

## Sordera y Tecnología.

La falta de audición es una discapacidad cuyo impacto es a menudo infravalorado debido al hecho de su poca "visibilidad": sin embargo, no poder oír supone una perturbación muy grave de la comunicación, basada fundamentalmente en el lenguaje oral: cualquier perturbación permanente de la comunicación conduce inevitablemente al aislamiento social.

La discapacidad auditiva es además una discapacidad compartida: el que no oye no puede entender fácilmente a los que le hablan pero su interlocutor tampoco logra hacerse entender con fluidez por la persona con sordera: esa incomodidad mutua es otra razón por la que se acentúa el proceso de des-integración social, tanto en el círculo más próximo, familia, como en aquellos lugares y momentos en los que debemos relacionarnos con extraños.

No poder utilizar la audición condiciona la vida laboral de una forma que a menudo no se sospecha: cualquier puesto de trabajo que exija el uso del teléfono o el contacto con el público en general plantea importantes dificultades a las personas con sordera, independientemente de su nivel de calificación.

En el caso de las sorderas pre-linguales o congénitas, se añade a lo anterior una gran dificultad para adquirir el propio lenguaje oral: aunque el antiguo término "sordomudo" no pueda ya aplicarse afortunadamente a la gran mayoría de estas personas en las sociedades desarrolladas, la realidad es que un gran número de ellas no llegaba hasta ahora a dominar el lenguaje oral y escrito de una forma suficiente como para por ejemplo abordar estudios superiores o entender textos escritos de una cierta complejidad.

Desde que se inició verdaderamente la educación de las personas con sordera pre-lingual, en el siglo XIX, se buscaron medios para poder compensar la deficiencia auditiva y sobre todo para eliminar las dificultades de comunicación.

Las primeras medidas se centraron en la adaptación del propio código verbal o en el desarrollo de códigos alternativos: el alfabeto manual, las lenguas de signos, la potenciación de la lectura labial.

Atendiendo también a aquellos que sufren una pérdida auditiva tardía, el diseño de instrumentos mecánicos de amplificación del sonido que se nos pueden antojar hoy por hoy estrambóticos, anunciaba sin embargo el camino que iban a emprender los amplificadores, los transmisores táctiles y las prótesis auditivas cuando se pudo recurrir a la electricidad.

Hay que reconocer que, sobre todo para los casos de mayor pérdida auditiva, los progresos tecnológicos centrados directamente en la causa de las dificultades, es decir la falta de audición, fueron más lentos de lo que se podía esperar, cuando el conocimiento de la acústica y de la fisiología de la audición seguía siendo más bien esquemático.

Suponían beneficios substanciales y, gracias a ellos, los educadores consiguieron altos niveles de oralización en muchos de sus alumnos pero no eran capaces de restaurar la función auditiva en aquellas personas con discapacidad auditiva profunda. Por ello, a lo largo del siglo XX, la mejoría de la educación y de la calidad de vida de las personas sordas se consiguió fundamentalmente a través de programas educativos y sociales.

El esfuerzo paralelo de las instituciones educativas y de las propias comunidades de personas sordas logró un mayor reconocimiento de sus derechos (hasta bien entrado el siglo XX, en muchos países, las personas con sordera pre-linguales no disponían de la totalidad de sus derechos civiles) y un incremento progresivo de sus niveles de educación, cultura y formación personal.

El desarrollo de la informática va a suponer un cambio radical en esta dinámica con un salto cualitativo muy grande en la importancia de las ayudas tecnológicas.

Por un lado, desde la perspectiva de la reducción de barreras de comunicación, se produjo una inflación superlativa de la comunicación visual, mediante teléfono (mensajes SMS), fax o internet : para las personas sin audición, esta alternativa a la comunicación audio-oral por teléfono tradicional (una de sus grandes frustraciones al limitar su autonomía personal) ha supuesto un cambio enorme en su vida.

En los últimos años, para aquellas personas con ayudas auditivas más eficaces (sean prótesis o implantes), la tecnología del teléfono móvil se ha adaptado para permitirles incluso usar la transmisión acústica de una forma realmente eficaz.

Las posibilidades de subtitulación, con una presencia creciente en televisión, no han sido sin embargo apenas aprovechadas en toda su extensión : queda todavía todo un futuro por construir.

Cuando la técnica de reconocimiento vocal lo permita, la visualización escrita de lo que dice un hablante, en tiempo real, permitirá un acceso completo y autónomo a la información en cualquier evento público (clases de universidad, conferencia...) ; supondrá la resolución de muchos problemas de comunicación interpersonal, con un coste que se irá probablemente reduciendo con la generalización del uso de dicha tecnología.

Por otro lado, por primera vez, se están obteniendo resultados realmente eficaces para el conjunto de las personas sordas en la resolución de la propia discapacidad auditiva.

La última generación de prótesis auditiva dota de audición funcional (es decir de la capacidad de entender mensajes orales sin ayuda de la lectura labial) a las personas con sordera media y severa y el implante coclear consigue lo mismo para las personas con sordera profunda adquirida y para los niños con sordera profunda si se implantan precozmente : por primera vez en la historia, una tecnología está consiguiendo realmente que “ los sordos oigan” .

Disponer de una audición funcional supone para las personas con sordera adquirida en la adolescencia o a la edad adulta superar su situación de dependencia así como mantener en la mayoría de los casos su situación laboral y la calidad de sus relaciones sociales, dentro del mundo en el que estaban acostumbrados a vivir.

Disponer de una audición funcional desde la infancia supone para los niños que han nacido con una sordera profunda la oportunidad de acceder al lenguaje oral de una forma casi natural, evitando el largo y penoso adiestramiento anteriormente indispensable y que no todos podían llevar a cabo así como el enorme desfase que se producía siempre ; les permite librarse por lo menos parcialmente del esfuerzo suplementario de atención que suponía el uso de la comunicación visual, sea cual fuese la modalidad empleada ; les abre en suma una oportunidad impensable hace algunos años para la integración social y laboral.

Disponer de una audición funcional cuando, además de la sordera, un niño presenta otras discapacidades (visuales, motoras, cognitivas o psíquicas), en términos relativos, supone una diferencia aún mayor con la situación anterior porque elimina o reduce el efecto de la “ plurideficiencia” .

Son niños que, por la presencia simultánea de otra discapacidad, no pueden o pueden escasamente valerse de los medios de compensación que usan sus compañeros sordos sin trastornos asociados : las consecuencias de la sordera eran entonces dramáticas para el establecimiento de la comunicación interpersonal y el desarrollo de sus habilidades cognitivas y sociales.

En la actualidad, es posible proporcionarles un nivel de audición tan eficaz como en cualquier otro niño lo que cambia profundamente su situación vital.

Otras técnicas electrónicas de apoyo, como la FM, han mejorado también su eficacia en los últimos años, contribuyendo a un mayor rendimiento de las ayudas auditivas individuales en situaciones acústicamente no favorables.

El auge de la informática ha influido también en los métodos de enseñanza, permitiendo por un lado una mayor versatilidad en la presentación y el acceso a los contenidos y, por otro lado, la potenciación de medios alternativos : la visualización de parámetros de la voz y del habla, la automatización de ciertos sistemas de entrenamiento o de aprendizaje, la posibilidad de realizar y de observar simulaciones de fenómenos que, hasta ahora, sólo se explicaban a los alumnos mediante el lenguaje, todos esos recursos son muy útiles para el conjunto de alumnos pero lo son especialmente para aquellos que presentan limitaciones en la comprensión y/o el manejo del idioma.

La respuesta a la discapacidad siempre debe ser a doble sentido : debe intentar dar más capacidad a la persona discapacidad y al mismo tiempo debe acercar la realidad y la sociedad a las situaciones que difieren del planteamiento mayoritario.

La sordera es una discapacidad que levanta importantes barreras de comunicación : algunas se pueden levantar dando más audición y más lenguaje a las personas sordas, otras permitiendo el acceso a la vida ciudadana común “ a pesar” de la discapacidad : es el sentido de muchas medidas sociales como el reconocimiento de la Lengua de Signos y el acceso a un servicio público de intérpretes.

La tecnología supone ahora una herramienta de primera importancia en este campo de la eliminación de barreras y debe aplicarse de la misma manera : desde la persona con discapacidad, disminuyendo el impacto de ésta cuando es posible y proporcionándole los medios de compensación necesarios y, al mismo tiempo, desde el entorno social, generalizando en todos los ámbitos la aplicación de recursos técnicos y apoyando los programas de desarrollo de tecnologías cada vez más eficaces.

El desarrollo científico ha generado muchos monstruos pero es motivo de orgullo para nuestra especie que sirva también para reducir las diferencias individuales que, a veces una naturaleza injusta, otras veces una sociedad insensible han generado entre nosotros.

# Contribución del Implante Coclear en el desarrollo del lenguaje oral en el niño sordo

## Introducción

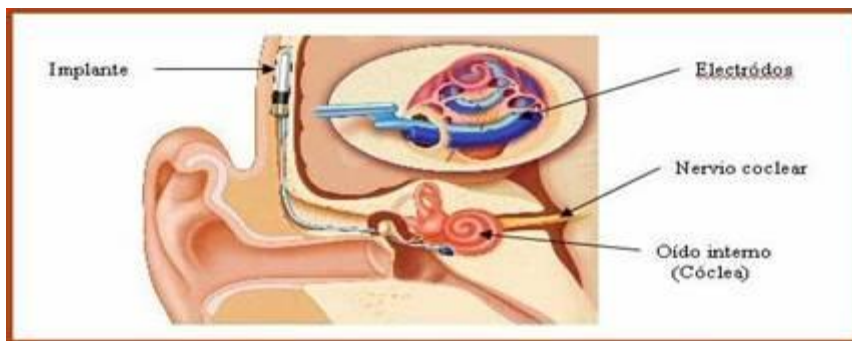
La tecnología desarrollada a lo largo del pasado siglo XX y al inicio del XXI nos ha dotado de nuevas herramientas capaces de corregir la deficiencia auditiva: el modelo de amplificación utilizado por las prótesis auditivas convencionales digitales es muy eficaz para corregir pérdidas medianas y severas pero es el implante coclear el que ha representado un cambio cualitativo en el campo de las sorderas profundas.

El implante coclear hace posible que un niño sordo profundo desarrolle una audición funcional que permite en la mayoría de los casos implantados precozmente y sin discapacidades asociadas, alcanzar niveles de desarrollo de lenguaje oral muy similares a los niños oyentes.

En este artículo trataremos de analizar precisamente el sentido de estos cambios a nivel del trabajo logopédico, pedagógico sobre todo cómo ha cambiado el enfoque del seguimiento familiar.

## ¿Qué es un Implante Coclear ?

Un implante coclear puede ser definido como un aparato que transforma los sonidos y ruidos del medio ambiente en energía eléctrica capaz de actuar sobre las aferencias del nervio coclear, desencadenando una sensación auditiva en el individuo.



## ¿Cómo funciona el implante coclear?

El implante coclear es un dispositivo que tiene dos grupos de componentes, uno externo y otro interno, que se implanta quirúrgicamente en el cráneo. Los componentes externos incluyen un micrófono ubicado detrás de la oreja, un procesador del habla que se usa en el cuerpo, y un transmisor que se lleva en el cuero cabelludo detrás de la oreja. Los componentes internos incluyen un receptor, un imán asegurado bajo la piel detrás de la oreja, y electrodos alámbricos colocados en la cóclea del oído. En algunos modelos más modernos, el procesador del habla y el transmisor se han combinado en una unidad y se pueden llevar al nivel del oído (se ve como una prótesis auditiva retro-auricular “ BTE” , por sus siglas en inglés).

El implante coclear recibe ondas de sonido a través del micrófono externo y las transforma en energía eléctrica especialmente codificada en el procesador de habla. Esa señal es transmitida a los electrodos internos que estimulan el nervio auditivo, el cual manda una señal al cerebro. Un otorrinolaringólogo especializado está a cargo de la cirugía de implante coclear en un hospital designado especialmente. Después de la cirugía y de un período de recuperación breve (un mes), la parte externa se adapta (por medio del proceso de “ cartografía” ) para el niño en cuestión.

El proceso de “ cartografía” o “ mapeo” debe ser repetido con regularidad para asegurarse de que el niño está oyendo correctamente. Los niños con implantes cocleares son evaluados y supervisados por audiólogos pediátricos capacitados en “ cartografía” o “ mapeo” y supervisión de implantes cocleares.



1. El micrófono del procesador del habla recibe el sonido.
2. El sonido es analizado, digitalizado y codificado en una señal.
3. Las señales codificadas son enviadas al transmisor.
4. El transmisor envía el código a través de la piel al implante interno en donde es transformado en señales electrónicas.
5. Las señales son enviadas al conjunto de electrodos para estimular las fibras nerviosas en la cóclea.
6. Las señales viajan al cerebro en donde son reconocidas como sonidos que producen una sensación de audición.

## Avances en los implantes cocleares

### El tamaño

En los últimos 5 años el tamaño del implante se ha reducido considerablemente sin perjudicar la calidad de audición. Los avances tecnológicos permiten procesar cada vez con mayor rapidez y claridad las señales acústicas y del lenguaje



### **La edad de la cirugía**

Son muchos los equipos de implantes cocleares que realizan la intervención a partir de los 6 meses. El objetivo es restaurar el canal auditivo lo más precozmente posible para dar al niño la oportunidad de desarrollar el lenguaje en el periodo natural de su adquisición natural. La dificultad es conseguir un diagnóstico seguro en esas edades. Para conseguirlo es necesario que se pongan en marcha en las maternidades programas de cribado en los recién nacidos.

### **Las técnicas**

Las técnicas quirúrgicas son cada vez menos invasivas y los electrodos atraumáticos. Esto hace que se pueda conservar parte de la coclea, que quedaría disponible para la aplicación de nuevos avances. Se piensa en un futuro no muy lejano, la posibilidad de combinar implante con prótesis

### **La doble implantación**

La colocación de 2 implantes hace que se pueda conseguir una mejor discriminación en ambientes ruidosos, que sea posible localizar los sonidos y sobre todo es importante estimular los dos oídos. De esta manera el niño sordo siempre podrá disponer de audición.

## **Conceptos de aplicación del implante coclear.**

### **Codificación**

Las prótesis auditivas convencionales amplifican el sonido de forma lineal pero la principal característica de las sorderas neuro-sensoriales es la variabilidad frecuencial de la pérdida auditiva, consecuencia de un mal funcionamiento de la coclea cuyo papel consiste principalmente en codificar la información acústica antes de mandarla al cerebro.

El implante no es un amplificador sino justamente un codificador cuya misión (y ambición) es realizar el trabajo de la coclea. La diferencia fundamental está en que la información dada por el implante es una información limitada pero estructuralmente representativa del sonido original

## **Aprendizaje y plasticidad cerebral**

El implante no le devuelve al niño una audición normal, tampoco se la da a partir de la 24ª semana de gestación como es el caso en un niño normo oyente : para aprovechar al máximo el implante es necesario un periodo de condicionamiento y aprendizaje cuya finalidad es ayudar al cerebro del niño a realizar lo que hará de forma natural si no fuese sordo, es decir darle sentido a los sonidos y así estructurar patrones perceptivos

Esta posibilidad cerebral está aún muy presente en el joven sordo I: un cerebro muy joven es capaz de adaptarse a las características de las entradas sensoriales, incluso si estas no corresponden al modelo estandar, pero sólo lo podrá realizar durante unos pocos años y mediante una estimulación precoz

(Pasic et Rubel 1989).

## **La adquisición del lenguaje y la sordera**

Hasta ahora todos nuestros esfuerzos para que un niño con sordera profunda pudiera desarrollar la comprensión y adquisición del lenguaje oral estaban centrados en la lectura labial, los signos manuales (lengua de signos o comunicación Bimodal) los apoyos aumentativos como la palabra complementada y el lenguaje escrito: todo pasaba por el canal visual.

La vuelta al uso del canal auditivo tiene consecuencias muy complejas tanto a nivel de aptitudes como la atención como en lo que se refiere a los procesos de tratamiento cognitivo y lingüístico de los mensajes orales.

## **Concepto de audición funcional**

Es importante distinguir entre lo que es una audición funcional y una audición normal, sobre todo para la familia que tiende a atribuirle al implante la “remediación” de la sordera. Las expectativas son muy altas y deben ser reajustadas individualmente a cada caso.

La audición funcional es la capacidad de reconocer, por la vía auditiva mensajes verbales cuyos elementos ya son conocidos. Esta acuidad auditiva se desarrollará poco a poco, ampliando cada vez más la capacidad discriminativa del niño sordos que podrá en un momento dado utilizar su audición de forma eficaz en situaciones más amplias con algunas limitaciones (ejemplo de sitios ruidosos, conversaciones cruzadas...)

A nivel pedagógico, con niños implantados, tenemos que recordar que la diferencia fundamental radica a nivel del aprendizaje ya que el nivel de audición durante los primeros años de la colocación del implante hasta que se consiga esa audición más eficaz, impide, retrasa o simplemente perturba la adquisición natural y automática de nuevas informaciones.

Es necesario que los profesionales y los padres entiendan que entre esa audición deficiente y la funcional que será la que facilite la autonomía del niño, hay un periodo de estimulación especializada y de aprendizaje.

## **¿Quiénes son candidatos al implante?**

Los pacientes que presentan una hipoacusia neuro-sensorial bilateral profunda de origen coclear, que se benefician de forma insuficiente o nula de los audífonos

Esta indicación se concreta en individuos con:

- umbrales auditivos bilaterales superiores a 90dB de media en las frecuencias de 500Hz, 1kHz y 2 kHz,
- que además presentan, en campo libre con la utilización de audífonos, unos umbrales superiores a 55 dB y
- una discriminación de la palabra inferior al 40%, empleando listas abiertas de palabras.

También están definidas algunas contraindicaciones como son:

- Malformaciones congénitas que cursan con una agenesia bilateral de la cóclea.
- Ausencia de funcionalidad de la vía auditiva o presencia de enfermedades que originen una hipoacusia de tipo central.
- Enfermedades que contraindiquen la cirugía bajo anestesia general
- No cumplimiento de los criterios audiológicos.

## Conclusiones

- El análisis de los resultados acumulados en estos últimos 5 años nos permite ser muy optimistas en cuanto a los beneficios de esa ayuda técnica. Los niños sordos profundos implantados precozmente pueden alcanzar niveles de audición funcional que les permiten desarrollar el lenguaje oral y comprenderlo sin recurrir al canal visual.
- Es una ayuda técnica muy potente que combina los últimos conocimientos de la medicina, habiendo superado muchos obstáculos como la edad del paciente, la menor destrucción del oído, la miniaturización de los chips electrónicos, la sofisticación de los programas informáticos capaces de hacer reconocimiento de voz y tratamiento de la información del habla.
- Las nuevas generaciones de niños sordos implantados pueden integrarse con mayores posibilidades de éxito en los centros ordinarios
- El implante sin embargo no convierte al niño sordo en oyente con lo que se debe respetar su diferencia y estar atentos a que reciba todo el apoyo necesario.

## Bibliografía

Archbold S. (1999) : Programa pediátrico de implante coclear en Nottingham. Integración. 10 . 6-11

Archbold S. y Lutman M. (1998) : Questionnaire of Nottingham Paediatric Cochlear Implant Programme - Univ. of Southampton.

Huarte A. y Manrique M. (1999) : Implantes cocleares en niños prelinguales. en M. Monfort (ed.) : Logopedia, Ciencia y Técnica. Madrid. CEPE.

Manrique M. y Huarte A. Implantes Cocleares Masson. 2002

Juárez A. y Monfort M. Doble Implantes cocleares. FIAPAS(2003) 93-94.76-81

Monfort M. y Juárez A. Algo que decir : una guía para padres de niños con sordera, de 0 a 5 años. Madrid: Enthaediciones 2001

Pasic T.R. et Rubel E.W. (1989) : Rapid changes in cochlear nucleus cell size following blockage of auditory nerve electrical activity gerbils. J.Comp.Neurol. 283. 474-480

## La Tecnología de FM

A pesar de los continuos avances en las estrategias de procesamiento de la señal y la tecnología multimicrófonos los audífonos y los implantes no cubren por sí solos todas las necesidades auditivas del niño. Su mayor limitación se encuentra en la imposibilidad de enviar una señal clara y nítida del habla cuando existe ruido de fondo o cuando el usuario no está cerca del emisor.

El proceso de aprendizaje a través de la audición depende en gran medida de un ambiente acústico favorable. La acústica del ambiente, en combinación con otras variables como la edad del niño, el grado y configuración de la pérdida auditiva, la intensidad de la señal de habla, la adaptación efectiva de los audífonos y/o implante coclear y los distintos dispositivos de ayudas técnicas determinarán la medida en la que el niño podrá escuchar y aprender.

La acústica de una habitación depende de dos factores: el ruido de fondo y la reverberación. La relación o ratio Señal/Ruido es la comparación del nivel de intensidad sonora de la voz de la persona que habla en relación con el nivel de ruido de fondo y es lo que llega al sistema de amplificación del niño. Cuando el ruido de fondo supera los 60 dB, el beneficio de las prótesis es nulo. La reverberación es la especie de eco que se produce cuando el sonido se refleja en superficies duras y lisas como paredes, cielorrasos y escritorios. Este fenómeno degrada la señal de habla encubriendo y distorsionando componentes importantes.

El tercer factor a considerar es la distancia entre el hablante y el niño. A medida que esta aumenta se reduce la intensidad de la señal. La distancia auditiva crítica es aquella dentro de la cual los sonidos del habla son inteligibles. Esta distancia, que se encuentra reducida en las pérdidas auditivas, varía de acuerdo a las cualidades acústicas del ambiente. El niño puede llegar a detectar e identificar todos los sonidos del habla cuando el ambiente es silencioso y el emisor se encuentra a menos de 1 metro de distancia, pero puede confundir o dejar de percibir algunos sonidos cuando el hablante se aleja o cuando hay ruido de fondo. La reducción de la distancia auditiva tiene consecuencias negativas en el aprendizaje incidental que puede llegar a realizarse a través de la escucha casual. Por eso es importante conocer cuál es la distancia auditiva crítica del niño para cada ambiente en donde se desenvuelve y modificar las situaciones en las que no tiene acceso a una señal auditiva óptima.

Los sistemas de FM son una ayuda técnica para salvar los problemas derivados de las condiciones acústicas adversas.

## Los sistemas de FM

En general, los sistemas de FM consisten en un sistema de comunicación simple: un transmisor, un micrófono y un receptor. El micrófono se utiliza cerca de la fuente sonora y transmite la señal al receptor que emite dicha señal en forma amplificada. Cuando el receptor se acopla al oído del usuario, y esto puede realizarse de diferentes formas, se denomina Sistema de FM Personal. Los sistemas de FM personales proporcionan una comunicación directa entre la persona que habla y el usuario y ayudan a concentrarse en las voces o sonidos que necesitan ser escuchados.

Los sistemas de FM pueden ayudar a todos los niños que obtienen algún beneficio de sus audífonos y/o implante coclear debido a que actúan en forma conjunta con estos sistemas de amplificación primaria y por lo tanto están limitados por la eficacia de estas adaptaciones.

Se recomienda su adaptación una vez que el niño tenga una programación y/o calibración estable en su sistema de amplificación primario y la familia esté familiarizada con el uso de las prótesis auditivas.

Los sistemas de FM también pueden ser útiles en niños que no son usuarios de audífonos, por ejemplo en aquellos con pérdidas auditivas leves o en aquellos que tienen dificultades en concentrarse en ambientes ruidosos. Los equipos de FM también están especialmente indicados en niños con Trastornos del Procesamiento Auditivo.

### a) Componentes



#### 1. Emisora de FM

El sistema de FM cuenta con un **transmisor** o **emisora** que recoge a través del micrófono el sonido que el niño necesita oír, lo convierte en una señal de radio y lo envía al receptor. Los transmisores utilizan la misma tecnología que las radios domésticas y proporcionan una señal sonora de alta calidad. La mayoría están diseñados para que la persona que habla los lleve cómodamente, por ejemplo en un bolsillo o sujetos al cinturón (1). Otros pueden sujetarse en la mano o colocarse en la mesa apuntando al orador.



#### 2. Receptor de FM

El **receptor** (2) capta la onda de radio enviada por el transmisor y la convierte en un sonido audible. El niño es quien utiliza el receptor. Actualmente los receptores se implementan a la parte inferior del audífono o al procesador del implante.

El **micrófono** (3) es el que recoge la voz del orador o el sonido primario que se quiere transmitir y se comunica directamente con el transmisor. El micrófono de corbata es generalmente el más cómodo para los profesores. Se sujeta en la ropa y debe estar de 10 a 15 cm. de la boca. En algunos de estos micrófonos existen opciones en las que, según se seleccione, puede captar los sonidos de todas las direcciones (omnidireccional) o dar preferencia a los sonidos de una dirección (direccional).

Todos los receptores y emisores necesitan una **antena** para recibir y enviar la señal. A veces la antena está incorporada en el equipo. En muchos casos la antena es el mismo cable del micrófono. Es importante no cortar ni acortar la antena para no afectar el rendimiento del sistema.



#### 4. Batería de la emisora de FM

Todos los sistemas de FM necesitan **baterías** para el receptor y para el emisor. En los audífonos, la misma batería alimenta al receptor de FM. Esto implica que cuando está conectado el receptor de FM la pila del audífono se consume más rápido. La emisora utiliza otro tipo de batería que debe recargarse cada cierto tiempo de uso a través de un cargador similar al que se utiliza con los teléfonos móviles (4).

#### **b) Utilización**

El micrófono acoplado al transmisor recoge la señal y la envía en forma inalámbrica al receptor. En el receptor la señal es convertida nuevamente en una señal de audio y puede llegar al usuario a través de un auricular, el audífono o el procesador del implante.



### c) Seguridad

Las ondas de FM no son dañinas. Para poder ser aplicada con el uso de audífonos e implantes cocleares la conexión de FM tiene que trabajar con muy poca potencia, apenas 1mW, lo que limita la radiación electromagnética a valores casi inestimables. 1000 veces menos que el pico de radiación de un teléfono móvil, muy por debajo de los valores de seguridad.

### d) Conexión FM-Audífono

Para conectar un sistema de FM al audífono es necesario que este tenga una “ entrada directa de audio” . Hoy en día prácticamente todos la tienen, esto permite que la señal de FM entre directamente en el audífono proporcionando una señal de sonido de alta calidad. En esta entrada directa de audio se adosa una pequeña zapata llamada “ adaptador de audio” a la cual se conecta luego el diminuto receptor (5).



### 5. Audífono retroauricular con adaptador de audio y receptor de FM

Algunos **audífonos digitales** necesitan ser re-programados para funcionar correctamente con los sistemas de FM. Si el audífono tiene varios programas diferentes deberá informarse sobre cuál es

el programa adecuado para el funcionamiento de la FM. Algunos audífonos de alta gama tienen incorporado el receptor de FM dentro de su carcasa (6).



#### 6. Audífonos con FM integrada

Muchos **audífonos de conducción ósea** tienen entradas directas de audio y pueden ser conectados a un sistema de FM de manera similar a los audífonos retroauriculares.

El **BAHA** tiene una entrada directa de audio. Para chequear el funcionamiento del sistema de FM debe enviarse generalmente al fabricante del BAHA.

#### **e) Conexión FM-Implante Coclear**

El uso de sistemas de FM con el Implante Coclear está altamente recomendado.

Generalmente el receptor del sistema de FM se conecta directamente al procesador del implante, aunque algunos procesadores necesitan un adaptador especial. Esta interfase lleva una pila de alimentación propia que debe renovarse periódicamente según el uso. Es muy importante utilizar el adaptador y los cables correctos. Es imprescindible que el equipo de implante programe el procesador para trabajar con la FM. Es importante tener en cuenta que cada vez que se chequea el sistema de FM en un IC sólo se tiene acceso al sonido que llega antes de ser procesado, debido a ello, si no es por los comentarios del niño, no se puede conocer directamente cuál es la calidad de sonido que está recibiendo, de allí la necesidad de evaluaciones funcionales.



## 7. Adaptador y receptor de FM para distintos IC

### **g) Beneficios de los sistemas de FM**

Los efectos del ruido y de la reverberación se reducen debido a que la distancia entre la boca de la persona que habla y el micrófono es muy corta (de 15 a 20 cm. o menor). Debido a ello, la distancia deja de ser un problema porque la voz de la persona que habla llega a la persona que recibe la señal, a un nivel comparable al que se esperaría si esa persona que habla estuviera junto al receptor a menos de 50 cm. de distancia. No es necesario elevar la voz.

Al ser la transmisión inalámbrica proporciona movilidad tanto al hablante como al niño sin verse degradada la calidad de la señal. Audífono/Implante Coclear y FM actúan en forma conjunta. El sistema de FM es “transparente” ya que respeta los parámetros y características dispuestos en el sistema de amplificación primario. El niño no queda “desconectado” del ambiente y es capaz de oír su propia voz ya que sigue recibiendo la información que capta el micrófono de su sistema de amplificación primario (Audífono/Implante Coclear).

### **CONSEJOS PARA EL USO DE SISTEMAS DE FM**

1. Asegurarse de que tanto el emisor como el receptor funcionan correctamente a través de un audioestetoscopio o preguntándole al niño cuando este es capaz de colaborar.
2. Situar el micrófono a 15- 20 cm de la boca del orador.
3. Activar el transmisor cuando el emisor se dirige a toda la clase o al grupo donde está trabajando el niño que lleva el sistema de FM.
4. Recordar desactivar el transmisor cuando se hable con otras personas o cuando la información que se transmite no es relevante para el niño que lleva el sistema de FM.

5. Utilizar el micrófono del transmisor en modo direccional. Tratar de no situarse en áreas ruidosas como cerca de una ventana ya que el micrófono puede captar también algo del ruido de fondo.
6. Si por algún motivo se debe gritar desactive el micrófono previamente.
7. Evitar el roce del micrófono con la ropa y/o colgantes/joyería.
8. Durante los debates en clase o los trabajos grupales fomentar que los niños que hablan se vayan pasando el micrófono. Sí esto no es práctico recordar hacer un resumen □utilizando el micrófono- de lo que se ha dicho.
9. El sistema de FM puede conectarse a otros dispositivos como TV, ordenador, reproductor de CD, etc. Pedir asesoramiento al audioprotesista para realizar dichas conexiones.
10. No utilizar el sistema de FM sí este presenta algún fallo.

## Avances tecnológicos en las prótesis auditivas

### 1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de la tecnología a la corrección de pérdidas auditivas ha estado presente en nuestra sociedad desde tiempos muy lejanos. Durante mucho tiempo la única solución posible al problema de la sordera fue el uso de la trompetilla y otros utensilios que actuaban como simples resonadores.

La aparición de la primera prótesis auditiva con amplificación eléctrica no vino hasta finales del siglo 19. Se habla de que Alexander Graham Bell inventó el teléfono después de construir un amplificador de audio para su esposa, que padecía de sordera.

El problema que pretende solventar una prótesis auditiva (audífono), es la lesión o disfunción de alguno/s de los mecanismos que intervienen en el proceso de audición. Dichos mecanismos son complejos y todavía existen grandes interrogantes acerca de su funcionamiento. El problema con que nos enfrentamos a la hora de determinar el algoritmo de proceso más adecuado, es la falta de conocimiento del sistema de decodificación que realiza nuestro sistema auditivo.

En la mayoría de las aplicaciones de ingeniería de audio, el objetivo es conseguir una señal lo más fiel posible, de alta calidad, no en vano todo sistema de audio comercial está pensado para personas con audición normal (normoyentes). Por ejemplo, en un sistema de grabación y reproducción, el objetivo es que la señal reproducida sea lo más parecida posible a la señal original registrada.

Sin embargo, cuando pretendemos corregir una pérdida auditiva, nos enfrentamos a un sistema auditivo dañado. Existen suficientes evidencias experimentales de que el sistema auditivo es un sistema no lineal, variante e incluso podría decirse que es no causal, ya que existen fenómenos como el *tinnitus* o *acúfenos*, que producen una percepción acústica en ausencia de estímulos externos. Todo ello, hace que nos preguntemos si la señal que debemos entregar a un oído dañado, debe ser o no, lo más fiel posible a la original.

A simple vista podríamos aventurar que la señal entregada debería presentar una cierta distorsión en amplitud, frecuencia y tiempo, opuesta a la distorsión provocada por el sistema auditivo dañado, de tal forma que ambas se compensasen. Ese planteamiento sería intachable si realmente pudiéramos

acceder a los mecanismos fisiológicos que provocan todas esas distorsiones (de amplitud, frecuencia y tiempo). Sin embargo, la mejor vía de aplicación de la compensación de que se dispone hoy en día, es a través de la excitación acústica a nivel timpánico, mediante una señal previamente procesada. Existen prótesis auditivas que estimulan por otras vías (ósea, coclear y nerviosa), pero su aplicación se restringe a casos en que no es posible la estimulación por vía aérea.

Durante las últimas dos décadas se han logrado desvelar importantes incógnitas acerca de la fisiología del sistema auditivo, que se han materializado en sistemas de proceso de señal propuestos por diferentes fabricantes. Sólo la profundización en dichos conocimientos ha hecho que valiera la pena la inversión en desarrollo tecnológico necesaria para implementar algoritmos de proceso muy complejos en el reducido espacio que requiere un audífono. El último paso en este desarrollo es la aplicación del procesado digital de señal a un audífono, que abre las puertas a un sinfín de posibilidades, cuya explotación depende de la continuidad en el avance del conocimiento sobre la fisiología de la audición.

Además de los aspectos puramente científicos, existen toda una serie de condicionantes socioeconómicos en el mundo de las prótesis auditivas que no deben obviarse, ya que en gran medida condicionan las tendencias de la industria de este sector. Un factor importante, son las expectativas de la persona que decide comprar un audífono. La sordera, en la mayoría de los casos, obedece a una lesión sensorial, por lo que ninguna solución podrá restituir totalmente la audición perdida. Sí, en cambio, mejorarla. Por ello, en muchos casos, la prótesis auditiva no responde a las expectativas del paciente, derivando en una serie de procesos psicológicos que terminan en el rechazo de la misma, aunque objetivamente su percepción acústica se vea mejorada. Otro aspecto social importante en el mundo de las prótesis auditivas es la necesidad del paciente de ocultar su incapacidad. Por ello, el paciente procura obtener siempre la prótesis más pequeña posible, aún a costa de obtener de ella peores prestaciones que las que obtendría con una audífono más grande, con posibilidades de proceso de señal más avanzadas. La satisfacción de este tipo de necesidades sociológicas es un argumento que pesa hoy en día mucho en la industria.

## **2.- EVOLUCION DE LA TECNOLOGÍA**

Durante muchos años, la tecnología disponible para ser aplicada a la construcción de prótesis auditivas no permitía ir más allá de la obtención de simples amplificadores que solo eran razonablemente eficaces en las hipoacusias de transmisión pero no podían abordar los problemas asociados a las hipoacusias de percepción, (reclutamiento, mala discriminación frecuencial, audición en ruido, efecto Larsen..etc) , por lo que eran mal aceptadas o rechazadas por los afectados. También contribuía al rechazo el tamaño .

Durante los años 70 y 80, el desarrollo de la tecnología electrónica en general permitió avanzar en algunos de estos problemas como el tamaño y el reclutamiento.

El mayor logro fue en el tamaño gracias a la miniaturización de los componentes electrónicos ; mas modestos fueron los avances en el problema relativos a la diferente sensibilidad en la percepción en la escala de intensidad en las hipoacusias sensoriales, (reclutamiento), que conlleva una mala audición para los sonidos de intensidad debil o media junto a una audición normal para los de intensidad fuerte o muy fuerte, dado que la voz presenta alteraciones naturales en la intensidad este fenómeno comporta una disminución de la inteligibilidad de la palabra junto a una sensación auditiva desagradable. Aprovechando las posibilidades de la miniaturización se pudieron instalar mas componentes en los circuitos e implementar diversos sistemas de AGC ,(en ingles Control Automático de Ganancia) que supusieron un avance importante pero todavía insuficiente para muchos usuarios de los audífonos. El resto de los problemas citados anteriormente, quedaban

fuera de las posibilidades de la tecnología hasta este momento utilizada : PROCESO ANALÓGICO DE LA SEÑAL.

Estaba claro que para poder avanzar en el proceso evolutivo de la tecnología aplicada a la industria de los Audífonos era necesaria la utilización de PROCESADORES DIGITALES DE SEÑAL, (DSP en inglés), que permitieran implementar algoritmos,(conjunto de instrucciones de proceso), acordes con los nuevos conocimientos de la fisiología de la audición. A finales de los años 80, el gobierno de EE.UU financio el llamado proyecto PHOENIX para el desarrollo de un audífono digital ; resultó un aparato muy grande cuyas prestaciones no mejoraron las ya disponibles en aquel entonces con la tecnología analógica. El problema era tecnológico ya que en aquella época no se disponía de circuitos digitales que funcionaran con bajo consumo y baja tensión por lo que tenía que alimentarse con fuentes de alimentación,(pilas), muy grandes; por otra parte, no se habían desarrollado las técnicas de integración de circuitos que permitiesen utilizar una gran cantidad de componentes en reducidos espacios. En la década de los 90, este desarrollo se produjo e hizo posible su utilización en los audífonos.

En 1995, la empresa danesa WIDEX A/S lanzó al mercado el primer audífono digital de proceso avanzado en formato CIC,(Completamente Insertado en el Canal auditivo). En los últimos diez años transcurridos, los avances en la tecnología digital han sido considerables. De los 300.000 transistores que en 1995 utilizaba un audífono hemos pasado actualmente a 3.000.000. Ello ha permitido profundizar y avanzar en las soluciones a los problemas anteriormente citados. La aparición de la tecnología digital introduce en los audífonos unas mejoras protésicas importantes tanto en los aspectos cuantitativos (mayor amplificación del sonido), como cualitativos (mejor sensación acústica). La tecnología digital permite que los algoritmos del proceso de señal que son capaces de realizar los audífonos sean cada vez mayores, más rápidos y con menor consumo. Por ello, ya en los inicios del siglo XXI, el audífono digital está desplazando completamente al analógico.

Con todo, conviene ser muy cauto en la selección del audífono digital más adecuado a cada usuario, puesto que no todos los audífonos denominados *digitales* poseen las mismas prestaciones. En ocasiones se ofertan audífonos digitales que únicamente presentan las mismas prestaciones que los audífonos analógicos. Por otra parte, y no menos importante, la adaptación correcta de un audífono digital de altas prestaciones requiere una elevada calificación profesional del audioprotesista y un instrumental técnico cada vez más complejo. Solo de este modo se garantiza que el usuario acceda a las prestaciones de un audífono digital de alta gama con las máximas garantías posibles de éxito.