

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISIÓN ÓSEA

Tesis profesional que para obtener el título de  
Licenciado en Diseño Industrial presenta:

ADOLFO IVÁN ESTRADA RODRÍGUEZ.

Con la dirección del DI JORGE VADILLO LÓPEZ  
y la asesoría de:

DI JOSE LUIS ALEGRIA  
DI FRANCISCO SOTO  
MDI CECILIA FLORES  
DI FERNANDO FERNÁNDEZ BARBA  
DR. JULIO CESAR MARGAIN  
DR. JOSE SILVA MARTINEZ.  
DR. JOSE LUIS PEREZ SILVA  
DR. FRANCISCO RESENDIZ RODRIGUEZ  
DR. CARLOS IGLESIAS  
DRA. YOLADA PEÑALOZA  
DR. CARLO PANNI  
DR. ADOLFO E. ESTRADA FRANCO  
ING. SALVATORE MESSINA  
ING. ROGELIO ROJAS

"Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría y que  
no ha sido presentado previamente en ninguna otra institución educativa"



15  
C

A

S



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL

Facultad de Arquitectura - Universidad Nacional Autónoma de México

Coordinador de Exámenes Profesionales de la  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
PRESENTE

EPO 1 Certificado de aprobación de  
impresión de Tesis

El director de tesis y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar la tesis del alumno

NOMBRE ESTRADA RODRIGUEZ ADOLFO IVAN No. DE CUENTA 9652955-5

NOMBRE DE LA TESIS Dispositivo de ayuda auditiva por transmisión ósea

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de la tesis en cuestión cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

Examen Profesional que se celebrará el día de de a las hrs

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Ciudad Universitaria, D.F. 13 marzo 2002

NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE D.I. JORGE VADILLO LOPEZ	
VOCAL D.I. FERNANDO FERNANDEZ BARBA	
SECRETARIO M D I. CECILIA FLORES SANCHEZ	
PRIMERO SUPLENTE D.I. ROBERTO GONZALEZ TORRES	
SEGUNDO SUPLENTE D.I. JOSE LUIS ALEGRIA FORMOSO	

ARO. FELIPE LEAL FERNANDEZ  
Vo. Bo. del Director de la Facultad

Se llegó a ésta solución de diseño proponiendo y estableciendo el uso de una diadema que nos permitiera ocultarse lo más posible por el cabello, no proponiendo lo mismo para el resto de los componentes, ésto para evitar que el producto siga reproduciendo patrones del pasado, como el hecho de parecer precisamente un aditamento médico o el poseer una muy pobre ergonomía.

Por este motivo, el contenedor de la tarjeta madre, micrófono, sensor y batería, así como el vibrador, tendrán una apariencia distinta. Ésto se conseguirá proponiendo colores y texturas diversas, que van desde los translúcidos hasta los sólidos.

Ahora bien, la manera en que piensa controlarse nuestro auxiliar es por medio de controladores manuales ya existente en el mercado, dispuestos en el auxiliar de manera discreta, pero de fácil acceso.

Por otro lado, un beneficio adicional es que el sexo no es importante, ya que podrán utilizarlo tanto hombres como mujeres, pues su diseño será para ambos casos y, aunque el segmento de edad de 1 a 7 años es corto, es una buena opción considerarlo, ya que éste aparato permite al niño que tiene problemas de conducción aérea, reconocer desde ese momento el lenguaje y desarrollar su habla y en general sus medios de comunicación y sociabilización. Por otro lado el dispositivo también podrá ser usado por personas adultas para auxiliarse auditivamente, pero, aunque no dejan de ser importantes, el otro

segmento tiene mas preponderancia, puesto que este ya desarrollo de alguna manera el reconocimiento de su entorno. Es así, como la condición del individuo (infante o adulto) no será importante, por que aún estando involucrados en alguna situación preoperatoria o postoperatoria de índole audiológico, el auxiliar será diseñado de manera tal, que pueda adaptarse a la mayor cantidad de circunstancias.

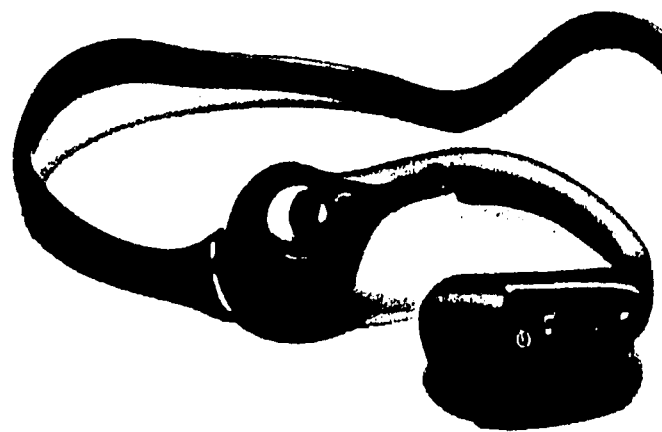
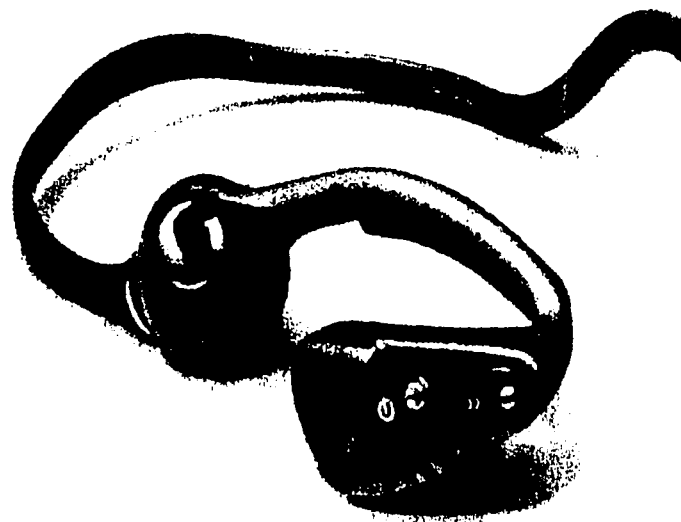
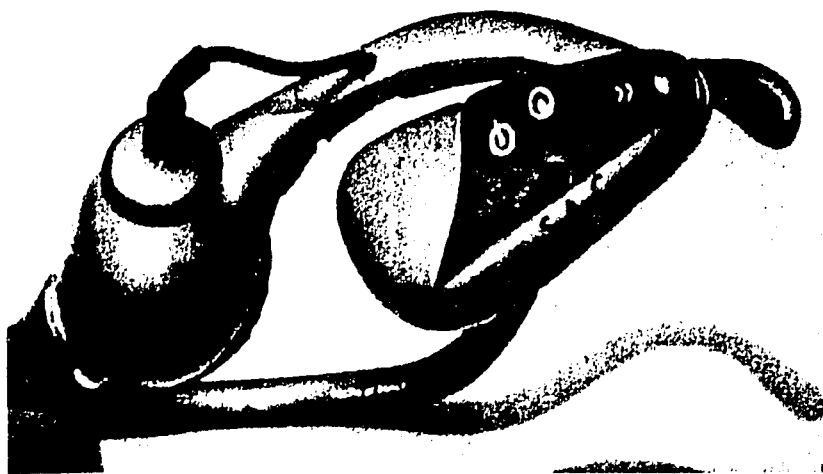
Otra característica que permite que el dispositivo se integre aún más al usuario, es que este se mantenga visibles, consiguiendo con ésto, que en el caso de los niños, tenga las características predominantes de un juguete y en el caso de adultos, se pretende que éstos posean un carácter laboral, es decir, que nuestro producto aparente fungir como una unidad de apoyo externa.

Otra meta, que quizás sea de los más importantes es, que incluso personas de bajos recursos puedan disponer de el, ya que desafortunadamente los dispositivos existentes son muy costosos y solo pueden comprarlo aquellas personas que tengan un nivel económico medio o alto. De esta forma al tener un producto económico se podrá ampliar el mercado de consumidores y, aunque puede que existan prejuicios con respecto al producto y al principio poca gente se permita usarlo, se espera que éstas cifras aumenten para que más personas puedan obtener buenos resultados a un precio moderado.

Habiendo terminado la descripción general de nuestro auxiliar, nos encaminaremos a darle un nombre comercial que no dejara a un lado sus características esenciales.

Después de un riguroso análisis se llegó a la conclusión de proponer una marca que estuviera directamente relacionada con nuestro producto, por éste motivo se decidió utilizar las siglas SAC que significan Solución Auditiva Conductual, de éste modo será así como lo identifiquemos para su lanzamiento al mercado.

AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR VÍA ÓSEA



INTRODUCCIÓN.....1

PLANTEAMIENTO  
GENERAL.....2

PERFIL DEL  
PRODUCTO.....3

## CAPITULO 1 CONCEPTO ERGONÓMICO

• ESTUDIO ANATOMO FISIOLÓGICO  
.....5

• CONCEPTOS Y ELEMENTOS DE LAS DEFICIENCIAS  
AUDITIVAS.....17

• ANTROPOMETRÍA.....19

• PERFIL PSICOLÓGICO DEL AFECTADO  
.....20

• PERFIL SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL DEL  
AFECTADO.....20

• PSICOFÍSICA DEL COLOR.....21

• CONCLUSIONES.....

## CAPITULO 2 TECNOLOGÍA EXISTENTE

• TECNOLOGÍAS  
APLICADAS.....

• LIMITACIONES DE LOS CONTROLADORES  
CONVENCIONALES.....

• PRODUCTOS EXISTENTES

• IMPLANTES.....

• DISPOSITIVO BTE (detrás del oído)  
.....

• DISPOSITIVO ITE (dentro del  
oído).....

• DISPOSITIVO ITC Y CIC  
(intracanal).....

• DISPOSITIVOS QUE TRANSMITEN EL SONIDO POR VIA  
OSEA.....

CAPITULO 3  
MATERIALES Y METODO DE FABRICACIÓN.....

CAPITULO 4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA  
.....

• ETAPA PREFIGURATIVA.....	44	PRESENTACIÓN	
• PROPUESTAS.....	47	FINAL.....	67
CAPITULO 5 ESTUDIO FORMAL Y TECNOLÓGICO PARA ESTABLECER LA		• VENTAJAS	
PROPUESTA FINAL.....	53	COMPETITIVAS.....	73
• PRIMER PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO		• COSTOS DEL PORYECTO Y PROPUESTA DE	
FORMAL.....	54	VENTA.....	74
• CONCLUSIONES.....	57	CAPITULO 7 ANEXOS.....	75
CAPITULO 6		• ANEXO 1.....	76
PROPUESTA FINAL.....	51	• ANEXO 2.....	85
DIMENSIONAMIENTO		• ANEXO 3.....	89
• PLANOS.....	61	• ANEXO 4.....	91
CARACTERÍSTICAS		ASESORES.....	99
INTEGRALES DEL PRODUCTO.....	63	REFERENCIAS	
• FUNCIONOGRAMA.....	64	BIBLIOGRÁFICAS.....	100
• CARACTERÍSTICAS TÉCNICO- FUNCIONALES.....	65	DIRECCIONES DE	
• PROPUESTA DE COLOR.....	65	INTERNET.....	102
• DESCRIPCIÓN DEL			
PRODUCTO.....	66		

# INTRODUCCIÓN

Los problemas auditivos a nivel mundial surgen o se desarrollan a cualquier edad ya que siempre existen agentes que provocan que el sistema auditivo desarrolle deficiencias que evitan que la persona pueda escuchar a su capacidad normal.

Las estadísticas expuestas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) nos muestran que aproximadamente el 10% de la población tiene problemas auditivos y de este porcentaje el 95% posee problemas de amplificación del sonido, mientras que el 5% restante padece problemas de conducción aérea y esto se agrava día con día ya que la vida que el ser humano lleva como tal, esta rodeada de ruidos que deterioran el sistema auditivo gradualmente.

En los países de menor desarrollo esto se agrava por las condiciones de insalubridad que existen; tal es el caso de nuestro país, en donde se ha podido identificar que en la población mexicana se han localizado en promedio 500,000 casos con problemas auditivos de conducción aérea y, aproximadamente 9'500,000 personas poseen deficiencias auditivas de otro tipo (cifras extraídas del Anuario de la Secretaría de Salud de 1996), todo esto considerado dentro de los 5 niveles de sordera y los dos niveles mas altos, en este caso el 4° y el 5° han surgido con mucha mas frecuencia por la falta de atención por parte de los afectados y por los métodos por parte de los médicos, ya que esto requiere una gran inversión por parte de los afectados, la cual es imposible solventarla dadas las condiciones económicas que vivimos.

Para poder entender un poco más acerca de las perdidas auditivas es necesario reconocer los elementos anatómicos y funcionales del oído y el significado de la sordera, reconocer las principales enfermedades que la provocan, los segmentos de edad que padecen estos problemas y los niveles de deficiencia auditiva que posee la población mexicana, ya que es a la que primordialmente se busca beneficiar con este proyecto.



## PLANTEAMIENTO GENERAL

Como hemos expuesto en la introducción, en realidad no existen soluciones realmente verdaderas o investigaciones que definan con precisión los casos y problemas concretos que envuelven a la Sordera, provocando que las empresas dedicadas a la producción de auxiliares auditivos pierdan el enfoque de las necesidades requeridas por las personas afectadas.

Hay que destacar que la sordera no sólo necesita de atenciones médicas diversas como cirugías o algún método que les ayude a restablecer lo más posible la parte afectada física o funcional del oído; muchas veces es necesario de agentes externos en este caso dispositivos, que les permitan recuperar parte de la audición. Existe tecnología con este propósito, la mayoría de ellos son dispositivos que se utilizan para la

recuperación de la audición, son en lo particular amplificadores de sonido o en algunos casos implantes cocleares. En el primer caso, estos dispositivos se encargan de estimular el oído medio y así conseguir que el paciente recupere audición. Algo importante de estos dispositivos es que el medio de transmisión es por la vía aérea (vía natural), es por eso que solo puede ayudar a personas que tengan un padecimiento en donde necesiten estimular a la cadena de huesecillos (responsables del estímulo auditivo), es decir, que posean entre otras cosas el oído externo en buen estado y un oído medio que pueda ser capaz de transmitir a la coclea (elemento anatómico nervioso) energía acústica por débil que esta sea. Por otro lado existen los implantes cocleares, que son dispositivos internos. Estos buscan estimular mediante impulsos eléctricos al oído interno, en especial al laberinto coclear que es el encargado de procesar toda esta información para después mandarla al cerebro. Este dispositivo se utiliza normalmente cuando el oído externo y medio llegan a tener daños irreversibles, pero, desafortunadamente esta tecnología requiere de cirugía para su colocación por lo que esto incrementa el costo del producto haciendo que esté al alcance de poca gente.

Ahora bien, ya que conocemos algunos elementos importantes de este proyecto, es necesario analizar con detenimiento la región del cuerpo que está directamente relacionada con la recepción y procesamiento del sonido. Por tal motivo estudiaremos desde este momento la estructura Anatómo-Fisiológica del oído y la relación que guardan todos sus elementos desde el instante mismo en que existe algún agente (sonido) que lo estimula.

## PERFIL DEL PRODUCTO

De esta forma y con la información existente se puede observar que es necesario diseñar un dispositivo capaz de apoyar a los ya existentes y que se aumente el número de beneficios especialmente para todas aquellas personas con problemas de conducción aérea, es decir, que sea capaz de atacar este tipo de deficiencias sin necesidad de buscar accesorios adicionales. Esto se pretende conseguir utilizando otro medio de transmisión, en este caso por vía ósea o posiblemente, dependiendo de cual propuesta solucione más problemas, usar simultáneamente el medio de transmisión óseo y aéreo para que no obstante la condición del paciente, si este posee un oído externo en buen estado, sirvan como medios de apoyo para la optimización del producto como tal.

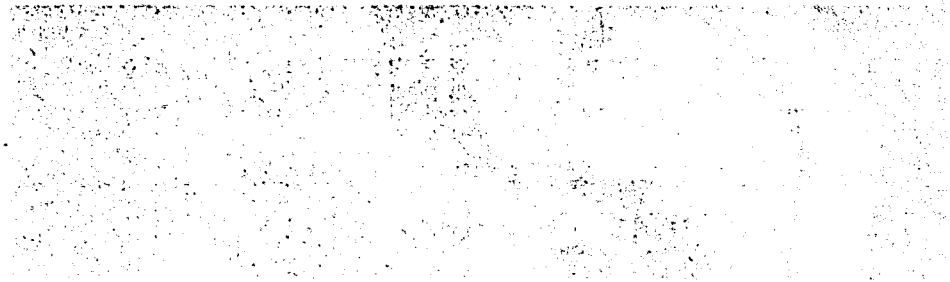
Con este aparato se pretende que la sujeción a la oreja sea autónoma. Puede parecer que ésto se enfoque a los implantes cocleares, puesto que al colocarlo mediante una cirugía, este se mantiene independiente; desgraciadamente al requerir de una intervención

quirúrgica para su colocación, incrementa el costo total del producto y deja fuera de posibilidades de compra a los que generalmente tienen menos recursos socioeconómicos. Es por ello que no tomaremos en cuenta este procedimiento, ya que una de nuestras prioridades es abatir los altos precios de los dispositivos existentes en el mercado. Por otro lado, se encontró de igual manera en los dispositivos aéreos que existen problemas realmente serios, como lo antiergonómico que éstos pueden llegar a ser, que aunque sus sistemas de fijación son muy elementales y no tienen un cargo económico adicional, son muy endebles, por que simplemente están superpuestos en algunas de las cavidades del oído externo o medio, esto provoca en la mayoría de los casos, constantes extravíos particularmente en los infantes, haciendo con esto que el usuario pierda la constancia de su tratamiento y una mejor calidad de vida.

Un beneficio adicional es que el sexo no es importante ya que podrán utilizarlo tanto hombres como mujeres, pues su diseño será para ambos casos y, aunque el segmento de edad de 1 a 7 años es corto, es una buena opción considerarlo, ya que este aparato permitirá al niño que tiene problemas de conducción aérea, reconocer desde ese momento el lenguaje y desarrollar su habla y en general sus medios de comunicación y sociabilización. Por otro lado el dispositivo también podrá ser usado por personas adultas para auxiliarse auditivamente, pero, aunque no dejan de ser importantes, el otro segmento tiene mas preponderancia, puesto que éste ya desarrolló de alguna manera el reconocimiento de su entorno. Es así, como la condición del individuo (infante o adulto) no será importante, por que aún estando involucrados en alguna situación preoperatoria o postoperatoria de índole audiológico, el auxiliar será diseñado de manera tal, que pueda adaptarse a la mayor cantidad de circunstancias. Otra meta, que quizás sea de las más importantes es, que incluso personas de bajos recursos puedan disponer de él, ya que desafortunadamente los dispositivos existentes son muy costosos y sólo pueden comprarlo aquellas personas que tengan un nivel económico medio o alto. De esta forma al tener un producto económico se podrá ampliar el mercado de

consumidores y, aunque puede que existan prejuicios con respecto al producto y al principio poca gente se permita usarlo, se espera que estas cifras aumenten para que más personas puedan obtener buenos resultados a un precio moderado.

Finalmente, un punto que seguiremos para nuestro nuevo producto, es que satisfaga necesidades tecnológicas, esto se conseguirá entre otras cosas, controlando el consumo de energía ya que aunque esto no se perciba, el mantenimiento de los aparatos existentes son en demasía costosos, pues la pila dura aproximadamente entre una y dos semanas dependiendo del uso que se le dé; Así se pretende que nuestro producto posea un sistema de ahorro de energía; de esta manera, aunque el dispositivo o la pila deban reemplazarse después de un periodo considerado de tiempo, la economía del usuario no será abruptamente colapsada en la compra ya sea, de las baterías o de un nuevo auxiliar.

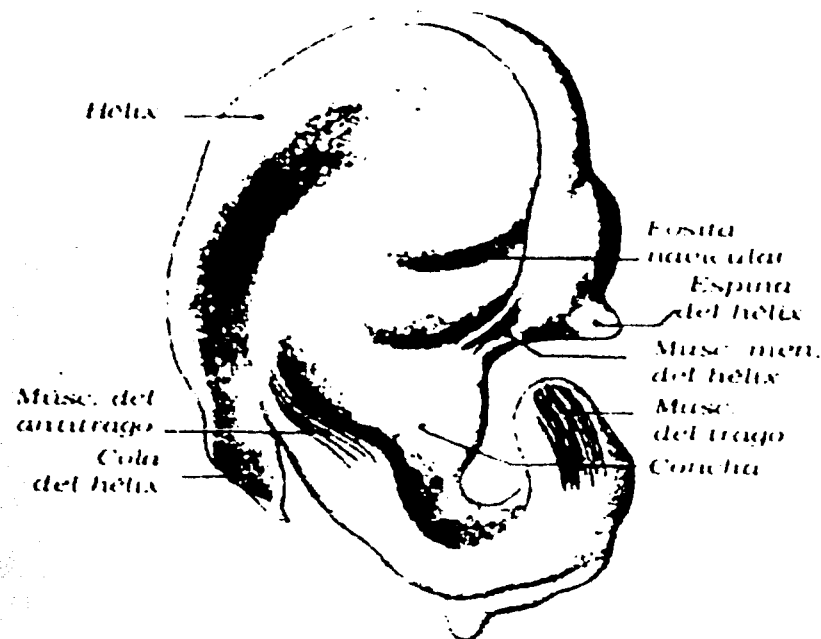
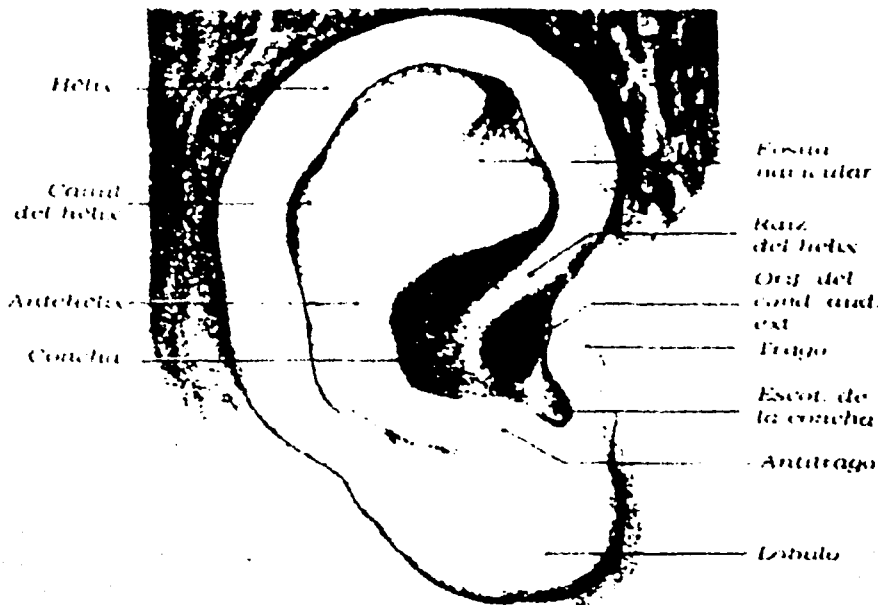


# GENERALIDADES DEL OÍDO EXTERNO

## ANALISIS

Con estos elementos atacaremos varios problemas y comenzaremos preguntándonos cómo se transmite el sonido por vía aérea y penetra al oído medio e interno. Para esto se tuvo que estudiar a fondo desde un principio la composición del oído, encontrándose que es

un hueso el que alberga a todo el sistema auditivo. Este hueso se denomina temporal, que está compuesto de varias partes como es la roca del temporal, la mastoides, el estiloides, el meato del oído externo, etc. Para entender más esta composición, mostraremos la conformación del cráneo y la ubicación del hueso temporal, pero antes describiremos los elementos anatómicos del oído externo e interno, que nos permitirán conocer a detalle su fisiología para comprender a la perfección lo importante que es el sistema auditivo, ya que éstos poseen la esencia de la transmisión de toda la energía acústica que recibe el cerebro.



## Fisiología del Sistema Auditivo

En este capítulo se examina la estructura y funcionamiento del oído, con el fin de lograr una mejor comprensión de los fenómenos y modelos psicoacústicos. Se estudia la anatomía y la fisiología del aparato auditivo, haciendo énfasis en aquellas partes y estructuras del mismo más importantes para el desarrollo de modelos perceptuales.

### El sentido de la audición y el sistema auditivo

La generación de sensaciones auditivas en el ser humano es un proceso extraordinariamente complejo, el cual se desarrolla en tres etapas básicas:

- Captación y procesamiento mecánico de las ondas sonoras.
- Conversión de la señal acústica (mecánica) en impulsos nerviosos, y transmisión de dichos impulsos hasta los centros sensoriales del cerebro.
- Procesamiento neural de la información codificada en forma de impulsos nerviosos.

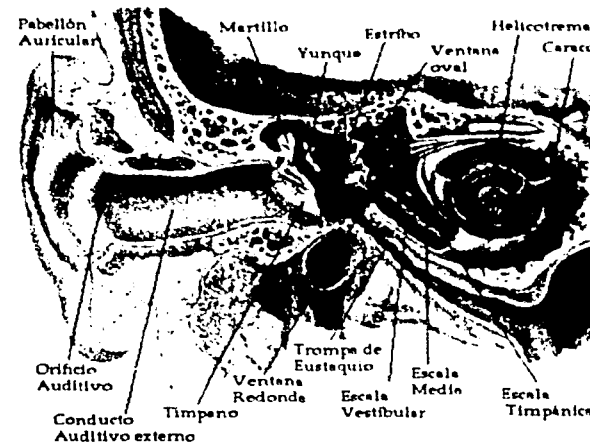
La captación, procesamiento y transducción de los estímulos sonoros se llevan a cabo en el oído propiamente dicho, mientras que la etapa de procesamiento neural, en la cual se producen las diversas sensaciones auditivas, se encuentra ubicada en el cerebro. Así pues, se pueden distinguir dos regiones o partes del sistema auditivo: la región periférica, en la cual los estímulos sonoros conservan su carácter original de ondas mecánicas hasta el momento de su conversión en señales electroquímicas, y la región central, en la cual se transforman dichas señales en sensaciones.

En la región central también intervienen procesos cognitivos, mediante los cuales se asigna un contexto y un significado a los sonidos; es decir, permiten reconocer una palabra o determinar que un sonido dado corresponde a determinada situación.

El presente trabajo se limita a estudiar y utilizar solamente los aspectos perceptuales del sistema auditivo; esto es, aquellos que son independientes del contexto y del significado y que, en buena parte, se localizan en la región periférica.

### Región periférica del sistema auditivo

El oído o región periférica se divide usualmente en tres zonas, llamadas oído externo, oído medio y oído interno, de acuerdo a su ubicación en el cráneo.



Anatomía del oído humano.

Los estímulos sonoros se propagan a través de estas zonas, sufriendo diversas transformaciones hasta su conversión final en impulsos nerviosos. Tanto el procesamiento mecánico de las ondas sonoras como la conversión de éstas en señales electroquímicas son procesos no lineales, lo cual dificulta la caracterización y modelado de los fenómenos perceptuales.

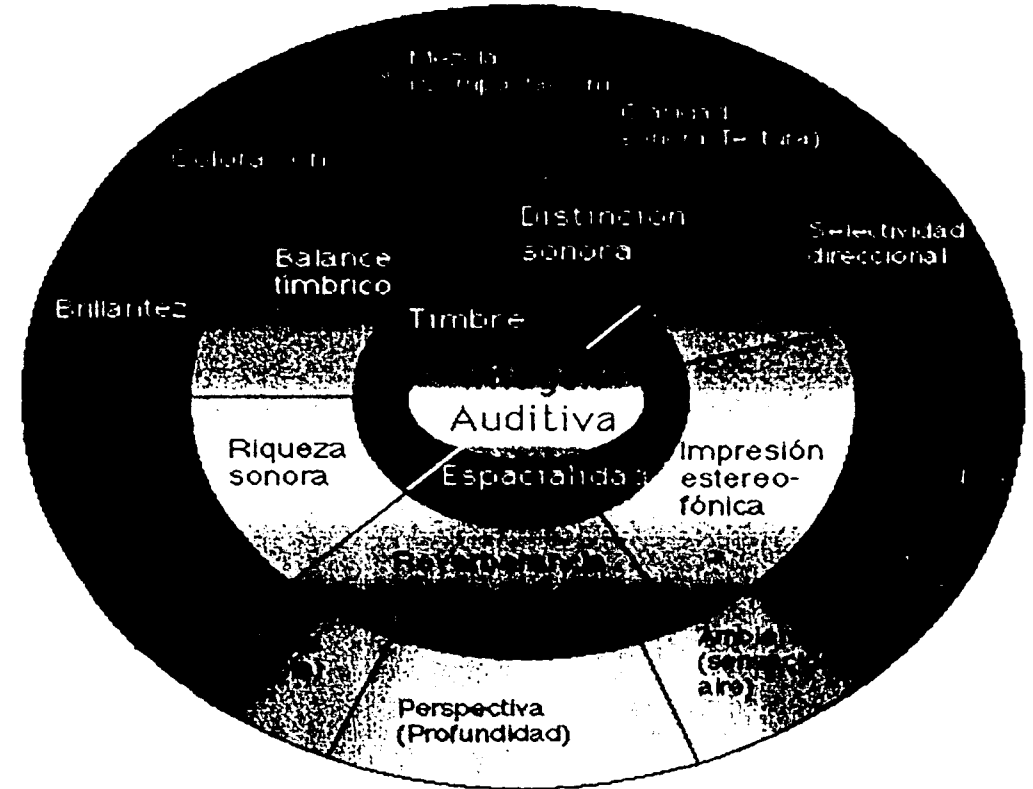
En las siguientes secciones de este capítulo se estudia la anatomía y funcionamiento de estas tres zonas del oído, así como la propagación y procesamiento del sonido a través de las mismas.

(Ver anexo 1)

### Psicoacústica

En este capítulo se describen los conceptos y fenómenos relacionados con la percepción del sonido. Para ello, se estudiarán y discutirán en forma cualitativa los resultados de numerosos experimentos psicoacústicos que aparecen en la literatura, y se justificarán (siempre que sea posible) en términos de la estructura y fisiología del aparato auditivo.

No todos los fenómenos perceptuales auditivos están relacionados directamente con un fenómeno físico sino que reflejan un conjunto muy complejo de relaciones que, para poder ser descritos, requieren de calificativos subjetivos de difícil repetibilidad entre observadores.



Terminología utilizada en percepción auditiva

### Rango dinámico y respuesta en frecuencia del oído Área de audición

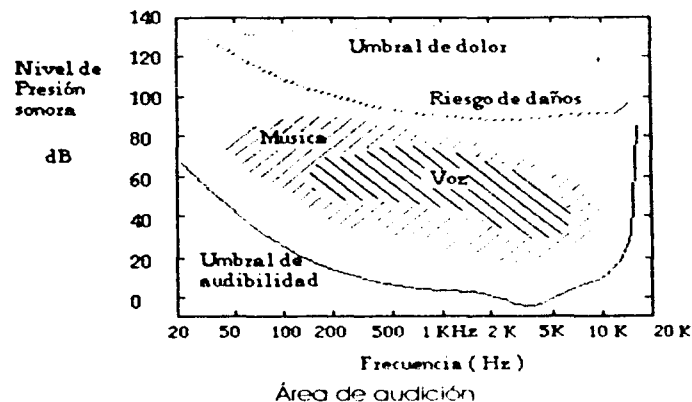
El ser humano es capaz de detectar únicamente aquellos sonidos que se encuentren dentro de un determinado rango de amplitudes y frecuencias. En este sentido, se puede establecer una analogía entre el aparato auditivo y un sistema electrónico de audio: en base al concepto convencional del rango dinámico.

Se define el rango dinámico del oído como la relación entre la máxima potencia sonora que éste puede manejar y la mínima potencia necesaria para detectar un sonido. Así mismo, el rango de frecuencias asignado convencionalmente al sistema auditivo va desde los 20 Hz hasta los 20 kHz, aún cuando este rango puede variar de un sujeto a otro o disminuir en función de la edad del sujeto, de trastornos auditivos o de una pérdida de sensibilidad (temporal o permanente) debida a la exposición a sonidos de elevada intensidad.

Ahora bien, la sensibilidad del sistema auditivo no es independiente de la frecuencia; por el contrario, dos sonidos de igual presión sonora pueden provocar distintas sensaciones de intensidad o "sonoridad", dependiendo de su contenido espectral.

Estos tres parámetros del oído (rango dinámico, respuesta en frecuencia y sensibilidad en función de la frecuencia) se resumen en la siguiente gráfica, que ilustra el área de audición.

El extremo superior del rango dinámico está dado por el umbral de dolor, el cual define las presiones sonoras máximas que puede soportar el oído. Más abajo de este nivel, se encuentra el límite de riesgo de daños, el cual representa un umbral de presión sonora que no debe sobrepasarse por más de un cierto período de tiempo (ocho horas diarias por día laboral), o de lo contrario puede producirse una pérdida de sensibilidad permanente.



El extremo inferior, denominado umbral de audibilidad (UA), representa la sensibilidad del aparato auditivo, es decir, el valor mínimo de presión sonora que debe tener un tono para que éste sea apenas perceptible. Por este motivo resulta obvio que esta sensibilidad depende de la frecuencia de la señal sonora; a modo de ejemplo, un tono de 1 kHz y 20 dB SPL será audible (está por encima de la curva), mientras que un tono de 50 Hz e igual nivel será inaudible (está por debajo de la curva).

Como se puede observar, el aparato auditivo es capaz de operar sobre un rango de presiones sonoras muy amplio (unos 150 dB). Las presiones sonoras correspondientes al mínimo del umbral de audibilidad ( $\text{\AA}$  0 dB SPL) equivalen a desplazamientos de la membrana basilar inferiores a  $10^{-10}$  m, distancia comparable al diámetro de un átomo. Tan extraordinaria sensibilidad se debe a los mecanismos activos y no lineales; es decir, a la acción combinada de varias células ciliares externas sobre cada célula interna.

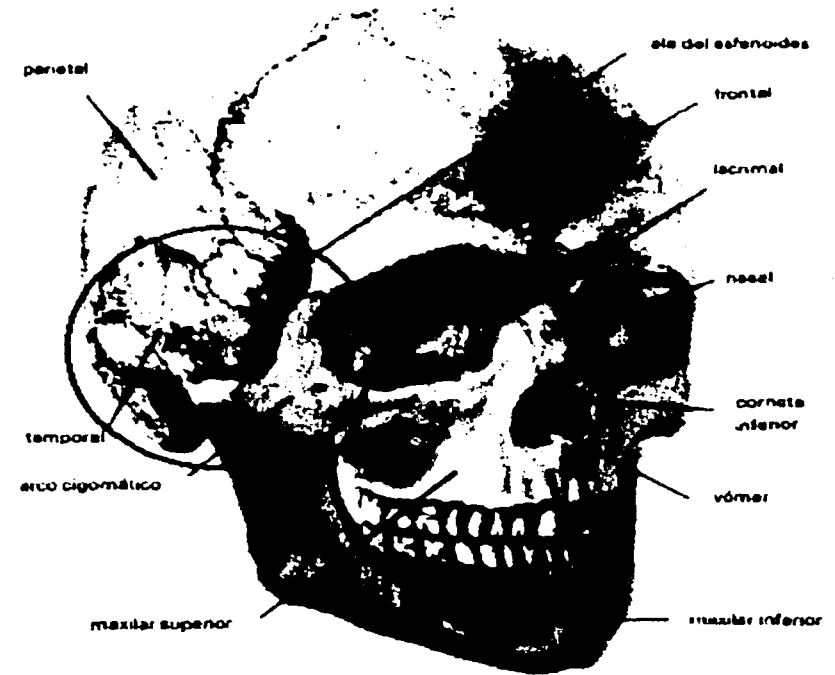
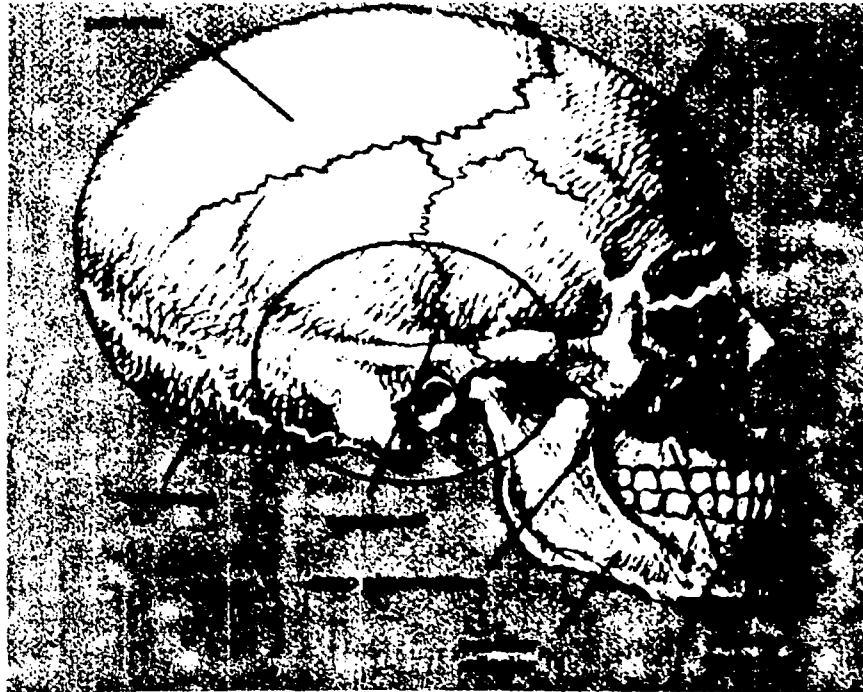
(Ver anexo 2, 3)



## ESTRUCTURA ÓSEA

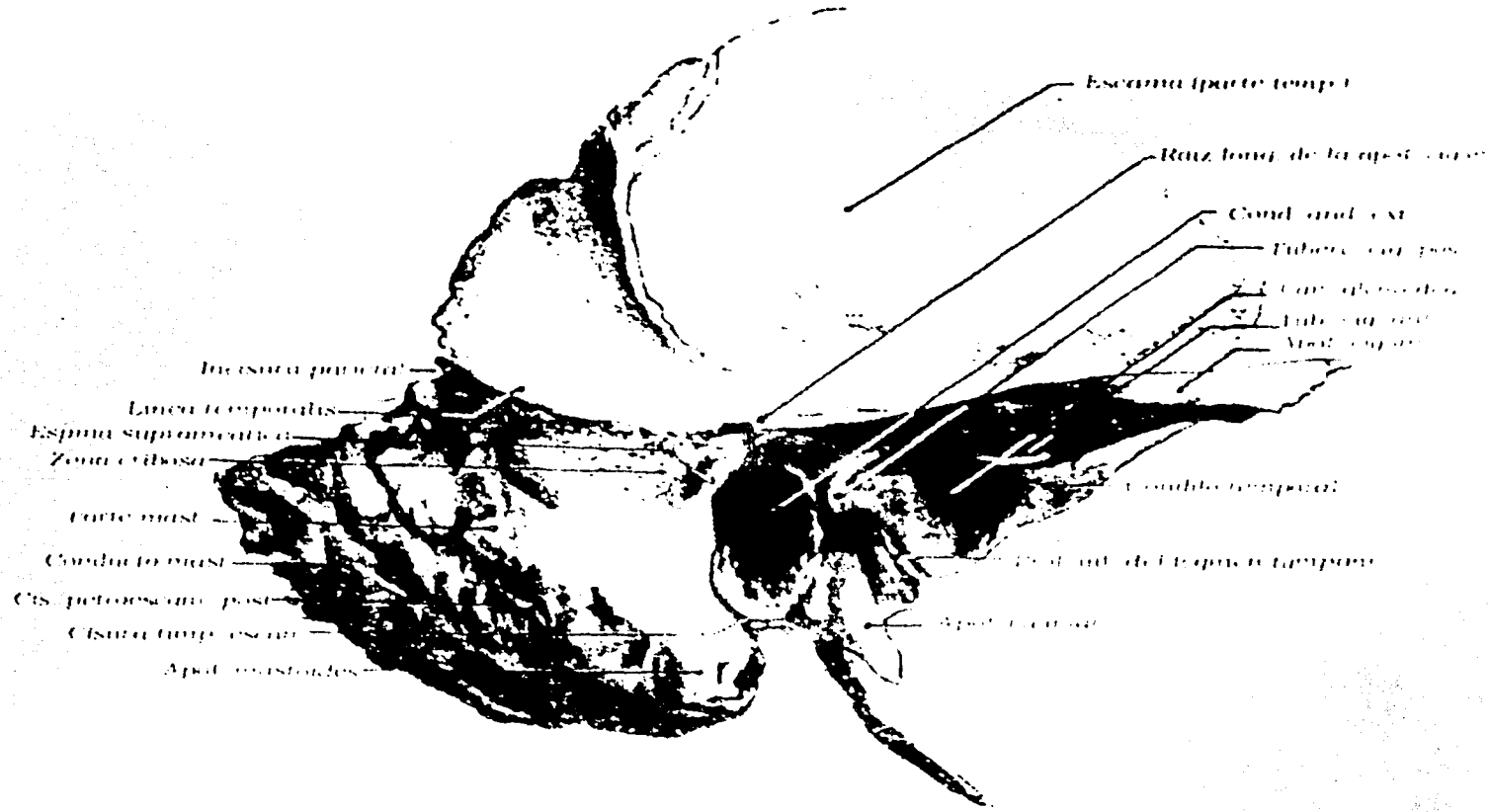
Al haber terminado de estudiar todas las partes del oído externo e interno nos enfocaremos en el hueso temporal que está situado en la parte inferior y lateral del cráneo, por detrás del esfenoides, por delante y por fuera del occipital y por debajo del parietal. Por este motivo, al encontrar que este es uno de los huesos más complejo del cuerpo

humano; es por eso que estudiaremos a la perfección su estructura y con especial interés la región de la mastoides para determinar la posible ubicación exacta de nuestro dispositivo; ya que al ser, como ya lo habíamos mencionado con anterioridad, la región que extendida hacia la superficie alberga al oído medio y ser excelente transmisor de energía acústica alternativa, es de fundamental importancia su estudio. Por ello, se mostrarán algunos esquemas de la fisiología y estructura del temporal y en especial de esta zona.



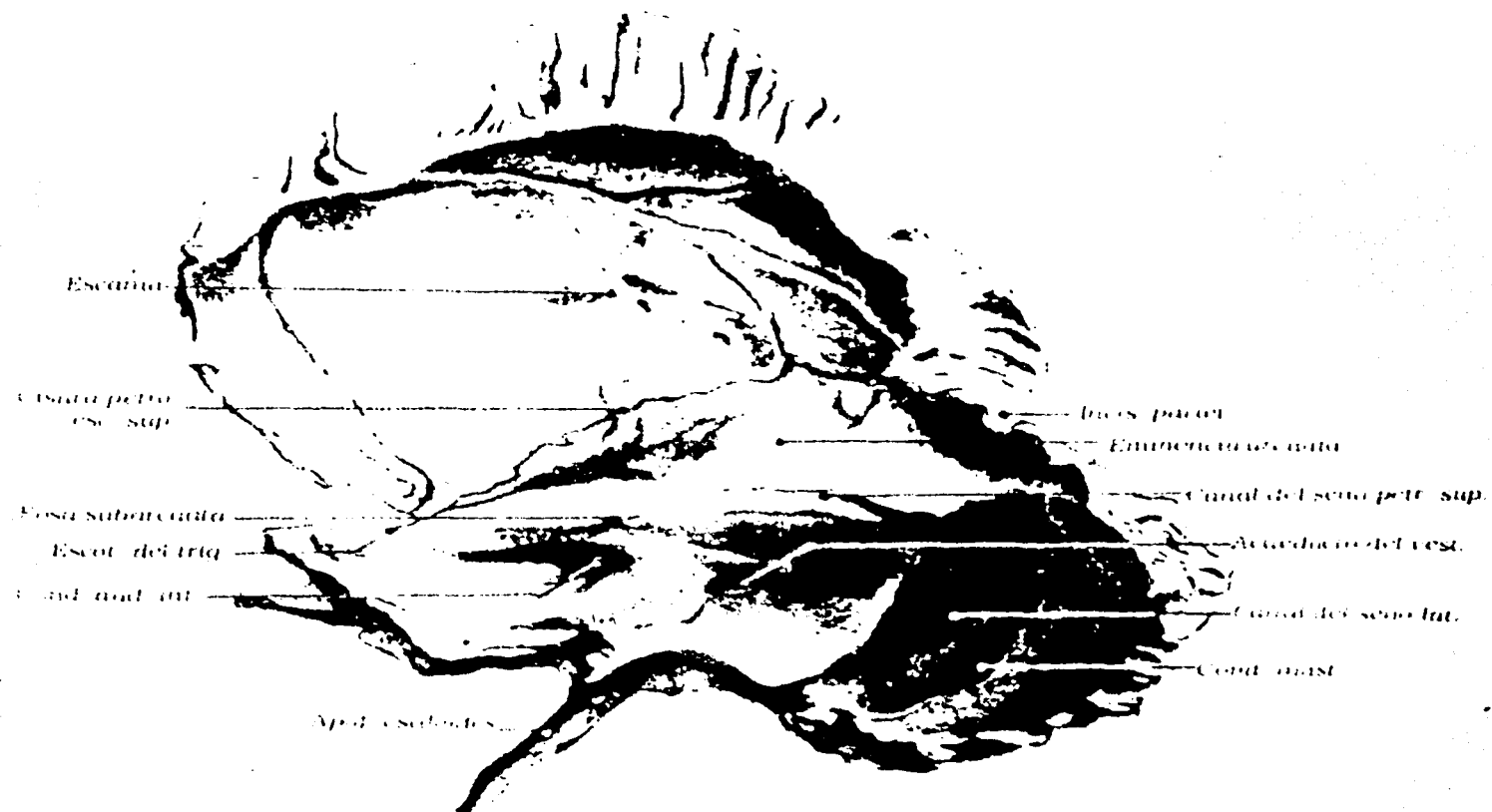
# GENERALIDADES

## CARA INFERIOR O BASILAR DEL HUESO TEMPORAL



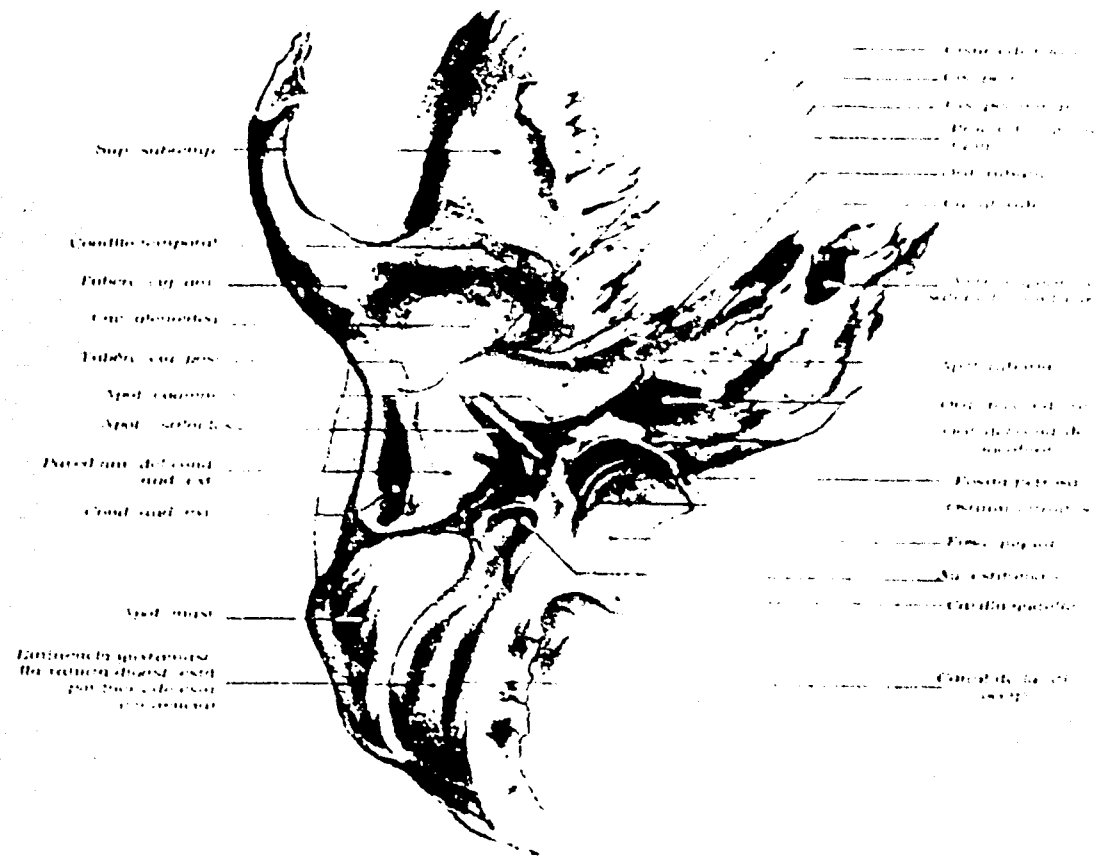
● Cavidad del oído externo.

CARA POSTEROSUPERIOR



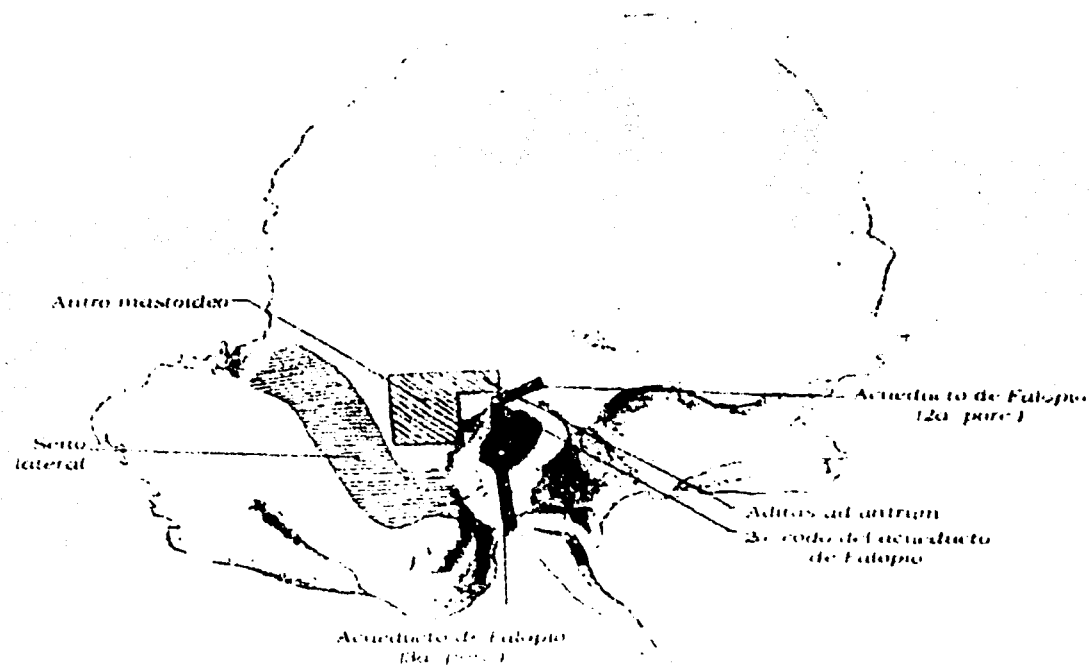
● Punto de encuentro del oído externo con el oído medio

CARA ANTEROINFERIOR



● Cavidades donde se encuentra ubicado el oído medio (cava timpánica).

## ESPECIFICACIÓN DE LAS CAVIDADES MASTOIDEAS GENERALIDADES



● Esta es la parte del temporal, denominada mastoides, que se involucra directamente con el oído medio. Esto sucede porque su formación se establece a partir de la cara inferior del hueso, hasta el final de la caja timpánica.

ANTRO MASTOIDEO



Aquí se muestra cómo la mastoides alberga a todo el oído medio. Es por ello, que es posible enviar energía acústica al tímpano.

RELACION OSEA CON LA TROMPA DE EUSTAQUIO



● Estas son las cavidades que contienen el punto de encuentro entre la caja timpánica y el oído medio.

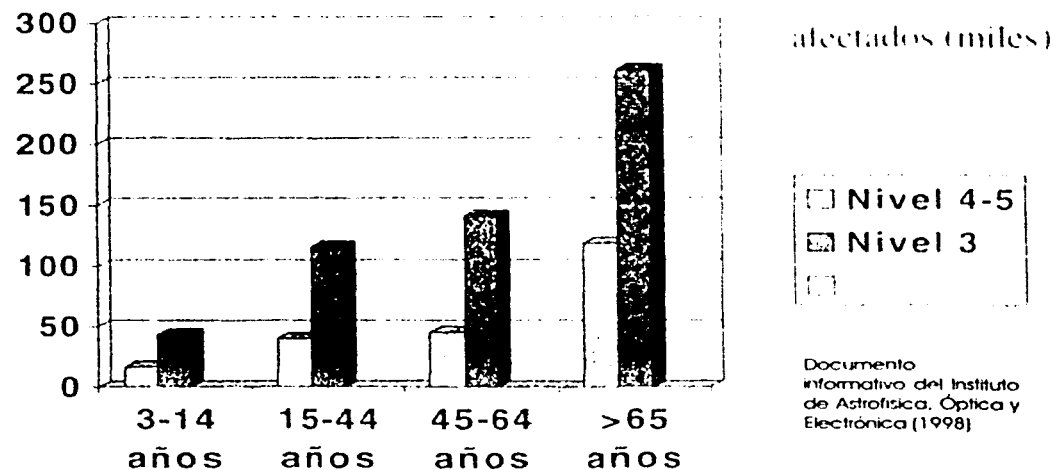
Abundando en otros términos, es importante entender por que las deficiencias auditivas son tan trascendentales en los procesos evolutivos del ser humano; por este motivo es necesario conocer conceptos fundamentales como: Sordera y posibles enfermedades de comunicación, comprender los elementos de la conducción auditiva así como su interpretación por parte del individuo afectado y los niveles de sordera que se encuentran en la población en general. Por ello, mostraremos a continuación estas definiciones, que nos serán útiles para comprender este padecimiento y comenzar a dar alternativas de solución tan viables como sean posibles.

### Sordera

Las células auditivas junto con la membrana basilar son responsables de traducir información mecánica en información nerviosa. Si las células auditivas se dañan, el sistema auditivo no tiene ninguna manera de transformar olas de presión acústicas a impulsos nerviosos, produciendo deterioros. Las células pueden ser dañadas a través de ciertas enfermedades como: meningitis, infecciones virales o bacteriológicas, síndrome de Meniere, desórdenes congénitos o por el uso de determinados medicamentos. Un ejemplo de problemas congénitos es la microtia que también puede desarrollarse por alteraciones cromosomáticas, o por muchas otras causas. Las células auditivas dañadas pueden llevar a la degeneración de neuronas auditivas adyacentes. Si un número grande de células auditivas o neuronas

auditivas se dañan, entonces la condición se llama sordera profunda. Esto anima desde el punto de vista terapéutico, a realizar injertos de Coclea porque las neuronas restantes podían excitarse directamente a través de estímulos eléctricos.

Las células al inicio del estímulo, son dobladas por el desplazamiento de la membrana que estimulan las fibras del nervio adyacente que son organizadas según la frecuencia en la que ellos están más sensibles. Cada lugar o situación en la coclea están respondiendo por consiguiente "mejor" a una frecuencia particular. Según estas teorías, las fibras del nervio auditivo disparan proporciones de signos con una frecuencias de 5000 Hz. A frecuencias bajas, las fibras del nervio disparan a cada ciclo del estímulo. Las frecuencias altas se presentan con el encendido organizado de grupos de fibras del nervio auditivo.





Muestra de los segmentos de edad con problemas auditivos a nivel nacional.

### NIVELES DE AUDICIÓN

- NIVEL 4-5  
DEFICIENCIA AUDITIVA BILATERAL PROFUNDA QUE VA DE LOS 60dB EN ADELANTE.
- NIVEL 3  
DEFICIENCIA AUDITIVA BILATERAL MODERADA QUE VA DE LOS 40 A LOS 60dB.
- NIVEL 1-2  
DEFICIENCIA AUDITIVA BILATERAL LIGERA QUE VA DE LOS 20 A LOS 30dB.

### Elementos del Oído enfocados a su condición auditiva.

Según el modelo de fuente-filtro de producción del sonido, puede considerarse que éste provee rendimientos de sistema lineal. Dependiendo del tipo de excitación de la entrada (fuente), se producen dos clases de sonidos para la comprensión de discursos: expresos y sordo. Si la excitación de la entrada es ruido, entonces los sonidos sordos son /s /t /, etc. Si la excitación de la entrada es periódica, entonces los sonidos expresos son /a /i /, etc. En el caso sordo, el ruido es generado o forzando por aire a través de un encogimiento estrecho (ejem, producción de /f /) o construyendo presión atmosférica detrás de una obstrucción y soltando de pronto esa presión (f /t). En contraste, la excitación producida por sonidos expresos es periódica y es generada por las cuerdas bucales al vibrar. Normalmente se envía la frecuencia de la excitación expresada como frecuencia fundamental (FO).

Se mostrarán las cotas indispensables para dimensionar con exactitud la propuesta de diseño, tomando como punto preponderante los parámetros por edades, ya que se busca desarrollar un producto que satisfaga a todo este sector.

Distancia entre temporales.

COTA 2:

4- 9 años de edad	131
13- 18 años de edad	145
18- 65 años de edad	150

Distancia oído a oído.

COTA 7:

4- 9 años de edad	115
13- 18 años de edad	125
18- 65 años de edad	135

Distancia Nuca- pabellón

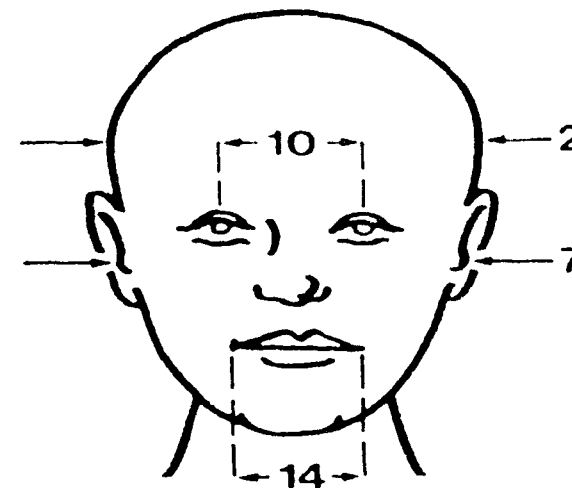
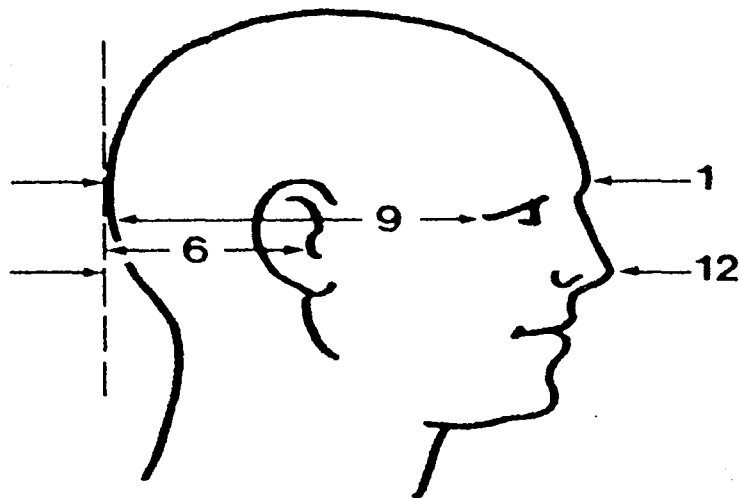
auricular.

COTA 6:

4- 9 años de edad	75
13- 18 años de edad	80
18- 65 años de edad	85

Los datos aquí expuestos representan con exactitud al percentil 5, esto se propuso así, para permitir con estas medidas, atacar a la mayor cantidad de usuarios posibles, ya que estos percentiles nos muestran la posible cabeza mas pequeña, pero también una cotidiana cabeza grande; esto dará como resultado, un auxiliar tan versátil, que podrá ser usado por todas aquellas personas que posean un padecimiento auditivo- conductual.

\*\* Todas las cotas están en milímetros.



Como se pudo observar, la sordera, así como el resto de las enfermedades implicadas tienen características muy peculiares que hacen de este padecimiento un punto difícil de comprender para la sociedad en general.

Por estas circunstancias, el individuo que posee deficiencias auditivas debe enfrentarse a estereotipos que no están a su alcance, pues es incapaz de desenvolverse fácilmente en actividades o estatutos que la sociedad realiza de manera común. Esto se agrava aún más en los sectores de la población con menores recursos, ya que además de lidiando con su situación socioeconómica, deben todavía enfrentarse a su padecimiento.

Esta incapacidad genera en muchas ocasiones que la persona se aisle, provocando que su mundo se vea fuertemente reducido y estimule en él, marcados rangos de depresión y angustia al no tener oportunidad de reconocer su entorno físico y social.

Ahora bien, ¿por qué ocurre todo esto?. Una de las razones principales del por qué sucede esto, es que esta enfermedad pasa completamente desapercibida por que no es en ningún momento evidente ante los ojos de la gente. Esto genera un margen alto de incomprensión e ignorancia puesto que las personas no lo notan; desgraciadamente esto provoca que en general no se les ayude o sean motivo de burla.

Cabe mencionar que ésto es aún más marcado en los niños, ya que son más despectivos, esto sucede por que una de sus herramientas de defensa al no entender alguna situación, es la mofa o la discriminación.

Por otro lado, en muchos casos, los afectados son auxiliados por dispositivos auditivos que al pretender ocultarlos se vuelven más evidentes, promoviendo que al usuario se le señale o sean continuamente acosados.

Por estos motivos comenzaremos a proponer desde este momento alternativas para que al desarrollar nuestras propuestas de diseño no caigamos en los mismos errores que tienen en su haber las auxiliares existentes en el mercado, ya que es de suma importancia que nuestro usuario, en este caso aquel que padece una deficiencia auditiva, se encuentre plenamente identificado con él, no únicamente de manera personal, sino también a nivel contextual, para que de esta forma se encuentre lo mas incorporado posible a su entorno.

Las deficiencias o discapacidades como se le quiera llamar, han sido señaladas desde el momento mismo en que la sociedad ha creado estereotipos referentes a la estética y capacidades físico- motoras de la especie humana.

A la sociedad en general le ha costado menos trabajo adecuarse a los patrones estéticos que en su momento creo, ya que al correr del tiempo sea uno alto o bajo de estatura, obeso o delgado o simplemente de un color determinado, resuelven sus necesidades y cumplen con la totalidad de sus actividades y, aunque en cuestiones económicas la discriminación es más extensa no limitan en su totalidad el que hacer que las personas desempeñan en la sociedad. No así con las disfunciones físicas, que al presentarse en su mayoría evidentes, son motivo de rechazo expreso, esto sucede ya que culturalmente hablando, la sociedad muestra al enfrentarse a ellos un nivel tal de ignorancia que sus únicas respuestas son repulsión o morbo.

Aunque pareciera que la no evidencia visual de la Sordera le ayuda a evitar procesos discriminatorios, no es así, pues al no identificar la deficiencia con facilidad poco comprenden el desarrollo de las personas con el padecimiento, provocando a los afectados un aislamiento tal, que las pocas posibilidades que tienen de identificar su entorno, se acaban.

Con lo antes expuesto, de ninguna manera dejaremos de lado las inquietudes y opiniones que los futuros usuarios tengan, para que de esta forma las propuestas que aportemos sean tan viables que estimulen para bien la calidad de vida de los afectados y su incorporación a la sociedad.

Así, esto puede concluirse en los siguientes tres puntos:

- Falta de información.
- Falta de comunicación.
- No se les considera como grupos de interés.

#### *Dimensiones del color*

Las dimensiones del color, también denominadas elementos cromáticos, se refieren a las cualidades o propiedades del color que hacen posible organizar los sistemas de color y que en si constituyen una composición cromática. Estas dimensiones nos permiten diferenciar un color de otro. Son tres los elementos cromáticos:

- Tinte, matiz o hue. Es lo que popularmente se conoce como color o cromatismo, lo que designa el nombre que diferencia cada color.
- Saturación. Es la pureza de un color con respecto al gris. Es la dimensión de fuerza o debilidad de un color. Los colores con mayor saturación son los que se acercan mas al color puro; esta característica también se conoce como intensidad.
- Luminosidad, valor, tono o brillo. Se refiere al grado de oscuridad o luz y al valor de las graduaciones tonales. Es la cualidad clara u oscura de un color en relación con el blanco y el negro.

#### *Interacción del color*

La interacción del color se refiere a que un mismo color evoca diferentes significados de acuerdo con diferentes factores o elementos con los que interacciona y modifican su percepción y, por tanto, su codificación. Dado que un color nunca se va a presentar de forma aislada, nos interesa la conexión y liderazgo de los colores, en tanto que los colores se presentan dentro un flujo continuo, constantemente relacionado con los contiguos y en condiciones cambiantes.

Dentro de estos elementos podemos mencionar los siguientes:

Tipo de iluminación. En este aspecto es necesario considerar tanto la calidad, como la intensidad.

Los elementos contiguos. Obviamente que no sólo el fondo de una figura coloreada influenciara a la misma, sino también los elementos contiguos de determinada sección cromática.

Textura. La textura lisa o brillante refleja más la luz, por lo tanto, acentúa la potencia del color. La textura áspera o mate reduce la fuerza del color por que difunde las radiaciones.

Fenómenos de contraste. Existen diferentes tipos de fenómenos de contraste y otros preceptuales que constituyen la base de muchas de las interacciones del color por variaciones de fondo o de elementos contiguos.

- Contraste simultáneo. Se produce cuando se ven simultáneamente los colores.
- Contraste marginal. Se produce cuando se encuentran dos o más colores sucesivos y al fijar la vista en algún punto de la línea divisoria se advierte el color oscuro más oscuro, y el claro mas claro.
- Contraste sucesivo. Cuando el ojo pasa de un área de color a otra, reajusta su sensibilidad como adaptación al cambio, lo que hace que se produzca una imagen sucesiva del color complementario.

Igualación del color. Es opuesto al de contraste, ya que se atenúan las diferencias entre colores, por una compensación de color.

La gradación marginal. Es otro fenómeno dado por la función del contorno en la constitución de la forma, produciendo efectos en las cualidades cromáticas de los colores y en el aspecto espacial.

Tabla de Interacción de colores

Colores yuxtapuestos	Tendencias	
	Primer color	Segundo color
Rojo- amarillo	Púrpura	Verde
Rojo- naranja	Amarillo	Azul
Rojo- verde	Intensificación mutua	
Rojo- azul	Naranja	Verde
Rojo- violeta	Amarillo	Verde
Rojo- blanco	Más brillante	Algo verdoso
Rojo- gris	Más violáceo	Algo verdoso
Rojo- negro	Más claro	Verdoso
Naranja- amarillo	Rojo	Verde
Naranja- rojo	Verde	Violeta
Naranja- verde	Rojo	Azul
Naranja- azul	Amarillo	Violeta
Naranja- violeta	Intensificación mutua	
Naranja- blanco	Más brillante	Algo azulado
Naranja- gris	Más amarillo	Algo azulado
Naranja- negro	Más vivo	Más azulado
Amarillo- naranja	Verde	Rojo
Amarillo- rojo	Verde	Violeta
Amarillo- verde	Rojo	Azul
Amarillo- azul	Naranja	Violeta
Amarillo- violeta	Intensificación mutua	
Amarillo- blanco	Más vivo	Algo violáceo
Amarillo- gris	Más intenso	Algo azulado
Amarillo- negro	Más verdoso	Algo azulado
Verde- amarillo	Azul	Naranja
Verde- naranja	Azul	Rojo
Verde- rojo	Intensificación mutua	
Verde- azul	Amarillo	Violeta
Verde- violeta	Amarillo	Rojo
Verde- blanco	Más brillante	Algo cálido
Verde- gris	Más vivo	Rojizo
Verde- negro	Más intenso	Algo cálido
Azul- amarillo	Violeta	Naranja

Intensificación mutua		
Azul- naranja	Verde	Naranja
Azul- rojo	Violeta	Amarillo
Azul- verde	Verde	Rojo
Azul- violeta	Más intenso	Amarillento
Azul- blanco	Verdoso	Cálido
Azul- gris	Verdoso	Agrisado
Intensificación mutua		
Violeta- amarillo	Azul	Amarillo
Violeta- naranja	Azul	Naranja
Violeta- rojo	Rojo	Amarillo
Violeta- verde	Rojo	Verde
Violeta- azul	Más vivo	Más luminoso
Violeta- blanco	Rojizo	Algo amarillento
Violeta- gris	Azulado	Agrisado

*Psicología del color*

*Conceptos y emociones asociados al color*

Una de las propiedades psicológicas de los colores es que son capaces de evocar determinados valores afectivos, emocionales o conceptuales.

Favre afirma que cada color tiene un carácter psicológico que le es propio y, de esta manera, lo describe en los colores más comunes:

*Significados asociados a los colores*

Color	Características semánticas
Negro	Es oscuro y compacto. Símbolo de desconsuelo y muerte. Un eterno silencio, sin esperanza ni futuro. El negro confiere una impresión de distinción, notabilidad y elegancia, especialmente si es brillante.
Blanco	Sugiere pureza, lo inaccesible y lo inexplicable. Crea la impresión de infinidad. Evoca un efecto refrescante y antiséptico cuando se aproxima al azul

Gris	No tiene carácter autónomo ni llega a las posibilidades de vida del blanco ni a la pasividad del negro. Es la expresión del estado del alma cuando es irresoluble.
Rojo	Significa fuerza, vivacidad, virilidad, masculinidad y dinamismo.
Rosa	Es suave y romántico, imagen de femineidad.
Café	Da la impresión de compacto y de gran utilidad. El café negro asume los atributos del negro.
Naranja	Expresa radiación y comunicación.
Azul	Es profundo y femenino con atmósfera relajada. <b>Lo prefieren los adultos y expresa cierta madurez, aunque evoca a la infancia.</b>
Turquesa	Es el color más luminoso. Es joven, inoportuno y vivez. Expresa un carácter ter extrovertido.
Violeta	Equivalente al pensamiento meditativo y místico, melancólico y de completa dignidad.
Lila	Evoca recuerdos de la infancia, sueños y fantasmas.

En la actualidad, ya se puede disponer de algunos datos al respecto como resultado de una investigación realizada en México. Específicamente este trabajo fue realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México y resulta interesante conocer los datos que aporta.

Por medio de un análisis comparativo, se pudieron establecer colores de -alta permanencia-, o sea, aquellos que coinciden entre mujeres y hombres, en las diferentes áreas de estudios profesional e inclusive en una medición repetida:

**Negro:** muerte, feo, noche, profundo, odio, pesado y miedo.

**Blanco:** paz, ligero, virtud, inocencia, bondad y salud.

**Rojo:** inquieto, amor, caliente, placer, fuerte y agresivo.

**Gris:** tristeza, latido, oculto.

**Azul:** felicidad y masculino.

**Rosa:** femenino.

**Verde:** esperanza.

*Aplicaciones de la percepción visual  
Selección de pictogramas versus rótulos*

Situación y requerimientos	Pictograma	Rótulo
Cuando el mensaje no puede ser completamente respetado gráficamente		X
Cuando se desea producir una respuesta rápida en el observador	X	
Cuando resulta impráctico poner múltiples rótulos de diversos idiomas	X	
Cuando se requiere un impacto mayor del mensaje en el usuario u observador	X	
Cuando el espacio disponible es insuficiente para un mensaje verbal	X	
Cuando el futuro usuario no a tenido experiencia con la imagen del mensaje		X
Cuando el símbolo pueda ser movido de su orientación inicial, girado o movido de manera que no aparezca en la posición adecuada		X

*Lineamientos para seleccionar la forma mas apropiada de indicadores (visual o auditiva)*

Características requeridas	Visual	Auditivo
La información o mensaje y/ o simple		X
La información o mensaje es largo o complejo	X	
La información o mensaje será referido posteriormente a su recepción	X	
La información o mensaje trata con eventos en tiempo		X
La información o mensaje trata con localización espacial	X	
Cuando la información requiere ser distribuida en localizaciones espaciales	X	
Cuando se quiere atención inmediata		X
Cuando el ambiente es oscuro		X
Cuando el ambiente es muy ruidoso	X	
Cuando el usuario se mueve continuamente en relación con el		X

Indicador		
Cuando el receptor usuario permanece en una posición desde donde puede ver continuamente el indicador	X	
<b>Cuando las características de la información no pueden ser realmente descritas verbalmente</b>		

*Selección de indicadores visuales*

Tipo de información	Tipo de indicador	Características
Cualitativa	Análogo cualitativo <ul style="list-style-type: none"> <li>Instrumentos de aviación</li> <li>Tacómetros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptable para mostrar información de categorías (caliente, frío, etc.)</li> <li>Pueden usarse códigos de color para definir rangos de categorías</li> <li>Apropiado para mostrar desviaciones de los valores esperados (lectura de verificación)</li> </ul>
	<b>Estado</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dispositivos médicos</li> <li>Indicador con luces</li> <li>Teclados</li> <li>Copiladoras</li> <li>Semáforos</li> <li>Drives de Pc</li> <li>Rótulo con luz</li> <li>Impresoras de pc</li> <li>Fáciles de detectar</li> <li>Símbolos gráficos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se deben rotular</li> <li>Pueden tener código de color, número, localización, espacial, repetición o duración del encendido</li> <li>Se pueden incorporar en un control para indicar su estado</li> <li>Pueden usar el código de color, número, localización espacial, repetición o duración del encendido</li> <li>Se debe estar seguro de que el símbolo tenga el mensaje</li> </ul>

Habiendo realizado nuestra lista de requerimientos podemos asegurar que la mejor ubicación de nuestra propuesta para transmitir energía acústica por vía ósea al resto del sistema, será detrás de la oreja, es decir, sobre la mastoides o bien en el seno lateral, pues, como ya se había dicho son las mejores zonas para transmitir el sonido a todo lo que es la caja timpánica, que es donde se encuentra la cadena de huesecillos. Por otro lado, nuestro producto se manejará lo más universalmente posible, para que lo puedan utilizar preponderantemente niños, así como adultos. Por otro lado, podrá ser usado de igual manera, por todas aquellas personas que nunca hayan sido intervenidas quirúrgicamente, o bien, estén en una situación preoperatoria o postoperatoria, como ya se había comentado anteriormente. De esta manera, este dispositivo evitará una gran segmentación de mercado por lo que se diseñará un estándar de tamaño con colores que no alteren la integridad emocional y cultural del usuario; consiguiendo con esto que, tenga la edad que tenga e independientemente de las circunstancias en que se encuentre, cuando tenga necesidad de usarlo, pueda hacerlo sin ningún problema. También se verá la forma de fijarlo con facilidad, ya que existen casos en donde no sólo padecen deficiencias auditivas, sino que también poseen algún tipo de malformación en el oído externo y esto hace complicada la fijación de algún dispositivo; Por ende, nos enfocaremos con especial interés en esa etapa del proceso de diseño de nuestro producto.



2

## INTRODUCCIÓN.

Se ha podido comprobar la existencia de varios productos que desgraciadamente han sido incapaces de solucionar los problemas de sordera, sin embargo, estos han sido utilizados por la gran mayoría de la gente ya que son los únicos dispositivos que se encuentran disponibles en el mercado.

Esta investigación e incorporación del producto a diseñar, comienza mostrando y analizando las tecnologías y productos que existen en el mercado, ello nos permitirá reconocer los parámetros de competencia que podemos llegar a tener y la eficiencia que estos poseen tanto en pruebas de laboratorio como en casos estudiados durante el vivir cotidiano de los pacientes.

## TECNOLOGÍAS APLICADAS.

### PROCESADORES PROCESOS DE LA SEÑAL.

Análogo: En este proceso el sonido sigue una sola ruta, por lo que éste al no ser seleccionado, produce una cantidad considerable de distorsión que provoca una mala resolución de salida.

Análogo- digital (híbrido): Aquí el proceso tiene considerables mejoras, pero, aunque posee elementos digitales, continúa teniendo fuertes problemas de depuración del sonido.

Digital (DSP): Este proceso ha demostrado ser el más eficiente de los tres, ya que al poseer un controlador tan sofisticado (DSP), es capaz de convertir la energía acústica de analógica a digital y viceversa; Esto permite una considerable reducción de la distorsión y el hecho de poderse

programar; de manera tal que bien puede disminuirse o aumentarse el ancho de banda de la recepción, el volumen, o bien, su rango de depuración.

(Ver anexo 4)

- Usan una amplificación lineal.
- Se limita el máximo de salida de información acústica.

### TIPOS DE AMPLIFICACIÓN.

Lineal: Esto significa que existe una estrecha relación entre la información acústica de entrada con la de salida, es decir, las frecuencias bajas y altas se amplifican al mismo tiempo.

No lineal: Aquí las frecuencias bajas y altas se amplifican por canales diferentes.

### MICRÓFONOS.

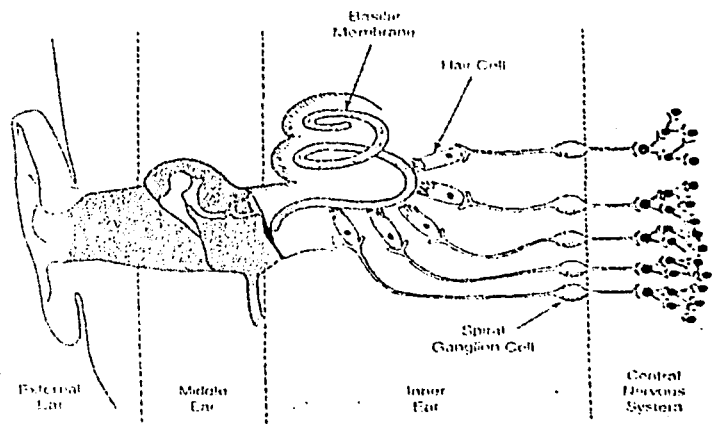
Omnidireccional: Este sistema proporciona la recepción de todo el ancho angular de la señal acústica.

Direccional: Este sistema se encarga de recibir específicamente el ancho de banda que haya sido programado.

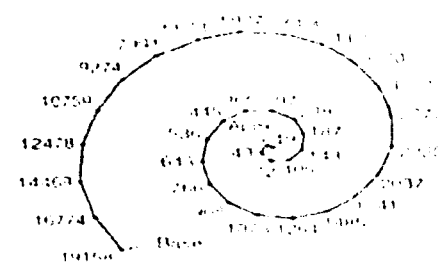
Micrófono dual: Este sistema tiene la capacidad de convertirse tanto en direccional como en omnidireccional, ya sea manual o automáticamente. Esto hace posible, que se seleccione de manera más eficiente el ancho de banda que se requiere para que la señal sea lo más fiel posible.

IMPLANTES.

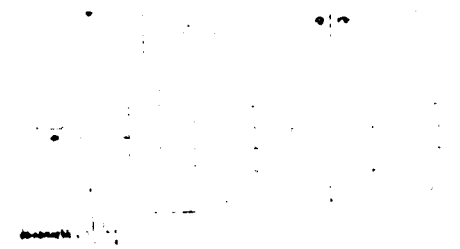
Los Injertos comenzaron a desarrollarse hace 40 años, cuando científicos intentaron restaurar el oído de las personas con problemas auditivos por medio de estímulo eléctrico dirigido al nervio auditivo. En los primeros experimentos estaban desconcertados, cuando los pacientes informaron que ese dispositivo era intangible. Sin embargo, cuando los científicos siguieron investigando técnicas diferentes para entregar estímulos eléctricos al nervio auditivo, las sensaciones del nervio sacadas gradualmente por estímulos eléctricos se acercaron más a lo que podría ser un dispositivo tangible.



1. Diagrama humano



2. Diagrama de la membrana basilar que muestra la base y ápice del mismo. La posición de desplazamiento del máximo en contestación a las sinusoides en una frecuencia diferente (Hz).



3. Diagrama que muestra el injerto de coclea (funcionamiento de un sistema de cuatro conductos). El sonido es recogido por un micrófono y se envía a una caja de procesador de discurso llevada por el paciente. El sonido se procesa entonces, se entregan estímulos eléctricos a los electrodos a través de un eslabón de radio-frecuencia. La figura del fondo muestra una aplicación simplificada del CIS. El signo pasa primero por un juego de cuatro filtros del bandpass que dividen el waveform acústico en cuatro conductos. Los sobrees del waveform del bandpass son descubiertos entonces rectifican, de esta forma las ondas son filtradas.

Se han desarrollado otros tipos de dispositivos durante varios años. Estos dispositivos difieren en las características siguientes:

1. Plan del electrodo (ejem, Número de electrodos, configuración del electrodo).
2. Tipo de estimulación—analógico o digital.
3. Transmisión—transcutaneo o percutaneo.
4. Representación del proceso— por rangos.

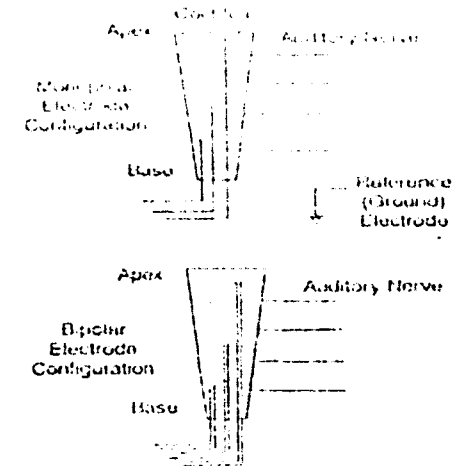
Pueden ponerse electrodos cerca de la ventana redonda de la coclea (extracoclear), en el tímpano (intracoclear), o en la superficie del núcleo Coclear. Normalmente, los electrodos se ponen en el tímpano porque están en proximidad con las neuronas del sistema auditivo que quedan a lo largo de la longitud de la coclea. Esta colocación de electrodos se prefiere porque conserva el lugar exacto del mecanismo de la coclea para codificar frecuencias.

Es decir, las neuronas del sistema auditivo que son puntales para frecuencias altas se estimularan siempre que manden información los electrodos cerca de la base; Considerando las neuronas del sistema auditivo que son puntales para frecuencias bajas, mandaran información siempre que se estimulen los electrodos cerca del ápice. En la mayoría de los casos, las series del electrodo pueden insertarse en el tímpano a profundidades de 22 a 30 mm dentro del oído hacia la coclea.

El número de electrodos así como el espacio entre ellos afecta la resolución de la frecuencia. Esto se calcula sabiendo el número de

neuronas del sistema auditivo supervivientes que pueden estimularse, o la cobertura de excitación apartir de estímulos eléctricos. En todas estas situaciones, los electrodos son implantados cerca del área de excitación, es decir a lo largo de la coclea y aunque el numero de electrodos varia un poco, son aproximadamente 100.

Como resultado, la corriente no estimula simplemente un sólo sector de neuronas del sistema auditivo, sino varios. Semejante es la cobertura de un electrodo monopolar, sólo que este tiene un electrodo activo localizado lejos de su electrodo de referencia que en este caso funciona como tierra.



4. Diagrama de configuraciones de electrodos: monopolar y bipolar. En el de configuración monopolar se localizan electrodos activos lejos del electrodo de referencia (tierra), mientras que en el de configuración bipolar los electrodos activos y el de referencia se encuentran juntos.

**Estímulo analógico**

La razón detrás de este tipo de estímulo es que el sistema nervioso ordenará la excitación fuera del sistema y/o hará uso de toda la información contenida en el waveform acústico. Una desventaja del sistema analógico es que la acción del estímulo es simultánea y esto llega a causar interferencias en el conducto.

**Estímulo digital**

Se entrega información de los electrodos que usan un juego de pulsos estrechos. En algunos dispositivos, se extraen las amplitudes de estos pulsos de los sobres del waveform filtrado. La ventaja de este tipo de estímulo es que los pulsos pueden entregarse en un monoverlapping (ejem, no simultaneo) minimizando interferencias en el conducto.

Mesa 1: Características de dispositivos auditivos comerciales.

Dispositivo	Electrodos •			Simulación	Eslabón
	Número	Espaciado	Configuración		
Inerald	6	4 mm	Monopolar	Analógico	Percutaneo
Núcleo	22	0.75 mm	Bipolar	Digital	Transcutaneo
Clarión 1.0	8	2 mm	Monopolar/Bipolar	Analogo/digital	Transcutaneo
Med-EI	12	2.4 mm	Monopolar	Digital	Transcutaneo

**Eslabón de la transmisión**

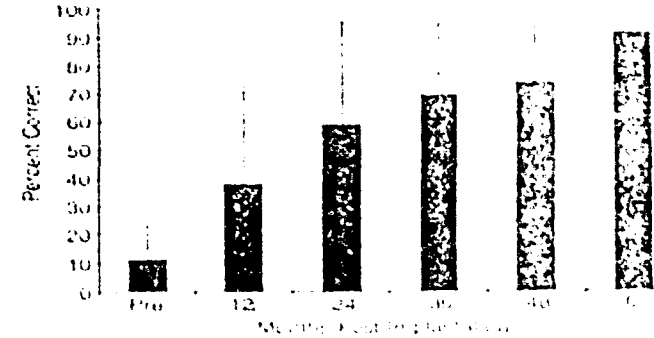
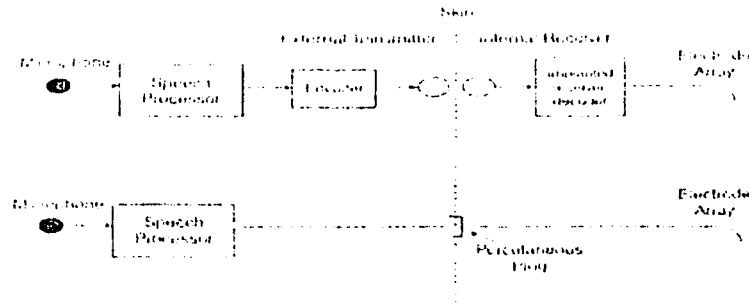
Existen actualmente dos maneras de transmitir los estímulos del procesador externo a los electrodos implantados a través de una conexión de un sistema transcutaneo, o a través de una conexión percutanea.

Un transmisor externo pone la información del estímulo en una radio-frecuencia de un dispositivo externo a un dispositivo implantado para un sistema transcutaneo. El receptor interior descifra el signo y entrega los estímulos a los electrodos. Se sostienen el transmisor y el receptor implantados en un lugar del cuero cabelludo por un imán. La ventaja de este sistema es que la piel del cuero cabelludo permanece cerrada y evita posibles infecciones. Su desventaja es que la electrónica implantada (ejem, los circuitos del receptor) puede fallar y requeriría cirugía para el reemplazo. Otra desventaja es que el conector transcutaneo contiene materiales magnéticos que son incompatibles con un escáner de MRI. La mayoría de los dispositivos usan conexiones transcutaneas.

El sistema percutaneo transmite los estímulos directamente a los electrodos a través de las conexiones del tapón. En este sistema, solo existen electrodos. La ventaja mayor de este sistema es su flexibilidad y transparencia del dispositivo auditivo. La transmisión señalada no está de ninguna manera reprimida por los receptores implantados.

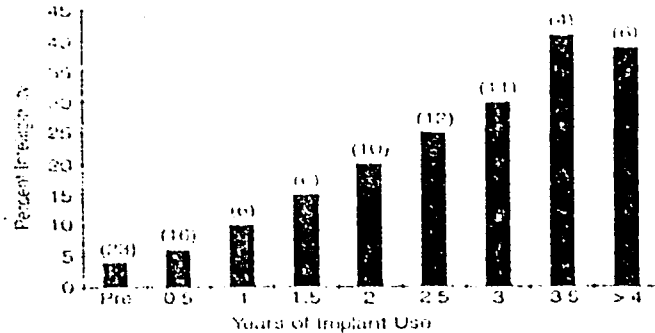
**¿Quién puede adquirir un Implante?**

Primero que nada, la pérdida de oído tiene que ser severa o profunda y debe ser bilateral. La sordera profunda se define como una pérdida de oído de 90 dB o más. Existen pérdidas moderadas con umbrales de 500, 1000, y 2000 Hz, expresados en dB, se refiere a umbrales normales. Segundo, el candidato debe obtener una cuenta de frase-reconocimiento de 30% o menos, bajo buenas condiciones. Los niños o adultos con sordera profunda (> 90 dB HL) son candidatos para un implante coclear.



5. Diagrama que muestra dos maneras diferentes de transmitir estímulos eléctricos a la serie de electrodos. El tablero de la cima muestra un sistema transcutáneo (radio - el eslabón de frecuencia) la conexión y el fondo forman tableros. De esta forma se muestra un sistema percutáneo (directo).

7. Reconocimiento de palabras en niños con sordera prelingual que poseen un injerto coclear.



6. Intangibilidades que existen en el habla ante sordera prelingual.

Implantes cocleares para niños.

Las implicaciones de un injerto exitoso en un niño son mayores que en un adulto. Esto es porque el niño está en una edad donde necesita desarrollar habilidades del hablar-idioma. Esa edad es por consiguiente sumamente crucial para el idioma del niño y el desarrollo cognoscitivo.

El injerto puede ayudar a un niño en dos aspectos importantes del desarrollo: (1) la habilidad discurso-producción (ejem, la habilidad de hablar claramente) y (2), la habilidad discurso-percepción (ejem, la habilidad de entender discursos).

Las Habilidades discurso-producción. La habilidad de Hablar se relaciona estrechamente a la habilidad de oír.

Si el niño no puede oír, entonces el niño tendrá dificultad para aprender a hablar correctamente. La regeneración del nervio auditivo es por consiguiente muy importante para aprender a hablar, y el implante coclear proporciona una gran ayuda. Las mejoras más grandes se observan hasta los 2.5 años con una ganancia auditiva que están entre los 100 a 110 dB HL.

Estos resultados demuestran una mejora firme en actuación del discurso-reconocimiento para el análisis prelingual de niños de tres a cuatro años de uso del injerto. Dentro del período Postlingual se encuentra una mejora más rápida después de 6 meses de uso del injerto.

- Edad de ataque para la sordera a partir de implantes cocleares.

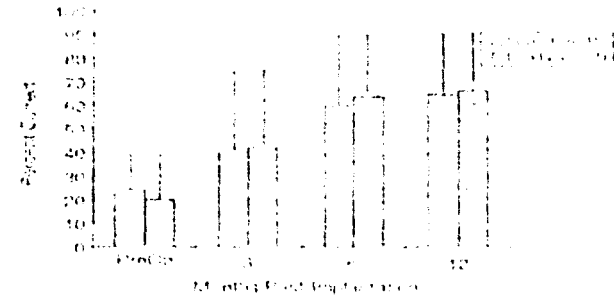
Se establece que los niños y adultos con sordera postlingual realizan mejor audición que aquéllos que tienen sordera prelingual o congénita.

**Factores:**

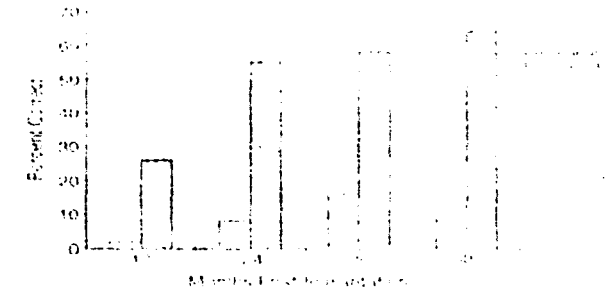
Otros factores que pueden afectar al sistema auditivo son: (1) el número de células del ganglio (espirales) supervivientes, (2) la colocación del electrodo y profundidad de la inserción, (3) el rango dinámico eléctrico, y (4) La estrategia del procesador de signos. Hay también factores, como el nivel de inteligencia y comunicación del paciente que benefician o perjudican el desarrollo de su sistema auditivo. Teniendo en cuenta los factores anteriores, Coba 26 desarrolló un modelo de tres fases de actuación en el nervio auditivo para adultos con sordera postlingual.

Durante la fase 1, el paciente tiene las habilidades de un oído normal y el nivel de actuación del nervio auditivo está cerca del 100%. En la fase 2, cuando existe un grado mínimo de sordera, comienza el ataque de esta por medio de métodos externos. En la fase 3, cuando existen

problemas de sordera profunda, se ataca el problema colocando un implante coclear.



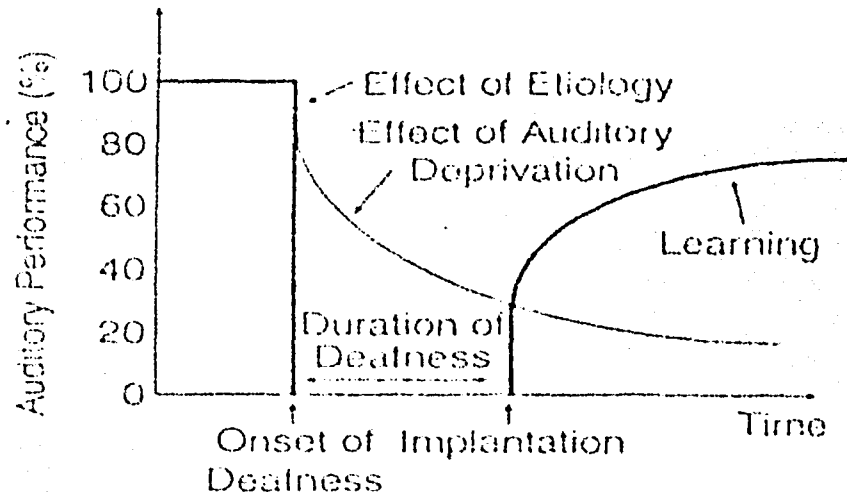
8. (1) Prueba a niños de 3 años de edad y más jóvenes, (2) Prueba a niños de 7 años de edad y más grandes.



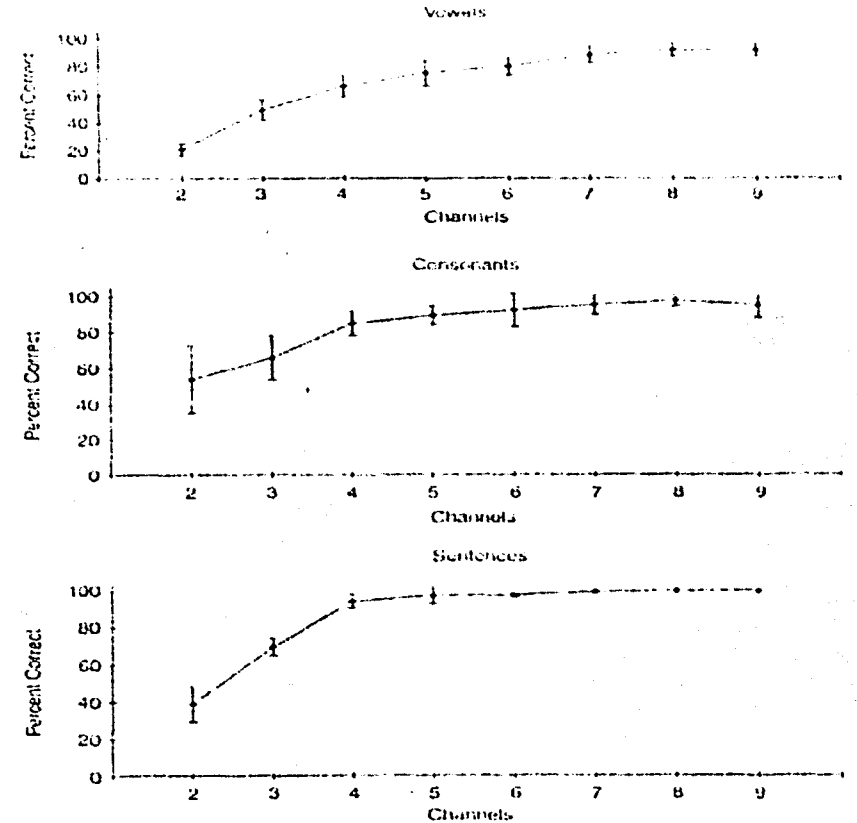
9. Comparación de actuación entre sordera prelingual y sordera postlingual en niños con reconocimiento de palabras. En la sordera postlingual los niños obtuvieron una actuación significativamente más alta que los niños con sordera prelingual.

Simulaciones acústicas de Injertos Cocleares.

Desgraciadamente, no es fácil evaluar la importancia de factores individuales en la percepción del discurso, debido a la interacción entre esos factores. Por ejemplo, evaluando la meningitis como un factor que afecta la actuación del nervio auditivo, uno necesita tener presente que esta enfermedad esta normalmente asociada con el crecimiento del hueso de la coclea. Este crecimiento del hueso puede obstruir inserciones de electrodos intracocleares.



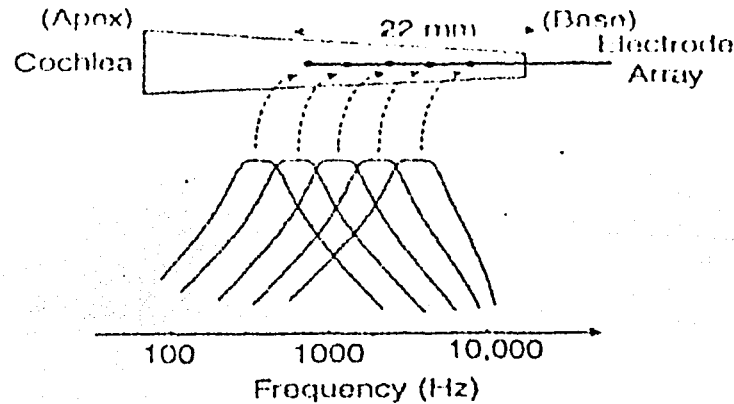
10. Modelo de tres fases de actuación del nervio auditivo para la sordera postlingual.



11. Comparación de oído normal para el reconocimiento de vocales, consonantes y enunciados. Las barras de error indican desviaciones normales.



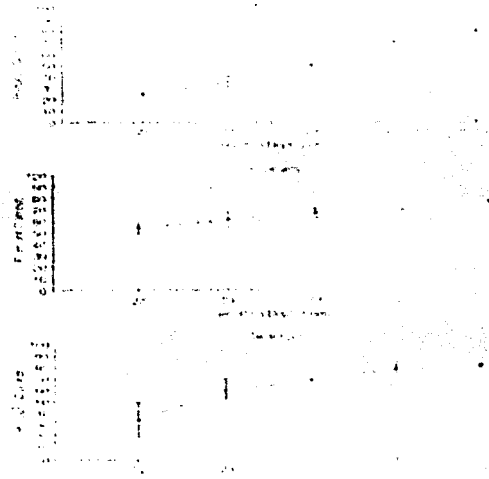
Las simulaciones acústicas representan una suma de sinusoides e imitan el frente-extremo que procesa del procesador del injerto. Específicamente, el discurso se reconstruye con una suma de sinusoides con amplitudes tiempo-variantes y las frecuencias fijas. Las amplitudes de las sinusoides se computan de una manera similar a la estrategia de entrelazar continuamente (CIS). El signo del discurso se procesa primero a través de un filtro de pre-énfasis (lowpass debajo de 1200 Hz con -6 rolloff de dB a 1/8) y un bandpass. El logaritmo del signo es extraído para rectificar la onda acústica y el lowpass que se filtra (segundo-orden Butterworth) con una frecuencia de 400 Hz. Las amplitudes de las sinusoides son computadas estimando los cuadros de energía (rms).



12. Diagrama que muestra los filtros de análisis usando 5 canales con 4 electrodos cada milímetro, 22 mm dentro de la coclea. Debido a la inserción de electrodos a poca profundidad, hay una desigualdad de valores entre las frecuencias del análisis y las frecuencias de estímulo.

Esa serie de electrodos no se insertan totalmente en la coclea ya que crea una desigualdad entre la frecuencia del análisis y la frecuencia estimulante. Se consideran una serie de electrodos, en este caso 5, que son insertados 22 mm dentro de la coclea. El rendimiento del primer filtro de análisis se centra a 418 Hz y se dirige a la mayoría de electrodos que residen en 831 Hz, es decir, todos los que están al nivel de la coclea.

Con las 5 inserciones, 22 mm dentro de la coclea y con un espaciamiento entre cada electrodo de 4 mm, se generaron 1566, 2844, 5056, y 8924 Hz. Se computaron amplitudes correspondientes usando un análisis de filtro con frecuencias de centro de 418, 748, 1339, 2396, y 4287 Hz, respectivamente.



13. Reconocimiento de vocales y consonantes. La condición normal corresponde a la situación en la que las frecuencias de análisis y frecuencias de rendimiento se emparejan exactamente.

Ahora que observamos todas las características de los implantes cocleares y el tipo de personas que pueden usarlos no enfocaremos en este momento a los dispositivos de ayuda auditiva exteriores; tanto en los amplificadores por transmisión aérea como en los transmisores de sonido por vía ósea. En estos últimos, prestaremos más atención ya que éstos son los auxiliares que tomaremos como base para el desarrollo de nuestra propuesta de diseño.

**DISPOSITIVOS EXTERIORES QUE TRANSMITEN EL SONIDO POR VIA AÉREA DISPONIBLES EN EL MERCADO.**

Actualmente existen tres tipos de dispositivos:

**DISPOSITIVO BTE (detrás del oído)**



Oticon



Starkey



Phonak



Beltone



Bernafon



Miracle- ear



Siemens

Este dispositivo tiene como característica el permanecer detrás del pabellón de la oreja y por medio de un conducto y un adaptador auditivo hacer llegar las ondas sonoras al oído medio. A diferencia de los otros dos dispositivos, este no está en contacto con el oído medio a excepción del conducto que lleva la información.

Este producto tiene una desventaja importante y es que aunque es un producto realmente comercial su precio sigue siendo muy costoso para la mayoría de la gente, pero, aún después de esto, posee una ventaja importante y es que puede reemplazarse con facilidad ya que aunque suele ser poco ergonómico no necesita de especificaciones importantes para que el paciente lo use, además que este tiene una medida estándar y el conducto de cierta forma puede amoldarse a la entrada del oído medio.

COSTO PROMEDIO:  
NO PROGRAMABLE- US\$ 771.00

PROGRAMABLE- US\$ 1200.00

DISPOSITIVO ITE (dentro del oído).



Otiticon



Starkey



Phonak



Beltone



Bernafon



Miracle-ear



Siemens

Este dispositivo tiene como característica, el permanecer dentro del oído, específicamente en la unión entre el oído externo y el oído medio, es decir, en la zona del pabellón denominada como concha acústica.

Una ventaja que posee este dispositivo es que pueden ser programables o no, desafortunadamente su costo es muy elevado y al ser un producto que se amolda a la forma del oído, este no puede ser estándar ya que como en algún momento se había mencionado la talla de cada oreja varía.

COSTO PROMEDIO:

NO PROGRAMABLE- US\$ 819.00

PROGRAMABLE- US\$ 1237.00

DISPOSITIVO ITC Y CIC (Intracanal)



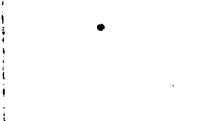
Otiticon



Starkey



Phonak



Beltone



Bernafon



Miracle-ear



Siemens

Este dispositivo tiene como característica, el permanecer dentro del oído, específicamente en la unión entre el oído externo y el oído medio, pero, a diferencia del ITE, éste tiene una prolongación que invade la cavidad del oído medio.

Una ventaja que posee este dispositivo es que pueden ser programables o no, desafortunadamente su costo es muy elevado y al ser un producto que se amolda a la forma del oído, este no puede ser estándar ya que como en algún momento se había mencionado la talla de cada oreja varía.

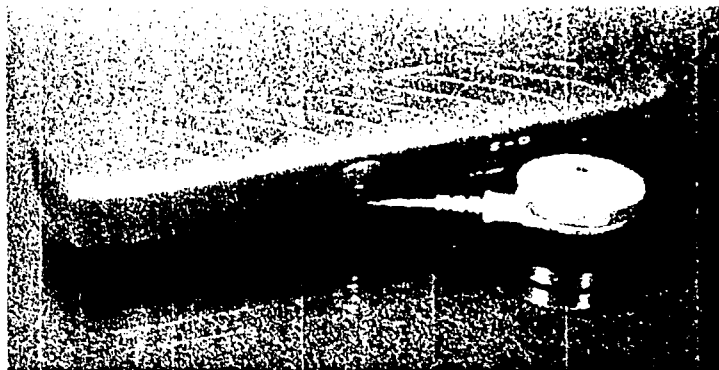
COSTO PROMEDIO:

NO PROGRAMABLE- US\$ 912.00

PROGRAMABLE- US\$ 1416.00

## DISPOSITIVOS QUE TRANSMITEN EL SONIDO POR VIA ÓSEA.

## OSCILADOR ÓSEO



Este auxiliar tiene como característica, que el vibrador (unilateral) o los vibradores (bilateral) permanezcan sujetos a la mastoides por medio de una diadema.

La información que recibe el vibrador viene de una envolvente llamada caja que se encuentra a la altura de la cintura. Es aquí donde se encuentran dispuestos tanto el micrófono como las baterías.

Una desventaja, es que este dispositivo por el hecho de ejercer una presión moderada sobre la mastoides, lograda por la diadema, sea complicado que el usuario lo use por un periodo mayor a 6 horas.

COSTO PROMEDIO:

NO PROGRAMABLE- US\$ 765.00

PROGRAMABLE- US\$ 980.00

## VIBRADOR ÓSEO DISPUESTO EN LA PATA DEL LENTE.



Este auxiliar tiene como característica, que el vibrador (unilateral) o los vibradores (bilateral) permanezcan sujetos a la mastoides por medio de la pata del lente.

La información que recibe el vibrador viene de una envolvente llamada caja que se encuentra a lo largo de la pata del lente. Es aquí donde se encuentran dispuestos tanto el micrófono como la batería.

Una desventaja, es que este dispositivo sólo puede ser usado por personas que padezcan pérdidas auditivas reducidas ya que el campo de acción del amplificador es menor a 40dB.

COSTO PROMEDIO:

NO PROGRAMABLE- US\$ 690.00

PROGRAMABLE- US\$ 895.00

3

El polimetacrilato de metilo y polietileno fueron tomados en cuenta con el fin de modelar eficientemente nuestra futura propuesta, especialmente la carcasa principal y sus posibles aditamentos; por este motivo se buscaron polímeros considerablemente versátiles; no sin antes haber estudiado y definido el ABS, material del cual están fabricados los productos existentes.

Los dos materiales que se propusieron y expusieron anteriormente, surgieron de haber comparado los polímeros que se relacionan directamente con la industria médica. A continuación se muestra el listado:

*Poliestireno:* Rígido, fácil de pigmentar, barato, pero demasiado frágil.

*Cloruro de polivinilo:* Flexible, fácil de pigmentar, resistente, pero al utilizarlo para producir aparatos médicos es muy costoso.

*Policarbonato:* Rígido, medianamente flexible, muy resistente, pigmentación limitada, muy costoso.

*Polietileno:* Flexible, fácil de pigmentar, resistente, pero es un material no muy recomendado para la fabricación de dispositivos médicos, ya que una de sus principales características es que permite el mediano tránsito de oxígeno entre sus moléculas.

*ABS:* Rígido, medianamente flexible, muy resistente, pero no existe mucha variedad de colores y es imposible crear colores traslúcidos.

*Polipropileno:* Versátil, flexible, fácil de pigmentar con colores sólidos y traslúcidos y, resistente.

*Polimetacrilato de metilo:* Versátil, flexible, fácil de pigmentar con colores sólidos y traslúcidos, resistente y es un buen material para la fabricación de aparatos médicos ya que permite soldaduras y modelados herméticos.

De esta forma, se pudo determinar que los polímeros que mejor se enfocan a satisfacer nuestras necesidades, es el polimetacrilato de metilo y polietileno, por ser un materiales que nos permiten moldear con

facilidad, no permitir el tránsito de oxígeno (esto es importante ya que al ser un dispositivo que esta en contacto directo con la piel, es necesaria poseer un estricto control de higiene) y escoger con suma libertad la gama de colores que deseemos.

## DESCRIPCIÓN DE SUS PROPIEDADES

Primero que nada el "polimetacrilato de metilo y polietileno no son producto único; hay cientos de acrílicos y polietilenos con propiedades y características que dependen de los siguientes factores:

- Clase de polímero: homopolímeros, copolímeros aleatorios o copolímeros de bloque
- Peso molecular y distribución de pesos moleculares.
- Morfología y estructura cristalina \* Aditivos
- Rellenadores y refuerzos
- Técnicas de fabricación

Los homopolímeros resisten la deformación a temperaturas altas. Tienen gran rigidez, resistencia a la tensión, dureza y buena tenacidad a temperatura ambiente. Los copolímeros aleatorios de metil-acrilato se caracterizan por su gran resistencia en estado fundido. Tienen transparencia y resistencia al impacto a temperaturas bajas a cambio de menor rigidez, resistencia a la tensión y dureza.

Los copolímeros de bloque, de preferencia con metil, se clasifican como de resistencia al impacto en media, alta y extra alta a temperaturas bajo cero. Los copolímeros de bloque constan de una matriz cristalina que contiene segmentos de elastómero y otros componentes, o sólo un elastómero para que los impactos sean absorbidos en la fase elastomérica. Para esto la concentración del comonomero de metil entre la fase elastomérica y la de metacrilato es indispensable.

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Algunas propiedades que se consideran ventajas inherentes del Polimetacrilato de metilo y Polietileno son:

- Bajo peso específico (densidad)
- Excelente resistencia química
- Alta temperatura de fusión (comparado con otros plásticos de alto consumo)
- Buen balance rigidez/tenacidad
- Adaptable a muchos métodos de transformación
- Gran variedad de clases especiales
- Excelentes propiedades dieléctricas
- Bajo costo (especialmente por unidad de volumen)

Propiedades que se consideran desventajas para estos polímeros:

- Inflamabilidad
- Fragilidad a bajas temperaturas
- Rigidez moderada
- Dificultad para imprimir
- Baja resistencia UV
- Reducida productividad en extrusión (comp. resinas suaves y amorfas)
- Nebulosidad (falta de transparencia)
- Baja resistencia cuando está fundido

## MÉTODO DE FABRICACIÓN

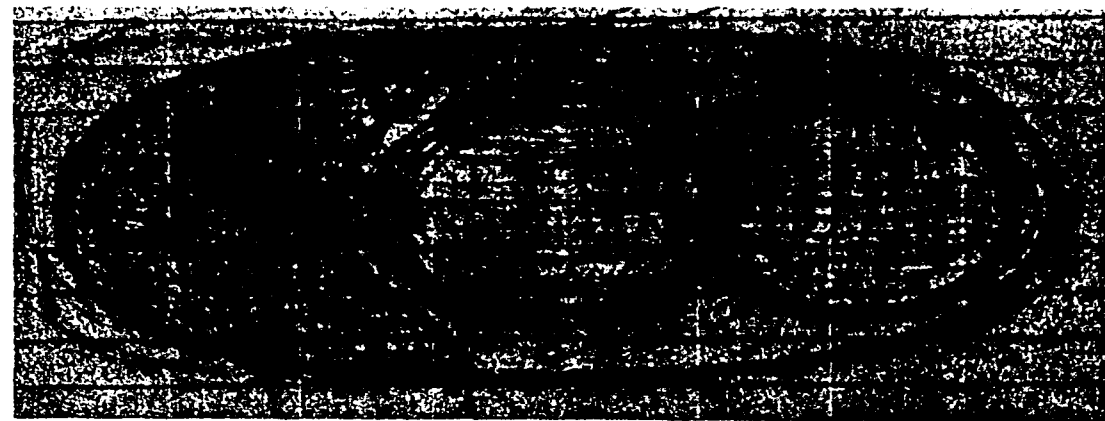
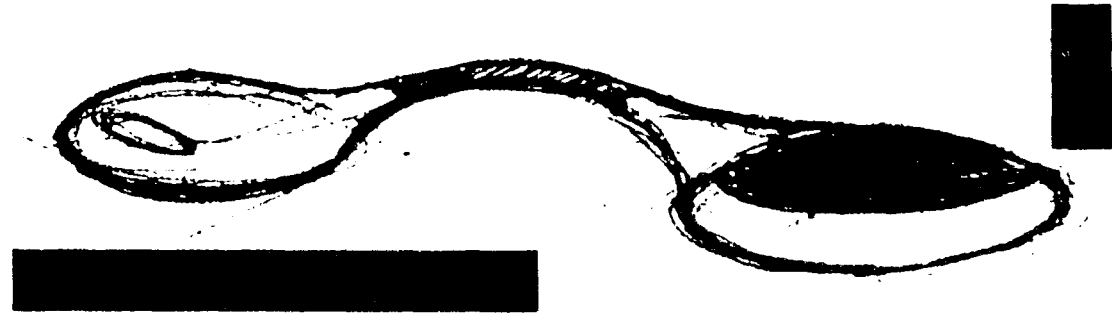
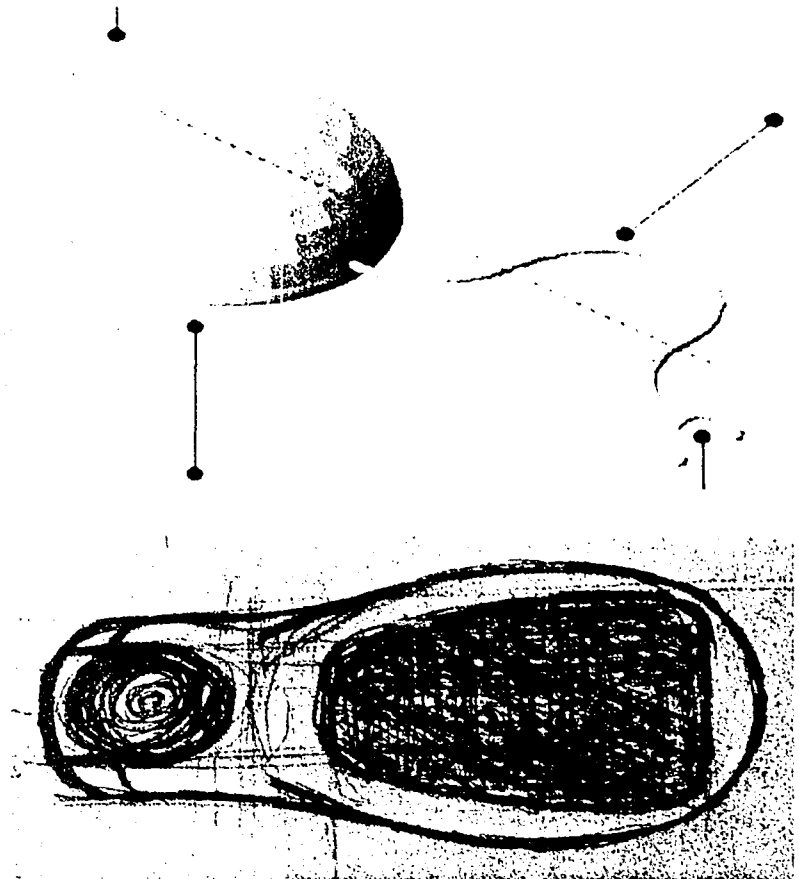
## Moldeo por inyección

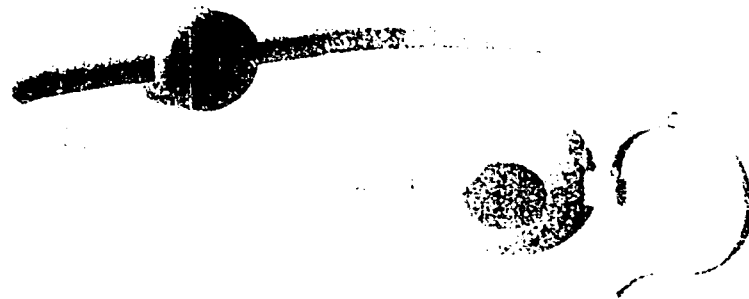
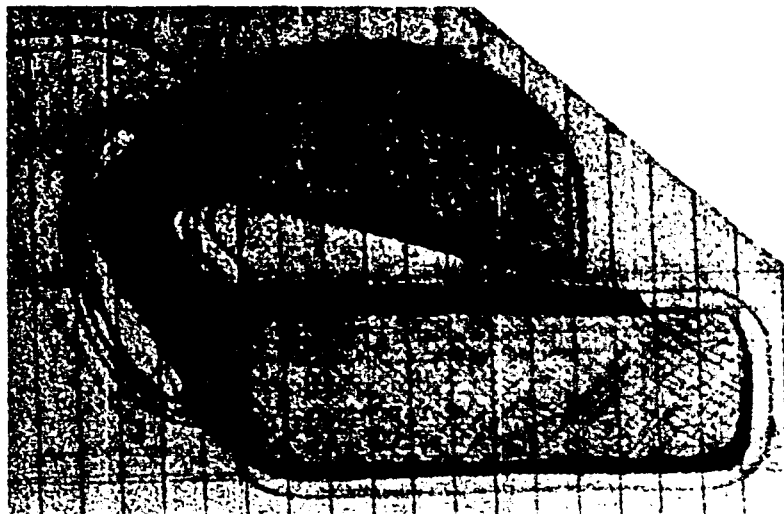
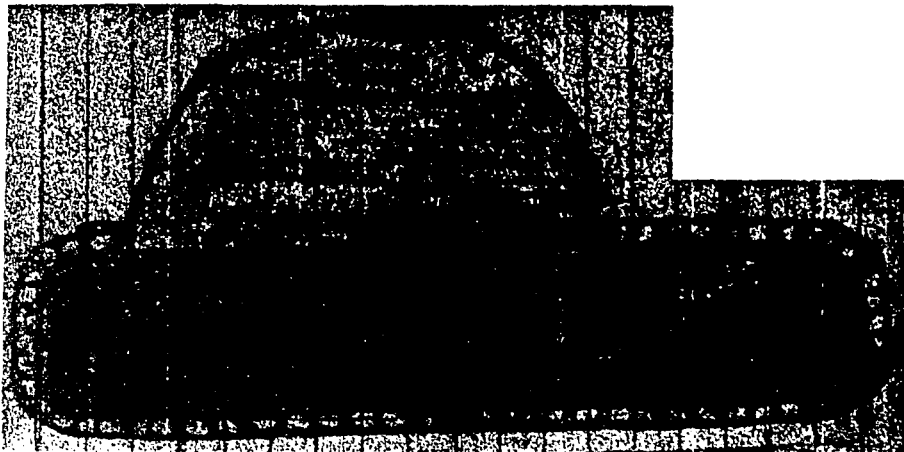
El polimetacrilato de metilo, así como el polietileno, poseen excelente balance de propiedades y procesabilidad, así que se adaptan perfectamente a todos los tipos de máquinas de moldeo por inyección. Polímeros con amplio intervalo de condiciones de moldeo, buen flujo y buenas características de soldadura en estado fundido, se moldean en forma práctica y reproducible bajo tolerancias estrechas, mediante el cuidadoso control de temperaturas, presiones de cierre y velocidades de inyección. Estos polímeros se pueden procesar en máquinas comunes de pistón. Se pueden variar ampliamente las condiciones de moldeo y existen resinas con buen flujo y buenas características de soldadura. No requieren desecación preliminar, puesto que no absorben humedad.

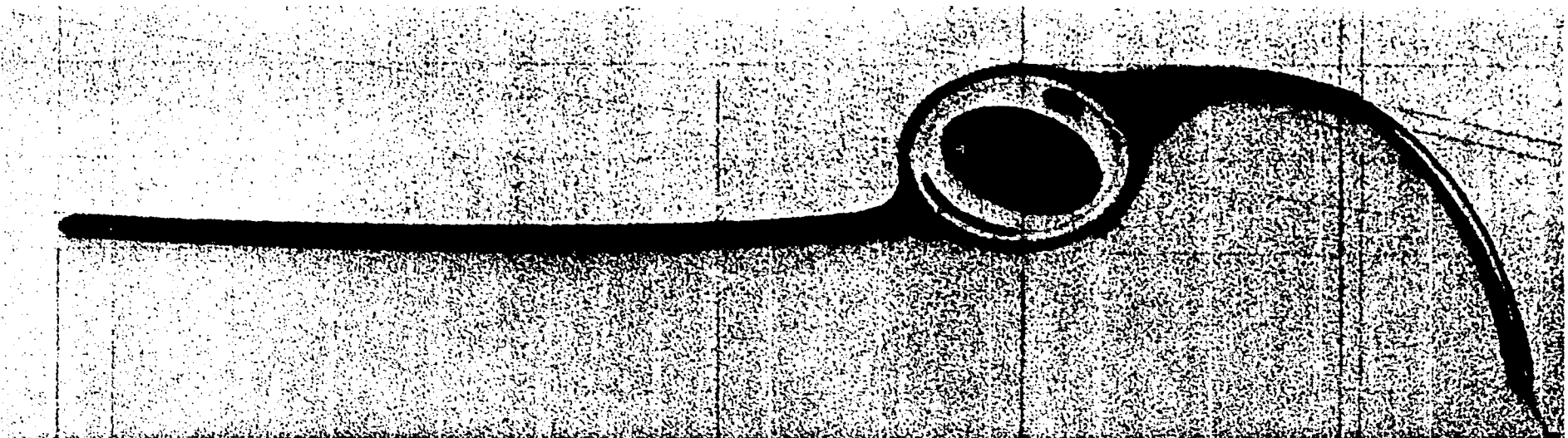
Por ello, estos polímeros al ser tan eficientes en sus procesos de inyección tanto artesanal como industrial, se utilizarán éstos como primera alternativa para la manufactura del auxiliar.

4









Habiendo analizado todas las alternativas, nos podemos enfocar y dar cuenta que la tecnología creada por el INAOE, en especial por el Departamento de Diseño de Circuitos Integrados a cargo del Dr. José Silva Martínez, es sumamente eficiente y nos serán útiles la mayor cantidad de sus componentes, pero a diferencia de su propuesta, nuestro dispositivo utilizará en vez de una bocina, un oscilador óseo que será el que nos dará la oportunidad de transmitir las ondas sonoras de la mastoides al oído medio.

Cómo ya sé resolvió el aspecto tecnológico de nuestra propuesta, nos enfocaremos en los aspectos anatómicos y antropométricos del producto y alguna de las interrogantes que se habían planteado fueron, ¿Cómo iba a fijarse el dispositivo a la parte posterior de la oreja? Y, ¿Qué tanta presión debe hacer sobre la mastoides?. Esta última pregunta es indispensable, ya que al existir una barrera física entre la mastoides y el dispositivo, que es la piel y la grasa, es necesario comprimirlos para que la distancia entre ellos sea la menor posible y la mastoides sea capaz de recibir la mayor cantidad de información y la envíe al oído medio.

Una opción es que se coloque el dispositivo con un pegamento cutáneo que permita la oxigenación de la piel y que se conserve el aparato ya sea en la mastoides o en el ceno, otra opción es que se coloque un arete en cualquiera de los lugares disponibles del pabellón, esta idea puede ayudar a que la varilla de transmisión este más cerca tanto de la cavidad como del hueso, pero, un problema que puede tener esta propuesta es que aumenta el riesgo de infecciones por el hecho de perforar específicamente en la parte del pabellón denominada helix, estando esta parte conformada con cartílago; aunque bien, se puede colocar el dispositivo con el pegamento temporal e intercambiable ya mencionado y, utilizar el arete como un seguro en caso de que el producto resbale. En esta propuesta, el arete estará sujeto a lo que el 90% de los afectados posee cuando existe una malformación, el lóbulo y,

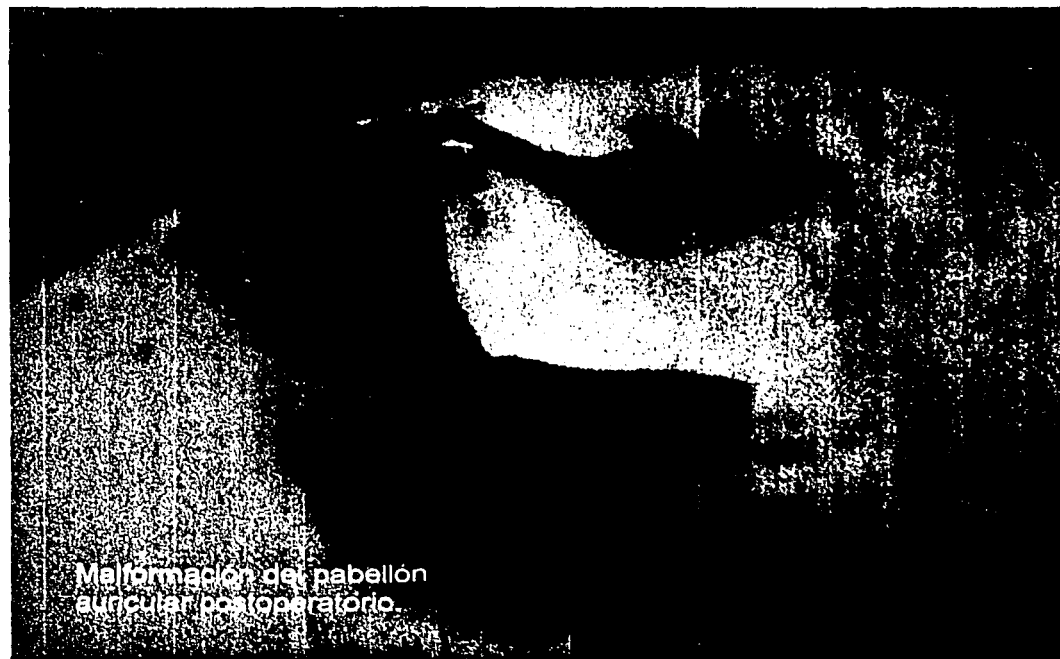
como al momento de hacer la perforación, el arete no atacaría tejido cartilaginoso, se evitarían fisuras o infecciones en el mismo. De cualquier manera esto no deja de ser una alternativa, por ello al momento de presentar las propuestas de diseño determinaremos cual es el sistema de fijación óptimo para este auxiliar.

#### PRIMERA PROPUESTA



Esta propuesta plantea que todos los componentes del dispositivo permanezcan unidos al lóbulo de la oreja mediante una envolvente y un arete y, que se desplace una varilla de transmisión ósea hasta la mastoides. Desgraciadamente el hecho de que el micrófono se encuentre en la parte superior del lóbulo es una mala opción ya que en esa parte de la oreja es difícil que choque alguna onda acústica constante.

## SEGUNDA PROPUESTA



Malformación del pabellón  
auricular postoperatorio.

En esta propuesta de diseño, se pretende incorporar todos los componentes a lo largo del dispositivo; Se busca que este aparato permanezca lo más acoplado posible a toda la superficie del pabellón. Desgraciadamente este dispositivo para ser manufacturado requiere del molde del paciente y esto volvería a segmentar el mercado; Por otro lado este auxiliar sólo puede ser usado por personas que posean una malformación en el oído externo.

## TERCERA PROPUESTA



Malformación congénita del  
pabellón auricular.

En este auxiliar se pretendió optimizar espacio utilizando de nuevo los componentes sujetos al lóbulo, como en la primera propuesta, que era mediante un arete, pero nos encontramos con un problema; al querer colocar el vibrador y el micrófono dentro de una varilla de transmisión, se pudo notar mediante pruebas ya existentes que eso no es recomendable ya que el vibrador provoca interferencia al micrófono y demerita la onda acústica de entrada.

## CUARTA PROPUESTA



Se intento colocar todos los componentes juntos, con un aislante entre cada uno de ellos, pero ese no fue el problema, sino que al separarse tanto el dispositivo de la superficie de la mastoides, provocaría que al momento de dormir el usuario, se lo entierre o en el menor de los casos, se le desprenda constantemente. La manera en que se propuso sujetar este dispositivo fue por medio de una ventosa.

## QUINTA PROPUESTA



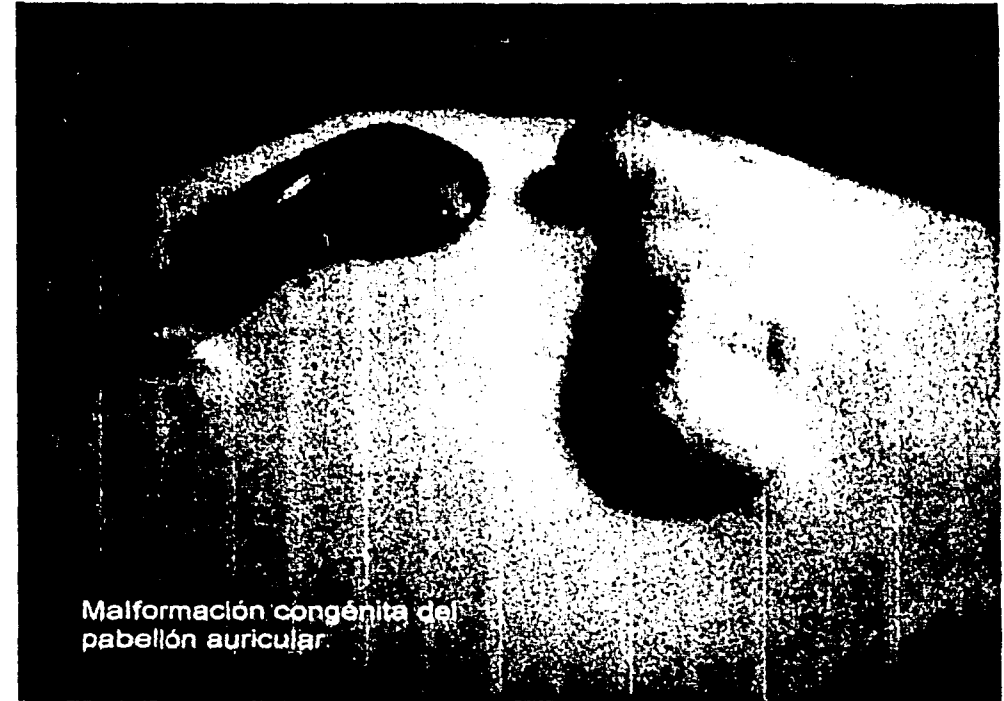
En este modelo se intento sustituir, al igual que en la anterior, el arete y esto se consiguió proponiendo una ventosa, pero ocurría algo desafortunado, la ventosa, aunque permanecía sujetando el auxiliar eficientemente, lastimaba demasiado la piel por la succión que ejercía.

SEXIA PROPUESTA



Aquí se decidió desplazar la ventosa y utilizar un pegamento para evitar lastimar la piel, pero aunque esa fue una buena idea, el hecho de colocar un cordón que nos permitiera asegurar el dispositivo al lóbulo con un arete, fue aún mejor, por que en caso de que falle el pegamento el aparato sólo colgaría y no se extraviaría.

SEPTIMA PROPUESTA



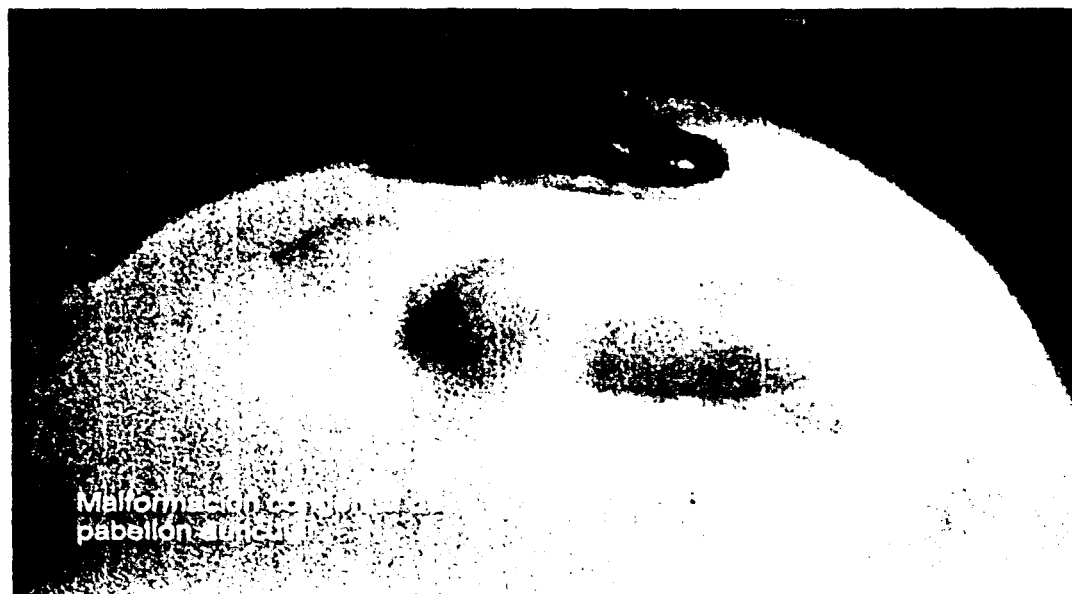
Aquí se utilizó el mismo sistema de sujeción, y se intentó optimizar el espacio, pero hubo problemas con la disposición de la pila.

## OCTAVA PROPUESTA



Aquí se buscó dar espacio a la pila elevando lo que es la parte dispuesta para el pegamento y el vibrador, del sitio que le corresponde al resto de los componentes. Se buscó que esta parte tuviera el menor número de aristas para que no lastimara al usuario.

## NOVENA PROPUESTA



En esta propuesta se buscó desplazar la pila para que los componentes permanecieran independientes de la fuente de poder; Por otro lado se buscó esta solución de igual manera, para que el dispositivo tuviera más superficie de contacto y su adhesión fuera más eficiente.



## DECIMA PROPUESTA



En esta propuesta al igual que en la anterior, se desplazó la batería para que existiera más superficie de contacto, sólo que en esta se sugirió un cable flexible entre los componentes y la pila, para que se amolde más a la región mastoidea. Por otro lado se usará un cordón que nos permita asegurar el dispositivo al lóbulo con un arete, como se había propuesto anteriormente. Otro motivo por el que se decidió separar el

dispositivo de su fuente de poder, fue para que estuviera lo más incorporado posible al usuario; a su vez, su forma también ayuda a este propósito, ya que al evitar todas las aristas y envolver todos los circuitos en una esfera, hace de este, casi un producto imperceptible.

Se pretende que el dispositivo sea fijado con un pegamento cutáneo (nitroparche). Se consolidó la idea de este pegamento ya que su vida útil, está alrededor de los 30 días, por lo que su reemplazo será al término de ese tiempo, esto evitará que la piel se fatigue por el hecho de pegar y despegar el auxiliar constantemente, que es lo que sucedería con la mayoría de los pegamentos.

Otra meta se concibe en el poder hacer presión con un diafragma en la parte central del dispositivo ya que esta parte permanecerá móvil. Una opción que había sido contemplada, era el uso de una diadema, como las que existen en algunos vibradores, pero se descartó por que uno de los propósitos es minimizar espacio. Por otro lado se intenta disminuir la presión, por que al proponer un auxiliar que permanezca constante en el individuo, es necesario que no se fatigue la zona de ataque, de esta manera se espera que el vibrador absorba esa deficiencia mandando más información para que se rompa con mayor facilidad la barrera física, que es la piel y la grasa, consiguiendo que las vibraciones penetren a la mastoides satisfactoriamente.

5

Esta propuesta se obtuvo para desarrollar finalmente una prótesis capaz de adaptar los componentes (vibrador), específicamente a la región mastoidea.

Se propuso para esto, colocar tres envolventes, una que contuviera el vibrador, otro a las pilas y otro que mantuviera el amplificador (chip INAOEP- 01), el micrófono y el sensor de encendido y control de volumen juntos.

Este último componente esta contemplado ya que se pretende que nuestro auxiliar sea digital para tener la oportunidad de optimizar espacio evitando el uso de potenciometros. A sí mismo para que este sea un producto de alta tecnología y su manipulación sea más eficiente.

El control remoto que se propone para este producto es uno ya existente en donde sus únicas funciones sean encender o apagar nuestro dispositivo y subir o bajar el volumen del mismo.

Ahora se mostraran tablas comparativas y los componentes que serán usados para la integración de nuestro auxiliar.

**OSCILADORES AUDITIVOS OSEOS.**

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PRECIO
MAICO 149.00	10x13x8	US\$
BENAFON 138.00	10x13x8	US\$
PHONAK	10x10x8	US\$ 87.00
HANSATON 156.00	10x13x8	US\$

QUALITONE 154.00	10x13x8	US\$
ARGOSY 149.00	10x13x8	US\$
PHILIPS DANAVOX	10x13x8	US\$ 90.00
STARKEY 102.00	10x13x8	US\$ 85.00
AM	10x13x8	US\$ 67.00
OTICON	10x11.5x8	US\$ 62.00

El vibrador que esta subrayado, es el que se promueve en esta propuesta.

Se propuso este vibrador ya que es el más apto, puesto que éste posee una tecnología superior a la de los demás y es posible minimizar o simplificar el espacio donde debe estar contenido, así como la libertad que existe para poder sustituir sus conexiones; de esta manera no sólo el vibrador podrá estar dispuesto en menor espacio, sino que el resto de los elementos tendrán una mejor distribución.

**PILAS.**

En este caso, ni el modelo ni la marca son importantes, siempre y cuando estas sean de zinc y aire comprimido, que posean un amperaje de 600mahp y un voltaje de 1.4v. Todo esto es fundamental para que el chip del INAOE amplifique el sonido por encima de los 60 dB. Con esto se pretende que incluso personas con sordera profunda puedan utilizarlo.

MARCA	DIMENSIONES (mm)	MODELO
ENERGIZER	11.6X5.4	AC675E
DURACELL	11.6X5.4	DA675
RAY-O-VAC	11.6X5.4	675A

BELTONE	11.6X5.4	B900PA
MIRACLE EAR	11.6X5.4	ME9Z
SIEMENS	11.6X5.4	675SA
STARKEY	11.6X5.4	S675A

PRIMER PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO FORMAL.

AMPLIFICADOR.

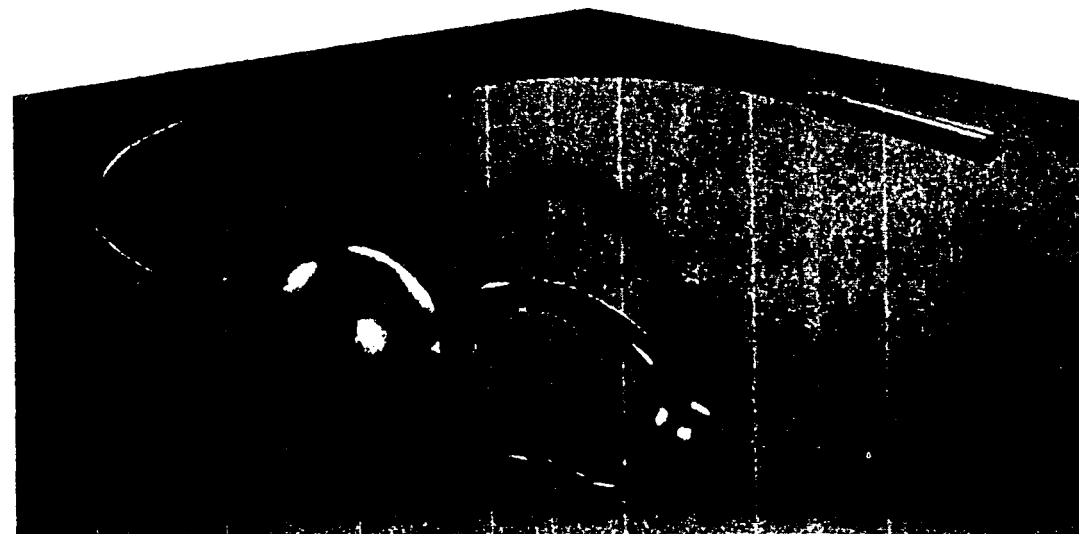
MARCA	DIMENSIONES (mm)	MODELO
INAOE	2.5X1.4X0.75	01

MICRÓFONOS.

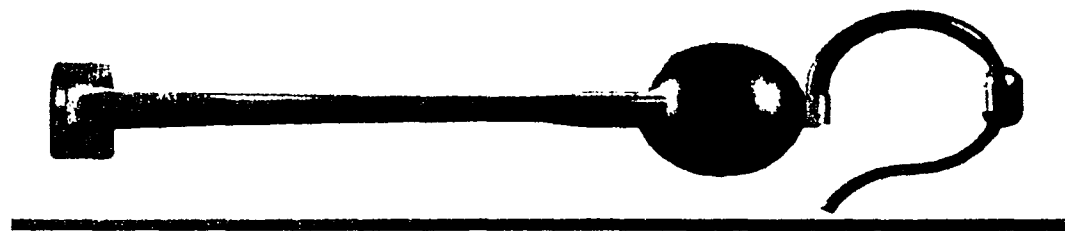
MARCA	DIMENSIONES (mm)	MODELO
DELTEK	2.59DX2.59	FG

MANDOS.

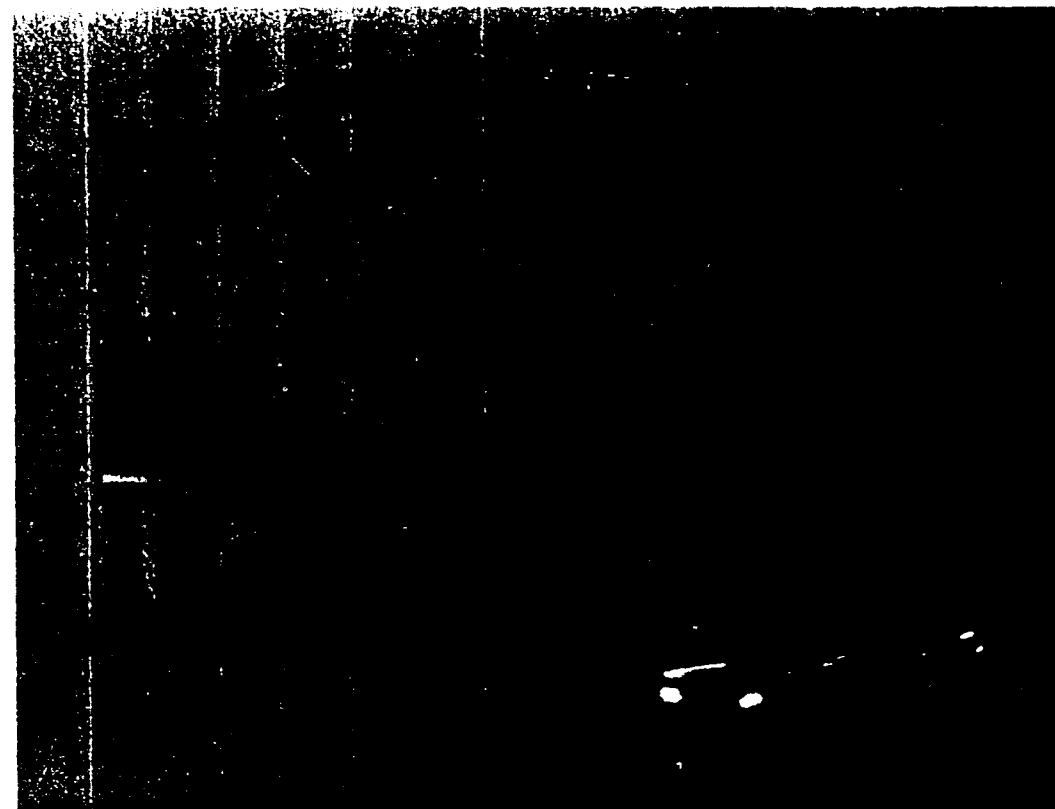
MARCA	DIMENSIONES (mm)	MODELO
DELTEK	2X2.59X2.25	2005



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



Como se pudo percibir se retomó de nueva cuenta el uso de la diadema (replanteamiento y justificación propuestos por el Dr. Carlos Iglesias y la Dra. Yolanda Peñalosa), ya que es fundamental no sólo para auxiliar al sistema de fijación, sino también para ejercer la suficiente presión en la zona de contacto y de esta manera reducir la distancia entre el hueso mastoideo y el dispositivo, ya que inevitablemente a menos que se realice una perforación en la región mastoidea, existe aunque delgada una capa suficiente de piel que provocaría la deficiente penetración de la energía acústica al oído medio.

Para evitar caer en la conceptualización de las actuales diademas, se resolvió esta propuesta rodeando la cabeza por su parte posterior, de esta forma se establecieron conectores a sus extremos para que pudieran intercambiarse los auxiliares auditivos, ya que en caso de que el problema fuera de índole bilateral, se colocara uno a cada lado de la diadema; De no ser así y el problema fuera de carácter unilateral, exista la posibilidad de colocar en uno de los extremos simplemente una extensión que consiga apoyarse en la oreja que no tiene deficiencias audiológicas, de tal suerte que en el otro punto pudiera conectarse un dispositivo que alcance nuestra región de ataque.

Estos conectores, independientemente de permitir el intercambio de los accesorios antes mencionados, tendrán como objetivo adicional proveer de energía eléctrica a los auxiliares auditivos, ya que la pila se dispuso justo al centro del perímetro de la diadema. La razón primordial por la cual se propuso de esta forma, obedece a que se pretende evitar que la envolvente que contiene al resto de los componentes no incremente sus dimensiones.

Por otra parte, se propusieron ganchos flexibles que tendrán como función el mantener el auxiliar en el lugar que le corresponde; por que mientras la diadema se encarga de hacer presión, estos aditamentos tendrán la oportunidad de moldearse al pabellón de la oreja o a una posible malformación, evitando que todo el aparato resbale, ya sea hacia abajo o hacia atrás.

Cabe mencionar, que al proponer un producto digital en su totalidad, es necesario diseñar de igual manera un dispositivo que controle el encendido, apagado y graduación de volumen de nuestro auxiliar, por este motivo se propuso el uso de un radio controlador ya existente en el mercado.

De esta forma llegamos a la conclusión, de que esta propuesta será nuestro punto de partida para el desarrollo de nuestro producto final, ya que definitivamente esta es la alternativa que más cantidad de limitantes fue capaz de resolver.



**DESARROLLO.**

Para esta propuesta, se pretenden establecer los mismos componentes, pero con otros rangos de eficiencia, esto nos permitirá de igual manera solucionar cuestiones estéticas y ergonómicas para así llegar a un diseño de producto que cumpla con los requerimientos y expectativas mencionadas anteriormente.

Por otro lado, se había tomado de nueva cuenta colocar los mandos, el micrófono y la batería junto con el vibrador, aunque gracias a las advertencias que se tuvieron por parte de el Ing. Salvatore Messina de la probable distorsión que podría existir si los componentes de mando y el vibrador, estuvieran juntos; De tal modo que los mandos y el oscilador se colocaran independientes del micrófono; esto para conseguir, apoyados por la flexibilidad de su posicionamiento, que pueda direccionarse para obtener una mejor recepción y evitar deterioros en la energía acústica de entrada ante la inminente distorsión del vibrador.

**COMPONENTES INTERNOS DEL DISPOSITIVO.**

OSCILADOR AUDITIVO ÓSEO.

MARCA	DIMENSIONES	MODELO
PHONAK	10x10x6	US\$ 87.00

BATERIA.

MARCA	DIMENSIONES	MODELO
ENERGIZER	11.6X5.4	AC675E
DURACELL	11.6X5.4	DA675

RAY-O-VAC	11.6X5.4	675A
BELTONE	11.6X5.4	B900PA
MIRACLE EAR	11.6X5.4	ME9Z
SIEMENS	11.6X5.4	675SA
STARKEY	11.6X5.4	S675A

AMPLIFICADOR.

MARCA	DIMENSIONES	MODELO
INAOE	2.5X1.4X0.75	01

MICRÓFONO.

MARCA	DIMENSIONES	MODELO
DELTEK	2.59DX2.59	FG

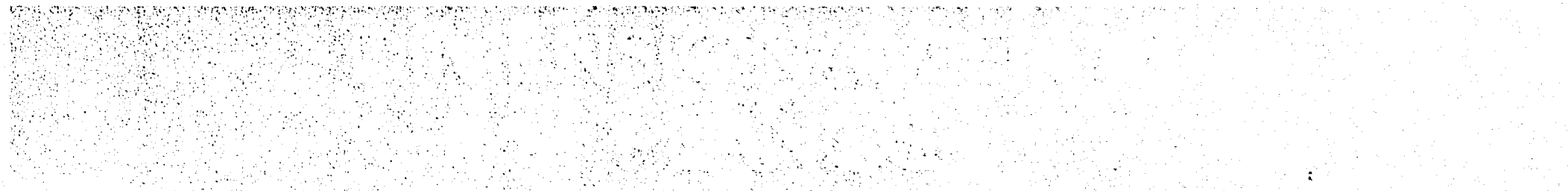
MANDO.

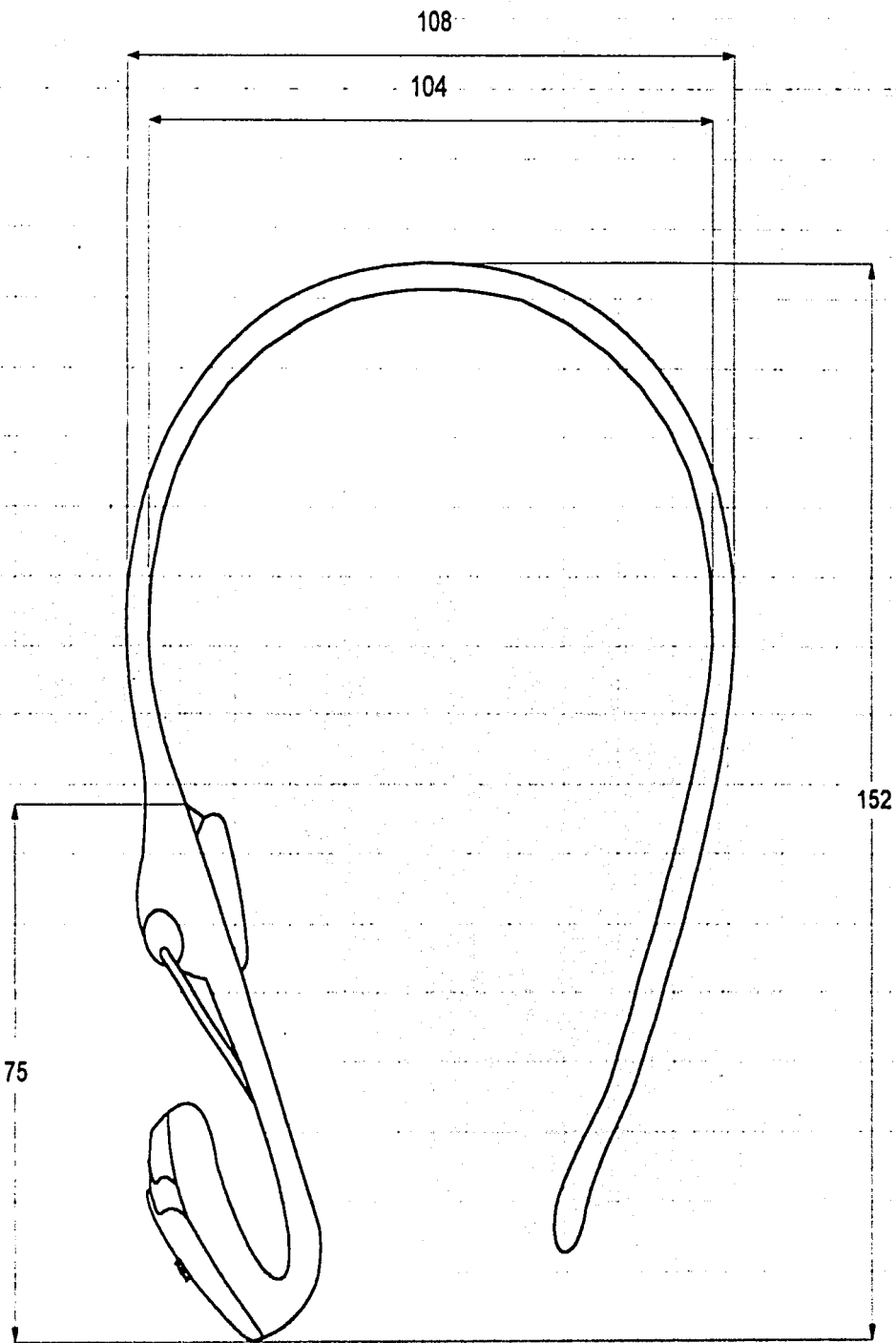
MARCA	DIMENSIONES	MODELO
DELTEK	2X2.59X2.25	2005

CONTROLADORES.

MARCA	DIMENSIONES	MODELO
PHILIPS	55X20X12	PHS12653







A  
B  
C  
D  
E

CLAVE

CANTIDAD

NOMBRE

MATERIAL

PROCESO / ACABADO

ADOLFO IVAN  
ESTRADA RODRIGUEZ

CIDI - UNAM

FECHA  
FEB - 02

ESCALA  
1:1

SAC - DISPOSITIVO AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISION OSEA

A4



VISTA SUPERIOR

COTAS  
mm

1  
13

1

2

3

4

No. FECHA COORD. MODIFICACION AUTORIZO

A

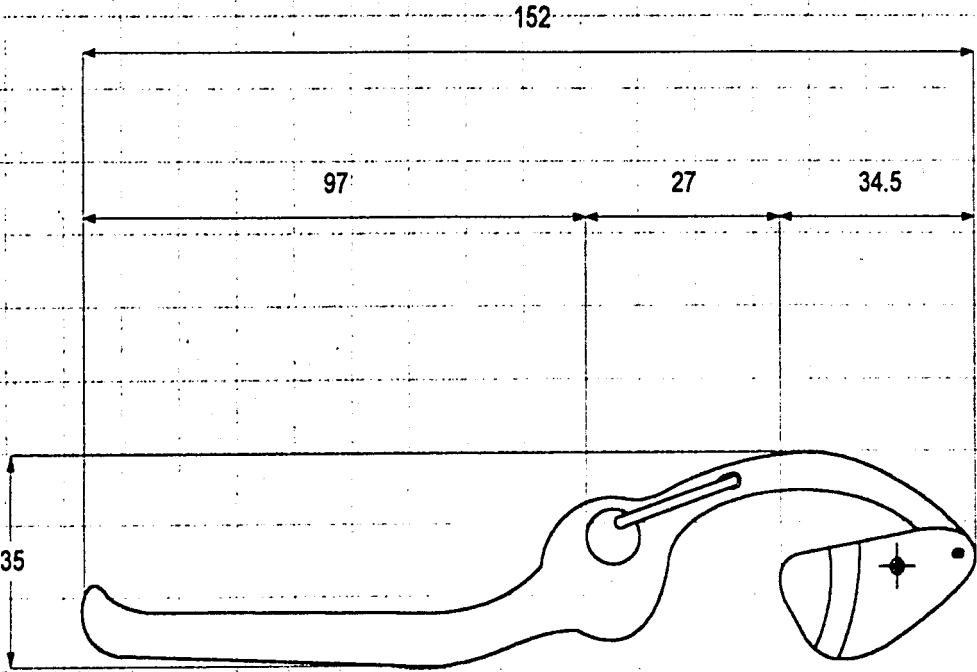
B

C

D

E

F



CLAVE	CANTIDAD	NOMBRE	MATERIAL	PROCESO / ACABADO
-------	----------	--------	----------	-------------------

ADOLFO IVAN ESTRADA RODRIGUEZ
----------------------------------

**CIDI - UNAM**

FECHA FEB - 02
-------------------

ESCALA 1:1
---------------

SAC - DISPOSITIVO AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISION OSEA

**A4**



COTAS mm
-------------

2 13
---------

**VISTA LATERAL**

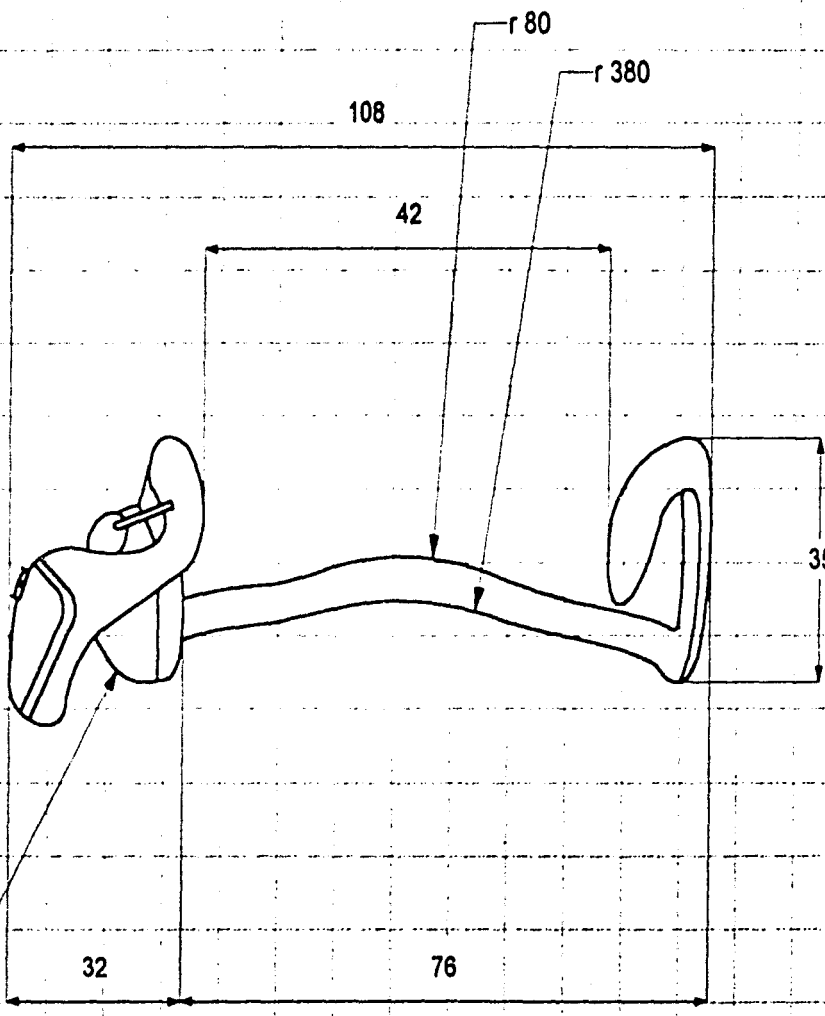
1

2

3

4

№.	FECHA	COORD.	MODIFICACION	AUTORIZO



CLAVE	CANTIDAD	NOMBRE	MATERIAL	PROCESO / ACABADO
-------	----------	--------	----------	-------------------

ADOLFO IVAN ESTRADA RODRIGUEZ
----------------------------------

**CIDI - UNAM**

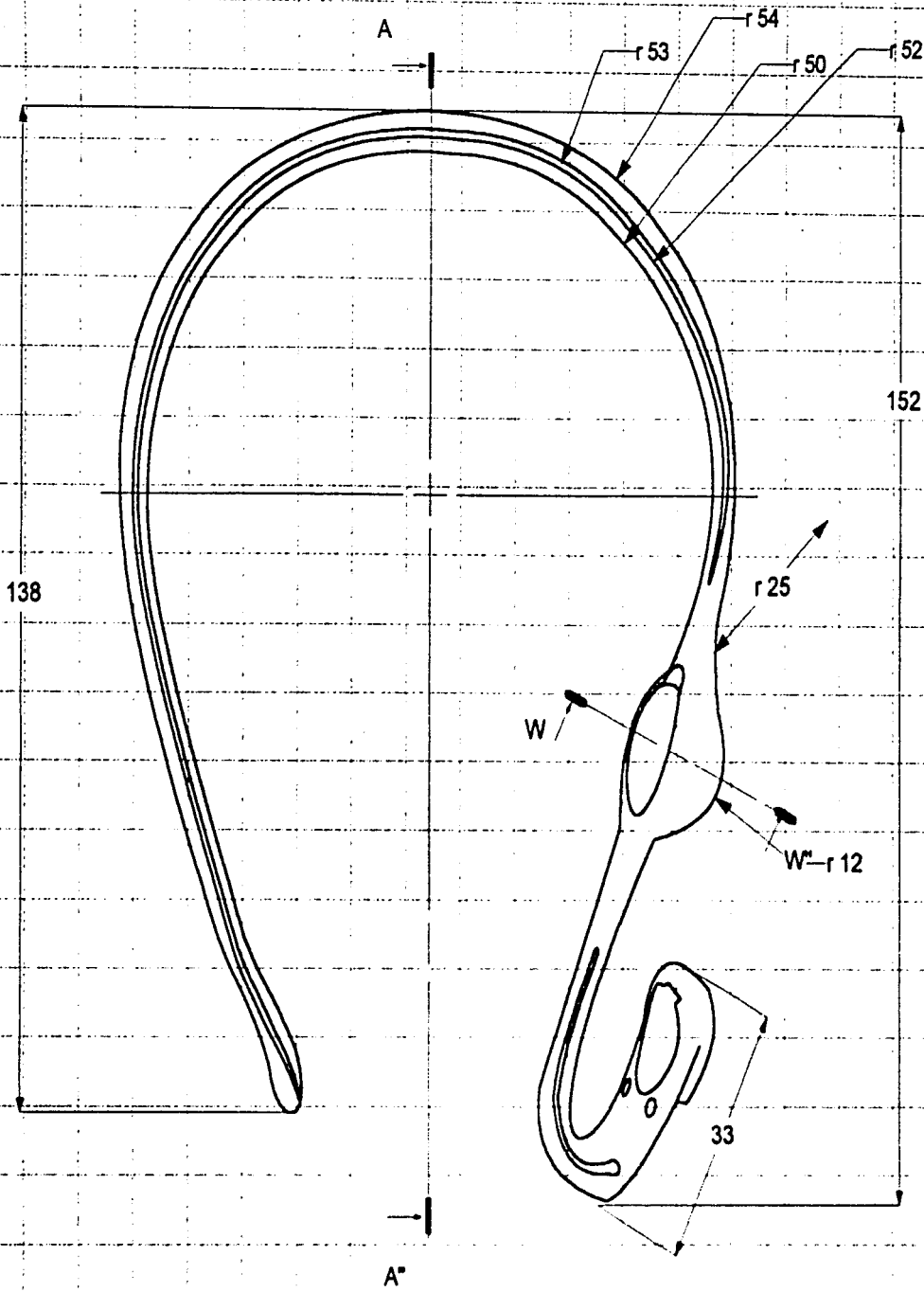
FECHA FEB - 02	ESCALA 1:1
-------------------	---------------

SAC - DISPOSITIVO AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISION OSEA

**A4**

**VISTA FRONTAL**

COTAS mm.	3 / 13
--------------	--------



VISTA SUPERIOR

A1	1	DIADEMA	POLIETILENO	INYECCIÓN
CLAVE	CANTIDAD	NOMBRE	MATERIAL	PROCESO / ACABADO

ADOLFO IVAN  
ESTRADA RODRIGUEZ

CIDI - UNAM

FECHA  
FEB - 02

ESCALA  
1:1

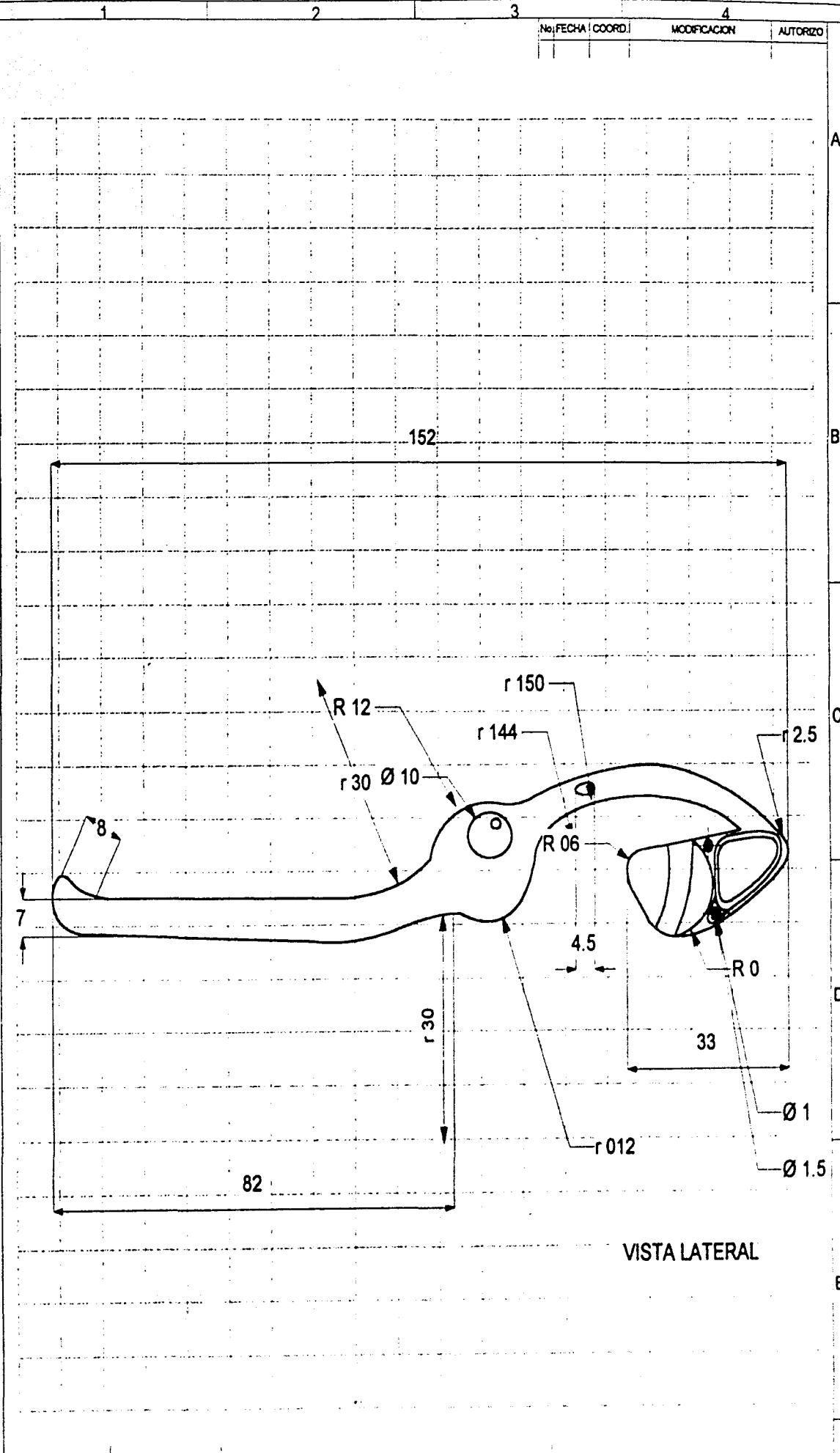
SAC - DISPOSITIVO AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISION OSEA

A4

PLANO POR PIEZA

COTAS  
mm

4  
13



VISTA LATERAL

1	2	3	4
No.	FECHA	COORD.	AUTORIZO
		MODIFICACION	
A1	1	DIADEMA	POLIETILENO
CLAVE	CANTIDAD	NOMBRE	MATERIAL
		INYECCIÓN	PROCESO / ACABADO
ADOLFO IVAN ESTRADA RODRIGUEZ		CIDI - UNAM	
		FECHA	ESCALA
		FEB - 02	1:1
SAC - DISPOSITIVO AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISION OSEA		A4	
PLANO POR PIEZA		COTAS	5
		mm	13

1

2

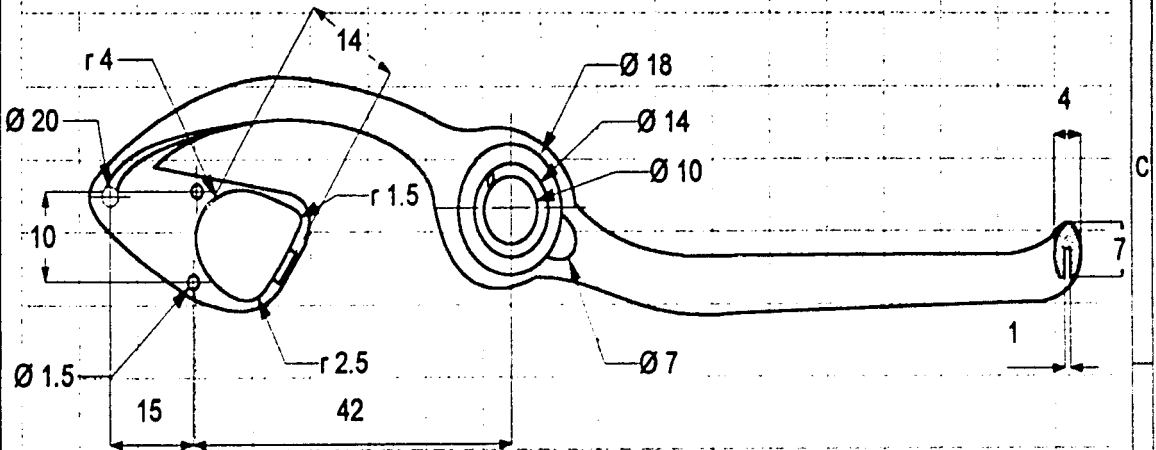
3

4

No. FECHA - COORD:

MODIFICACION

AUTORIZO



CORTE A - A"

A1

1

DIADEMA

POLIETILENO

INYECCIÓN

CLAVE

CANTIDAD

NOMBRE

MATERIAL

PROCESO / ACABADO

ADOLFO IVAN  
ESTRADA RODRIGUEZ

CIDI - UNAM

FECHA  
FEB - 02ESCALA  
1:1

SAC - DISPOSITIVO AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISION OSEA

A4



PLANO POR PIEZA

COTAS  
mm.6  
13

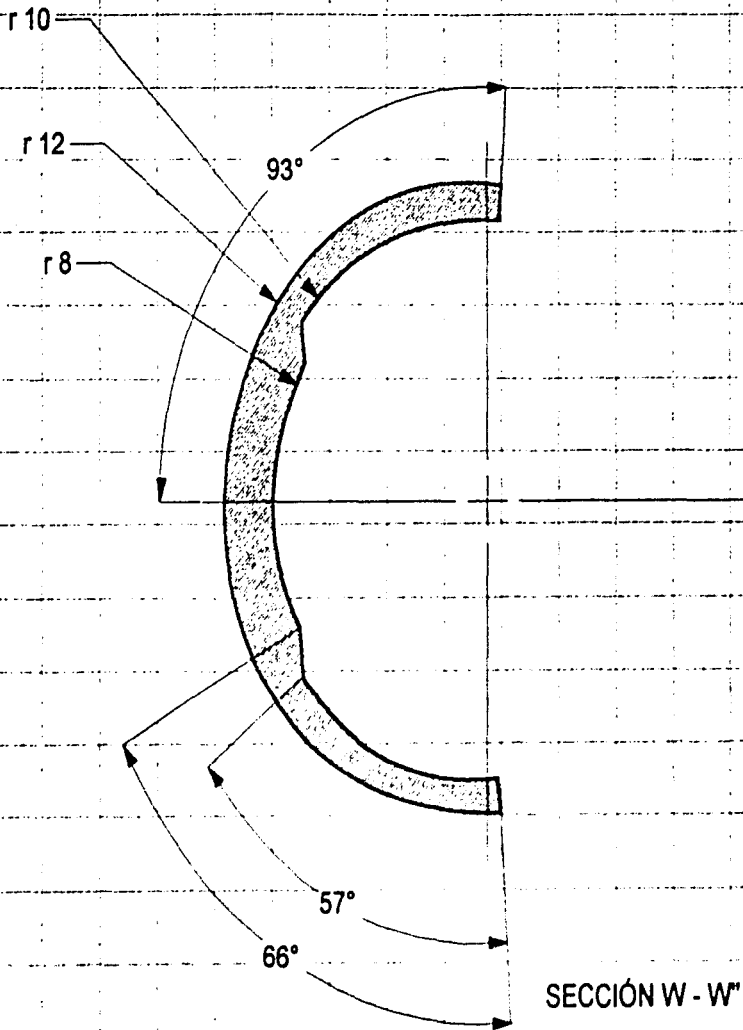
1

2

3

4

Nº/FECHA	COORD	MODIFICACION	AUTORIZO



A

B

C

D

E

F

A1	1	DIADEMA	POLIETILENO	INYECCIÓN
CLAVE	CANTIDAD	NOMBRE	MATERIAL	PROCESO / ACABADO

ADOLFO IVAN  
ESTRADA RODRIGUEZ

CIDI - UNAM

FECHA ESCALA  
FEB - 02 6:1

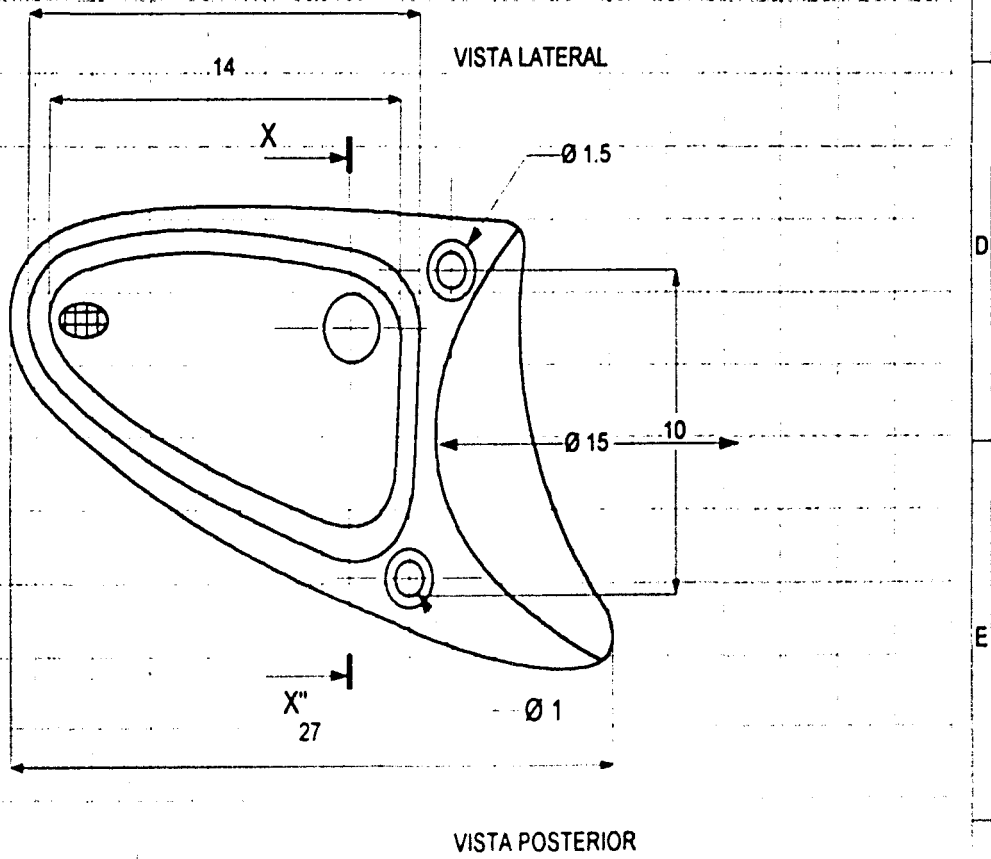
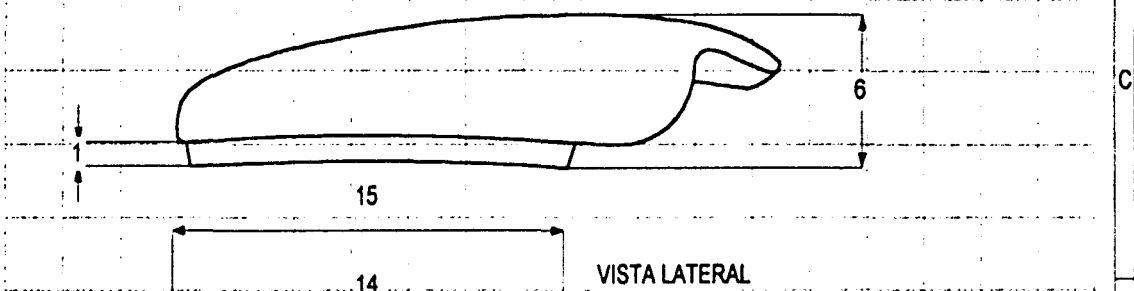
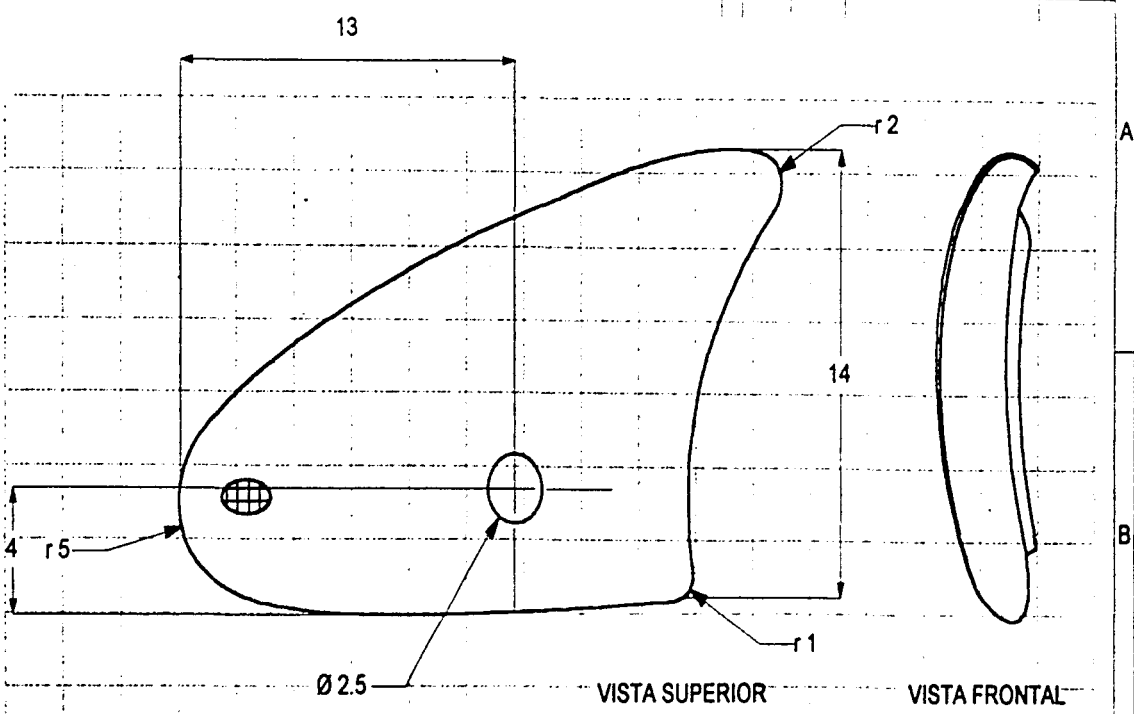
SAC - DISPOSITIVO AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISION OSEA

A4

PLANO POR PIEZA

COTAS mm 7 13





A2	1	TAPA 1	ACRILICO	INYECCION
CLAVE	CANTIDAD	NOMBRE	MATERIAL	PROCESO / ACABADO

ADOLFO IVAN  
ESTRADA RODRIGUEZ

CIDI - UNAM

FECHA ESCALA  
FEB - 02 4:1

SAC - DISPOSITIVO AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISION OSEA

A4

PLANO POR PIEZA

COTAS 8  
mm 13

1

2

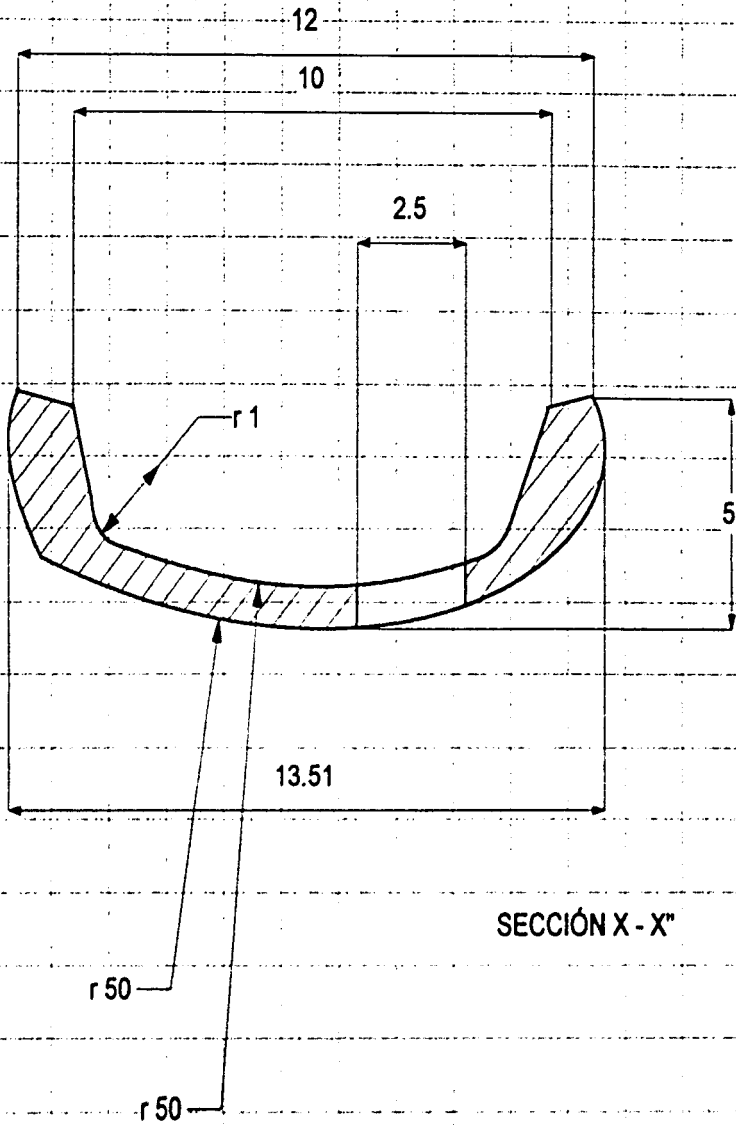
3

4

Nº/FECHA COORD.

MODIFICACION

AUTORIZO



A  
B  
C  
D  
E  
F

A2

1

TAPA 1

ACRILICO

INYECCION

CLAVE

CANTIDAD

NOMBRE

MATERIAL

PROCESO / ACABADO

ADOLFO IVAN  
ESTRADA RODRIGUEZ

CIDI - UNAM

FECHA  
FEB - 02

ESCALA  
5:1

SAC - DISPOSITIVO AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISION OSEA

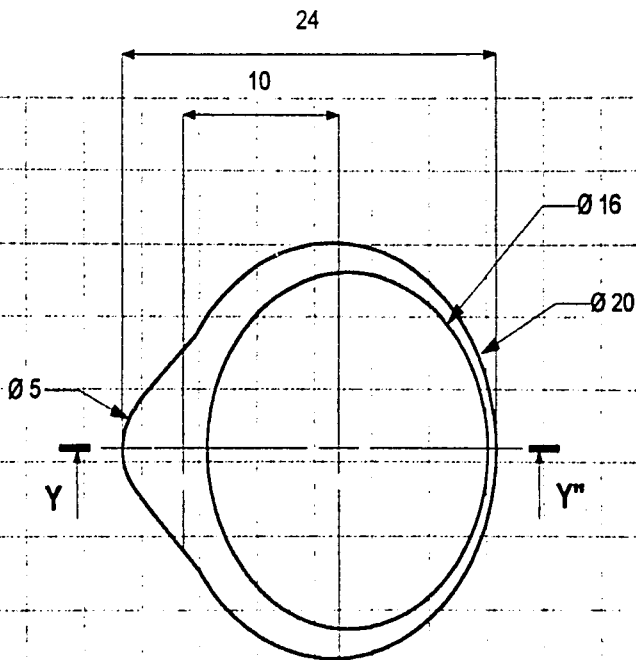
A4



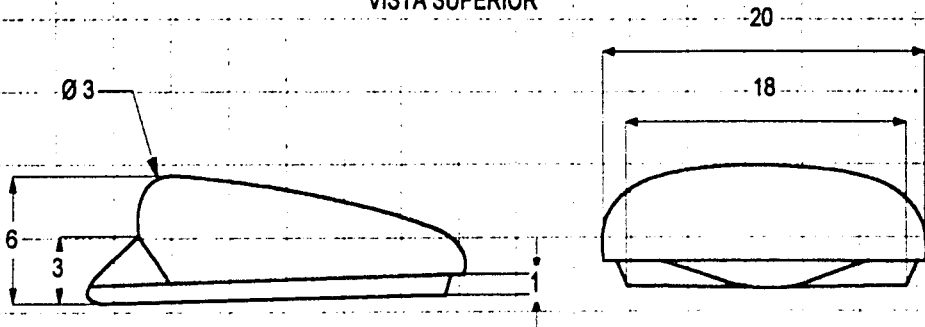
PLANO POR PIEZA

COTAS  
mm

9  
13

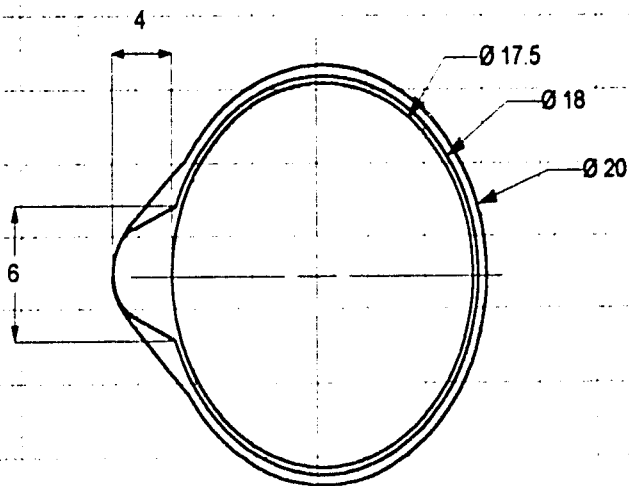


VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL

VISTA FRONTAL



VISTA POSTERIOR

A3	1	TAPA 2	ACRÍLICO	INYECCIÓN
CLAVE	CANTIDAD	NOMBRE	MATERIAL	PROCESO / ACABADO

ADOLFO IVAN  
ESTRADA RODRIGUEZ

CIDI - UNAM

FECHA  
FEB - 02

ESCALA  
5:1

SAC - DISPOSITIVO AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISION OSEA

A4



COTAS  
mm

10  
13

PLANO POR PIEZA

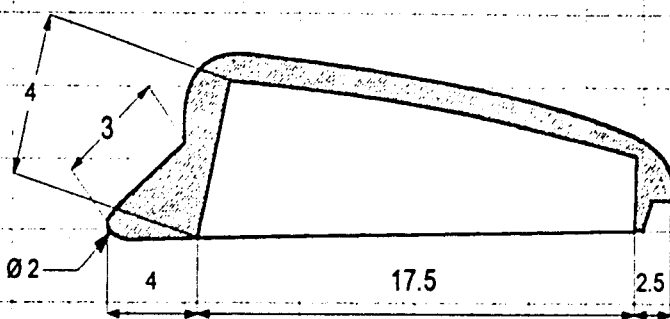
1

2

3

4

No:	FECHA:	COORD.:	MODIFICACION	AUTORIZO



CORTE Y-Y''

A3  
CLAVE

1  
CANTIDAD

TAPA 2  
NOMBRE

ACRÍLICO  
MATERIAL

INYECCIÓN  
PROCESO / ACABADO

ADOLFO IVAN  
ESTRADA RODRIGUEZ

CIDI - UNAM

FECHA  
FEB - 02

ESCALA  
5:1

SAC - DISPOSITIVO AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISION OSEA

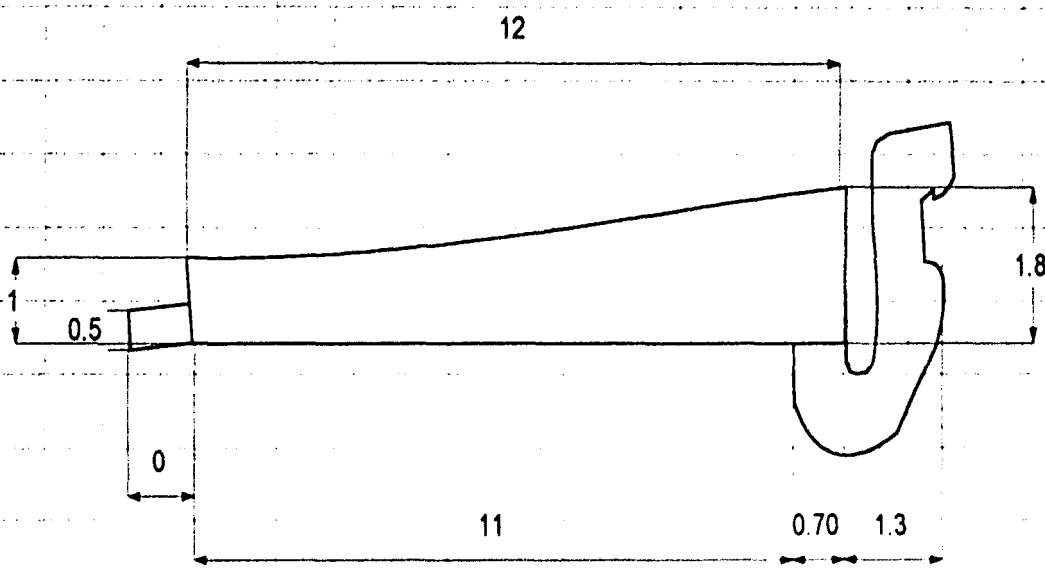
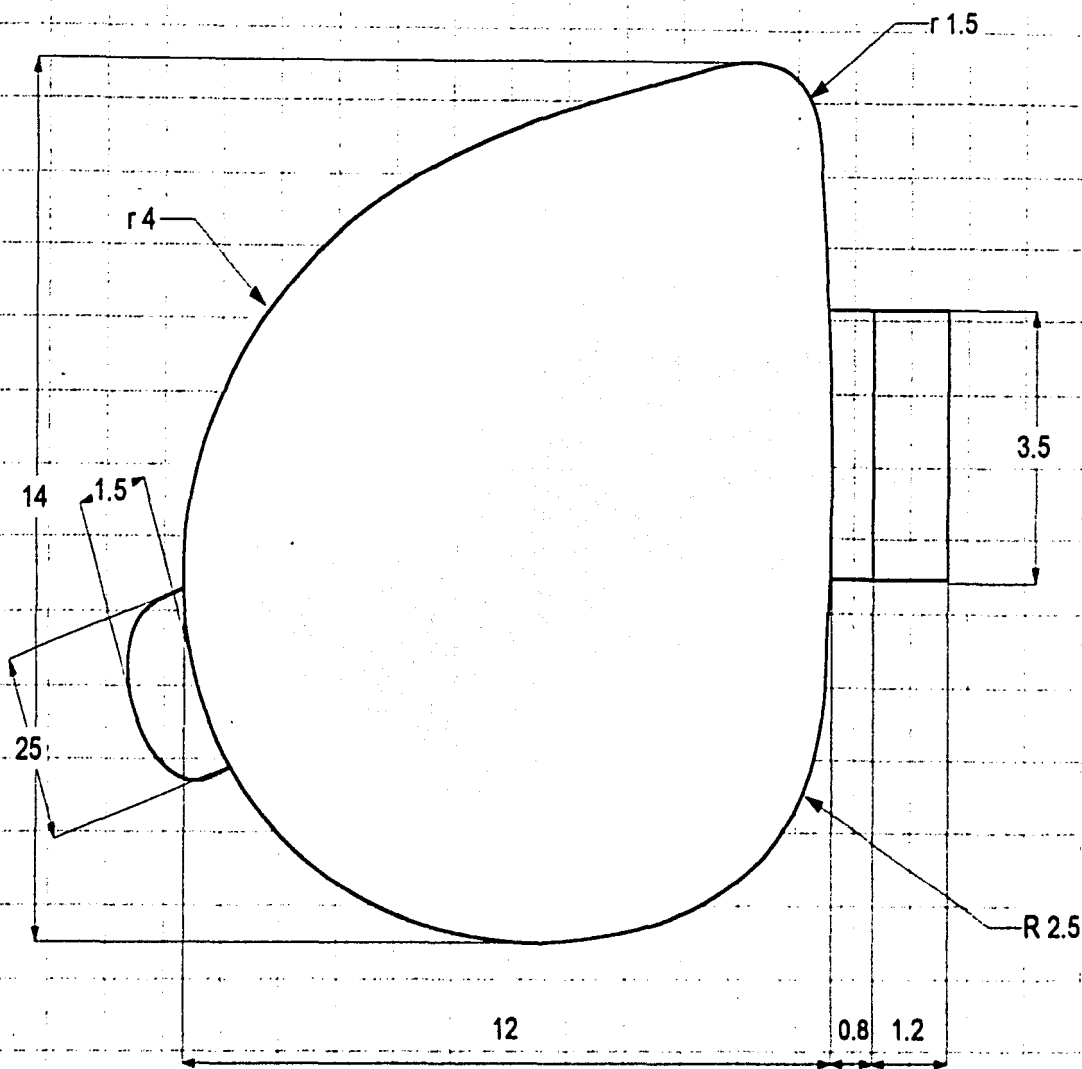
A4



PLANO POR PIEZA

COTAS  
mm

11  
13



A4 1 TAPA 3 POLIETILENO INYECCIÓN  
 CLAVE CANTIDAD NOMBRE MATERIAL PROCESO / ACABADO

ADOLFO IVAN  
 ESTRADA RODRIGUEZ

CIDI - UNAM

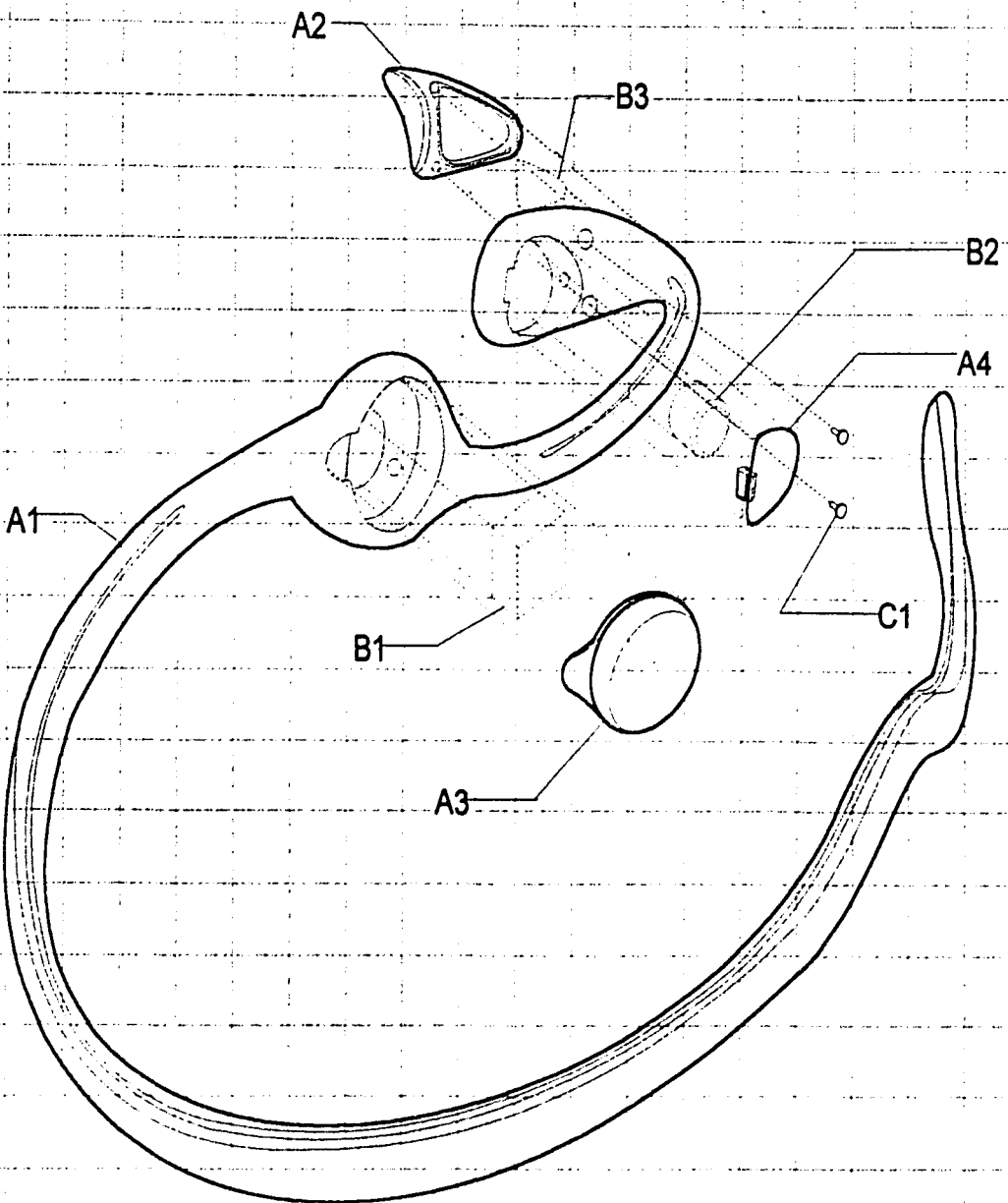
FECHA ESCALA  
 FEB - 02 6.1

SAC - DISPOSITIVO AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISION OSEA

A4

PLANO POR PIEZA

COTAS mm 12 13



CLAVE	CANTIDAD	NOMBRE	MATERIAL	PROCESO / ACABADO
C1	1	TORNILLO 3/32"	COMERCIAL	
B3	1	PILA	S- 675A	
B2	1	PROCESADOR	COMERCIAL	
B1	1	VIBRADOR	COMERCIAL	
A4	1	TAPA 3	POLIETILENO	INYECCIÓN
A3	1	TAPA 2	ACRILICO	INYECCIÓN
A2	1	TAPA 1	ACRILICO	INYECCIÓN
A1	1	DIADEMA	POLIETILENO	INYECCIÓN

ADOLFO IVAN  
ESTRADA RODRIGUEZ

CIDI - UNAM

FECHA  
FEB - 02

ESCALA  
S/E

SAC - DISPOSITIVO AUXILIAR DE AYUDA AUDITIVA POR TRANSMISION OSEA

A4

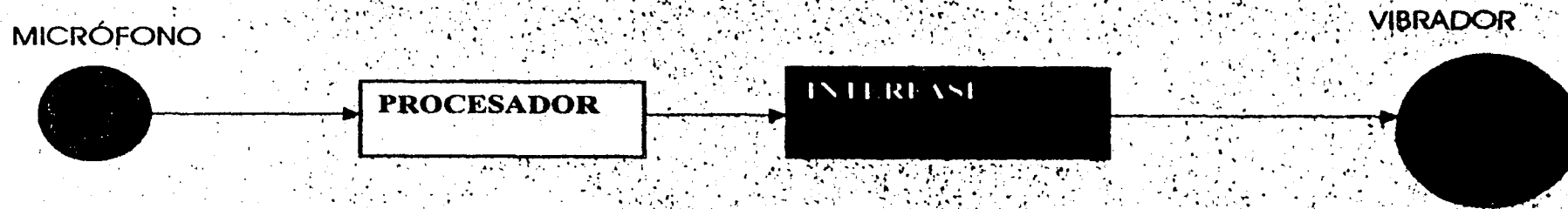


DESPIECE

COTAS  
mm

13  
13

CARACTERÍSTICAS  
INTEGRALES DEL PRODUCTO





Características técnico funcionales del producto

CONCEPTO	ESPECIFICACIONES
-Máxima salida	-120 dB SPL ( TIPO 3 )
-Consumo potencia ( chip )	-40 microwatts
-Consumo total	->200 microwatts
-Tiempo de vida batería	-4 – 6 semanas
-Programable	-3 Bandas
-AGC	-Protección y confort
-Bajo ruido y distorsión	-Dentro de las normas
-Control analógico y/o digital	-Bajo costo alto rendimiento
-Dispositivos programables	-Control automático de ganancia incluido
	-Tecnología expandible a dispositivos universales
-Bajo consumo de potencia	

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL LOS PRODUCTOS QUE SE ENCUENTRAN EN EL MERCADO, ASI COMO NUESTRA PROPUESTA

MARCA	TECNOLOGÍA	ERGONOMÍA	FUNCIÓN
Phonak	3	2	3
Oticon	3	2	2
Malco	1	1	1
Phillips	2	1	3
SAC	3	3	3

- 1 BUENO
- 2 MUY BUENO
- 3 EXCELENTE

PROPIEDADES

Color	Características semánticas
Gris	No tiene carácter autónomo ni llega a las posibilidades de vida del blanco ni a la pasividad del negro. Es la expresión del estado del alma cuando es irresoluble.
Verde	Es el color más tranquilo. No es trémulo ni impetuoso. Evoca el placer, pasión o sadismo.
Azul	Es profundo y temerario con atmósfera relajada. Lo prefieren los adultos y expresa cierta madurez, aunque evoca a la infancia.

**Negro:** muerte, feo, noche, profundo, odio, pesado y miedo.

**Blanco:** paz, ligero, virtud, inocencia, bondad y salud.

**Gris:** tristeza, fatiga, ocultismo.

**Azul:** felicidad y masculino.

**Verde:** esperanza.

Selección de Indicadores visuales

Tipo de Información	Tipo de indicador	Características
Cualitativa	Estado <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos médicos</li> <li>• Indicador con luces</li> <li>• Teclados</li> <li>• Copiadoras</li> <li>• Semáforos</li> <li>• Drives de Pc</li> <li>• Rótulo con luz</li> <li>• Impresoras de pc</li> <li>• Fáciles de detectar</li> <li>• Símbolos gráficos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deben rotular</li> <li>• Pueden tener código de color, numero, localización, espacial, repetición o duración del encendido</li> <li>• Se pueden incorporar en un control para indicar su estado</li> <li>• Pueden usar el código de color, numero, localización espacial, repetición o duración del encendido</li> <li>• Se debe estar seguro de que el símbolo tenga el mensaje</li> </ul>

Primero que nada se llegó a esta solución de diseño proponiendo y estableciendo el uso de una diadema que nos permitiera ocultarse lo más posible por el cabello, no proponiendo lo mismo para el resto de los componentes, esto para evitar que el producto siga reproduciendo patrones como el hecho de parecer precisamente un aditamento médico o el poseer una muy pobre ergonomía.

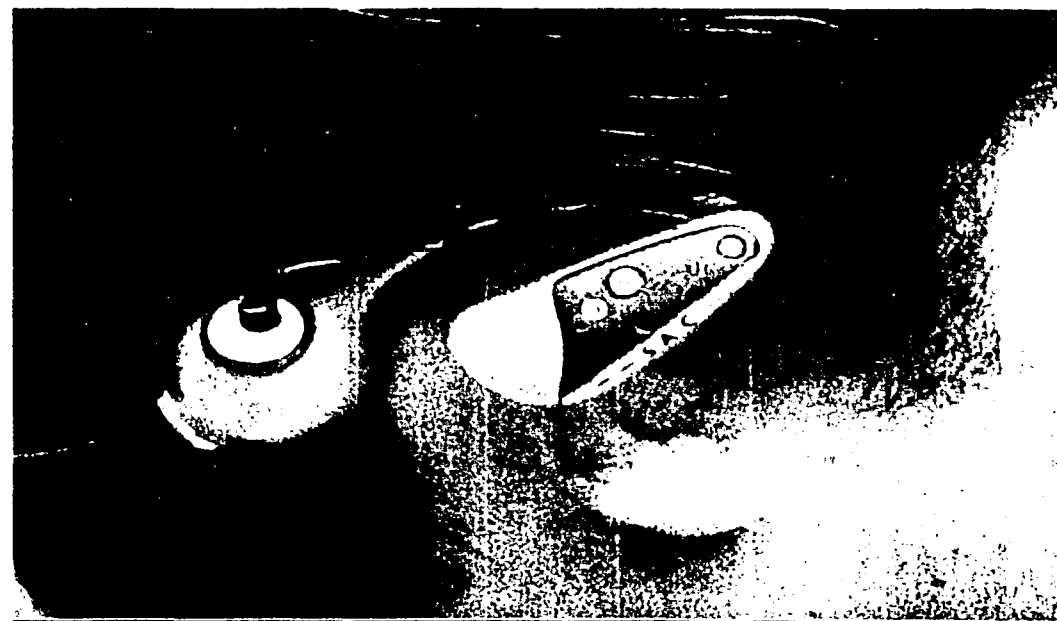
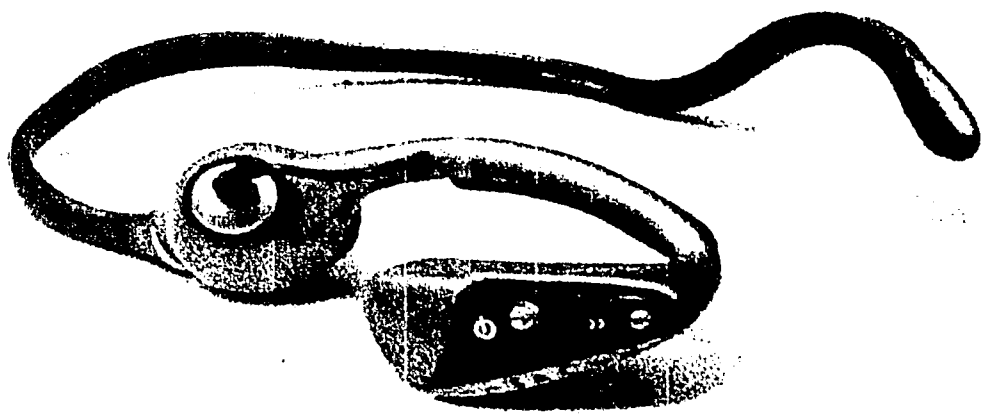
Por este motivo, el contenedor de la tarjeta madre, micrófono, sensor y batería, así como el vibrador, tendrán una apariencia distinta. Esto se conseguirá proponiendo colores y texturas diversas, que van desde los translúcidos hasta los sólidos.

Ahora bien, la manera en que piensa controlarse nuestro auxiliar es por medio de controladores manuales ya existente en el mercado, dispuestos en el auxiliar de manera discreta, pero de fácil acceso.

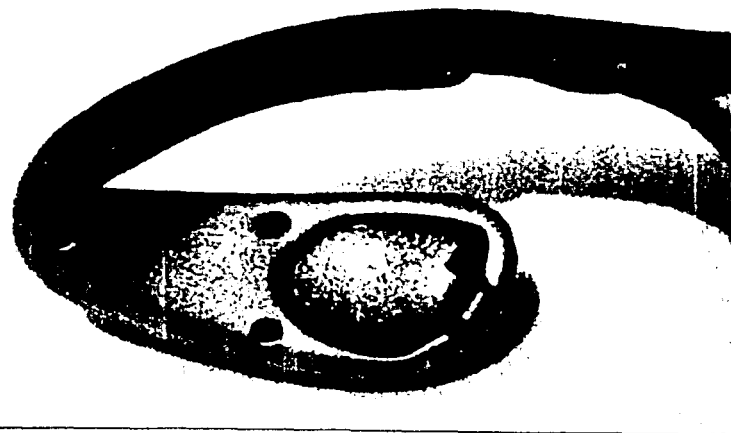
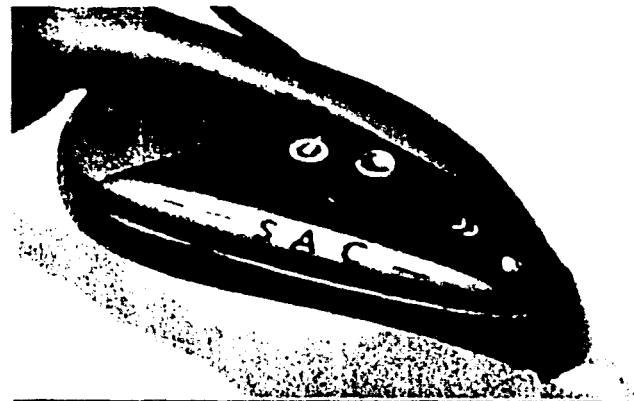
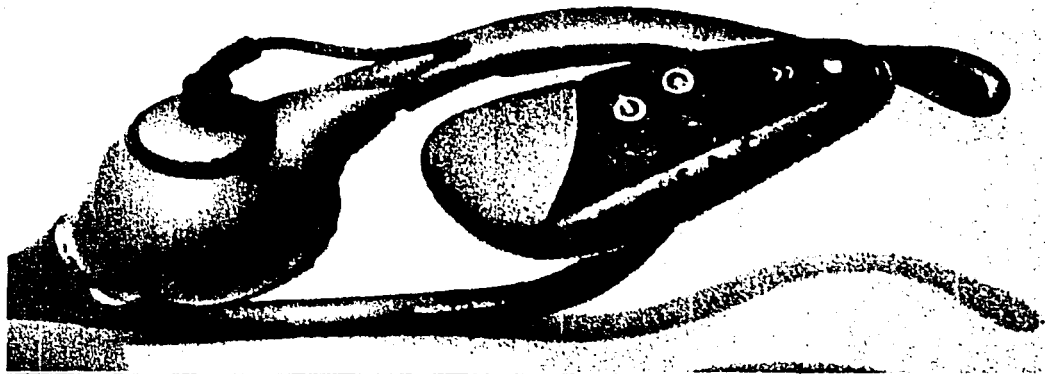
Por otra parte, estos dispositivos se mantendrán visibles, para conseguir en el caso de los niños, que tenga las características predominantes de un juguete y en el caso de adultos, se pretende que estos posean un carácter laboral, es decir, que nuestro producto aparente fungir como una unidad de apoyo externa.

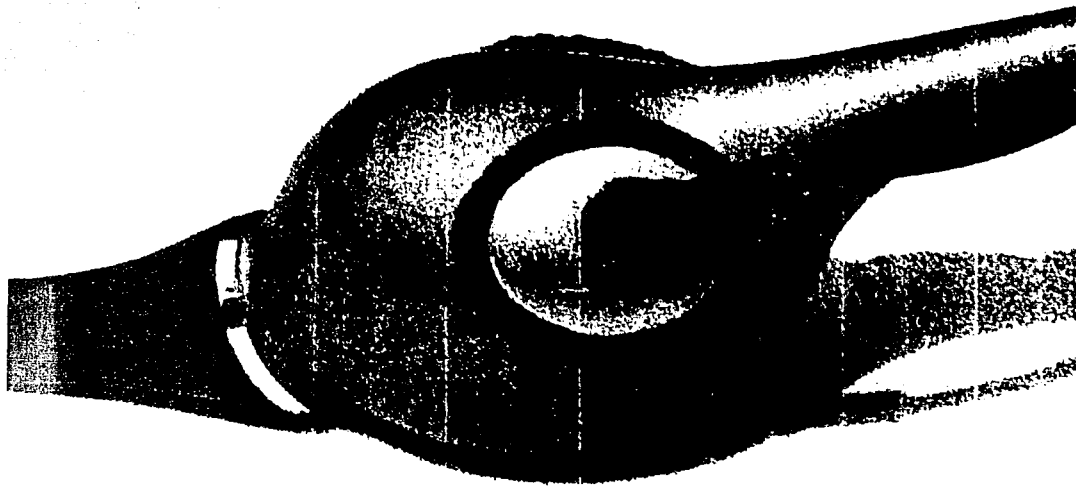
Habiendo terminado la descripción general de nuestro auxiliar, nos encaminaremos a darle un nombre comercial que no dejará a un lado sus características esenciales. Después de un riguroso análisis se llegó a la conclusión de proponer una marca (nombre) que estuviera directamente relacionada con nuestro producto, por este motivo se decidió utilizar las siglas SAC que significan Solución Auditiva Conductual, de este modo será así como lo identifiquemos para su lanzamiento al mercado.

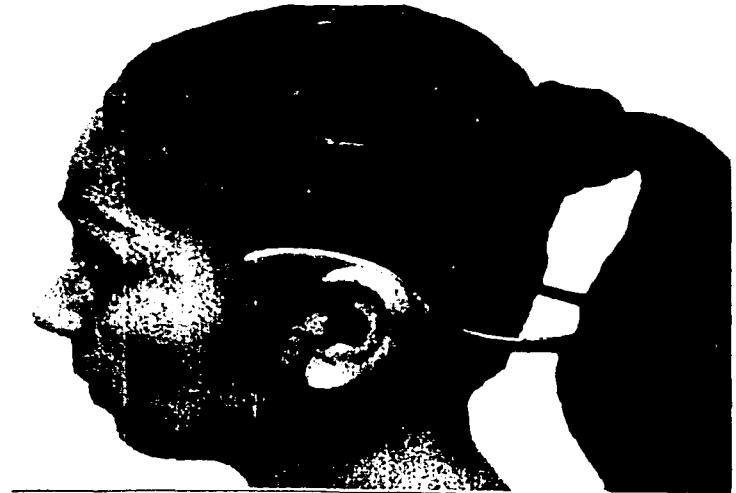
# PRESENTACIÓN FINAL





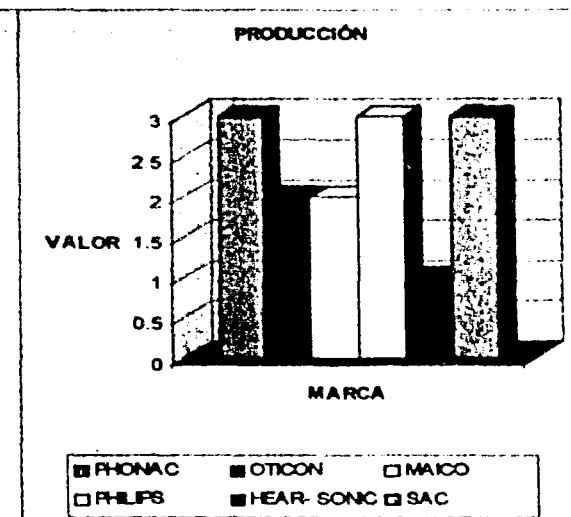
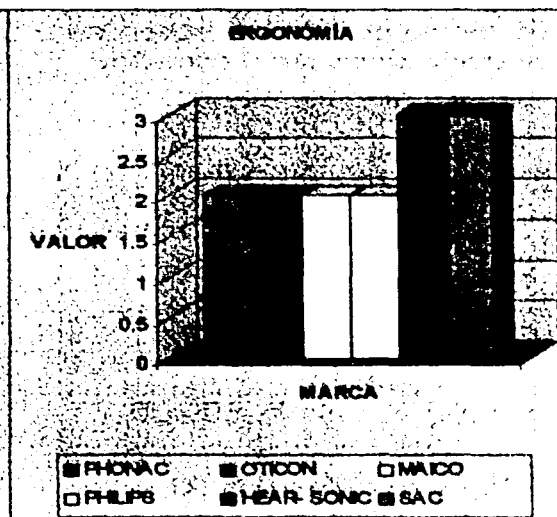
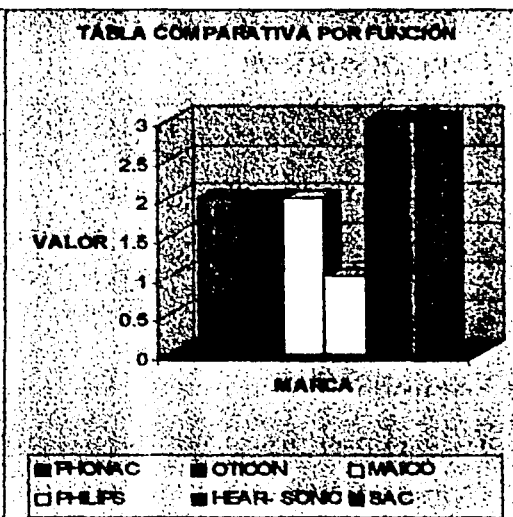
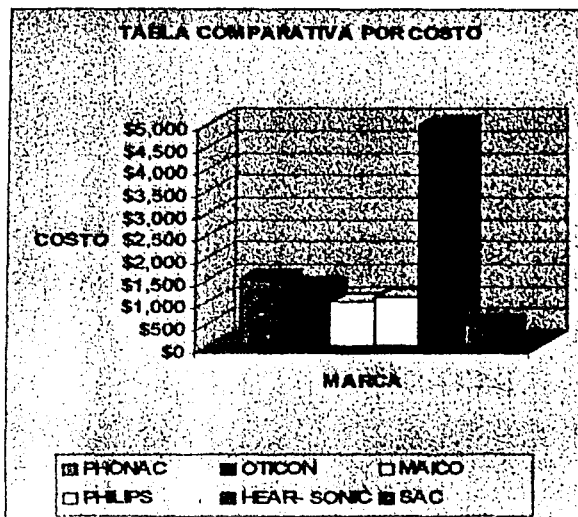








# VENTAJAS COMPETITIVAS



Información especulativa

En el desarrollo de costos para SAC, se ha planteado una propuesta económica considerando al Sector Salud, como cliente potencial, por ende se tomarán criterios para la venta total del Proyecto.

Es así como se ha conformado un marco económico básico de costos generales, el cual sólo muestra referencias dadas por el consultor.

<u>CONCEPTO</u>	<u>HORAS DE TRABAJO</u>	<u>PRECIO POR HORA</u>	<u>TOTAL EN PESOS</u>
Investigación	972	\$80.00	\$77,760.00
Asesorías de expertos	27	\$2,500.00	\$67,500.00
Diseño del producto	1500	\$95.00	\$142,500.00
Manufactura del producto	135	\$35.00	\$4,725.00
Subtotal			\$292,485.00

*Materlales*

<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDADES</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>TOTAL EN PESOS</u>
Polietileno	450gr	\$3,250.00 (kg)	\$1,462.50
Polimetacrilato de metilo	300gr	\$1,650.00 (kg)	\$495.00

*Componentes*

Oscilador auditivo	1	\$2,880.00	\$
Chip (INAOE)	1	\$777.00	\$
Micrófono	1	\$265.00	\$
Mandos	1	\$249.00	\$
Controladores	1	\$427.00	\$
Tarjeta madre	1	\$355.00	\$
Cable de dos bandas	1	\$80.00	\$
Subtotal			\$6,990.50
Utilidades (32%)			\$95,832.16
<b>Costo del proyecto</b>			<b>\$395,307.66</b>

7

ANEXOS

## Oído externo

### Anatomía y funcionamiento

El oído externo está formado por el pabellón auricular u oreja, el cual dirige las ondas sonoras hacia el conducto auditivo externo a través del orificio auditivo. El otro extremo del conducto auditivo se encuentra cubierto por la membrana timpánica o tímpano, la cual constituye la entrada al oído medio. La función del oído externo es la de recolectar las ondas sonoras y encauzarlas hacia el oído medio. Así mismo, el conducto auditivo tiene dos propósitos adicionales: proteger las delicadas estructuras del oído medio contra daños y minimizar la distancia del oído interno al cerebro, reduciendo el tiempo de propagación de los impulsos nerviosos.

### Respuesta en frecuencia y localización de las fuentes de sonido

El conducto auditivo es un "tubo" de unos 2 cm de longitud, el cual influye en la respuesta en frecuencia del sistema auditivo. Dada la velocidad de propagación del sonido en el aire (aprox. 334 m/s), dicha longitud corresponde a 1/4 de la longitud de onda de una señal sonora de unos 4 kHz. Este es uno de los motivos por los cuales el aparato auditivo presenta una mayor sensibilidad a las frecuencias cercanas a los 4 kHz, como se verá en el siguiente capítulo.

Adicionalmente, el pabellón auricular, junto con la cabeza y los hombros, contribuye a modificar el espectro de la señal sonora. Las señales sonoras que entran al conducto auditivo externo sufren efectos de difracción debidos a la forma del pabellón auricular y la cabeza, y estos efectos varían según la dirección de incidencia y el contenido espectral de la señal; así, se altera el espectro sonoro debido a la difracción. Estas alteraciones, en forma de "picos" y "valles" en el espectro, son usadas por

el sistema auditivo para determinar la procedencia del sonido en el llamado "plano medio" (plano imaginario perpendicular a la recta que une ambos tímpanos).

## Oído medio

### Anatomía

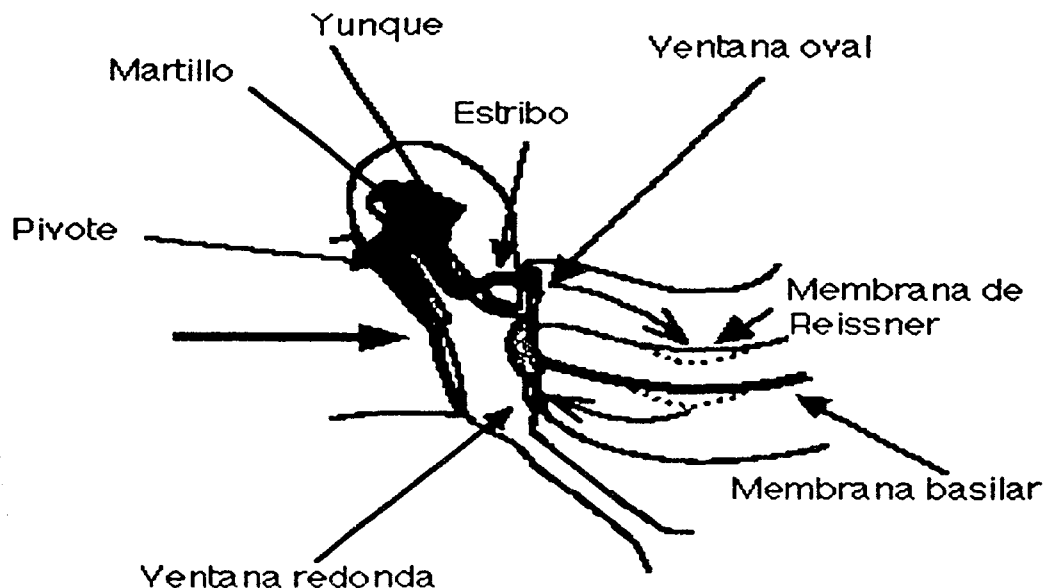
El oído medio está constituido por una cavidad llena de aire, dentro de la cual se encuentran tres huesecillos, denominados martillo, yunque y estribo, unidos entre sí en forma articulada. Uno de los extremos del martillo se encuentra adherido al tímpano, mientras que la base del estribo está unida mediante un anillo flexible a las paredes de la ventana oval, orificio que constituye la vía de entrada del sonido al oído interno.

Finalmente, la cavidad del oído medio se comunica con el exterior del cuerpo a través de la trompa de Eustaquio, la cual es un conducto que llega hasta las vías respiratorias y que permite igualar la presión del aire a ambos lados del tímpano.

### Propagación del sonido y acople de Impedancias

Los sonidos, formados por oscilaciones de las moléculas del aire, son conducidos a través del conducto auditivo hasta el tímpano. Los cambios de presión en la pared externa de la membrana timpánica, asociados a la señal sonora, hacen que dicha membrana vibre siguiendo las oscilaciones de dicha señal.

Las vibraciones del tímpano se transmiten a lo largo de la cadena de huesecillos, la cual opera como un sistema de palancas, de forma tal que la base del estribo vibra en la ventana oval. Este huesecillo se encuentra en contacto con uno de los fluidos contenidos en el oído interno; por lo tanto, el tímpano y la cadena de huesecillos actúan como un mecanismo para transformar las vibraciones del aire en vibraciones del fluido.



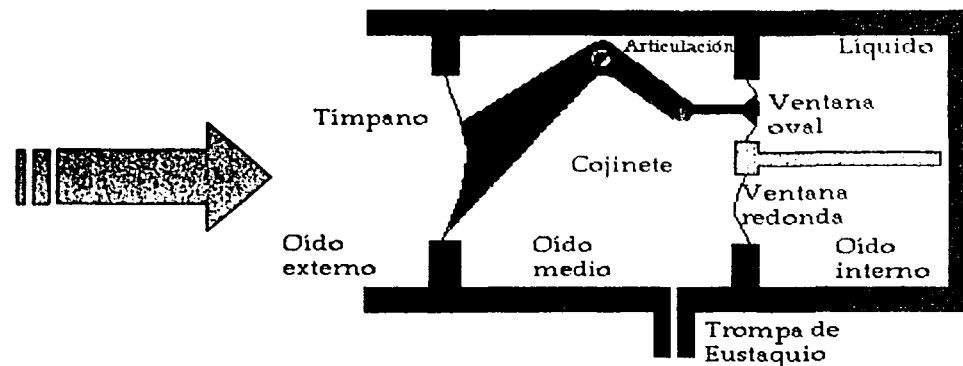
Propagación del sonido a través del oído medio e interno.

Ahora bien, para lograr que la transferencia de potencia del aire al fluido sea máxima, debe efectuarse un acoplamiento entre la impedancia mecánica característica del aire y la del fluido, puesto que esta última es mucho mayor que la primera.

Un equivalente mecánico de un transformador (el acoplador de impedancias eléctricas) es, precisamente, una palanca; por ende, la cadena de huesecillos actúa como acoplador de impedancias. Además,

la relación entre las superficies del tímpano y de la base del estribo (en la ventana oval) introduce un efecto de acoplamiento adicional, lográndose una transformación de impedancias del orden de 1:20, con lo cual se minimizan las pérdidas por reflexión.

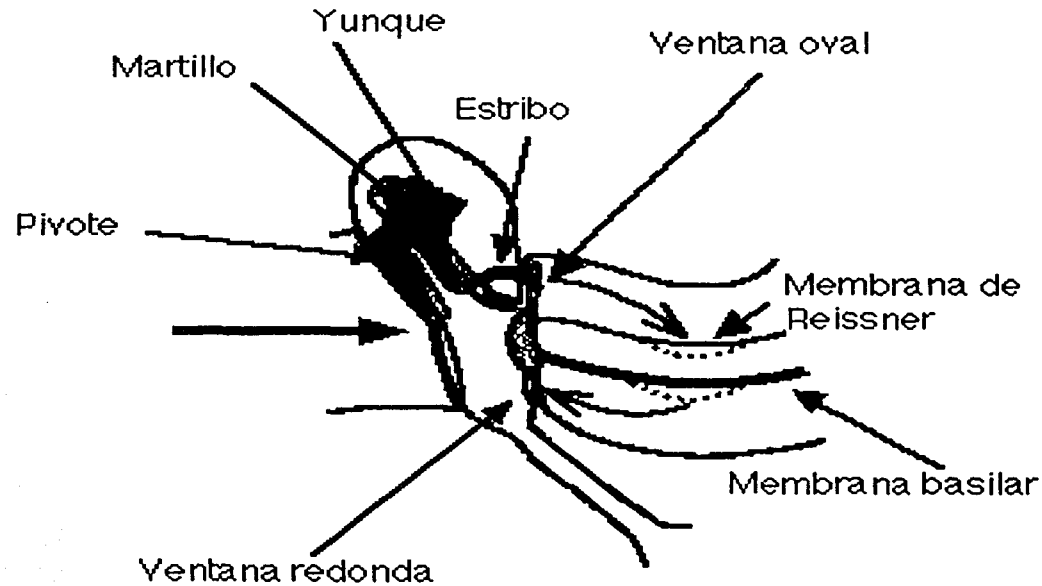
El máximo acoplamiento se obtiene en el rango de frecuencias medias, en torno a 1 kHz. En el siguiente dibujo se representa en forma esquemática la transmisión del sonido del oído externo al interno, a través del oído medio.



Esquema de la propagación del sonido a través del oído medio.

### Reflejo timpánico o acústico

Cuando se aplican sonidos de gran intensidad (> 90 dB SPL) al tímpano, los músculos tensores del tímpano y el estribo se contraen de forma automática, modificando la característica de transferencia del oído medio y disminuyendo la cantidad de energía entregada al oído interno.



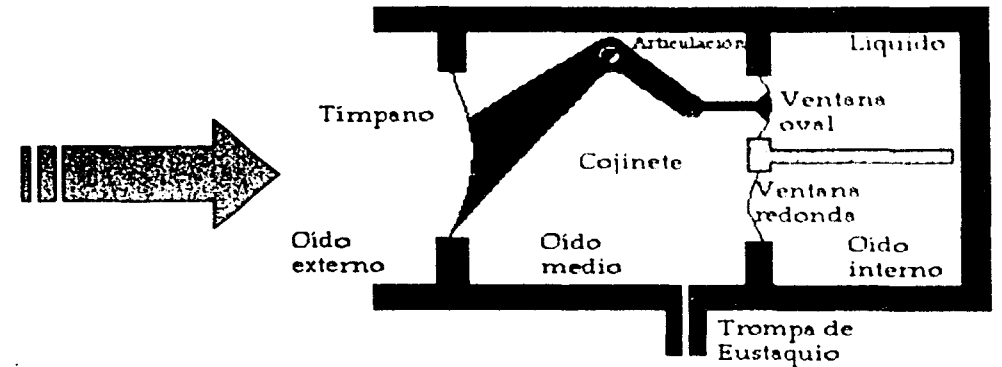
Propagación del sonido a través del oído medio e Interno.

Ahora bien, para lograr que la transferencia de potencia del aire al fluido sea máxima, debe efectuarse un acoplamiento entre la impedancia mecánica característica del aire y la del fluido, puesto que esta última es mucho mayor que la primera.

Un equivalente mecánico de un transformador (el acoplador de impedancias eléctricas) es, precisamente, una palanca; por ende, la cadena de huesecillos actúa como acoplador de impedancias. Además,

la relación entre las superficies del tímpano y de la base del estribo (en la ventana oval) introduce un efecto de acoplamiento adicional, lográndose una transformación de Impedancias del orden de 1:20, con lo cual se minimizan las pérdidas por reflexión.

El máximo acoplamiento se obtiene en el rango de frecuencias medias, en torno a 1 kHz. En el siguiente dibujo se representa en forma esquemática la transmisión del sonido del oído externo al interno, a través del oído medio.



Esquema de la propagación del sonido a través del oído medio.

### Reflejo timpánico o acústico

Cuando se aplican sonidos de gran intensidad (> 90 dB SPL) al tímpano, los músculos tensores del tímpano y el estribo se contraen de forma automática, modificando la característica de transferencia del oído medio y disminuyendo la cantidad de energía entregada al oído Interno.

Este "control de ganancia" se denomina reflejo timpánico o auditivo, y tiene como propósito proteger a las células receptoras del oído interno frente a sobrecargas que puedan llegar a destruirlas. Este reflejo no es instantáneo, sino que tarda de 40 a 160 ms en producirse.

El reflejo timpánico debe ser tomado en cuenta en cualquier modelo matemático del procesamiento del sonido en el aparato auditivo, siempre que se trabaje con sonidos de gran intensidad, puesto que es un mecanismo no lineal que introduce un término cuadrático en la relación entrada-salida del oído medio.

## Oído interno

El oído interno representa el final de la cadena de procesamiento mecánico del sonido, y en él se llevan a cabo tres funciones primordiales: filtraje de la señal sonora, transducción y generación probabilística de impulsos nerviosos.

### Anatomía

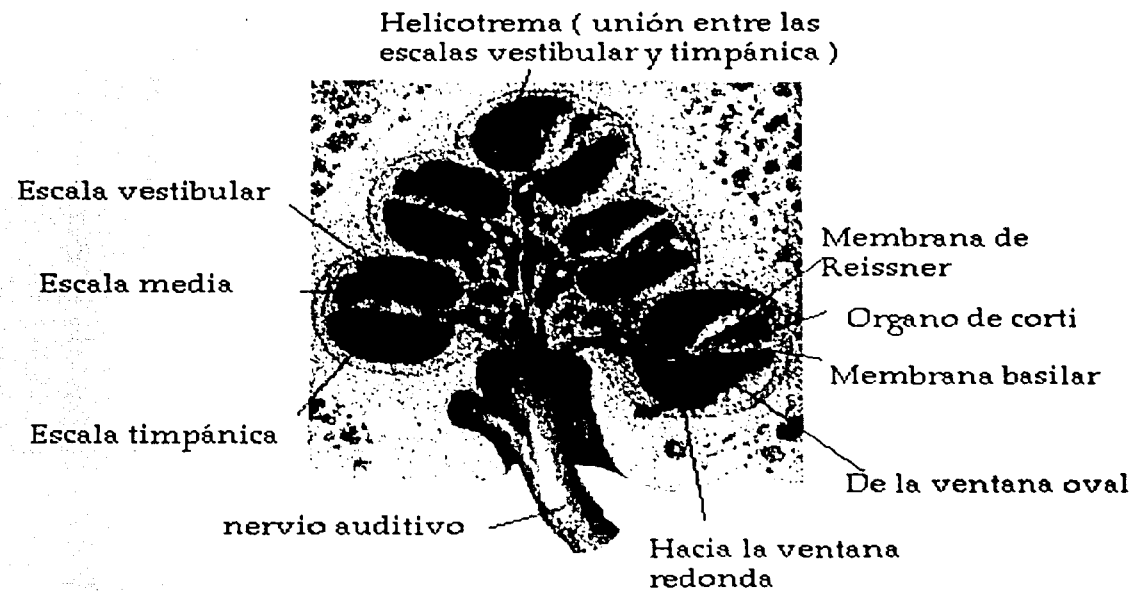
En el oído interno se encuentra la cóclea o caracol, la cual es un conducto rígido en forma de espiral de unos 35 mm de longitud, lleno con dos fluidos de distinta composición.

El interior del conducto está dividido en sentido longitudinal por la membrana basilar y la membrana de Reissner, las cuales forman tres compartimientos o escalas. La escala vestibular y la escala timpánica contienen un mismo fluido (perilinfia), puesto que se interconectan por una pequeña abertura situada en el vértice del caracol, llamada helicotrema. Por el contrario, la escala media se encuentra aislada de las otras dos escalas, y contiene un líquido de distinta composición a la perilinfia (endolinfia).

La base del estribo, a través de la ventana oval, está en contacto con el fluido de la escala vestibular, mientras que la escala timpánica desemboca en la cavidad del oído medio a través de otra abertura (ventana redonda) sellada por una membrana flexible (membrana timpánica secundaria).

Sobre la membrana basilar y en el interior de la escala media se encuentra el órgano de Corti, el cual se extiende desde el vértice hasta la base de la cóclea y contiene las células ciliares que actúan como transductores de señales sonoras a impulsos nerviosos. Sobre las células ciliares se ubica la membrana tectorial, dentro de la cual se alojan las prolongaciones o cilios de las células ciliares externas.

Dependiendo de su ubicación en el órgano de Corti, se pueden distinguir dos tipos de células ciliares: internas y externas. Existen alrededor de 3500 células ciliares internas y unas 20000 células externas. Ambos tipos de células presentan conexiones o sinapsis con las fibras nerviosas aferentes (que transportan impulsos hacia el cerebro) y eferentes (que transportan impulsos provenientes del cerebro), las cuales conforman el nervio auditivo. Sin embargo, la distribución de las fibras es muy desigual: más del 90% de las fibras aferentes inervan a las células ciliares internas, mientras que la mayoría de las 500 fibras eferentes inervan a las células ciliares externas. El propósito de ambos tipos de células y de la distribución de las conexiones nerviosas denominado, "Mecanismo de transducción".



Corte transversal de la cóclea o caracol.



Organó de Corti.

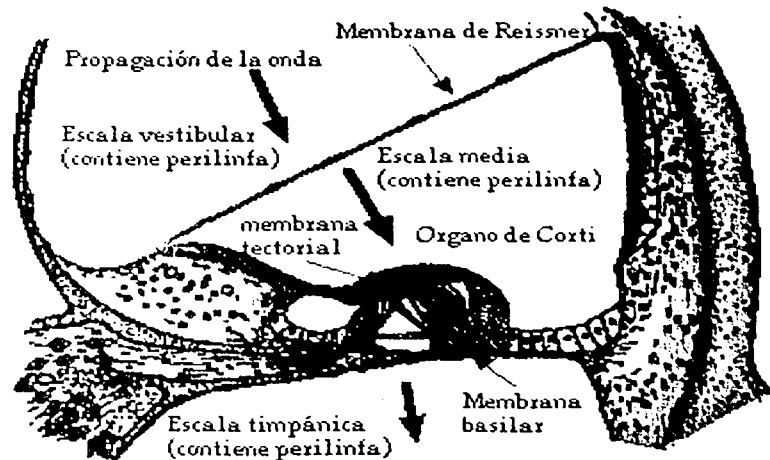
ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



## Propagación del sonido en la cóclea

Las oscilaciones del estribo provocan oscilaciones en el fluido de la escala vestibular (perilinfia). La membrana de Reissner, la cual separa los fluidos de la escala vestibular y la escala media, es sumamente delgada y, en consecuencia, los líquidos en ambas escalas pueden tratarse como uno solo desde el punto de vista de la dinámica de los fluidos. Así, las oscilaciones en la perilinfia de la escala vestibular se transmiten a la endolinfia y de ésta a la membrana basilar; la membrana basilar, a su vez, provoca oscilaciones en el fluido de la escala timpánica.

Puesto que tanto los fluidos como las paredes de la cóclea son incompresibles, es preciso compensar el desplazamiento de los fluidos; esto se lleva a cabo en la membrana de la ventana redonda, la cual permite "cerrar el circuito hidráulico".



Corte transversal de un conducto de la cóclea.

La propagación de las oscilaciones del fluido en la escala vestibular a la timpánica no sólo se lleva a cabo a través de la membrana basilar; para sonidos de muy baja frecuencia, las vibraciones se transmiten a través de la abertura situada en el vértice de la cóclea (helicotrema).

En conclusión, el sonido propagado a través del oído externo y medio llega hasta la cóclea, donde las oscilaciones en los fluidos hacen vibrar a la membrana basilar y a todas las estructuras que ésta soporta.

## La cóclea como analizador en frecuencia

La membrana basilar es una estructura cuyo espesor y rigidez no es constante: cerca de la ventana oval, la membrana es gruesa y rígida, pero a medida que se acerca hacia el vértice de la cóclea se vuelve más delgada y flexible.

La rigidez decae casi exponencialmente con la distancia a la ventana oval; esta variación de la rigidez en función de la posición afecta la velocidad de propagación de las ondas sonoras a lo largo de ella, y es responsable en gran medida de un fenómeno muy importante: la selectividad en frecuencia del oído interno.

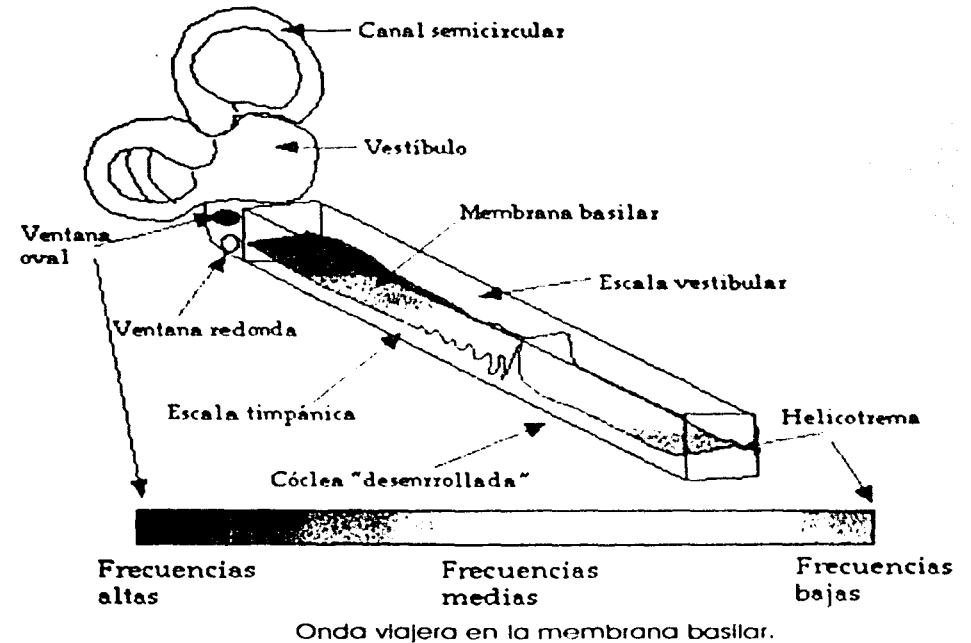
## Ondas viajeras y transformación de frecuencia a posición

Las ondas de presión generadas en la perilinfia a través de la ventana oval tienden a desplazarse a lo largo de la escala vestibular. Debido a que el fluido es incompresible la membrana basilar se deforma, y la ubicación y amplitud de dicha deformación varía en el tiempo a medida que la onda de presión avanza a lo largo de la cóclea.

Para comprender el modo de propagación de las ondas de presión, supóngase que se excita el sistema auditivo con una señal sinusoidal de una frecuencia dada.

La membrana basilar vibrará sinusoidalmente, pero la amplitud de la vibración irá en aumento a medida que se aleja de la ventana oval (debido a la variación en la velocidad de propagación), hasta llegar a un punto en el cual la deformación de la membrana basilar sea máxima; en ese punto de "resonancia", la membrana basilar es acústicamente "transparente" (es decir, se comporta como si tuviera un orificio), de modo que la amplitud de la vibración y, por ende, la transmisión de la energía de la onda al fluido de la escala timpánica es máxima en dicho punto.

A partir de esa región, la onda no puede propagarse eficientemente, de modo que la amplitud de la vibración se atenúa muy rápidamente a medida que se acerca al helicotrema. Como se observa la onda en la membrana basilar.



En este modo de propagación, las ondas de presión son ondas viajeras, en las cuales (a diferencia de las ondas estacionarias) no existen nodos. Se puede observar la amplitud de oscilación de la membrana basilar en dos instantes de tiempo, junto con la envolvente de la onda viajera, en función de la distancia al estribo.

Selectividad en frecuencia de la membrana basilar

Como se ha visto, las altas frecuencias contenidas en un estímulo sonoro se atenúan a medida que la onda se desplaza hacia el helicotrema. Así, se puede considerar a la membrana basilar como un filtro pasabajos de parámetros distribuidos. Por otro lado, si se midiese la respuesta en frecuencia en un punto dado de dicha membrana, se obtendría una respuesta de tipo pasabanda.

Este comportamiento de la membrana basilar puede modelarse, con un grado de aproximación razonable, como una línea de transmisión no uniforme.

Mecanismo de transducción

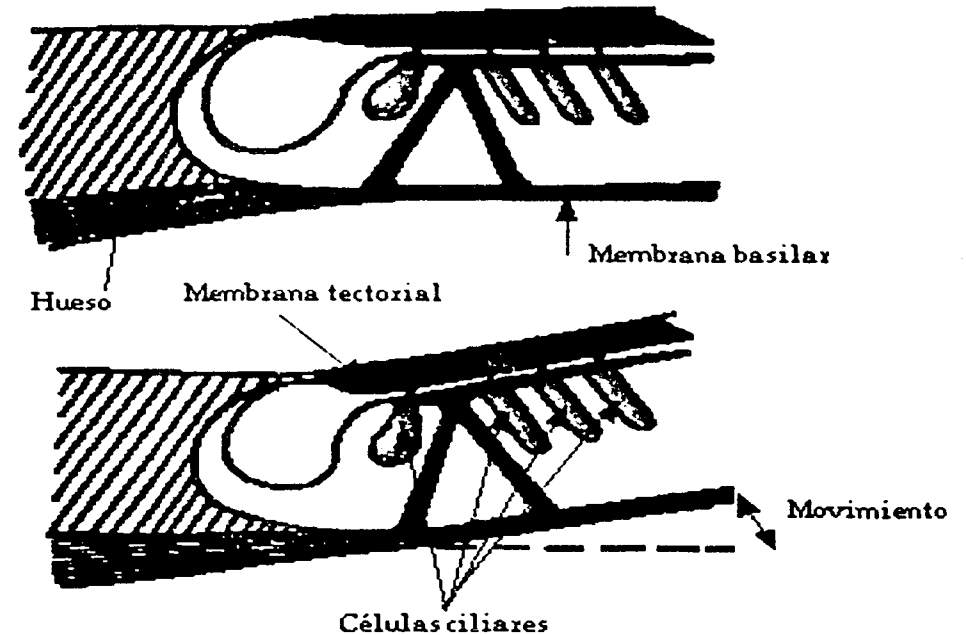
Interacción entre las membranas basilar y tectorial

El proceso de transducción o conversión de señal mecánica a electroquímica se desarrolla en el órgano de Corti, situado sobre la membrana basilar.

Las vibraciones de la membrana basilar hacen que ésta se mueva en sentido vertical. A su vez la membrana tectorial, ubicada sobre las células ciliares (los transductores), vibra igualmente; sin embargo, dado que los ejes de movimiento de ambas membranas son distintos, el efecto final es el de un desplazamiento "lateral" de la membrana tectorial con respecto a la membrana basilar.

Como resultado, los cilios de las células ciliares externas se "doblan" hacia un lado u otro (en el dibujo, se muestra como la membrana basilar "sube").

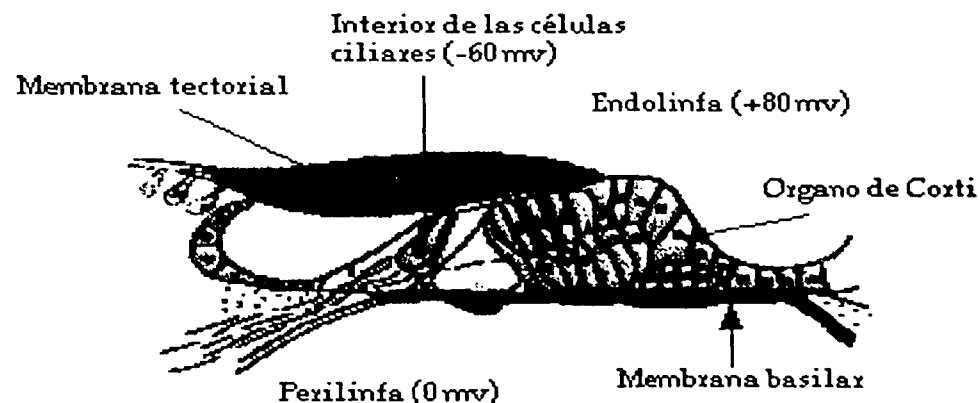
En el caso de las células internas, aun cuando sus cilios no están en contacto directo con la membrana tectorial, los desplazamientos del líquido y su alta viscosidad (relativa a las dimensiones de los cilios) hacen que dichos cilios se doblen también en la misma dirección.



Desplazamiento relativo de las membranas basilar y tectorial.

### Células ciliares y potenciales eléctricos

La diferencia fundamental entre los dos fluidos de la cóclea, la perilinfa y la endolinfa, estriba en las distintas concentraciones de iones en los dos fluidos. De esta manera, la endolinfa se encuentra a un potencial eléctrico ligeramente positivo respecto a la perilinfa.



Potenciales eléctricos en el órgano de Corti y los fluidos de la cóclea.

Por otro lado, los movimientos de los cilios en una dirección determinada, hacen que la conductividad de la membrana de las células ciliares aumente. Debido a las diferencias de potencial existentes, los cambios en la membrana modulan una corriente eléctrica que fluye a través de las células ciliares.

La consiguiente disminución en el potencial interno de las células internas provoca la activación de los terminales nerviosos aferentes, generándose un impulso nervioso que viaja hacia el cerebro. Por el

contrario, cuando los cilios se doblan en la dirección opuesta, la conductividad de la membrana disminuye y se inhibe la generación de dichos impulsos.

Se pueden destacar dos aspectos de este proceso de transducción: primero, que la generación de impulsos nerviosos es un fenómeno probabilístico; segundo, que el proceso se comporta como un rectificador de media onda, puesto que la probabilidad de activación de las fibras nerviosas "sigue" a las porciones "positivas" de la señal sonora (equivalentes a desplazamientos hacia "arriba" de la membrana basilar), mientras que se hace cero en las porciones "negativas" de la onda.

### Interacción entre células ciliares internas y externas

Como se dijo en la sección anterior, las fibras aferentes están conectadas mayormente con las células ciliares internas, por lo que es posible concluir con certeza que éstas son los verdaderos "sensores" del oído. Por el contrario, el papel de las células ciliares externas (más numerosas que las internas) era objeto de especulaciones hasta hace pocos años.

Recientemente se ha comprobado que dichas células no operan como receptores, sino como "músculos", es decir, como elementos móviles que pueden modificar las oscilaciones en la membrana basilar.

La actuación de las células ciliares externas parece ser la siguiente: para niveles de señal elevados, el movimiento del fluido que rodea los cilios de las células internas es suficiente para doblarlos, y las células externas se saturan. Sin embargo, cuando los niveles de señal son bajos, los desplazamientos de los cilios de las células internas son muy pequeños para activarlas; en este caso, las células externas se "alargan", aumentando la magnitud de la oscilación hasta que se saturan.

Este es un proceso no lineal de realimentación positiva de la energía mecánica, de modo que las células ciliares externas actúan como un control automático de ganancia, aumentando la sensibilidad del oído.

Este nuevo modelo del mecanismo de transducción nos indica que el conjunto formado por la membrana basilar y sus estructuras anexas forman un sistema activo, no lineal y con realimentación y, permite explicar dos fenómenos asociados al oído interno: el "tono de combinación", generado a partir de dos tonos de distinta frecuencia por un elemento no lineal que contiene un término cúbico y las "emisiones otoacústicas", las cuales consisten en tonos generados en el oído interno en forma espontánea o estimulada y que pueden llegar a ser audibles.

#### Selectividad en frecuencia de la cóclea

Debido a la acción de filtraje de la membrana basilar, cada célula transductora procesa una versión del estímulo sonoro filtrada de modo diferente. Esta acción de filtraje de la membrana basilar por sí sola equivale a la de filtros cuya respuesta en frecuencia es relativamente "ancha". Ahora bien, la realimentación positiva provocada por las células ciliares externas contribuye a aumentar la selectividad del sistema auditivo.

Esto puede comprobarse midiendo la respuesta de una única fibra nerviosa ante variaciones en la frecuencia y la amplitud del estímulo sonoro; las curvas de sintonía así obtenidas indican una respuesta de tipo pasabanda mucho más angosta que la debida al efecto de la membrana basilar como elemento pasivo.

Adicionalmente, experimentos recientes han permitido determinar que la selectividad del oído interno es virtualmente idéntica a la selectividad del sistema auditivo en su totalidad, estimada por métodos psicoacústicos.

#### Procesamiento a nivel neural

Los impulsos nerviosos generados en el oído interno contienen (en forma codificada) información acerca de la amplitud y el contenido espectral de la señal sonora; estos dos parámetros están representados por la tasa de impulsos y la distribución de los mismos en las distintas fibras, respectivamente.

Las fibras nerviosas aferentes llevan esta información hasta diversos lugares del cerebro. En éste se encuentran estructuras de mayor o menor complejidad, encargadas de procesar distintos aspectos de la información.

Por ejemplo, en los centros "inferiores" del cerebro se recibe, procesa e intercambia información proveniente de ambos oídos, con el fin de determinar la localización de las fuentes del sonido en el plano horizontal en función de los retardos interaurales, mientras que en los centros "superiores" de la corteza existen estructuras más especializadas que responden a estímulos más complejos. La información transmitida por el nervio auditivo se utiliza finalmente para generar lo que se conoce como "sensaciones".

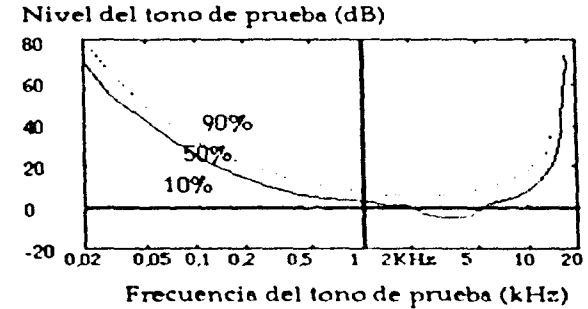
Hasta ahora se ha visto que las distintas partes del sistema auditivo son susceptibles de ser modeladas matemáticamente, en términos de su comportamiento como sistemas físicos.

Se podría por tanto pensar que el modelo perceptual ideal es aquel que simula, en términos de los procesos físicos y fisiológicos, todas las etapas del sistema auditivo, incluyendo la etapa de procesamiento neural en el cerebro. Sin embargo, la comprensión que se tiene acerca de lo que ocurre en las estructuras cerebrales es muy limitada, especialmente en lo relativo a los centros "superiores" del cerebro. Por lo tanto, es necesario recurrir a la descripción psicoacústica de los fenómenos perceptuales y de las sensaciones.

La sensibilidad del aparato auditivo puede variar considerablemente de un sujeto a otro; además, como se verá más adelante, puede cambiar según las condiciones de propagación del sonido. Por esta razón, resulta conveniente definir un umbral de audibilidad promedio, también llamado mínimo campo audible promedio; éste se representa mediante una curva que indica la presión sonora de un tono puro de larga duración (> 200 ms), el cual se propaga en condiciones de campo libre y en ausencia de cualquier otro sonido, y que puede ser detectado por el 50% de una población de sujetos jóvenes (entre 18 y 25 años) y audiológicamente normales.

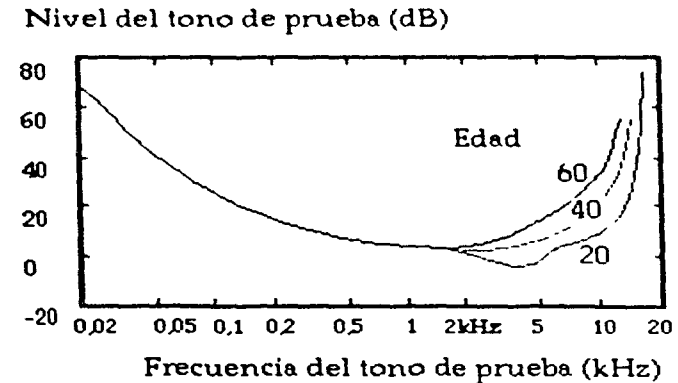
Dado que algunos sujetos serán capaces de percibir tonos que se encuentren por debajo de esta curva. Los especialistas indican que algunos individuos jóvenes pueden detectar tonos que se encuentran 20 dB por debajo del UA promedio. Así mismo, si bien la curva del promedio es razonablemente "suave", mediciones cuidadosas revelan que en cada sujeto dicha curva de sensibilidad puede presentar fluctuaciones del orden de 10 dB en intervalos de frecuencia pequeños (de menos de 100 Hz).

Por lo tanto, es preciso tener en mente que el umbral de audibilidad promedio no representa un límite absoluto, sino una medida estadística asociada con la probabilidad de detección de un tono de determinada frecuencia y amplitud y que, por ende, debe ser empleado con cautela; por ejemplo, si el UA promedio se utiliza en un sistema que evalúa la calidad del sonido sometido a algún proceso de codificación, puede proporcionar resultados optimistas e inducir a errores.



Umbral de audibilidad para el 10%, 50% (umbral promedio) y 90% de una población.

La sensibilidad del sistema auditivo humano disminuye con la edad, especialmente en las altas frecuencias, debido al deterioro de las células ciliares del órgano de Corti; esto se refleja en el aumento del UA.



Umbral de audibilidad según la edad de los sujetos.

El umbral de audibilidad no sólo es función del sujeto y de los parámetros ya mencionados, sino que además presenta una dependencia con respecto al modo de propagación de las ondas sonoras.

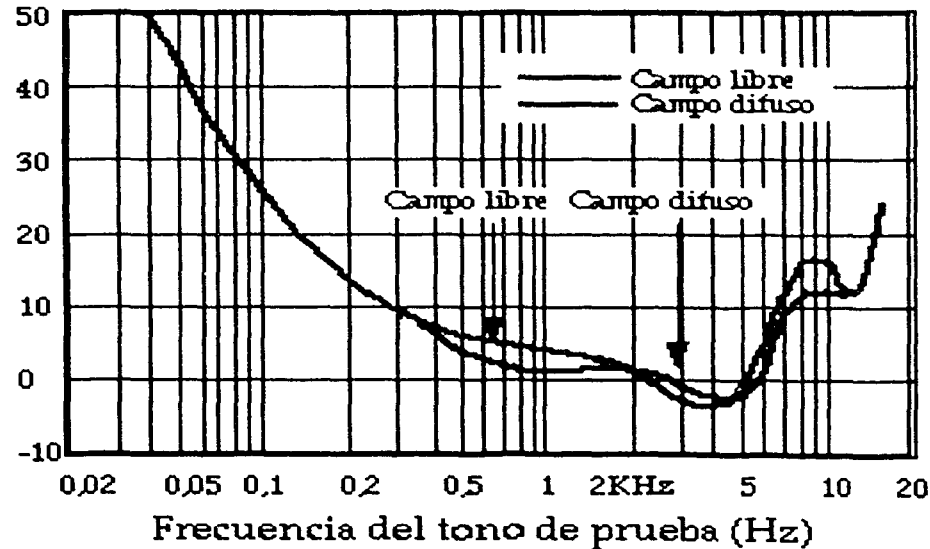
La curva del UA promedio antes definida corresponde a sonidos que se propagan en forma de ondas viajeras planas, y que inciden frontalmente sobre la membrana timpánica (condición de "campo libre").

Ahora bien, el modo de propagación de "campo libre" sólo es posible en ambientes anecoicos o utilizando audífonos cuya respuesta en

frecuencia haya sido adecuadamente corregida; sin embargo, en situaciones cotidianas (ambientes reverberantes; aplicación directa del sonido, sin audífonos) las características en frecuencia del lugar en el cual se encuentre el sujeto, por una parte, y la difracción provocada por la cabeza y el pabellón auricular, por otra, hacen que la propagación del sonido se asemeje a la condición de "campo difuso", en la cual el sonido incide desde todas las direcciones posibles. En esta condición, la sensibilidad del oído varía notablemente, como se observa en la siguiente gráfica.

Umbral de audibilidad en condiciones de campo libre y difuso.

Nivel del tono de prueba dB SPL



### Excitación y nivel de excitación

Como se vió en la sección anterior, el comportamiento de la membrana basilar frente a los estímulos sonoros puede resumirse en tres propiedades: existencia de ondas viajeras, dispersión de las componentes de distinta frecuencia a lo largo de la membrana y comportamiento pasabajos (considerando la totalidad de la membrana).

Ahora bien, supóngase que se estimula a la membrana basilar con un tono puro, de nivel X dB SPL.

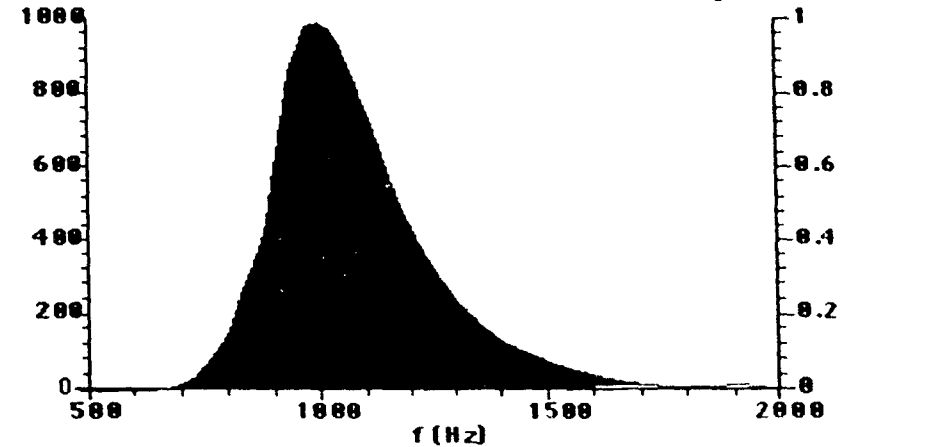
Debido a las propiedades antes descritas de la membrana basilar, la propagación del tono será tal que se producirá una onda viajera, cuya envolvente se muestra en la gráfica posterior.

La amplitud máxima de la envolvente depende de la intensidad del estímulo. Por otro lado, debido a la naturaleza del mecanismo de transducción de la señal sonora, dicha envolvente está asociada directamente con la actividad neural en el órgano de Corti, puesto que la tasa de generación de impulsos nerviosos depende completamente de la amplitud de la señal.

Así pues, se puede establecer una equivalencia directa entre la intensidad de la señal, la envolvente de la onda viajera y el grado de estimulación o excitación de los receptores auditivos (esto es, las células ciliares internas) y sus terminaciones nerviosas asociadas.

Por esto, se define el patrón de excitación como la curva que representa, en función de la frecuencia, la magnitud de la actividad neural (o, lo que es equivalente, la envolvente de la onda viajera) expresada en unidades de intensidad sonora. De esta manera, es posible interpretar el patrón de excitación como una curva que resume las transformaciones de que es objeto la señal sonora en el oído interno.

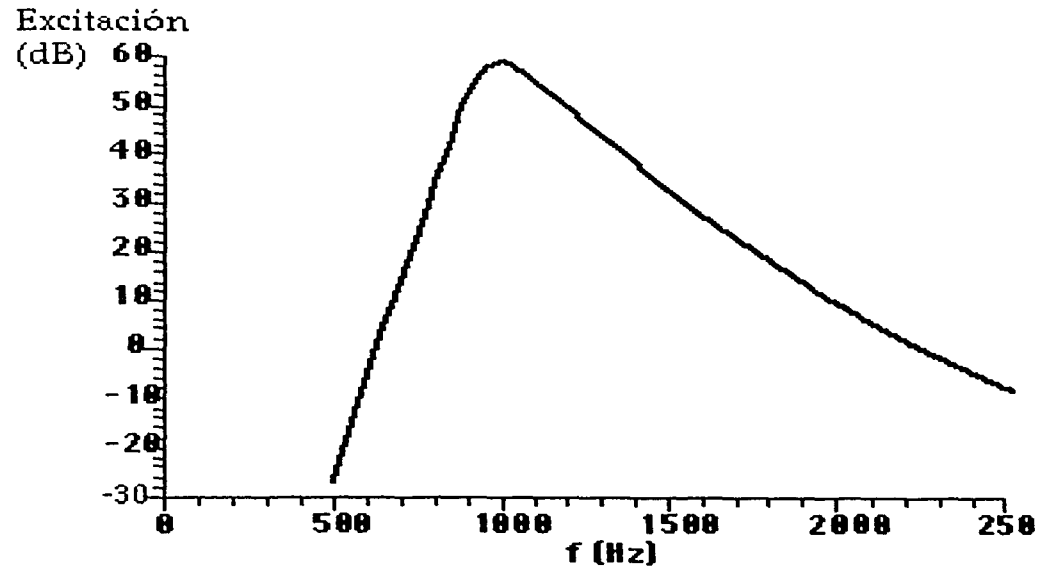
Presión sonora  
normalizada



Envolvente de la onda viajera provocada por un tono puro.

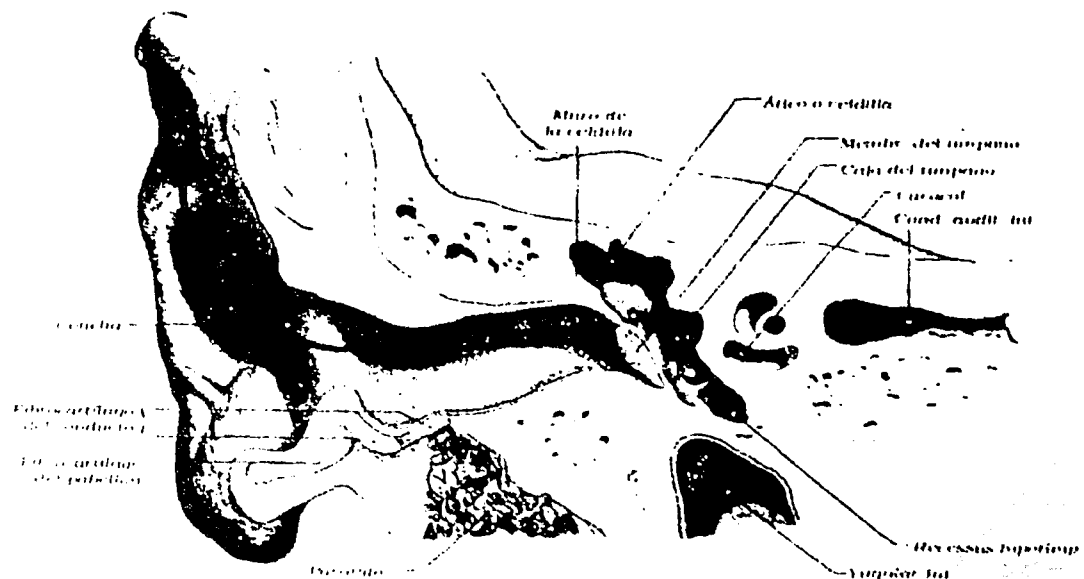
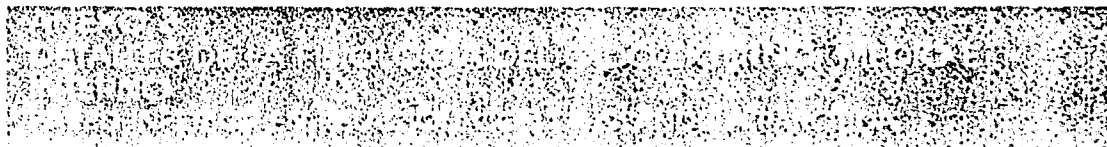
La siguiente gráfica muestra el patrón de excitación correspondiente a un tono de 1 kHz y 60 dB SPL. El valor del patrón de excitación en cualquier punto de la curva, expresado en dB SPL, se denomina nivel de excitación; por definición, el nivel de excitación máximo en la curva corresponde al nivel de presión sonora del tono.



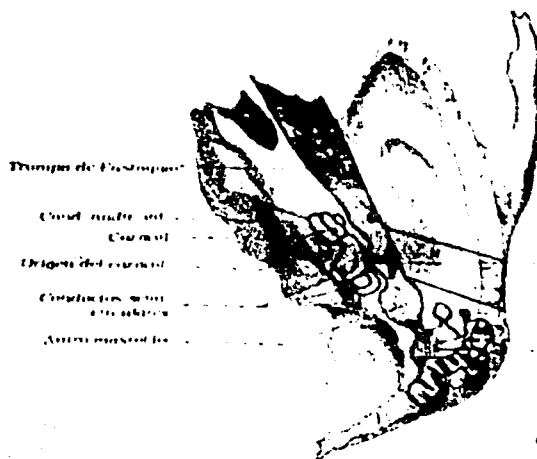


Patrón de excitación producido por un tono.

A pesar de que, obviamente, no es posible determinar directamente el patrón de excitación mediante experimentos psicoacústicos, éste puede inferirse indirectamente a partir de resultados de experimentos fisiológicos y de su relación con diversos fenómenos perceptuales, tales como el enmascaramiento y la sonoridad.



CAJA DEL TIMPANO



CADENA DE HÚSECILLOS DE LA CAJA TIMPÁNICA



MARTELO INCUS ESTIBO

● Recepción del sonido en la caja

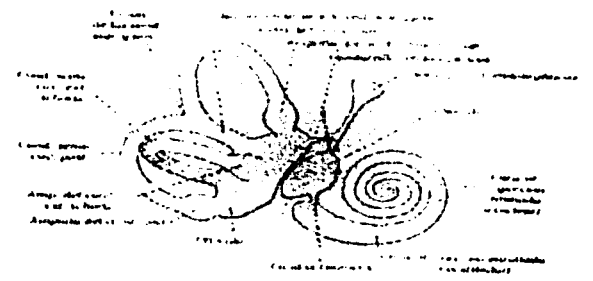
● Recepción y penetración del sonido al oído medio

PARED SUPERIOR O CRANEAL DEL OÍDO MEDIO



● En este punto la coclea recibe la energía mecánica del oído medio y la convierte en impulsos eléctricos.

LABERINTO MEMBRANOSO  
CONDUCTOS SEMICIRCULARES



## PROCESADOR DE ALTO RENDIMIENTO DESARROLLADO POR EL INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

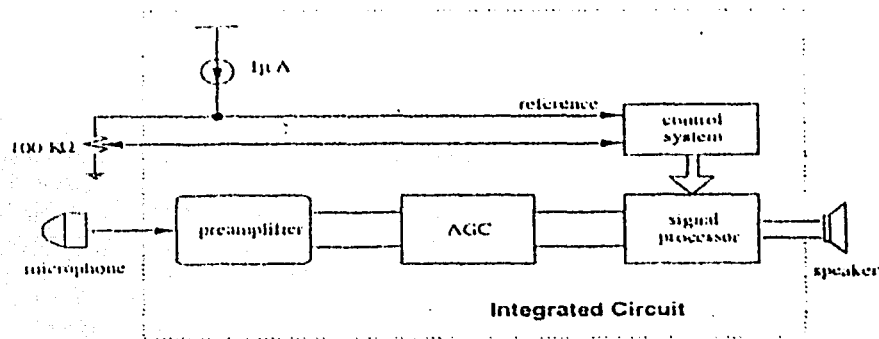
### INTRODUCCIÓN.

Se ha demostrado durante muchos años que las pérdidas auditivas se agudizan y tales deterioros pueden ser compensados usando dispositivos electrónicos. Recientemente, se ha informado de varios dispositivos de audífono de alto rendimiento; la meta principal de estos sistemas es reducir el consumo de energía y minimizar componentes externos, permite producir dispositivos más baratos. El dispositivo de audífono programable, consiste en 4 chips, esto hace que su tecnología bipolar sea más cara que los de tecnología CMOS. Los investigadores propusieron el empleo de condensadores externos en ambos casos, tanto en el preamplificador como en el sistema AGC. Se propuso el uso de un sólo cristal externo, un mando externo (potenciometro) o un mando interno (digital), un micrófono de electrodos y un portavoz. El sistema emplea una batería de 1.4V. Las técnicas usadas en el preamplificador y el AGC nos permiten diseñar sistemas de baja distorsión y bajo ruido. Comparado con circuitos previamente diseñados, el AGC es más simple y sólo consume 50mW. Una ventaja adicional del sistema AGC es que la función de traslado incluso es casi lineal y produce componentes de distorsión armónicos por debajo de los 40dB. La ganancia de voltaje de las bandas de frecuencia, es programada por un tercer sistema de OTA en lugar de los bancos de filtros, que normalmente se usan en otros dispositivos. El consumo de energía para la astilla completa está alrededor de 100mW.

## DESARROLLO DE LA PROPUESTA

### ARQUITECTURA DEL SISTEMA

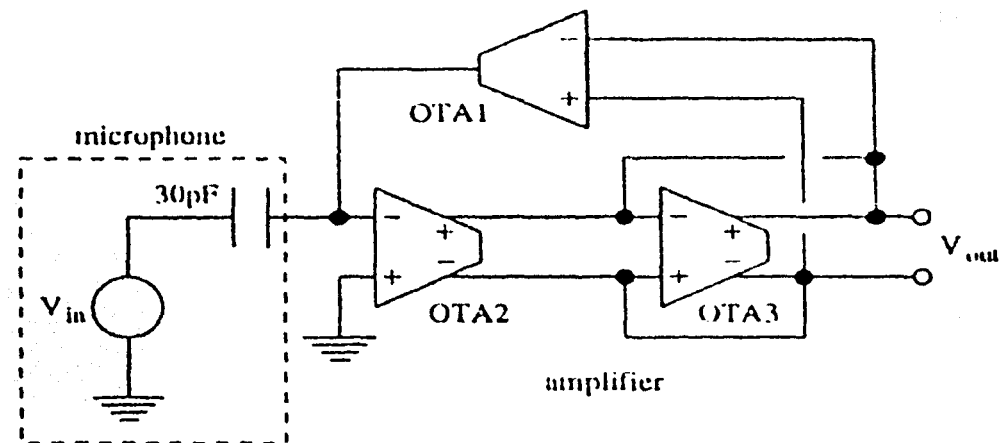
Componentes: un preamplificador, un mando de ganancia automático, un condensador, un procesador y un sistema de mando que compone el Dispositivo auditivo.



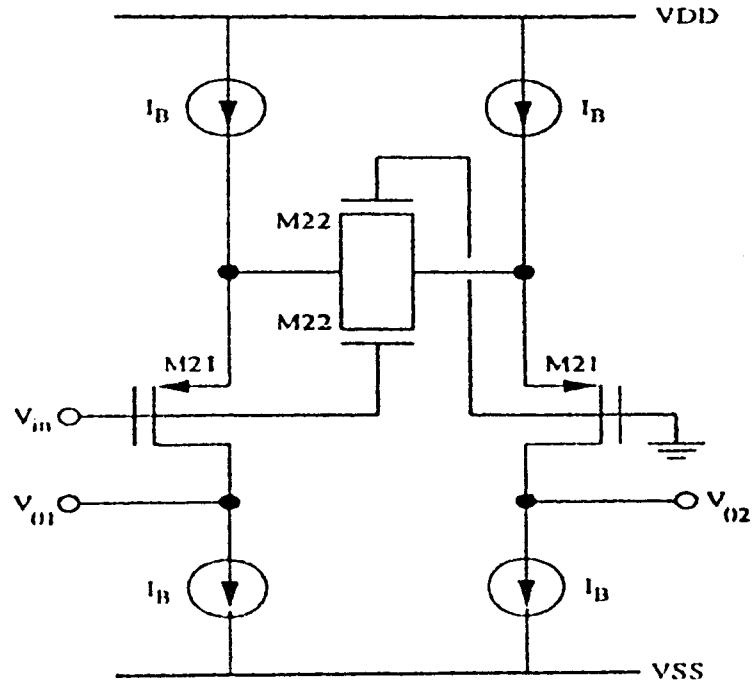
El preamplificador esta basado en un sistema lineal de OTA que sirve para reducir componentes de distorsión armónicos. El AGC está basado en un sistema de máxima ganancia, tanto como el sistema OTA lineal. Se usan corrientes muy bajas para reducir las ondas del mando; como resultado, los componentes de distorsión armónicos incluso reducen el funcionamiento del condensador. En lugar de usar un filtro de condensación se usa una estructura de OTA que permite el ahorro de energía y espacio en el sistema.

### DISTORSIÓN DEL PREAMPLIFICADOR

Los preamplificadores están conformados por tres amplificadores lineales transconductuales.



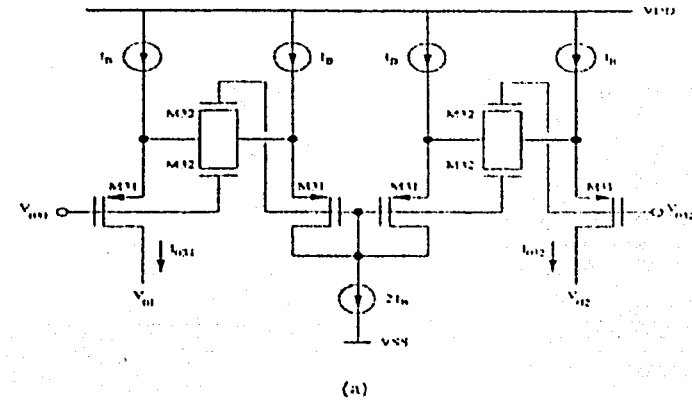
Usando técnicas de análisis de circuitos que muestran el voltaje de desplazamiento se determina el voltaje de desplazamiento de OTA1. Además, puede demostrarse fácilmente que el polo de baja frecuencia se localiza en  $gm_2$  y  $gm_3$  con una señal mas baja de OTA2 y OTA3, respectivamente. Para una ganancia de voltaje típica de  $10gm_1$  debe estar a menos de  $2nA/V$  para obtener frecuencias de polo por debajo de los 100Hz. Además, OTA1 debe ser un sistema lineal para reducir los componentes de distorsión armónicos.



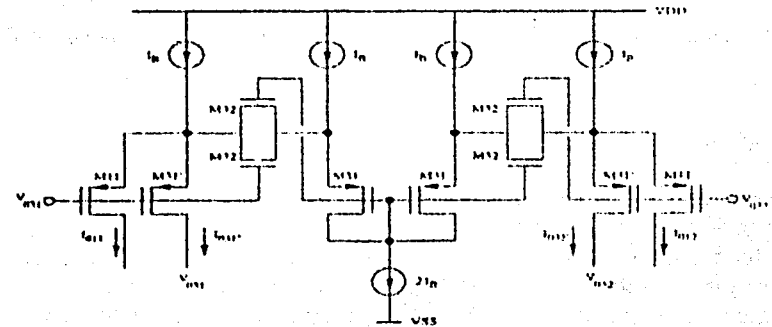
OTA3. Esta estructura se usa porque tiene que manejar señales 10 veces más altas que aquéllas manejadas por la fase de entrada de OTA2.

En estas expresiones,  $W$  y  $L$  son la anchura y longitud del cauce y M31 es el transductor

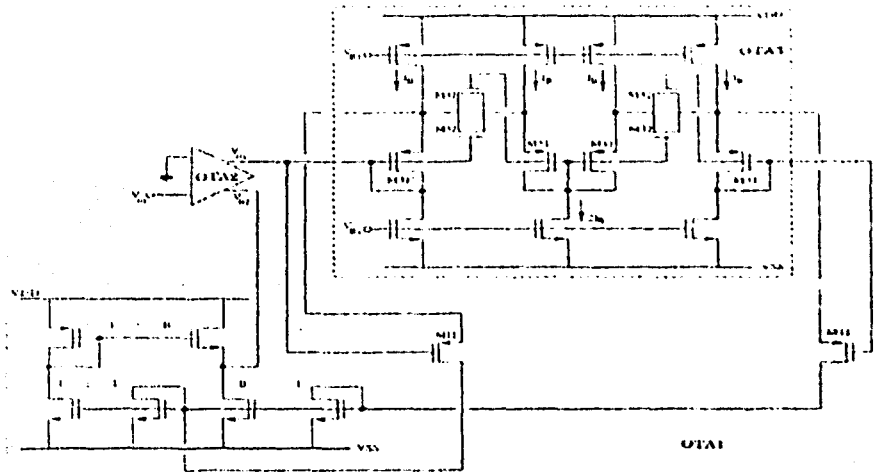
OTA1 es necesario para la regeneración del dc. OTA1 prueba el rendimiento de M31 y M11.



(a)



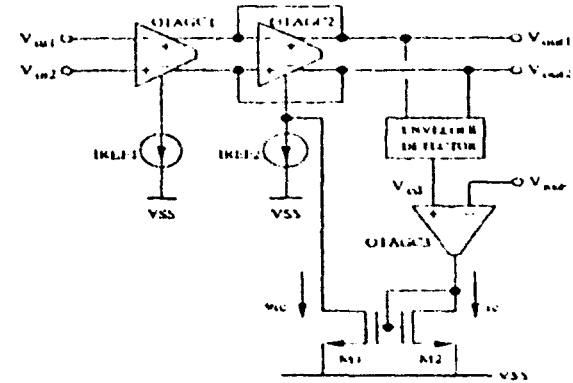
(b)



OTA1 consisten en una serie de transistores y un diferencial de fase.

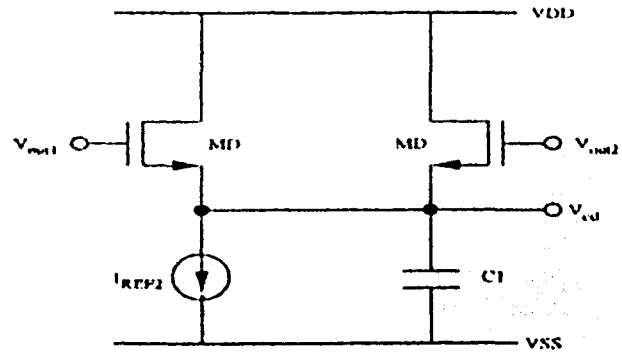
MANDO DE GANANCIA AUTOMÁTICA

La mayoría de los sistemas AGC previamente informados emplea componentes externos. En la estructura propuesta, el consumo de energía es bastante bajo y se evitan componentes externos. El sistema AGC está basado en un amplificador de voltaje compuesto de dos sistemas lineales y los amplificadores transductuales. El mando del sistema descubre el valor de la cresta del signo de rendimiento, y esto se compara con una referencia de AGC3. De ésta manera el rendimiento de OTAGC3 en OTAGC2 es incomparable.

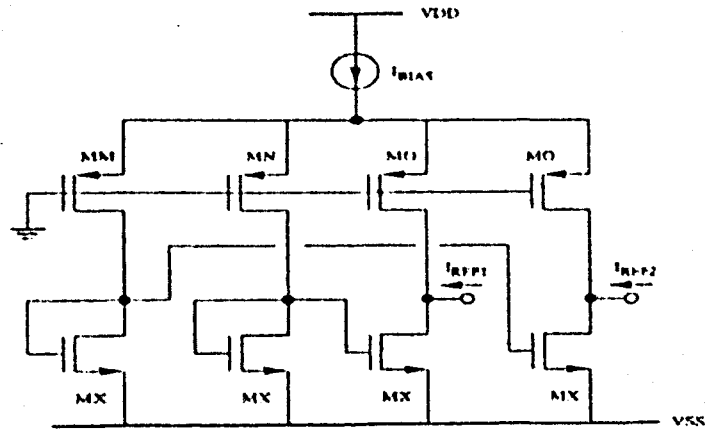


En sistemas de audifono típicos la entrada de voltaje AGC puede ser tan grande como 100mV; para los componentes de distorsión armónicos debajo de los 50dB, el voltaje de saturación del par del diferencial típico debe ser más grande de 300mV; en aplicaciones de bajo voltaje, su voltaje de saturación es muy grande. Adicionalmente, la condensación extensa condiciona al OTAGC2, la aumenta según el máximo de factores de condensación, en este caso 10. Por esta razón el OTAGC1 y OTAGC2 usan estructuras lineales con un modulo de 20mV y HD3 < -50dB.

El mando del sistema, consiste en un par de diferenciales con las fuentes conectadas a un 1nA, es decir, una fuente actual y un condensador 10pF (C1). Con estos valores, el condensador pF se descarga a 100 mV/ms. La onda de Vpd se baja, y el arco de componentes de distorsión armónica disminuye, sin embargo los aumentos de tiempo de descarga continúan.



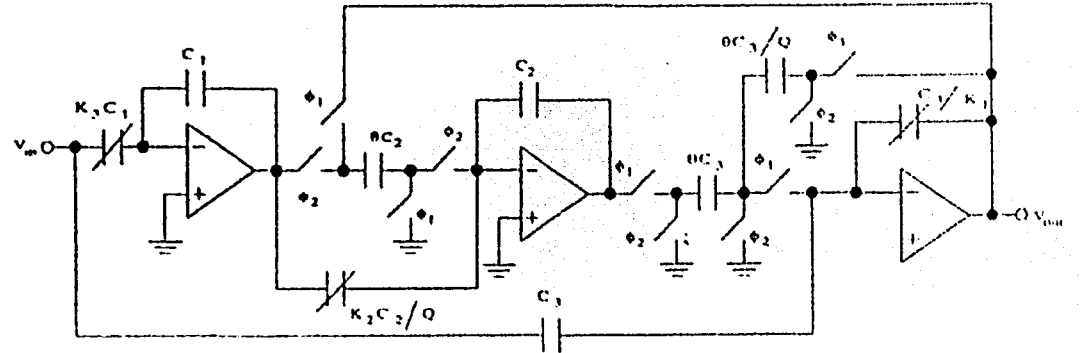
(a)



(b)

PROCESADOR

El procesador señalado esta basado en el sistema del condensador. Con el condensador pueden controlarse tres bandas de frecuencia independientemente, de esta forma cada banda de frecuencia puede ajustarse a 0, 6, 12 y 18dB. Las bandas se definen en los rangos de 100 - 350Hz, 350 - 1000Hz y 1000- 5000Hz.



SISTEMA DE MANDO

Un potenciómetro externo, un convertidor de A/D y un mando de decodificación digital. El centro del sistema de mando es un convertidor A/D que se basa en comparar el voltaje generado por el potenciómetro externo apartir de su referencia.



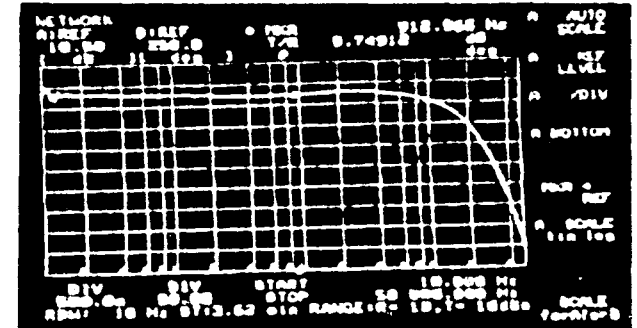
PERIODO DE PRUEBAS.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

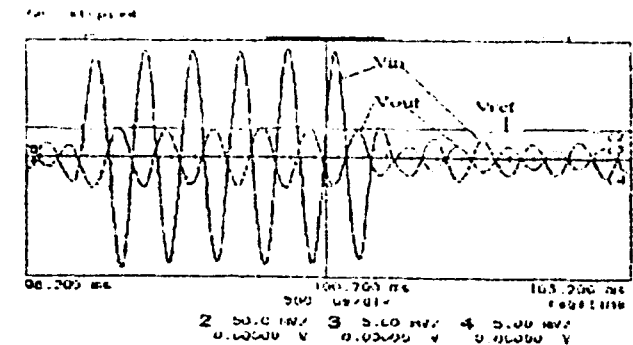
El Dispositivo de audifono se ha fabricado en un 1.2 /um CMOS, con un procesador analógico con voltajes de umbral de 0.75 V y -0.75 V para transistores NMOS PMOS, respectivamente. El tamaño del chip es de 1.55 mm x 0.71 mm.



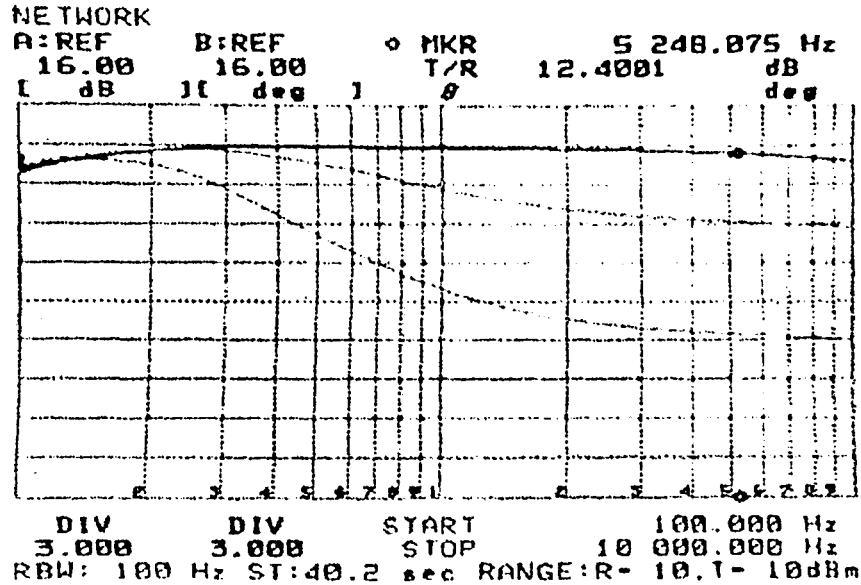
La ganancia de voltaje de este sistema es de 20dB y esto sucede cuando el rendimiento es totalmente diferencial. La frecuencia de bajos es acoplada al micrófono de electrodos que está alrededor de 70Hz. La onda de paso depende de 0.5dB a 10KHz mientras que la frecuencia de agudos está alrededor de 40KHz. Esto hace posible que la distorsión armónica este debajo de 60dB para que la entrada de la señal este a 20mV. La entrada del ruido esta integrada por 100Hz a 10KHz, y está por debajo de los 15mV y lleva un rango dinámico de 63dB. El consumo de energía del preamplificador es de sólo 10uW.



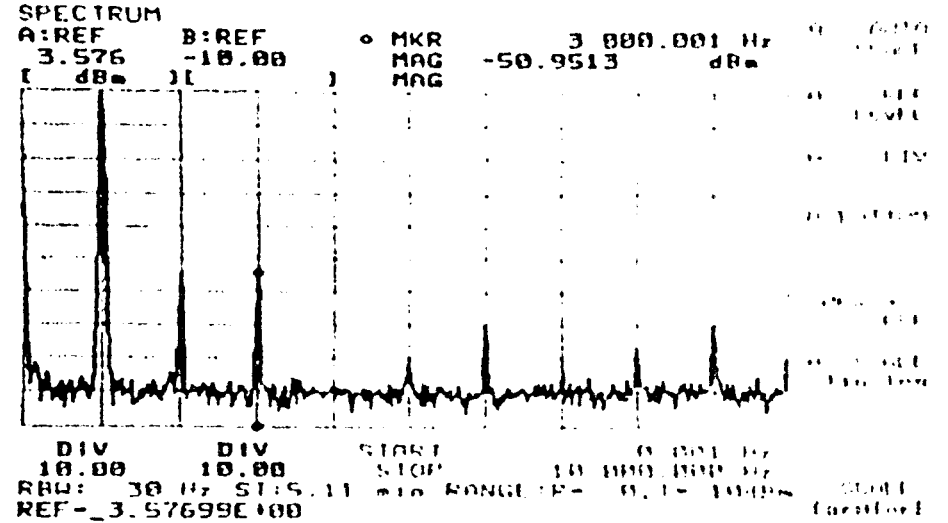
El funcionamiento correcto del sistema AGC se ha verificado experimentalmente en un prototipo "breadboard". El espectro para un 1KHz de entrada baja a 10dB comprimidos y las condiciones de descompresión han mostrado componentes de distorsión armónicos por debajo de 42dB y 50dB, respectivamente.



El condensador básico es 0.5pF y el más grande es 5pF. Cada diferencial OTA disipa sólo 6.5uW. El consumo de poder para el filtro completo está alrededor de 20uW.



CR1  
 SAVE  
 RE-SAVE  
 GET  
 PURGE  
 more  
 1/2



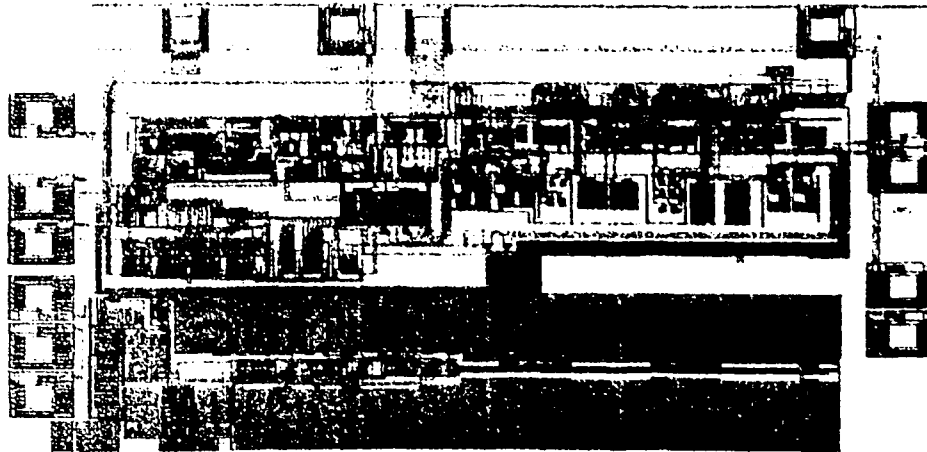
Para el filtro, el signo de entrada del diferencial es de 100mV. Puede observarse que la distorsión armónica está debajo de los 50dB. También puede observarse en esta parcela, que el nivel de ruido es de 90dB, que esta por debajo del signo principal. El ruido se confina a frecuencias debajo de 100Hz.

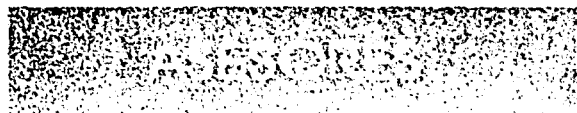
## PROPUESTA

## CONCLUSIONES

Se han presentado los bloques principales para un dispositivo CMOS. Un preamplificador a 63dB tiene un rango dinámico para micrófonos de electrodos que consumen 10uW. El preamplificador se acopla al procesador señalado a través de un mando de ganancia automática. Los componentes de distorsión armónicos de AGC están debajo de 50dB y 40dB, al igual que los mandos de compresión y descompresión, respectivamente. El condensador controla la ganancia de voltaje del audífono; su rango dinámico es de 55dB, mientras que los componentes de distorsión armónicos están debajo de los 55dB.

## ESTRUCTURA FINAL DEL SISTEMA





DI JORGE VADILLO  
DI JOSE LUIS ALEGRIA  
DI FRANCISCO SOTO  
MDI CECILIA FLORES  
DI FERNANDO FERNÁNDEZ BARBA  
DR. JULIO CESAR MARGAIN  
DR. JOSE SILVA MARTINEZ.  
DR. JOSE LUIS PEREZ SILVA  
DR. FRANCISCO RESENDIZ RODRIGUEZ  
DR. CARLOS IGLESIAS  
DRA. YOLADA PEÑALOZA  
DR. CARLO PANNI  
DR. ADOLFO E. ESTRADA FRANCO  
ING. SALVATORE MESSINA  
ING. ROGELIO ROJAS

DISPOSITIVO DE AYUDA AUDITIVA INAOE- 01  
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA  
DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRONICOS  
DR. JOSÉ SILVA MARTINEZ

ECHOES  
THE NEWSLETTER OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA  
VOLUME 8  
FALL 1998

IFEE  
ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY  
VOLUME 18  
JANUARY/ FEBRUARY 1999

ANATOMÍA HUMANA  
TOMO 1  
CABEZA Y CUELLO  
9na EDICIÓN  
H. ROUVIERE/ A. DELMAS

ANUARIO DE LA SECRETARÍA DE SALUD  
EDICION 1996

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS : CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO

KUTTRUFF H., ROOM ACOUSTICS, APPLIED SCIENCE PUBLISHERS LTD, ENGLAD. 1979. P. 3-7.

BERANEK, L., ACOUSTICS, ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, 1986.

BRÜEL & KJIR, ARCHITECTURAL ACOUSTICS, DENMARK. P. 10-20.

DAVIS, D. Y DAVIS, C.: " SOUND SYSTEM ENGINEERING, HOWARD W. SAMS & CO, MACMILLAM, INC, 1987.

KNUDSEN H. ,ACOUSTICAL DESIGNING IN ARCHITECTURE. ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA. 1978.

EGAN, D., ARCHITECTURAL ACOUSTICS. MACGRAW-HILL INC, 1988.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO: FISIOLÓGÍA DEL SISTEMA AUDITIVO

STUART, J. R.: "ESTIMATING THE SIGNIFICANCE OF ERRORS IN AUDIO SYSTEMS", AUDIO ENGINEERING SOCIETY PREPRINT, PRESENTADO EN LA 91ª CONVENCION DE LA AES, NUEVA YORK, 1991 (PREPRINT 3208).

SCHROEDER, M. R. Y HALL, J. L.: "MODEL FOR MECHANICAL TO NEURAL TRANSDUCTION IN THE AUDITORY RECEPTOR", JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, VOL. 55, Nº 5, PP. 1055-1060, MAYO 1974.

ZWICKER, E. Y FASTL, H.: PSYCHOACOUSTICS: FACTS AND MODELS, SPRINGER, BERLÍN, 1990.

SCHROEDER, M. R.: "MODELS OF HEARING", PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 63, Nº 9, PP. 1332-1350, SEPTIEMBRE 1975.

ALLEN, J. B.: "COCHLEAR MODELING", IEEE ASSP MAGAZINE, VOL. 1, Nº 1, PP. 3-29, ENERO 1985.

GANONG, W. F.: FISIOLÓGÍA MÉDICA, EL MANUAL MODERNO, MÉXICO, 1988, 11ª EDICIÓN.

STUART, J. R.: "IMPLEMENTATION AND MEASUREMENT WITH RESPECT TO HUMAN AUDITORY CAPABILITIES", PROCEEDINGS OF THE AES UK CONFERENCE ON DSP, PP. 45-61, 1992.

EVANS, E. F.: "BASIC PHYSIOLOGY OF THE HEARING MECHANISM", PROCEEDINGS OF THE 12TH INTERNATIONAL AES CONFERENCE, PP. 11-21, JUNIO 1993.

LYON, R. Y MEAD, C.: "AN ANALOG ELECTRONIC COCHLEA", IEEE TRANSACTIONS ON ASSP, VOL. 36, Nº 7, PP. 1119-1134, JULIO 1988.

KEMP, D. T.: "STIMULATED ACOUSTIC EMISSIONS FROM WITHIN THE HUMAN AUDITORY SYSTEM", JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, VOL. 64, Nº 5, PP. 1386-1391, NOVIEMBRE 1978.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO: PSICOACÚSTICA

BERKHOUT, P. J. Y EGGERMONT L.D.J.: "DIGITAL AUDIO SYSTEMAS", IEEE ASSP MAGAZINE, VOL. 2, PP 45-67, OCTUBRE 1985.

ZWICKER, E. Y FASTL, H.: PSYCHOACOUSTICS: FACTS AND MODELS, SPRINGER, BERLÍN, 1990.

HOUTSMA, A.J.M., ROSSING T.D., "AUDITORY DEMONSTRATIONS" . INSTITUTE OF PERCEPTION RESEARCH, 1987. ( FOLLETO DEL CD "AUDITORY DEMONSTRATIONS" , PHILIPS 1126-061.

SCHROEDER, M. R. Y HALL, J. L.: "MODEL FOR MECHANICAL TO NEURAL TRANSDUCTION IN THE AUDITORY RECEPTOR", JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, VOL. 55, Nº 5, PP. 1055-1060, MAYO 1974.

STUART, J. R.: "PREDICTING THE AUDIBILITY, DETECTABILITY AND LOUDNESS OF ERRORS IN AUDIO SYSTEMS", AUDIO ENGINEERING SOCIETY PREPRINT, PRESENTADO EN LA 91ª CONVENCION DE LA AES. NUEVA YORK, 1991 (PREPRINT 3209).

FIELDER, L. D. " HUMAN AUDITORY CAPABILITIES AND THEIR CONSEQUENCES IN DIGITAL AUDIO CONVERTER DESIGN". PROCEEDING OF THE 7TH INTERNATIONAL EAS CONFERENCE, PP 45-62, MAYO 1989.

GANONG, W. F.: FISIOLÓGÍA MÉDICA, EL MANUAL MODERNO, MÉXICO, 1988, 11ª EDICIÓN.

SODERQUIST, D.R. Y J. W. LINDSEY: "PHYSIOLOGICAL NOISE AS A MASKER OF LOW FREQUENCIES: THE CARDIAC CYCLE", JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, VOL 52., Nº 4, PP 1216-1220, 1972

STUART, J. R.: "IMPLEMENTATION AND MEASUREMENT WITH RESPECT TO HUMAN AUDITORY CAPABILITIES", PROCEEDINGS OF THE AES UK CONFERENCE ON DSP, PP. 45-61, 1992.

PLACK, C.J. Y B.C. MOORE: " TEMPORAL WINDOW SHAPE AS A FUNCTION OF FREQUENCY AND LEVEL", JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, VOL 87., N° 5, PP 2178-2187,1990.

PATTERSON, J.H., "ADDITIVITY OF FORWARD AND BACKWARD MASKING AS A FUNCTION OF SIGNAL FREQUENCY". JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, VOL. 55, N° 4, PP 802-809,1974.

DUIFHUIS, H.: "CONSEQUENCES OF PERIPHERAL FREQUENCY SELECTIVITY FOR NONSIMULTANEOUS MASKING". JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, VOL 54., N° 6, PP. 1471-1488, 1973.

FLETCHER, H. "AUDITORY PATTERNS", REVIEWS OF MODERN PHYSICS, VOL. 12, PP. 47-65, ENERO 1940.

EARGLE J.: SOUND RECORDING , VAN NOSTRAND, 1980.

## DIRECCIONES DE INTERNET

[www.knowlesinc.com](http://www.knowlesinc.com)

[www.starkey.com](http://www.starkey.com)

[www.coselgi.it](http://www.coselgi.it)

[www.resound.com](http://www.resound.com)

[www.danavox.com](http://www.danavox.com)

[www.phonak.ch](http://www.phonak.ch)

[www.oticon.com](http://www.oticon.com)

[www.widex.com](http://www.widex.com)

[www.phi.be](http://www.phi.be)

[www.hearing.siemens.de](http://www.hearing.siemens.de)

[www.betterhearing.org](http://www.betterhearing.org)

[www.miracle-ear.com](http://www.miracle-ear.com)

[www.belton.com](http://www.belton.com)

[www.nuus.nl](http://www.nuus.nl)

[www.ehima.com](http://www.ehima.com)

[www.cybear.nl](http://www.cybear.nl)

[www.uhq.de](http://www.uhq.de)

[www.jhu.com](http://www.jhu.com)

[www.audios.com.mx](http://www.audios.com.mx)

[www.labc.com.usb.ve](http://www.labc.com.usb.ve)