto o un campo sonoro altamente difuso. Este índice proporciona una medida de las propiedades de reverberación de un espacio determinado. En espacios amplios como gimnasios el  $TR_{60}$  puede ser de 2 a 3 segundos. En aulas de pequeñas dimensiones con materiales absorbentes los tiempos de reverberación pueden bajar hasta 0.3 a 0.4 segundos.

En un punto cualquiera de este espacio un oyente recibe tanto el sonido directo, cuyo valor sigue la regla de los 6 dB y las reflexiones cuya intensidad suele ser independiente a la distancia. Cuando el oyente está próximo a la fuente sonora, la intensidad del sonido directo excede el de la reverberación. Cuando el oyente está lejos de la fuente, la reverberación puede ser mayor que la señal, distancia crítica a aquella donde se equipara el campo directo al reverberado. A distancias menores de 1/3 de la distancia crítica, el sonido directo es 10 dB más intenso que la reverberación. A distancias tres veces mayores que la distancia crítica el sonido directo es 10 dB o menos que las reverberación y por lo tanto la señal recibida queda enmascarada por la reverberación.

En la figura 4 observamos un ejemplo en el que el total del habla (sonido directo más reflexiones tempranas) está en función de la distancia

Retraso equivalente en mseg	0 mseg	Hoy es el concierto de Jazz
	15 mseg	Hoy es el concierto de Jazz
	30 mseg	Hoy es el concierto de Jazz
	45 mseg	Hoy es el concierto de Jazz
	70 mseg	Hoy es el concierto de Jazz

**Figura 3:** Analogía visual del efecto de la reflexión temprana y tardía sobre la percepción del habla. Las copias adicionales (reflexiones) de cada frase superpuesta sobre la original con un retardo de hasta 30 mseg pueden mejorar la percepción, sin embargo, cuando ese retardo alcanza los 45 mseg este efecto dificulta la percepción final del mensaje.

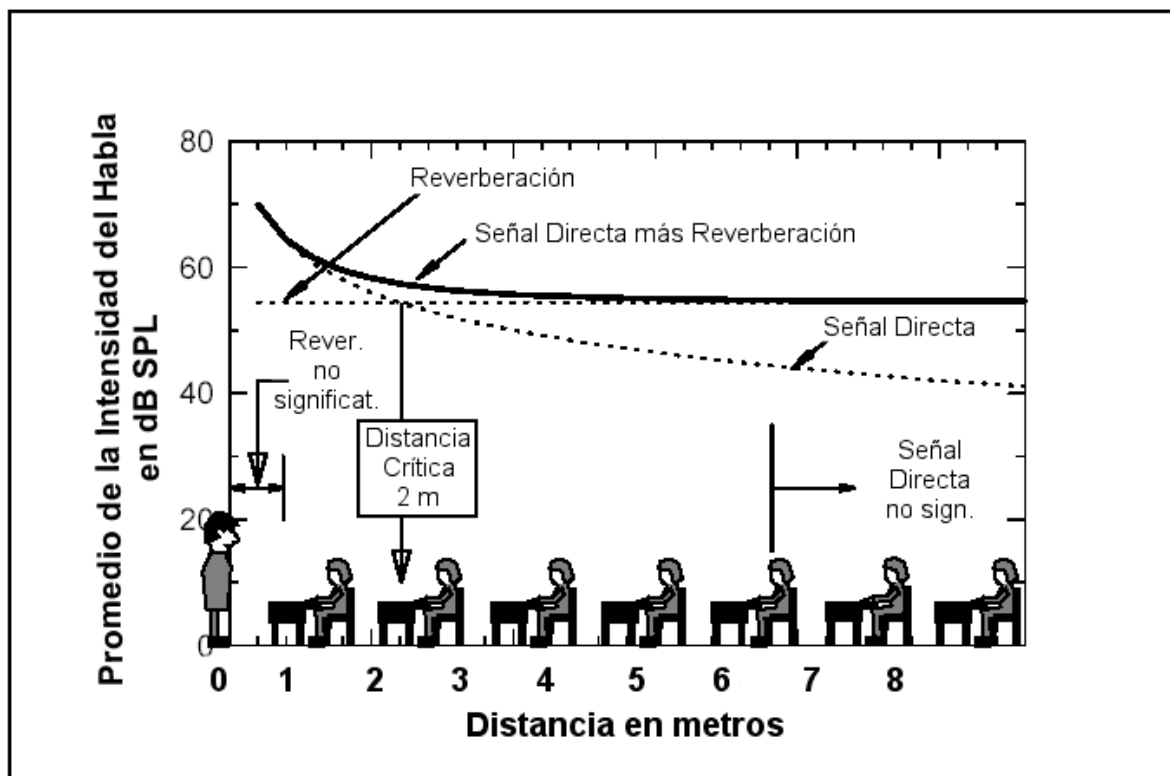
(9x6x3 m) con un tiempo de reverberación relativamente corto (0,5 segundos) y un hablante con una Q de 3,5. En este ejemplo, la distancia crítica estimada es de 2 metros. Podemos observar como la mayoría de los oyentes reciben una mezcla de habla directa y reverberación. Los de las últimas filas, escuchan únicamente la reverberación del habla y no perciben el sonido directo. Para personas con algún tipo de discapacidad auditiva esto mejorará la audibilidad, sin embargo mayor audibilidad (recepción) del sonido no lleva implícito mayor inteligibilidad

(percepción).

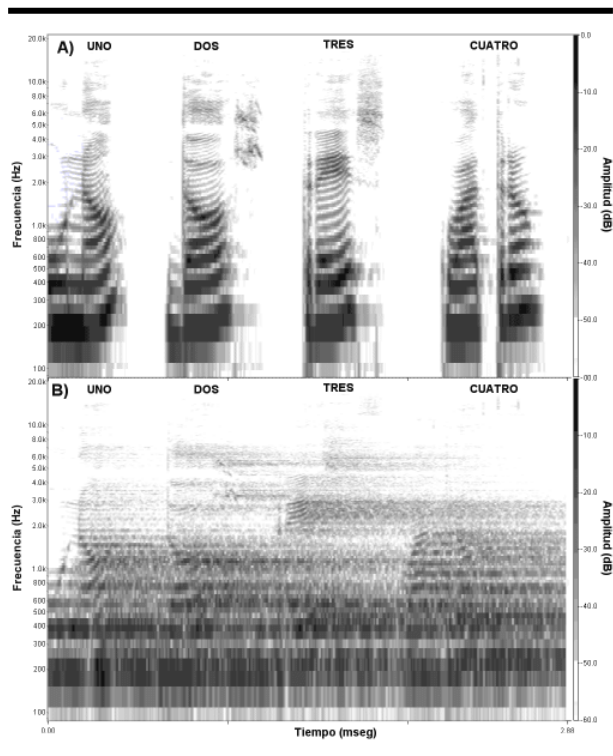
### Reflexiones tempranas y tardías

Cuando consideramos el efecto de la reverberación sobre la percepción del habla es importante que distingamos entre los componentes de la reflexiones tempranas y tardías. Los componentes tempranos llegan al oyente a tiempo de mejorar tanto la audibilidad como la inteligibilidad. En contraste, la reverberación tardía, llega al oyente demasiado tarde respecto a la fuente original por lo que no puede ser integrada con el sonido directo o con los componentes tempranos de la reverberación (Figura 3). El efecto de la reverberación tardía la podemos observar en el espectrograma de la figura 5. La parte inferior del gráfico muestra el espectrograma de la frase sometida a reverberación con una reverberación de 0,5 segundos. Este espectrograma ilustra la señal del habla como si hubiese sido recibida por una persona sentada en una de las tres últimas filas de la figura 4.

Los componentes de la reverberación equivalen a ruido ya que interfiere con la inteligibilidad, es decir, la señal del habla genera su propio enmascaramiento. Podemos observar que el ratio efectivo de la relación señal-ruido en habla reverberante es proporcional al logaritmo del tiempo de reverberación (figura 6) . Si asumimos que la efectividad del

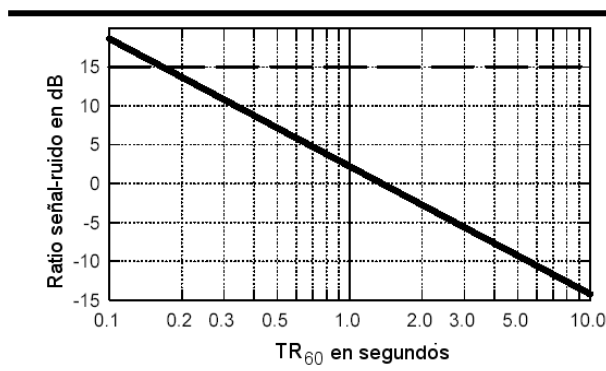


**Figura 4:** Intensidad del espectro del habla promedio (LTASS) predicha en función de la distancia del hablante en una habitación de 9 x 6 x 3 metros con un tiempo de reverberación de 0,5 segundos.



**Figura 5:** Espectrograma de una frase recitando los números del uno al cuatro (A) sin reverberación y (B) con reverberación. El Tiempo de Reverberación fue de 0,5 segundos. El rango de la intensidad entre el blanco y el negro es de 30 dB.

ratio señal-ruido debe de ser 15 dB para una completa audibilidad de la información útil en la señal del habla reverberante, podemos observar que este criterio se cumple sólo para tiempos de reverberación por debajo de los 0,2 segundos. Esta conclusión es aplicable para los oyentes que están muy



**Figura 6:** Estimación del ratio señal-ruido en función del tiempo de reverberación para una señal del habla (sin el componente de la señal directa del habla). La línea discontinua muestra el criterio señal –ruido a partir del cual se dispone de toda la información acústica útil.

lejos del hablante en los que la contribución de la señal directa del habla es nula (p.e.: 3 veces o más la distancia crítica). Los oyentes que estén más cerca ganarán con la contribución adicional de la señal directa del habla.

El auto enmascaramiento del habla establece un límite en su inteligibilidad. Basándose en datos empíricos, el error en el porcentaje de fonemas reconocidos en palabras monosilábicas es nueve veces el tiempo de reverberación en segundos. Por lo que la condición ilustrada en el espectrograma de la figura 5 puede causar un error en el reconocimiento de fonemas aislados de un 4,5%. Cuando añadimos el 1,5% de error típico observado en condiciones ideales de reconocimiento de fonemas el total es de un 6% dándonos una puntuación total de reconocimiento del 94%.

## EL RUIDO

Las fuentes de ruido potenciales son numerosas y tienen tanto orígenes internos como externos al recinto. El ruido de fuentes externas pueden ser transmitida por el aire o por las estructuras. Las fuentes más comunes suelen ser el tráfico, ventiladores o equipos de aire acondicionado, actividad humana externa e interna al recinto.

La señal total efectiva final del ruido es una combinación del ruido presente y la reverberación tardía. El efecto del ruido presente puede ser considerado despreciable si su intensidad es menor a 10 dB por debajo de la de la reverberación tardía. De forma similar, el efecto de la reverberación tardía puede considerarse despreciable si su intensidad es menor a 10 dB por debajo del ruido.

## El Ratio Señal — Ruido

La señal efectiva puede ser considerada como la combinación del habla directa y la reverberación temprana. El ruido efectivo es la combinación del ruido presente y la reverberación tardía. El ratio señal – ruido efectivo es la diferencia en decibelios entre ambas variables.

## EL INDICE DE AUDIBILIDAD DEL HABLA

La relación señal – ruido para cada frecuencia necesita ser al menos de 15 dB para que los oyentes puedan tener acceso a toda la información útil de la señal del habla. Esto sitúa a los picos del habla a corto plazo (que están 15 dB por encima del promedio total) al menos a 30 dB por encima del ruido. Cualquier otra condición reducirá la información útil disponible, a una relación señal – ruido de 15 dB del promedio a corto plazo del habla, los picos comenzarán a ser inaudible y la información disponible será 0.

En orden a simplificar la evaluación de los

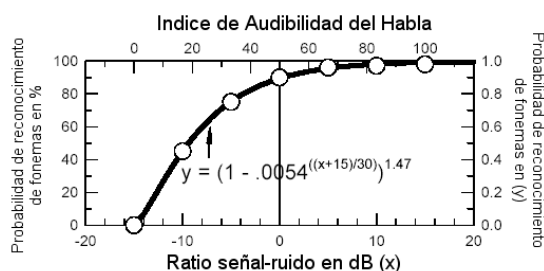
sistemas de comunicación se estableció el Índice de Articulación (IA) que especifica la proporción útil de la información acústica disponible. El Índice de Inteligibilidad del Habla (IIA) es una modificación del IA. Sin embargo, ninguna de estas medidas tiene en cuenta los efectos de la reverberación tardía. Por esta razón se desarrolló el Índice de Audibilidad del Habla (IAH). Este se define como la proporción de la señal del habla útil (habla directa mas reverberación temprana) que está por encima de la intensidad del ruido efectivo (ruido presente mas reverberación tardía). El IAH es similar el Índice de Trasmisión del Habla (ITH), sin embargo el IAH tiene en cuenta tanto el ruido y la reverberación en términos de los cambios en amplitud de las envolventes del habla.

Al igual que en la teoría básica del IA podemos asumir que la información útil en el habla en cualquier banda de frecuencia esta uniformemente distribuida sobre un rango de 40 dB, desde 15 dB por debajo a 15 dB por encima de la media. Las contribuciones de las banda de frecuencia sobre el IAH van desde 0 al máximo valor el cual se establece a partir del ratio señal-ruido para esa banda que va de -15 a 15 dB. Cuando la relación señal ruido alcanza 15 dB en todas las bandas significativas de frecuencia, el IAH es 1 o 100%. Si asumimos que el ratio señal ruido es el mismo en todas las bandas de frecuencia, entonces el IAH viene dado por la siguiente formula:

$$IAH = (SR+15)/30$$

IAH = Índice de Audibilidad del Habla.  
SR= Diferencia total en decibelios entre la señal útil del habla y el ruido.

Los ratios de la relación señal – ruido de -15 dB, 0 dB y 15 dB dan IAH del 0%, 50% y 100% respectivamente. En estas medidas tanto el habla como el



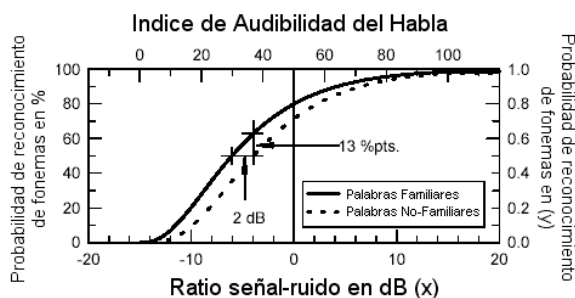
**Figura 7:** Reconocimiento de fonemas en palabras monosilábicas en función del ratio señal-ruido y del IAH. Los puntos representan la media de las puntuaciones obtenidas por 8 adultos normoyentes.

ruido están medidos a largo plazo (dB leq). Si medimos el habla usando medidas instantáneas el promedio de los picos de las vocales sera 5 dB por encima del promedio a largo plazo y por tanto para alcanzar un IAH del 100% deberíamos tener una medida de la relación señal ruido de al menos 20 dB.

## RECONOCIMIENTO DEL HABLA

### Reconocimiento de Fonemas

Podemos predecir el reconocimiento de fonemas a partir del IAH mediante cálculos de probabilidad. Si asumimos que cada porción del rango de 30 dB hace una contribución independiente a la probabilidad de reconocer un fonema, para los propósitos presentes, también asumiremos que el ratio efectivo señal – ruido es constante a lo largo de todas las frecuencias. Es decir, esta es una implementación de este modelo para una sola banda de frecuencias. En la figura 7 observamos datos obtenidos empíricamente en normoyentes adultos escuchando pala-



**Figura 8:** Reconocimiento de fonemas predicho en palabras monosilábicas familiares y no familiares en función del ratio señal—ruido y del IAH.

bras monosilábicas con ruido de fondo. El ruido coincide espectralmente con el LTASS lo que justifica una relación señal ruido constante para todas las bandas de frecuencia. Esta coincidencia conlleva al escalamiento de la función resultados vs. intensidad. Cuando escuchamos en otras condiciones, como con ruido blanco, rosa u otro cualquiera, la relación señal – ruido usualmente varía con la frecuencia y la pendiente de resultados vs. intensidad es menor que la observada en la figura 7.

### Reconocimiento de palabras monosilábicas aisladas

El reconocimiento de palabras monosilábicas puede predecirse a partir de la probabilidad de reconocer fonemas aislados tal como establece la siguiente

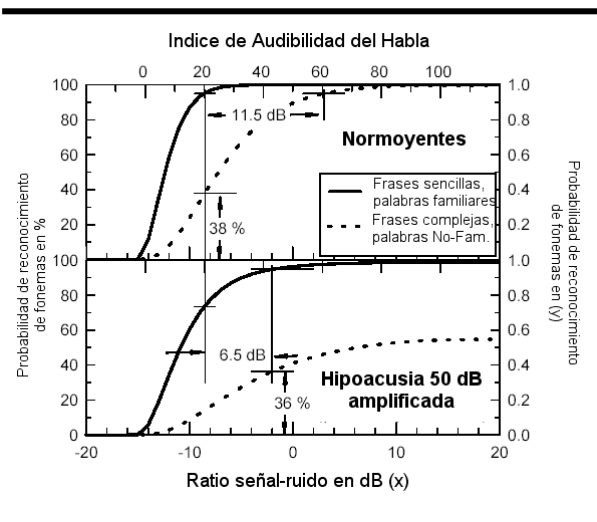
función:

$$P = F^N$$

P = Probabilidad de reconocer la sílaba.  
 F = Probabilidad de reconocer el fonema.  
 N = Número de fonemas percibidos independientemente por sílaba.

Se ha establecido una predicción de  $N=3.0$  para palabras monosilábicas. En adultos normoyentes el reconocimiento de monosílabos con significado el valor baja de 2.0 a 2.5 ya que el reconocimiento de un fonema en una palabra aumenta la probabilidad de reconocer las siguientes. Este efecto puede observarse en la figura 8 en la que se muestra el reconocimiento para palabras de baja familiaridad ( $N=3.0$ ) y palabras familiares ( $N = 2.0$ ) en función del IAH y la relación señal – ruido.

En el caso particular de entornos educativos la comunicación oral implica la familiarización con vocabulario de baja familiaridad. Las condiciones que se dan de forma adecuada para el reconocimiento de palabras familiares no lo son para palabras con una familiaridad baja. Podemos observar como la diferencia entre palabras familiares y no-familiares resulta en una diferencia en la probabilidad de reconocimiento que en el caso de los normoyentes puede ser de hasta un 13% lo cual equivale a una diferencia en la relación señal – ruido de 2 dB. El efecto evidentemente será mucho mayor cuando las palabras tengan más sílabas.



**Figura 9:** Reconocimiento de palabras en frases simples y complejas en función del ratio señal-ruido y del IAH. En la gráfica superior observamos el resultado para un adulto normoyente. En la parte inferior observamos los resultados para una persona con una hipoacusia neurosensorial de de 50 dB

## Reconocimiento de palabras en frases

Podemos predecir el reconocimiento de palabras en una frase siguiendo la siguiente ecuación:

$$P_f = 1 - (1 - P_a)^c$$

$P_f$  = Probabilidad de reconocimiento de palabras en frases.  
 $P_a$  = probabilidad de reconocimiento de monosílabos aislados.  
 $C$  = Efecto del contexto.

El valor de  $C$  viene determinado por la extensión, la complejidad, la estructura sintáctica y el significado de la frase, así como por los conocimientos de la lengua que tenga el oyente y las estrategias de procesamiento lingüístico que posea.

A partir de las ecuaciones anteriores podemos predecir el reconocimiento de palabras en frases en función de la relación señal-ruido. En la figura 9 observamos los resultados del reconocimiento de palabras en frases simples y complejas. Las líneas continuas representan palabras familiares en frases simples con valores de  $N= 2.0$  y  $C = 7$ . Las líneas discontinuas representan palabras poco familiares en frases complejas. Podemos observar como el efecto de la complejidad de la frase y los conocimientos lingüísticos del oyente influyen de forma decisiva en el reconocimiento del habla y especialmente cuando se dan unas condiciones acústicas pobres.

En la figura 9 observamos la representación gráfica para un normoyente adulto el cual alcanza un reconocimiento del 95%. Sin embargo, si se tratase de un niño normoyente tendríamos que tomar como referencia la línea discontinua ya que la mayoría de las palabras que escucharía tendrían una baja familiaridad lingüística para él. En este caso el porcentaje de reconocimiento del habla sería sólo de un 36%. En este caso, el niño necesitaría un incremento de unos 9 dB en la relación señal ruido para alcanzar los resultados del adulto. Es evidente que los aspectos lingüísticos relacionados con el aprovechamiento de la información auditiva resultan críticos en la percepción final del habla.

## Efecto de la discapacidad auditiva

La mayoría de los estudios sobre acústica en entornos asumen una audición normal. Las personas con discapacidad auditiva tienen dificultades para percibir el habla especialmente en condiciones acústicas adversas. En estos casos la percepción final del habla puede verse comprometida.

En general podemos asumir que para los hipoacúsicos con algún tipo de corrección auditiva un 1% de capacidad en el reconocimiento del habla

corresponden a 20 dB sin amplificar para la media de las tres frecuencias fundamentales del habla (500 Hz, 1000 Hz y 2000 Hz). Esta relación aproximada se ha establecido a partir de la experiencia clínica y de varios estudios de investigación. Sin embargo, no tienen en cuenta la configuración del audiograma, retrasos del lenguaje o problemas atencionales adicionales.

En la figura 9 se puede observar el porcentaje de reconocimiento del habla en una persona con una pérdida auditiva plana de 50 dB. Para este individuo necesitaremos aproximadamente 6 dB de aumento de la relación señal ruidos para llegar a alcanzar el 95% de reconocimiento de palabras para frases simples. Sin embargo, para palabras de baja familiaridad en frases complejas este individuo alcanzará únicamente un 36% de reconocimiento. Necesitaremos al menos 10 dB de aumento de la relación señal-ruido para que esta persona pueda acercarse a un porcentaje óptimo de reconocimiento. Aun así y alcanzando las condiciones más óptimas llegaríamos a sólo un reconocimiento del 55%. A partir de este gráfico podemos haceros una idea de las dificultades que experimentan los usuarios de audífonos e implante coclear al tratar de percibir un material lingüísticamente complejo y novedosos para ellos.

## IMPLICACIONES PRÁCTICAS

La principal implicación de lo expuesto hasta ahora es que la reducción de la relación señal-ruido debe ser lo suficientemente alta para que los oyentes disponga de un adecuado acceso a toda la información acústica de la habla. Es decir, la combinación del habla directa y de las reflexiones temprana de la reverberación debe ser lo suficientemente alta respecto a la combinación del ruido y de los componentes tardíos de la reverberación.

Para obtener un IAH del 100% deberíamos de tener un ruido de fondo de 20 dBA o menos y un tiempo de reverberación de 0,2 segundos o menos. Evidentemente este tipo de condiciones sólo se dan en estudios de grabación o en cabinas audiométricas. Sin embargo, no es necesario alcanzar estos valores ya que el habla es una señal altamente redundante tanto acústica como lingüísticamente. Un objetivo razonable para este índice sería alcanzar un 70% o un 75% con material lingüísticamente complejo. Lo que equivale a tener una relación señal de ruido de 6 a 7 dB. La redundancia es un término relativo ya que depende del material lingüístico y de otras condiciones audiológicas del oyente. Lo que resulta aceptable para un oyente y una situación determinada puede ser inaceptable para otro oyente en la misma situación. Es por ello que debemos de acondicionar la acústicas teniendo en cuenta las características individuales como edad, lengua (nativa o extranjera), dificultades de audición, len-

guaje, atención y aptitudes cognitivas de los oyentes.

Las recomendaciones vigentes establecen que los recintos cerrados deben tener unos niveles de ruido de 35 dB o menos. Los tiempos de reverberación deben de ser de 0,6 segundos para recintos pequeños y medianos y de aproximadamente 0,7 segundos para recintos grandes. En caso de presencia de personas con discapacidad auditiva se recomienda un tiempo de reverberación de aproximadamente 0,4 segundos o menos. Cuando aplicamos estas recomendaciones a los supuestos de las figuras anteriores observamos que las personas situadas en el extremo de la habitación alcanzarán un IAH de un 70%. Si añadimos el ruido interno del propio recinto este índice puede caer hasta el 66% lo cual resulta inapropiado para la recepción de palabras poco familiares en frases complejas.

El uso de micrófonos y altavoces puede mejorar estos índices. Estas soluciones son apropiadas cuando el problema es el ruido ya que la señal, en este caso el habla, se incrementa sin aumentar el ruido de fondo. Sin embargo no es una buena solución cuando el problema es la reverberación. En este caso cualquier aumento de la señal provoca un aumento de los componentes tardíos de la reverberación lo cual conlleva a una disminución de la relación señal-ruido. Además hemos de añadir que para aquellas personas que no están cerca del altavoz este tipo de soluciones puede aumentar la reverberación. En orden a evitar estas reflexiones tardías podemos utilizar altavoces direccionales. Estos altavoces apropiadamente orientados pueden minimizar el efecto enmascarador de la reverberación tardía.

Evidentemente el primer paso al acondicionar una habitación con una acústica pobre es la instalación de materiales absorción en orden a reducir los tiempos de reverberación a niveles aceptables. Una vez hecho esto, podemos proceder con la instalación del campo abierto y mejorar la relación señal - ruido contrarestando el efecto de la distancia. Si por cualquier razón la reverberación no puede disminuirse cualquier intento de mejorar las condiciones de escucha mediante sistema de amplificación en campo libre requerirán de un extremo cuidado en la selección, instalación y ajuste del equipo.

Para los usuarios de audífonos o implante coclear existe la posibilidad de utilizar equipos de frecuencia modulada. Mediante estos sistemas podemos alcanzar una IAH cercano al 100% ya que este tipo de procedimientos nos permiten una mejora de la relación señal ruido de hasta 15 dBA.

## AYUDAS TÉCNICAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA

Hoy en día, casi todos los audífonos e implantes cocleares incorporan una bobina inductora ( accio-



nada por el usuario en la posición "T" del interruptor del audífono o implante coclear ). El objetivo es obtener una señal acústica más clara sin que los ruidos externos, alteren la escucha.

Este sistema transforma el sonido en ondas magnéticas, que el audífono capta, activado en la posición "T" ( accionamiento de la bobina telefónica ). Para su utilización, el hipoacúsico tiene que estar inmerso en un campo magnético, que nosotros previamente creamos, con la instalación de un bucle (cable) alrededor de una habitación, sala o local.

El tamaño del equipo telemagnético, depende del lugar donde lo queramos instalar. Los hay muy pequeños, que pueden ser transportados por el usuario, otros algo mayores que los podemos instalar en la sala de estar de casa y unos más grandes que pueden ser instalados en teatros, cines, salas de conferencias e iglesias, prestando una gran ayuda a estas personas con deficiencias auditivas.

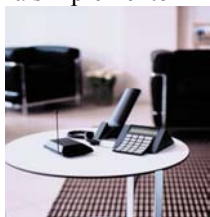
Es necesario que la persona hipoacúsica sepa que en el local donde está, existe una instalación magnética. Para ello, en muchos países, se coloca un rótulo con una "T" o una oreja y unas rayas que nos indican la presencia de este sistema de bucle magnético.

Según los metros cuadrados que disponga la sala, elijeremos un modelo u otro. Para cubrir una instalación de aproximadamente 140 m<sup>2</sup>, disponemos de productos pequeños habitualmente utilizados en viviendas, para la televisión o el equipo de música. Su instalación es muy sencilla y es el propio usuario el que la puede montar. Puede ser utilizado igualmente en lugares públicos, por ejemplo, en ventanillas o puntos de información.

Para superficies mayores de 140 m<sup>2</sup> hasta 1.200 m<sup>2</sup> utilizamos bucles magnéticos de mayores dimensiones. Estos se utilizan para instalarlo en superficies grandes como: cines, teatros, salas de actos, etc... Se conecta a un sistema de amplificación ya existente, por lo que aprovechamos esta instalación y sólo tenemos que instalar el bucle magnético.

## DETECTORES Y TRANSMISORES DE SEÑAL DE ALARMA

Este aparato es un detector de señales de alarma por sonido (el timbre de la puerta, teléfono, telefonillo etc.). Una vez que identifica la señal de alarma la transmite vía FM a un receptor que avisa por luz o vibración. La instalación es sencilla simplemente se aproxima el detector a la señal de alarma y este aparato se encargará de enviar la señal de aviso a los sistemas de alarma seleccionados. También existe la posibilidad de conectarlo directamente al sistema de aviso.



## ALARMA PARA BEBÉS

Esta alarma proporciona un sistema seguro de aviso cuando el bebé llora. Su instalación es sencilla, simplemente se acerca el aparato a la cuna del bebé y se activa su interruptor, estará listo para su utilización. Consta de un transmisor que incluye un micrófono incorporado, un botón de aviso y tres baterías. Funciona sin cables gracias a su sistema de transmisión FM. El micrófono reacciona con las altas frecuencias que emite el niño cuando llora, proporcionando una gran seguridad y evitando falsas alarmas. Aparte de estar diseñado para aviso de bebés o niños, también se puede utilizar en otras situaciones como busca personas. Se puede utilizar tanto dentro como fuera de casa hasta 75 mts. de distancia.



## AVISO DE ALARMA POR SONIDO

Este aparato es un receptor de las alarmas por sonido como timbre de la puerta, teléfono, telefonillo, etc. El usuario puede identificar la alarma que se ha activado gracias a los diferentes ritmos de sonido que utiliza para cada tipo de alarma, el sonido puede ajustarse hasta en 16 distintas frecuencias, seleccionando la frecuencia más audible para la persona. La comunicación entre las diferentes alarmas es por FM, evitando difíciles instalaciones con cables. Se pueden recibir hasta 7 diferentes señales de alarma.



## AVISO DE ALARMA POR LUZ

Este aparato avisa mediante destellos de luz de las señales de alarma como timbre de la puerta, teléfono, telefonillo, etc (diferentes destellos para distintas alarmas). La instalación es sencilla simplemente se conecta a la red eléctrica. Recibe las distintas alarmas por FM sin tener que hacer instalaciones con cables. Dispone de 7 diferentes señales de alarma y su potente luz le hace ser muy eficaz. Se puede instalar en la pared o en sobremesa.



## AVISO DE ALARMA PARA DESPERTADOR

Este aparato avisa de la alarma de cualquier despertador mediante un potente vibrador o por luz. Al recibir el sonido del despertador, el vibrador

conectado y situado debajo de su almohada, se activa. Los ruidos de fondo, como el ruido del tráfico, no se registran. Gracias al filtrado de su micrófono, reacciona solamente por encima de la frecuencia de 500 Hz evitando las falsas alarmas, por lo que sólo se despertará con la señal del despertador o por cualquier otra alarma conectada previamente (timbre de la puerta, teléfono, telefonillo, etc.). La instalación de es simple y sin necesidad de mantenimiento. Se sitúa el aparato cerca del despertador habitual o se programa para recibir otras señales de alarma.



### AVISADOR POR VIBRACIÓN SIN HILOS

Este aparato avisa por vibración e informa por unos pequeños pilotos luminosos acerca de la señal de alarma que lo ha activado. Los 4 pilotos luminosos del sistema (de diferentes colores), son para distinguir fácilmente las señales principales de alarma, aunque diferencia hasta 7 tipos de alarma vibrando de forma diferente cada una de ellas.



El rango de acción es de 75 metros cubriendo totalmete una vivienda normal. La batería es de larga duración de 1 a 5 años según utilización. El diseño es atractivo y fácilmente adaptable al cinturón por medio de un klik.

### AMPLIFICADOR MAGNÉTICO

Los amplificadores magnéticos son un sistemas de bucle magnético que permiten oír en aulas pequeñas, mostradores, salas de conferencias pequeñas o para uso doméstico con la televisión o el equipo de música. El sonido del equipo a amplificar se envía directamente al audífono sin el uso de cables, eliminando los problemas de ruido de fondo y de la distancia desde la fuente de sonido. Simplemente hay que ajustar el conmutador del audífono a la posición "T" (bobina telefónica).



Cubre una superficie de hasta 40 m<sup>2</sup>. La instalación no es complicada gracias al juego de adaptadores y micrófono que se adjuntan en el kit.

Este bucle dispone de varias opciones, como por ejemplo, incrementar la señal de sonidos graves o aumentar la señal de los sonidos agudos obteniendo así un sonido más natural. El aparato permite ver la televisión o escuchar la radio y asegurarse de poder oír cuando suene el teléfono, el

timbre de la puerta u otra señal de alarma ya que baja inmediatamente la señal de la TV o radio y activa la señal de alarma. Dispone de un ajuste de volumen y dos entradas de señal estéreo para radio y TV, opcionalmente se le puede incorporar un micrófono y su cobertura es de 70 m<sup>2</sup>. Es ideal para recintos pequeños en lo que se pueden habilitar unas filas de asientos para usuarios con audífonos o implante coclear

### SISTEMA DE INFRARROJOS

Este tipo de equipos permite escuchar la TV y la radio por medio de auriculares o por sus audífonos en la posición "T", gracias a la opción que existe por bucle magnético sin tener que renunciar a la amplificación y el ajuste del audífono. Además, permite estar conectado con otros dispositivos de alarma por medio de un receptor de señales de alarma y estar informado en todo momento si suena el teléfono, el timbre de la puerta, etc



### TELÉFONOS

Las personas usuarias de audífonos pueden experimentar todo tipo de problemas a la hora de mantener una conversación telefónica. Dependiendo del tipo de audífono pueden experimentar "pitidos" así como todo tipo de interferencias que dificulten enormemente la inteligibilidad del habla.

Algunos teléfonos han sido adaptados convenientemente para poder ser utilizados con prótesis auditivas. Poseen un amplificador de gran potencia y un sistema de altavoz que proporciona un sonido adaptado al audífono en modo manos libre ya que amplifica tanto los sonidos graves como agudos. Estos teléfonos disponen de una bobina de inducción magnética con la que se puede mantener una conversación telefónica sin ruidos de fondo ajustando el audífono en la posición "T". La persona con discapacidad auditiva puede llevar el auricular a su oreja sin que se produzcan los molestos pitidos e interferencias propias de teléfonos no adaptados.



### AMPLIFICADOR MAGNÉTICO PORTÁTIL

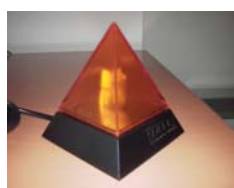
Este aparato es un pequeño amplificador telefónico portátil que envía la conversación telefónica directamente al audífono sin interferencias de ruidos de fondo. El amplificador se coloca adecuadamente en el auricular del teléfono.



Sólo hay que ajustar el audífono en la posición "T" (bobina telefónica) Puede conectarse a un pequeño set de comunicación y utilizarlo en reuniones así como en conversaciones en grupo. Al situarlo en frente del altavoz de un televisor o de una radio, la recepción de sonido será óptima. Se adapta a cualquier teléfono. Funciona mediante una pila desechable. El amplificador se desconecta automáticamente dos minutos después de haber recibido la última señal. Es de peso ligero y tamaño reducido, por lo que puede utilizarlo para actividades cotidianas o en viajes.

### DISPOSITIVO LUMINOSO POR DESTELLOS

Este es un dispositivo luminoso que señala con luz intermitente la recepción de una llamada telefónica, la alarma del despertador y otros tipos de alarma. De reducidas dimensiones y fácil conexión a la línea telefónica, es imprescindible cuando no es posible percibir el sonido del teléfono, por ejemplo si se encuentra muy lejos del aparato o en un ambiente especialmente ruidoso. Este aparato es útil en el hogar cuando no desea despertar a un bebé o un familiar.



El avisador luminoso, se compone esencialmente de una lámpara semiesférica de alta luminosidad, un cable para la alimentación, y un conector para la línea del teléfono.

### RELOJ DESPERTADOR POR LUZ Y VIBRACIÓN

Este tipo de reloj dispone de un gran visor de cristal cuarzo en el que se puede ver la hora, los minutos y la alarma que ha seleccionado, así como la forma de aviso de la alarma ( luz, vibración o sonido).



Este es un reloj digital que incorpora un potente vibrador. Fabricado con un material muy resistente que lo hace ideal para viajes. Muy fácil de ver de noche debido a sus dígitos y a la luz que incorpora. El manejo es sencillo, con un pequeño interruptor ajusta la hora, la alarma y la posición de "ZZ", (avisador para no quedarse dormido, cada 5 minutos le vuelve avisar de la alarma). Avisa por medio de vibración o acústicamente y no necesita ningún tipo de instalación.

### BUCLE MAGNÉTICO

Este aparato es un sistema de bucle magnético creado para oír con gran calidad y sin distorsión una fuente de sonido como por ejemplo una película, música u otras fuentes sonoras, sin perjuicios de

distancia, ruidos de fondos y reverberación sonora.



Por sus prestaciones este sistema

cubre una superficie de hasta 1200 m<sup>2</sup> y lo hace ideal para cubrir espacios amplios como teatros, cines, iglesias, etc. La instalación es sencilla ya que se conecta a la salida del amplificador y el bucle magnético se instala alrededor de la sala. Este bucle manda la señal directamente al audífono recibiendo éste el sonido del amplificador por medio de su bobina telefónica.



### SISTEMA DE COMUNICACIÓN POR BUCLE Y SONIDO

Este sistema ofrece a todas las personas - con o sin audífono – la posibilidad de comunicarse libremente a través de un auricular. El interlocutor simplemente habla en el micrófono, y el oyente recibe el mensaje de forma clara a través del auricular.



Los usuarios de audífonos tienen que poner sus audífonos en la posición "T" (bobina telefónica), para que el sonido se reciba en el auricular (sin necesidad de cables) a través de la bobina telefónica eliminando así, el problema del ruido de fondo y de la distancia del interlocutor. De esta manera se consigue una comunicación discreta sin tener que usar las manos.

### MICRÓFONOS DIRECCIONALES

Este tipo de micrófonos poseen una alto Índice de Direccionalidad. Por lo tanto, los usuarios notarán una gran mejoría a la hora de comprender el habla en entornos ruidosos o en cualquier lugar. Este tipo de micrófonos está diseñado para que resulte atractivo, ligero y funcional. Esto hace que los usuarios se animen a usar estos aparatos en más situaciones de escucha. Posee una alta direccionalidad en las frecuencias graves. Este tipo de micrófonos utiliza un avanzado procesamiento digital de la señal que abarca una respuesta de frecuencias más amplia especialmente en las frecuencias





graves. Esto hace que la señal que llega al audífono sea mejor y la calidad de sonido más natural. Con estos micrófonos se puede ofrecer al usuario una comprensión del habla excepcional en entornos ruidosos, de un extremo al otro de una sala y prácticamente en cualquier lugar.

## SISTEMA DE COMUNICACIÓN FM

Este sistema personal de comunicación puede completar el rendimiento del audífono y del implante coclear o puede utilizarse sólo para mejorar la comprensión de la palabra. Las opciones de bucle o de Entrada Directa de Audio (DAI) permiten adaptarse a cualquier audífono retroauricular o implante coclear. Este sistema es ideal para todos los usuarios de audífonos o implantes cocleares que deseen un mejor reconocimiento de la palabra. El sistema se adapta al audífono o implante coclear con la ventaja adicional de un micrófono colocado cerca de la boca del que habla, esto ayuda al usuario de audífonos o implante coclear a entender mejor la palabra en situaciones en las que la comunicación entre el interlocutor y el oyente puede resultar afectada por la distancia, el ruido de fondo o por el eco.

Las aplicaciones de esta tecnología inalámbrica son múltiples y muy variadas como por ejemplo: la comunicación entre profesor/alumno en conferencias, reuniones de negocios, visitas médicas, escuchar la televisión, la radio, conversación dentro de un coche, reuniones familiares etc...

### Receptores FM

Los receptores personales ofrecen amplificación para pérdidas auditivas ligeras entre 10 y 40 dB. El receptor también puede ser empleado por personas con una audición normal mediante el uso de un accesorio adicional. Estos receptores son una solución económica para la amplificación personal con y sin audífono. El control básico ON/OFF/VOLUMEN hace que estos receptores sean muy sencillos de manejar y adaptar.

Los receptores FM son muy versátiles y ofrecen la solución ideal para la amplificación personal y de grupos. En el aula pueden ser empleados por alumnos con deficiencias auditivas de atención, pérdidas auditivas oscilantes, pérdidas auditivas unilaterales o pérdidas auditivas mínimas. Acoplados a otros accesorios de mayor salida, los receptores FM pueden ser utilizados con sistemas de gran amplificación en teatros, tribunales, bibliotecas y otros lugares donde el nivel y calidad de escucha es importante y de este modo, eliminar barreras para aquellas personas que padecen una pérdida auditiva.

### Emisor FM

Los emisores FM ofrece una transmisión inalámbrica. Es el emisor ideal para la comunicación persona a persona, en situaciones de grupo y para guías de viajes. El emisor es ligero y permite hablar a un nivel normal sin necesidad de forzar la voz.

## REFERENCIAS

**American National Standards Institute**, (1995). *American national standard method for measuring the intelligibility of speech over communications systems*. ANSI S3.2-1989 (R 1995).

**American National Standards Institute**, (2002). *American national standard methods of the calculation of the speech intelligibility index*. ANSI S3.5-1997 (R Ateria, 2002).

**American National Standards Institute**, (2002). *Acoustical performance criteria design requirements, and guidelines for classrooms*. ANSI S12.6 -2002.

**American Speech-Language Hearing Association**, (1995, March). *Acoustics in educational settings: position statement and guidelines*. *ASHA*, 37, (suppl. 14), pp. 15-19.

**American Speech-Language Hearing Association**, (2002). *Guidelines for fitting and monitoring FM systems*. *ASHA Desk Reference*, Volume II, pp 151-171.

**Boothroyd, A.** (1984). Auditory perception of speech contrast by subjects with sensorineural hearing loss. *Journal of Speech and Hearing Research*, 27, 134-144.

**Boothroyd, A.** (1985). Evaluation of speech production in the hearing-impaired: some benefits of forced-choice testing. *Journal of Speech & Hearing Research*, 28, 185-196.

**Boothroyd, A.** (2002). *Influence of context on the perception of spoken language*. In: Proc. Congreso Internacional de Foniatría, Audiología, Logopedia y Psicología del lenguaje. Universidad Pontificia de Salamanca.

**Boothroyd, A., and Nittrouer, S.** (1988). Mathematical treatment of context effects in phoneme and word recognition. *Journal of the Acoustical Society of America*, 84, 101-114.

**Boothroyd, A., Erickson, F., & Medwetsky, L.** (1994). The hearing aid input: a phonemic approach to assessing the spectral distribution of speech. *Ear and Hearing*, 15, 432-442.

**Cox, R.M. and Moore, J.R.** (1988). Composite speech spectrum for hearing aid gain prescriptions. *Journal of Speech and Hearing Research*, 31, 102-107.

**Crandell, C.C. and Smaldino, J.J.** (2000). Classroom acoustics for children with normal hearing and with hearing impairment. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 31, 362-370.

**Davis, D. and Davis, C.** (1997). *Sound system engineering* (second edition). Newton, MA: Focal Press.

**Fletcher, H.** (1953). *Speech and hearing in communication*. New York: Van Nostrand. (Available in the ASA edition, edited by Jont Allen and published by the Acoustical Society of America in 1995).

**Delgado J. y Zenker F.** El promedio del espectro del habla. Fundamentos y aplicaciones clínicas [en-línea]. *Auditio: Revista electrónica de audiolología*. 1 Octubre 2002, vol. 1(3), pp. 41-44. (<http://www.auditio.com/revista/pdf/vol1/3/020301.pdf>)

**French, N.R. and Steinberg, J.C.** (1947). Factors governing the intelligibility of speech sounds. *Journal of the Acoustical Society of America*, 19, 90-119.

**Mackersie, C.L., Boothroyd, A., and Minnear, D.** (2001). Evaluation of the Computer-Assisted Speech Perception Test (CASPA). *Journal of the American Academy of Audiology*. 12, 390-396.

**Peutz, V.** (1997), Speech recognition and information. Appendix 10 in: Davis, D. and Davis, C. (1997). *Sound system engineering* (second edition), pp639-644. Newton, MA: Focal Press.

**Steeneken, H.J.M. and Houtgast, T.** (1973). The modulation transfer function in room acoustics as a predictor of speech intelligibility, *Acustica*, 28, 66-73.

**Zenker, F., Delgado, J. y Barajas, J.J.** Características acústicas y aplicaciones audiológicas del promedio del espectro del habla a largo plazo. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*. 2003, Vol. 23, No. 2, 58-65).

#### Contacto con el autor:

Franz Zenker.  
Clínica Barajas.  
C/ Pérez de Rozas 8.  
38004 Santa Cruz de Tenerife.  
Islas Canarias. España.  
Tel: +34 922 275488  
Fax: +34 922 270364  
E-mail: [zenker@clinicabarajas.com](mailto:zenker@clinicabarajas.com)

#### Representante de Ayudas Técnicas Phonicear, Phonak y Oticon para las Islas Canarias:

Clínica Barajas.  
C/ Pérez de Rozas 8.  
38004 Santa Cruz de Tenerife. Islas Canarias. España.  
Tel: +34 922 275488  
Fax: +34 922 270364  
E-mail: [info@clinicabarajas.com](mailto:info@clinicabarajas.com)

#### Para saber más:

<http://www.auditio.com/fm>