

76 lej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA
REALIZAR AUDIOMETRIAS EN
BASE A UN M. C. U.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
LAZARO HERNANDEZ DOMINGUEZ
RICARDO MIRANDA SANCHEZ
CARLOS PEÑA MONTIEL

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

DIRECTOR DE TESIS: M. EN I. JUAN CARLOS ROA BEIZA



México, D. F.

1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

I N T R O D U C C I O N

C A P I T U L O I

I.- ANATOMIA Y FISILOGIA DEL OIDO.	1
Ia. El oído	1
Ib. El oído externo	4
Ic. El oído medio. Partes constitutivas y función. .	20
Id. El oído interno. Partes constitutivas y función.	28
Ie. El mecanismo de audición y transmisión de las ondas en el oído interno.	45

C A P I T U L O II

II.- PATOLOGIA DEL OIDO	77
IIa. Clasificación de las enfermedades del oído. . .	77
IIb. Pérdida auditiva conductiva:	126
IIc. Pérdida auditiva neurosensorial	148
IId. Pérdida auditiva central.	166
IIe. Tratamiento de las pérdidas auditivas	175

C A P I T U L O I I I

III.- AUDIOMETRIA	211
IIIa. Tipos de pruebas auditivas.	211
IIIb. Utilización diagnóstica e interpretación de la audiometría	260
IIIc. Prescripción del auxiliar auditivo.	280
IIId. Tabla comparativa de dispositivos auditivos más comunes y perspectiva a futuro.	309

C A P I T U L O I V

IV.- DISEÑO DEL PROTOTIPO.	326
IVa. Variables a registrar.	326
IVb. Características y selección de cada uno de los transductores.	330
IVc. Convertidores digital-analógico.	349
IVd. Principio de operación y características del M.C.U.	376
IVe. Selección y características del teclado . . .	387
IVf. Diseño de cada una de las interfases	426
IVg. Desarrollo del software necesario para el control visualización y graficación de cada una de las variables	445

CONCLUSION

Conclusión	476
----------------------	-----

APENDICES

GLOSARIO

Glosario	G1
--------------------	----

HOJAS TECNICAS

Hojas técnicas	HT1
--------------------------	-----

DIAGRAMAS DE FLUJO

Diagramas de flujo	DF1
------------------------------	-----

TABLAS DE SEÑALES

Tabulación de señales senoidales	TS1
--	-----

UNIDADES

Cálculo de la potencia requerida en el audiómetro . .	U1
---	----

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

El presente documento tiene como finalidad el servir como elemento de apoyo para el diseño de un dispositivo electrónico de aplicación en el campo de la otorrinolaringología (medición audiométrica), con el que sea posible detectar el grado de avance de una determinada deficiencia física (pérdida de la audición) que se presente en el oído humano.

En el desarrollo de este trabajo no se pretende profundizar en el estudio fisiopatológico del oído, sino que sirva de soporte para contar con bases suficientemente aceptables en este campo.

Se trata de fundamentar el diseño seleccionado como objetivo primordial de este trabajo con las consideraciones de selección de los distintos componentes electrónicos que lo conformarán, para la cual se realizaron investigaciones encaminadas a la optimización de sus componentes técnicos.

Con el propósito de familiarizarse con el órgano del oído se ha desarrollado en el capítulo I una breve explicación de éste.

En el primer inciso se explicará rápidamente el fenómeno de la audición y las partes que lo componen, durante los incisos subsiguientes se desarrollará cada una de sus partes y finalmente, una explicación más detallada del mecanismo de la audición y la modificación de las ondas sonoras a lo largo del órgano, hasta llegar a la percepción en el cerebro.

En el capítulo II se abordarán algunas de las más importantes enfermedades a las que está expuesto el oído, se hará una clasificación general de éstas. Posteriormente se hará una nueva clasificación de sólo aquellas enfermedades que producen sordera, dependiendo del área que resulte afectada.

En el capítulo III se mencionarán algunos de los tipos más importantes de pruebas auditivas, la obtención de la audiometría y su interpretación para la utilización de diagnóstico médico. Algunas formas de corregir problemas de audición y desarrollo de los auxiliares auditivos a lo largo de la historia, hasta los más actuales.

En el capítulo IV se hará un análisis de las variables involucradas en la audición, se revisarán las características necesarias en los transductores para así lograr la selección más adecuada de éstos. También se analizarán las características más importantes de los convertidores digital-analógico, teclados y sistemas de visualización para proceder a su selección. Se desarrollará el principio de operación y características más importantes de los M.C.U's para poder seleccionar el que más se apegue a las necesidades del diseño.

Con todos estos elementos se procederá al diseño de cada una de las interfases y por último el desarrollo del software necesario para el control, visualización y graficación de cada una de las variables.

CAPITULO I

ANATOMIA Y FISILOGIA DEL OIDO

I.- ANATOMIA Y FISIOLOGIA DEL OIDO.

Ia. El oído

El oído es el órgano recolector de ondas sonoras que permite la percepción de sonidos y participa en el sentido del equilibrio.

Los sonidos son vibraciones que se propagan en los medios sólidos, líquidos o gaseosos. Sus propiedades (que son captadas por el oído) son la intensidad (fuerte o débil), el tono (grave o agudo) y el timbre, que permite reconocer en una misma nota al instrumento que la produce.

El oído capta frecuencias dentro el rango comprendido desde los 20 y 20,000 vibraciones por segundo. La voz humana, por ejemplo, tiene entre 300 y 4000 vibraciones por segundo, en tanto que las notas musicales suelen producir entre 25 y 4800 vibraciones por segundo.

Es conveniente recordar que la intensidad del sonido depende de la amplitud de las vibraciones, en tanto que el tono depende del número de las mismas. La intensidad de los sonidos se mide en decibeles, siendo ésta unidad la décima parte del Bel, unidad física con la cual se representa la intensidad del sonido.

El oído puede determinar la dirección de donde procede un sonido e inclusive recordar y reconocer los sonidos que ya ha escuchado antes.

Para la comprensión de la estructura y funcionamiento del oído este se ha dividido en tres partes funcionales siendo estas:

- 1.- oído externo
- 2.- oído medio
- 3.- oído interno.

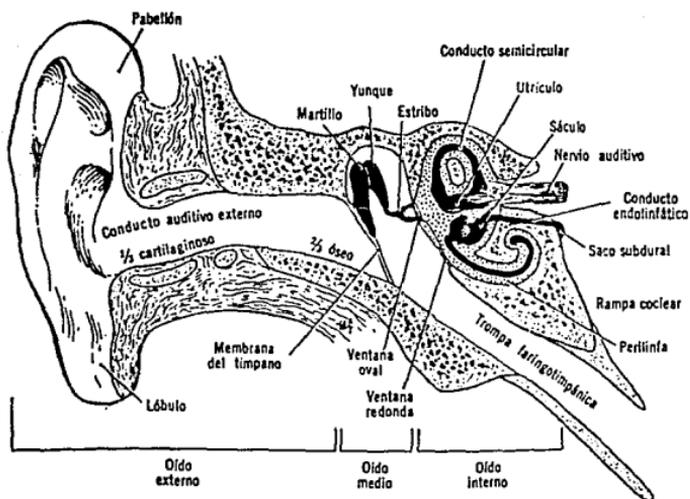


Figura Ia.1 Partes funcionales del oído.

Las ondas sonoras son captadas por el oído pasando por el conducto auditivo externo hasta chocar con la membrana timpánica.

Al chocar, las ondas sonoras, son transmitidas por la membrana cruzando la caja timpánica y algunas ondas son transmitidas al caracol del oído interno por medio de los huesecillos del oído medio (transmisión aérea) y otras penetran por la ventana redonda, moviendo el líquido coclear (transmisión ósea).

Cuando las ondas sonoras alcanzan el caracol, mueven o distorsionan los cilios de las células del órgano de Corti que son los receptores finales para el oído, y el sonido se transforma en un estímulo eléctrico que viaja al cerebro para producir finalmente la sensación del sonido.

Ib. El oído externo

La oreja o pabellón auricular se encuentra situada en la parte exterior del oído.

El conducto auditivo humano se ve irregularmente oval en un corte transversal y varía de una persona a otra en los detalles de tamaño y forma.

El pabellón del oído es de poca utilidad al ser humano, dado que no cumple con las tres funciones principales que en la mayoría de los animales se presentan, siendo estas:

- a) Recoger y enfocar la energía de un área grande de ondas sonoras.

- b) Facilitar juicios precisos acerca de la dirección del sonido volteando las orejas (en lugar de toda la cabeza), hasta que el sonido llegue lo más fuerte posible.

- c) Mantener el agua y suciedad fuera del conducto auditivo, por medio de movimientos ondulatorios de algunas de las partes externas que en los humanos son estructuras rudimentarias y rígidas.

Sin embargo, el ser humano puede determinar la dirección del

sonido, ya que las ondas sonoras alcanzan a los dos oídos con ligeras diferencias en tiempo y en intensidad.

El oído externo está formado por el pabellón del oído y el conducto auditivo externo. Las orejas dirigen las ondas sonoras al orificio auditivo externo. Algunos animales dirigen las orejas como radares para buscar el sonido. Del orificio externo, el conducto auditivo se dirige hacia adentro hasta la membrana timpánica o tímpano.

El conducto va casi horizontalmente hacia el centro de la cabeza por poco menos de 2.5 cm y ahí termina sin salida.

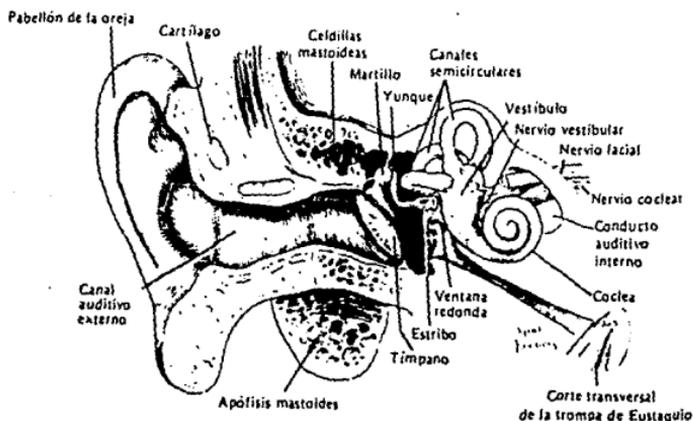


Figura Ib.1 Oído externo.

El extremo está cerrado por el tímpano o membrana timpánica, la cual separa el conducto auditivo externo de la caja del tímpano.

Las ondas sonoras, al chocar con el tímpano, en parte son reflejadas de nuevo hacia el conducto y en parte son transmitidas por la membrana. De estas últimas, algunas cruzan la caja timpánica y alcanzan la ventana redonda, en tanto que otras penetran por la ventana oval, siguiendo la cadena de los huesecillos.

La piel de la porción exterior del conducto secreta una cera oscura y amarga, que generalmente no permite que entren insectos y evita que la piel del conducto y del tímpano se sequen.

El pabellón está formado por cartilago, de tipo elástico y por piel, excepto por lo que respecta al lóbulo, que no contiene cartilago.

La piel está firmemente adherida en la parte externa del pabellón, pero es más elástica en la parte interna, o sea, por detrás, lo que explica por que los hematomas son más comunes en la parte anterior que en la posterior y es más delgada que en cualquier otra parte del organismo.

En la piel del pabellón se forman los sabañones con más facilidad que en cualquier otra parte del cuerpo, debido a que carece de capa protectora de grasa y posee sólo una capa de vasos sanguíneos.

Los músculos que fijan el pabellón al hueso temporal están inervados por el facial.

En casi todos los mamíferos existe un gran dominio de los músculos auriculares que incluso les sirven para aumentar su capacidad auditiva. Sin embargo, en el hombre, esos músculos son pequeños y no tienen ninguna función práctica. Son tres los músculos auriculares: el anterior, el superior y el posterior.

Los linfáticos drenan hacia adelante, hacia abajo y hacia atrás. El pabellón de la oreja es un pliegue alargado y plano de piel, irregularmente formado, moldeado por el cartilago elástico subyacente en diversas crestas y surcos, lo que le da una apariencia característica. El pabellón de la oreja difiere en su contorno en diversas personas, pero las dos orejas, generalmente son simétricas.



Figura Ib.2 Rasgos superficiales del pabellón de la oreja:
1, Hélix; 2, antihélix; 3, raíz del hélix; 4, trago; 5, concha;
6, antitrago; 7, lóbulo; 8, meato del conducto auditivo
externo; 9, tubérculo de Darwin.

Los rasgos superficiales del pabellón de la oreja son el hélix, antehélix, concha, trago, antitrago, lóbulo, fosa auricular, cavidad de la concha que conduce a la abertura del conducto auditivo externo. El cartilago de la oreja se continúa con el conducto auditivo adelante y abajo, formando un tubo incompleto abierto arriba y adelante, donde se completa con una membrana fuerte de tejido fibroso extendida entre

el trago y el comienzo del hélix. El hélix es el borde externo circular del pabellón; el antehélix es la cresta más pequeña justamente opuesta al hélix. El trago es la pequeña proyección en forma de lengua situada por delante del meato. El lóbulo está compuesto de tejido adiposo y conjuntivo.

El conducto externo, termina en forma de saco, en la membrana timpánica. Es oblicuo, de tal manera que su pared superior tiene 5mm menos que su pared inferior, como consecuencia de la posición oblicua de la membrana timpánica.

Por otra parte el conducto se curva, por lo que es necesario enderezarlo mediante la tracción ejercida sobre el pabellón antes de que pueda examinarse con facilidad. La mitad externa del conducto auditivo es cartilaginosa y la mitad interna es ósea, excepto en los lactantes, en quienes la osificación todavía no se ha verificado. La piel que tapiza la porción cartilaginosa es gruesa y contiene finos vellos, glándulas sebáceas que producen el cerumen.

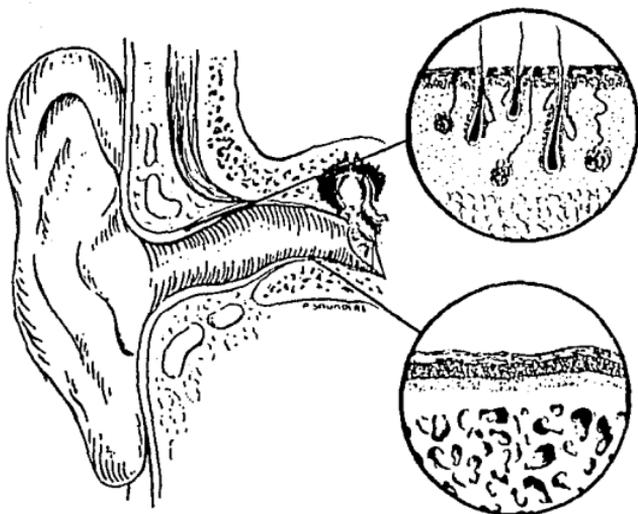


Figura Ib.3 Conducto auditivo externo. En el círculo superior que corresponde a la porción cartilaginosa, se ven folículos pilosos y glándulas sebáceas y ceruminosas. En el círculo inferior, el epitelio, muy delgado, está adherido directamente al hueso.

El cartilago del conducto auditivo se continúa directamente con el del pabellón. Debemos hacer notar que la sección transversal de la porción cartilaginosa presenta forma oval, formando casi un semicírculo, ya que el techo no es de cartilago sino de tejido fibroso. Hay otras zonas

desprovistas de cartilago, como son las hendiduras de Santorini, que no son constantes. Se ha dicho que estas pequeñas hendiduras proporcionan vías potenciales a la extensión de las infecciones, al oído y las mastoides.

En el adulto, el conducto auditivo externo tiene aproximadamente 24 mm de longitud, la porción ósea es algo más larga que la cartilaginosa. El conducto auditivo óseo del adulto es un poco más largo que el conducto cartilaginoso. A unos 7 mm de la membrana timpánica se forma una estrechez conocida como istmo.

Por delante y por debajo, más allá del istmo y exactamente por fuera de la parte inferior del tímpano está el surco timpánico. Es ahí donde con frecuencia se almacenan restos, es una región muy difícil de limpiar.

Otra dificultad la produce la pared anterior ósea del conducto, que al hacer prominencia impide la visión correcta del tímpano. Por delante del conducto auditivo externo se sitúa la articulación temporomaxilar.

Los nervios sensitivos de la oreja son ramas de los nervios auricular mayor y occipital menor del plexo cervical, y nervio auriculotemporal, rama del maxilar inferior. La parte posterior interna del conducto auditivo externo está inervada por la rama auricular del nervio vago.

El oído externo está irrigado por ramitas de las arterias vecinas temporal superficial y auricular posterior, ramas de la carótida externa. Las venas son las ramas anteriores de la temporal superficial y las ramas auriculares de la auricular posterior.

Las últimas algunas veces se unen al seno transversal (lateral a través de la vena emisaria mastoidea).

Los abundantes plexos linfáticos en la oreja, conducto auditivo externo y cara externa de la membrana timpánica, se vacían en los ganglios linfáticos auriculares, posteriores e inferiores. Estos ganglios a su vez drenan en los ganglios yugulares profundos superiores.

El conducto auditivo externo, formado por partes membranocartilaginosas y óseas tiene aproximadamente 25 a 35 mm de longitud. La porción cartilaginosa forma alrededor de un tercio de la longitud total del conducto, siendo su dirección hacia arriba y atrás. En su pared anterior e inferior hay varios defectos transversos, como hendiduras, de la pared cartilaginosa, llenos de tejido conjuntivo, llamados incisuras de Santorini, que permiten la flexibilidad del conducto.

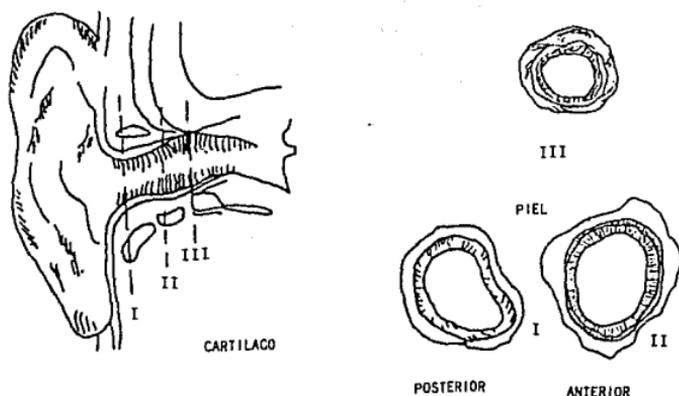


Figura Ib.4 Incisuras de Santorini.

En los niños a la edad de dos años, el conducto auditivo presenta una luz relativamente ancha. El conducto óseo se une por fuera con la porción membranosa, comprendiendo la última, un tercio de la longitud total del conducto externo. El desarrollo del conducto es completo hacia el tercer año de vida.

La inervación sensitiva del conducto auditivo externo deriva de la rama auricular del vago nervio de Arnold, y de la rama auricular temporal del trigémino (nervio maxilar inferior).

La arteria auricular profunda, rama de la maxilar interna,

irriga el revestimiento del conducto y también va a la membrana timpánica. La auricular anterior, rama de la arteria temporal superficial, irriga el conducto externo así como el lóbulo de la oreja. La auricular posterior se anastomosa con la arteria temporal superficial.

El revestimiento epidérmico del conducto externo es continuación de la piel de la oreja. Difiere en toda la extensión de su longitud en que los folículos pilosos y sebáceos y las glándulas ceruminosas sólo se encuentran en la porción membranocartilaginosa, faltando en la parte ósea. La piel está íntimamente unida al periostio con una capa muy rala de tejido conjuntivo suelto.

A continuación se presenta un cuadro comparativo del oído del niño y del adulto:

CONDUCTO AUDITIVO EXTERNO

Oído del niño

En el nacimiento no hay conducto óseo, no se desarrolla completamente hasta el tercer año. Hay un conducto como hendidura de dirección transversal que no está abierto sino colapsado. El conducto no está dispuesto como para poner directamente a la vista el tímpano. El conducto óseo se desarrolla a partir del anillo timpánico que contiene centros de osificación o tubérculos.

Oído del adulto

Consta de una porción cartilaginosa y otra ósea, de 25 a 35 mm de longitud. El meato u orificio es elíptico con su diámetro mayor dirigido de arriba abajo. El conducto está dirigido hacia arriba y atrás hay glándulas y folículos pilosos en la parte membranosa, pero ninguno en la ósea.

MEMBRANA TIMPANICA

Oído del niño

El ángulo de inclinación es tal que el tímpano es casi horizontal a la base del cráneo. La capa mucomembranosa es gruesa. El tímpano es casi redondo de 8 mm. de ancho y alrededor de 9 mm. de alto y está contenido en el anillo óseo (anillo timpánico) que está abierto por arriba (Escotadura de Rivinus).

Oído del adulto

Tan inclinado como para hacer que la parte superior y posterior quede más cercana al ojo del observador, es decir hasta arriba y afuera en 45 mm. La capa mucomembranosa es muy delgada. La distancia del istmo al tambor a lo largo de la pared anteroinferior del conducto es varias veces mayor que la misma a lo largo de la pared posterior.

CAJA DEL TIMPANO

Oído del niño

Está llena con una sustancia como gelatina (tejido mesenquimatoso), excepto un espacio como hendedura. El hipotímpano no está desarrollado y su tejido mesodérmico llena la parte superior de la cavidad (epitímpano). La sutura petroescamosa pasa a través del tegmen tympani y existen conexiones sanguíneas y linfáticas entre la fosa media y la mucosa del oído medio.

Oído del adulto

La cavidad está llena de aire mide 15 mm de arriba abajo y de atrás adelante. Es muy estrecha en sentido lateral, siendo más ancha arriba (ático) y más profunda detrás que adelante. Las tres divisiones de la cavidad son arbitrarias a menos que persista tejido mesodérmico, generalmente se absorbe y se aplana de modo que el hueso puede ser visto a su través.

APOFISIS MASTOIDES

Oído del niño

La apófisis como tal, no existe en el nacimiento, pero se forma poco después cuando el aire entra al oído medio vía la Trompa de Eustaquio, el desarrollo empieza alrededor del sexto mes. La punta de la mastoides se desarrolla hasta el final del primer año. El desarrollo se efectúa por un

proceso de invasión del hueso por tejido mesodérmico y su absorción. La única célula más allá de esta época, es el antro que está rodeado por nidos de pequeñas células. Las células se hacen más grandes conforme son más periféricas.

Oído del adulto

El proceso de neumatización puede continuar hasta la pubertad a menos que se interrumpa durante el curso del desarrollo. Se reconocen tres tipos de desarrollo: celular (neumático); parcialmente detenido (diploico) y completamente detenido (esclerótico). Hay una amplia distribución del sistema celular entre los grupos.

ANTRO MASTOIDEO

Oído del niño

Es una gran célula situada arriba del nivel de la pared superior del conducto. Se halla muy superficialmente debajo de la corteza y se comunica directamente con la superficie mastoidea a través de la sutura tímpanomastoidea. Es relativamente más grande que en el adulto.

Oído del adulto

Más profundamente situado y debajo del nivel de la pared superior del conducto. Está rodeado por muchas células más pequeñas.

TROMPA DE EUSTAQUIO

Oído del niño

No existe conducto óseo en el nacimiento. El tubo se halla casi paralelo a la luz faríngea. Es más horizontal, más ancho y más corto. La luz faríngea se halla debajo del nivel del paladar óseo.

Oído del adulto

El tubo tiene 36 mm. de largo y su dirección desde el tímpano es hacia abajo, y hacia adelante, en un ángulo de 40. La porción ósea está en conexión con el oído medio.

ACUEDUCTO DE FALOPIO

Oído del niño

La porción descendente del nervio se halla a menos de 0.5 cm de la punta de la mastoidea el agujero estomastoideo. El agujero está por lo tanto, cercano a la superficie. La porción horizontal puede estar total o incompletamente cubierta por una lámina delgada de hueso. Las dehiscencias no son raras. Después de los 18 meses de edad, el nervio abandona el agujero sin ninguna protección ósea.

Oído del adulto

La porción descendente está situada a 2-3 cm de la corteza en el agujero estilomastoideo. Puede estar descubierta en algunas

áreas, pero el nervio está generalmente empotrado en un hueso duro como el marfil. En una mastoides bien neumatizada el desarrollo celular está muy cercano al acueducto.

AGUJERO AUDITIVO INTERNO

Oído del niño

El agujero es ancho y no está cercano a los nervios. Cerca de él está la fosa subarcuata que comunica con células cercanas al conducto semicircular superior.

Oído del adulto

El agujero es estrecho y en estrecha proximidad los nervios.

DURAMADRE

Oído del niño

Gran parte de la duramadre está relacionada con el hueso por prolongaciones que entran en éste. La mucosa del oído medio ocasionalmente se comunica con la duramadre por vasos sanguíneos y linfáticos.

Oído del adulto

La duramadre está separada del hueso. En los casos en que la mastoides no se desarrolla (tipo esclerótico), las comunicaciones vasculares embrionarias frecuentemente persisten.

Ic. El oído medio. Partes constitutivas y función.

El oído medio se encuentra localizado en el hueso temporal, separado del conducto auditivo externo por la membrana del tímpano, el oído medio, cavidad timpánica o caja del tímpano, es en gran parte un espacio aéreo en el que se alojan los huesecillos del oído, así como, se considera que este sector del oído para su funcionamiento esta formado por tres partes, siendo estas las que a continuación se enuncian:

- La caja timpánica
- La trompa de Eustaquio
- Las celdas mastoides

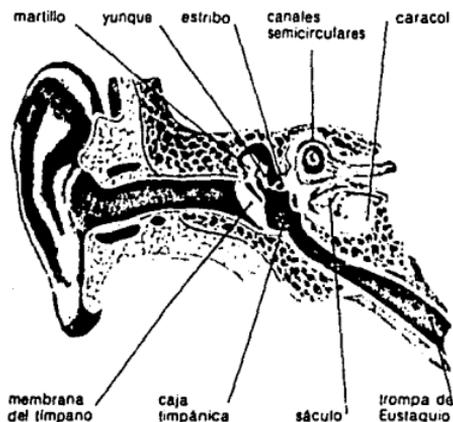


Figura Ic.1 Sección frontal del oído derecho.

La caja timpánica es una cavidad en forma de cubo situada en el interior del hueso temporal. De sus seis paredes, cinco son óseas y la sexta, es decir, la externa, la que separa la caja timpánica del conducto auditivo externo es parte ósea y parte membranosa, siendo esta última conocida como membrana timpánica. A través de la membrana se puede ver, "el mango" del martillo, el primero de la cadena de los tres huesecillos que transmiten las vibraciones de la membrana al oído interno.

En el interior de la caja timpánica se encuentran los tres huesecillos del oído (martillo, yunque y estribo) y dos pequeños músculos (el músculo tensor del tímpano y el músculo del estribo).

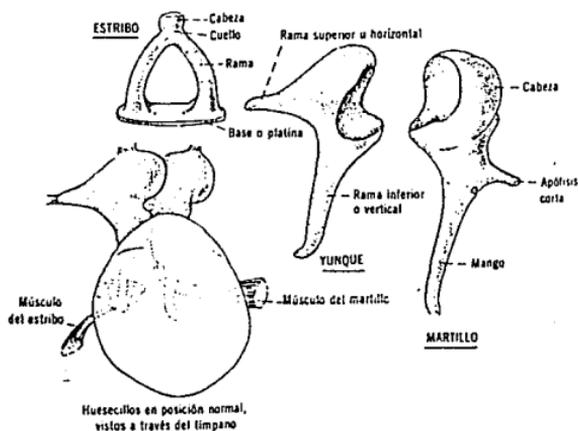


Figura Ic.2 Esquema de los tres huesos del oído medio.

El martillo sirve para mantener la membrana tensa, y en forma de cono, lo cual se logra con el auxilio del músculo tensor del tímpano, que se le une cerca de la base del mango. La cabeza redonda y alargada del martillo encaja en un alveolo del yunque, el segundo de los huesecillos, con sonidos de intensidad ordinaria, ambos se mueven como una sola unidad y con las vibraciones de la membrana rotan sobre el eje del martillo y del yunque. La masa ósea de los huesecillos esta balanceada alrededor de su eje, de modo que la inercia del sistema es muy pequeña y por ello los huesecillos no tienden a estirarse ni a sacudirse cuando vibra la membrana. El yunque termina en una punta delgada y curva cerca del centro de la cavidad del oído medio y en contacto con la cabeza del estribo, el último de los tres huesecillos.

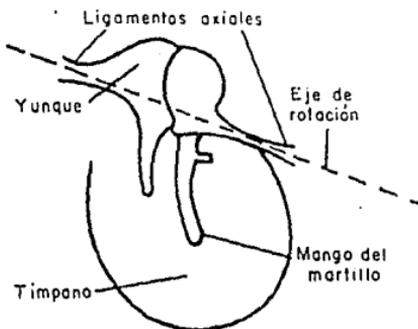


Figura Ic.3 Dibujo esquemático que muestra el eje de rotación del martillo y del yunque.

El estribo se llama así apropiadamente por su forma que guarda con respecto con esta parte de la montura del caballo. Está formado por la cabeza que se articula con la rama vertical del yunque; de ella se desprenden los arcos de las ramas anterior y posterior, que se unen a la base del estribo, la cual está sujeta dentro de la membrana oval por un ligamento, en la pared interna de la caja del timpano. Su superficie interna está en contacto con el líquido del oído interno, de tal forma, que cuando se quita el estribo, es posible observar el oído interno desde la porción auditiva media.

El estribo se encuentra sostenido por un ligamento elástico que no sólo impide la salida del líquido del oído interno, sino también permite a la estructura oscilar conforme se transmiten los impulsos vibratorios a él, desde la membrana del timpano, a través del martillo y el yunque.

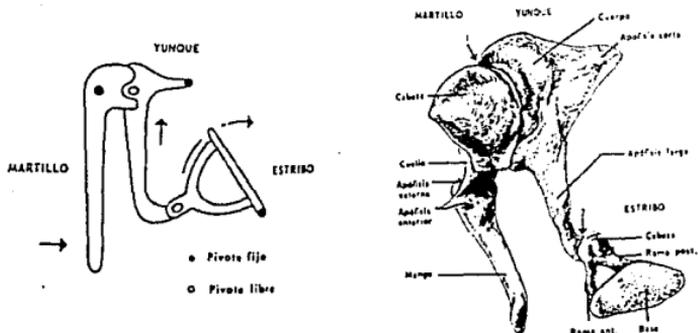


Figura Ic.4 Mecanismo de la cadena de huesecillos.

El mecanismo de funcionamiento de la cadena de huesecillos puede ser comparado al tipo más simple de palanca. La transmisión de la onda sonora desde el aire hasta la perilinfa, medio de densidad doblemente superior, requiere una multiplicación de la energía de vibración; esto se realiza mediante el mencionado sistema de palanca, transmitiendo la vibración desde la amplia superficie de la membrana del tímpano a la reducida superficie de la ventana oval donde se inserta el estribo.

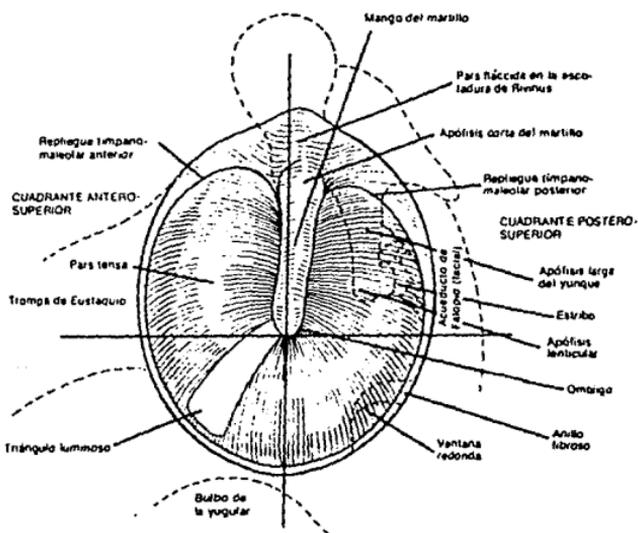


Figura Ic.5 Membrana timpánica

El tímpano, o mejor dicho la membrana timpánica, es una lámina muy fina que constituye la casi totalidad de la pared externa de la caja timpánica y que la separa del fondo del conducto auditivo externo. La membrana tiene una forma irregular circular con un diámetro de alrededor de 1 cm.

La mayor parte del tímpano, la llamada parte tensa (pars tensa), esta integrada por tres estratos distintos, uno externo epidérmico que es la continuación de la epidermis que tapiza el conducto auditivo externo, otro intermedio formado por tejido conjuntivo con fibras dirigidas parte en sentido radial y parte en sentido circular, y un tercer estrato interno mucoso, constituido por la mucosa que tapiza la caja timpánica; sobre las fibras conjuntivas del estrato intermedio se implanta el mango del martillo, es decir, la primera de las tres piezas que constituyen la cadena de huesecillos del oído.

La membrana timpánica es un elemento fundamental del aparato de transmisión de los sonidos: de hecho, las ondas sonoras la hacen vibrar y transmitir estas vibraciones al mango del martillo, que se implanta sobre las fibras que constituyen el estrato intermedio de la parte tensa de la membrana.

Desde el martillo, a través de las articulaciones con los otros huesecillos del oído, las vibraciones se transmiten al oído medio y al interno.

La membrana timpánica y los tres huesecillos del oído (martillo, yunque y estribo), articulados entre sí, constituyen un sistema, el llamado sistema tímpano-huesicular, encargado de la transmisión de las vibraciones sonoras del oído medio al oído interno, martillo, yunque y estribo se articulan entre sí mediante dos pequeñas articulaciones; por otra parte, como ya hemos visto, en un extremo de la cadena de los huesecillos, el mango del martillo está implantado en la membrana timpánica, mientras en la extremidad opuesta, el pie del estribo se articula con la ventana oval, situada sobre la pared más profunda de la caja timpánica.

La contracción de los músculos del estribo y tensor del tímpano aumenta la impedancia del sistema tímpano-huesicular, es decir, la resistencia que la membrana timpánica y la cadena de huesecillos oponen al paso de la onda sonora: en definitiva, la contracción de estos músculos, provocada por sonidos de fuerte intensidad, tiene una acción de protección de las estructuras del oído interno.

La trompa es un conducto en parte óseo y en parte cartilaginoso, tapizado por mucosa, que pone en comunicación la caja timpánica con la pared lateral de la faringe. La trompa de Eustaquio, tiene la función de ventilar el oído medio, es decir, hacer que en las superficies externa e interna de la membrana timpánica la presión atmosférica tenga el mismo valor. Sólo en estas condiciones, la membrana timpánica puede

vibrar libremente, oponiendo la misma resistencia al paso de la onda sonora.

El aparato de transmisión de los sonidos es necesario porque, al pasar el aire a los líquidos del oído interno, las ondas sonoras sufren una fuerte reducción de energía: esta pérdida, en gran parte, es compensada por la función del aparato de transmisión, que de este modo, permite oír claramente sonidos de moderada intensidad, como por ejemplo los de la voz humana.

Las celdas mastoides son un conjunto de cavidades excavadas en el espesor de la apófisis mastoides del hueso temporal, generalmente comunicantes entre ellas: la más grande y la más constante de las celdas mastoides toma el nombre de entro y, a través de un pequeño conducto llamado aditus at entrum comunica, a su vez, con la caja timpánica.

De lo anterior se desprende que, las vibraciones sonoras son transmitidas al oído interno por:

- Los huesecillos
- Por el aire de la cavidad timpánica
- Por conducción ósea

El primer medio tiene normalmente mayor importancia. Los defectos de conducción a través de la cadena de huesecillos produce una sordera parcial.

Id. El oído interno. Partes constitutivas y función.

El oído interno es la parte del oído que está compuesta por los órganos receptores de la audición (el caracol) y del equilibrio (el laberinto), esta formado por una serie de tubos membranosos dispuestos en planos diferentes, junto con dos sacos membranosos en comunicación con aquellos. Estos están llenos de un líquido denominado endolinfa.

Todo el sistema de tubos y sacos membranosos se parecen tanto a un laberinto que reciben el nombre de laberinto membranoso, este se halla dentro de una serie de espacios y cavidades en el hueso que tienen la misma forma pero de dimensiones mayores, constituyendo así el denominado laberinto óseo.

Aunque en algunos lugares el laberinto membranoso esta unido al periosteo, que reviste las paredes del laberinto óseo, casi todo este se halla rodeado de un líquido denominado perilinfa, que llena el espacio que queda entre los dos.

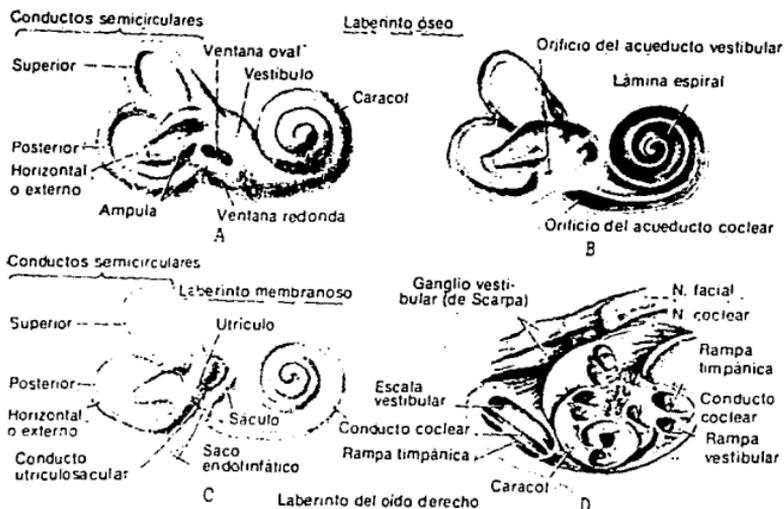


Figura Id.1 A y B Laberinto óseo. C Laberinto membranoso. D, Corte del caracol, y sus relaciones con los pares craneales VII y VIII.

La endolinfa en el caracol y en el laberinto constituyen un sistema continuo y cerrado sin drenaje. Los cambios del líquido dentro del sistema endolímfático, ocurren como un resultado de transferencias osmóticas a través de las membranas semipermeables entre la endolinfa y la perilinfa.

El líquido perilinfático, que rodea al oído internomembranoso, se continúa con los espacios subaracnoideos a través del acueducto del caracol, que es un pequeño conducto que atraviesa el hueso y que proporciona comunicación directa con el líquido cefalorraquídeo. A causa de la ausencia de barreras entre el caracol y el laberinto, los traumatismos o las enfermedades frecuentemente afectan al mismo tiempo la audición y el equilibrio.

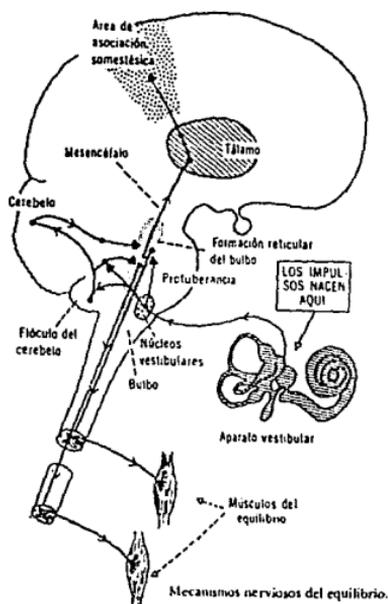


Figura Id.2 Funciones motoras de la médula espinal y el tallo cerebral bajo, que actúan en el equilibrio.

La porción más dilatada del laberinto óseo se halla situada en la parte profunda del hueso, por dentro de la pared interna del oído medio; esta parte del laberinto membranoso recibe el nombre de vestibulo. Esta parte del oído interno esta compuesta del utrículo y de los tres conductos semicirculares. Los dos extremos de cada uno de los conductos semicirculares se abren en el utrículo. Los conductos semicirculares se conocen como conducto semicircular externo, superior y posterior. Están situados de tal manera que el conducto externo de un lado se halla en el mismo plano que el del lado opuesto, mientras que el conducto superior de un lado esta en el mismo plano que el conducto superior del lado opuesto. En otras palabras, los tres conductos tienen la misma relación el uno con el otro como las dos paredes y el suelo del rincón de un cuarto. El suelo representa el plano del conducto semicircular externo.

Cuando la cabeza se mantiene erecta, el conducto semicircular externo no se halla completamente horizontal, sino que esta un poco inclinado, algo así como 30 grados hacia adelante, en cuya posición el conducto es paralelo al piso.

Las relaciones de los conductos semicirculares entre si y con la cabeza, pueden representarse con las manos y los brazos. Si el codo izquierdo se mantiene junto al cuerpo, y el antebrazo y la mano se colocan frente al tórax con la palma de la mano hacia arriba, la palma representa, aproximadamente,

el plano del conducto semicircular externo. Si luego la mano derecha, con los dedos rígidamente extendidos, pero doblados a nivel de la articulación metacarpofalángica, se coloca sobre la palma de la mano izquierda.

Los dedos de la mano derecha indicaran el plano del conducto superior, y la palma de la mano derecha el del posterior, del laberinto izquierdo. Las relaciones de los respectivos planos del laberinto derecho, pueden representarse cambiando simplemente la posición respectiva de las manos.



Figura Id.3 Las manos representan los conductos semicirculares del laberinto izquierdo.

Los conductos semicirculares membranosos son mucho más pequeños que los óseos y se hallan suspendidos en la perilinfa mediante delicadas hebras de tejidos fibrosos. Los conductos semicirculares se ensanchan cerca de su desembocadura en el utrículo; este ensanchamiento se llama ampula o terminación ampular. En cada una de estas ampulas se halla un neuroepitelio especializado, que constituye el órgano terminal del sentido del equilibrio. Estos organitos se designan con el nombre de crestas de los conductos semicirculares. También en el utrículo existe un neuroepitelio especializado.

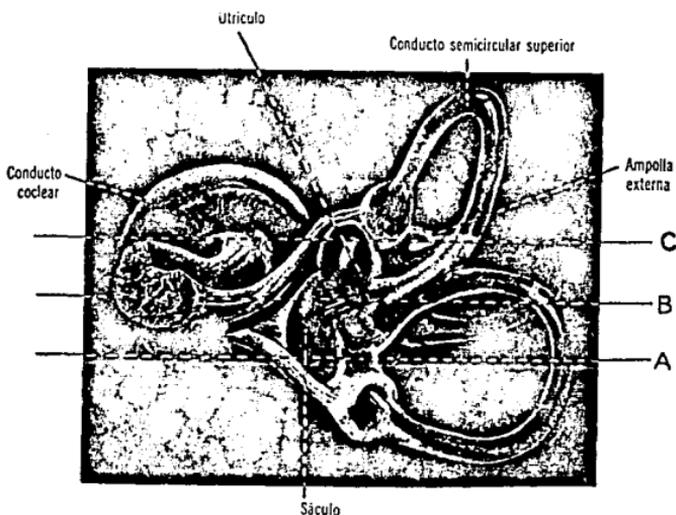


Figura Id.4 Dibujo de laberinto membranoso derecho en un adulto.

El utrículo se relaciona con el equilibrio estático y regula el sentido de posición en el espacio. Se admite que pequeños gránulos de carbonato cálcico (otoconias) inician la respuestas estáticas por efecto de la gravedad, la fuerza centrífuga y los movimientos lineales. Su estimulación produce movimientos compensatorios de los ojos, de la cabeza y alteraciones del tono muscular. Los conductos semicirculares son estimulados por la rotación o la aceleración en cualquier dirección; la inercia constituye su estímulo primordial. Los conductos de ambos laberintos siempre se estimulan a la vez.

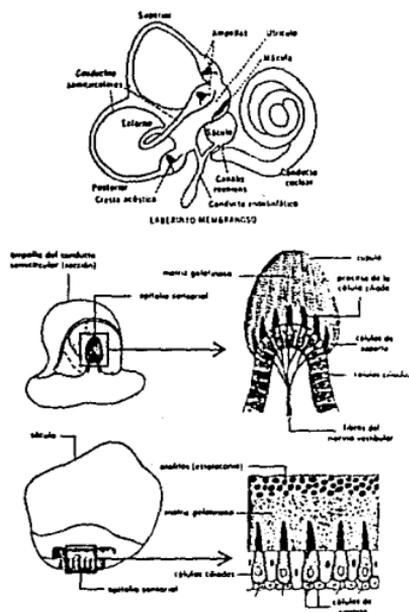


Figura Id.5 Estructuras funcionales del aparato vestibular.

Existen dos ventanas en la pared ósea que separan el oído medio, lleno de aire, del vestíbulo del laberinto óseo, lleno de líquido. La superior recibe el nombre de ventana oval, y la inferior se denomina ventana redonda, las cuales normalmente están cerradas. Para describir el tipo de cierre, se debe hacer una pequeña digresión.

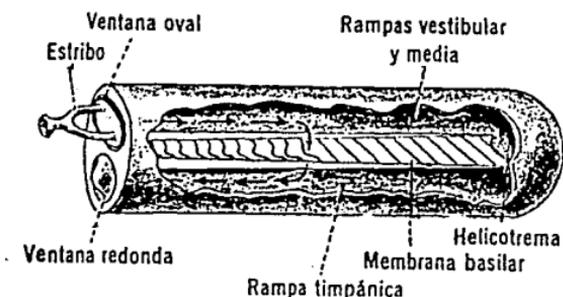


Figura Id.6 Desplazamiento del líquido de la cóclea cuando avanza el estribo.

Ya que las ondas sonoras hacen vibrar la membrana timpánica, y que ésta constituye parte muy importante de la pared externa del oído medio, existe una cadena de huesecillos que atraviesa el oído medio desde la pared externa hasta la interna. El borde libre del primer huesecillo de la cadena se halla unida a la membrana del tímpano; el borde libre del último huesecillo se adapta firmemente a la ventana oval, situada

en la pared interna del oído interno. Por lo tanto, cuando las ondas sonoras hacen vibrar la membrana del tímpano, la cadena de huesecillos transmite estas vibraciones a través del oído medio; como el borde del último huesecillo no se halla adaptado rigidamente a la ventana oval, sino dispuesta como un pistón en un cilindro, las vibraciones son transmitidas a la perilinfa del vestíbulo.

Pero los líquidos son incompresibles, y cada vez que el líquido es impulsado a nivel de la ventana oval, el impulso debe transmitirse a otra estructura denominada ventana redonda que sólo está cerrada por una ventana suficientemente elástica.

Aunque el laberinto óseo tiene forma compleja, su estudio resulta más fácil si lo consideramos formado de tres partes; la primera de ellas es el vestíbulo, las otras dos partes pueden considerarse como prolongaciones del vestíbulo. En ellas el laberinto óseo tiene forma tubular. La más anterior de las dos prolongaciones sigue un trayecto espiral con vueltas sucesivas de diámetro decreciente. Como la porción arrollada del laberinto óseo se parece algo a una concha de caracol, recibe el nombre de cóclea (en latín, concha de caracol). La más posterior de las dos prolongaciones está formada por tres tubos óseos separados, de tipo cilíndrico, cada uno de los cuales al abandonar el vestíbulo sigue un trayecto semicircular de manera que acaba regresando al mismo vestíbulo; por lo tanto, cada uno de los tubos comunica en sus

dos extremos con éste. Los tubos óseos reciben el nombre de conductos semicirculares; tiene gran significado el hecho de que se hallen dispuestos en planos diferentes y cada uno aproximadamente en ángulo recto con los otros dos.

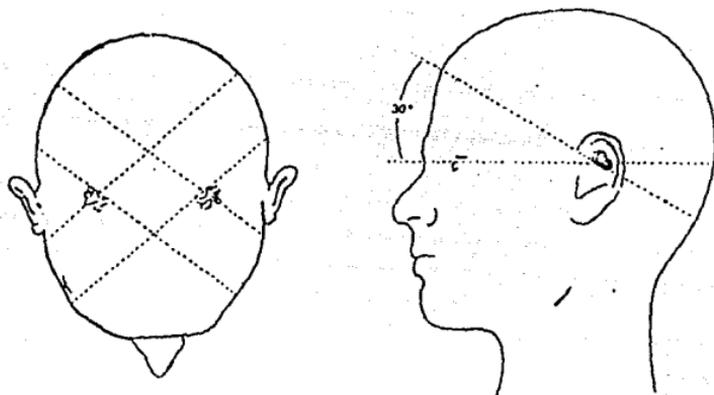


Figura Id.7 Posición de los conductos semicirculares en relación con el plano horizontal, en la posición erecta de la cabeza y posiciones relativas de ambos lados.

Según ya indicamos, el laberinto membranoso se halla formado por un sistema de tubos y sacos membranosos incluidos sin presión en el laberinto óseo. En realidad hay dos sacos en el

laberinto membranoso, ambos en el vestibulo del laberinto óseo. El más anterior y pequeño recibe el nombre de sáculo (saculus = saco pequeño); el mayor y más posterior, el nombre de utrículo (utriculus = pequeña bolsa de piel); ambos comunican entre sí por medio de un delgado conducto membranoso.

El tubo membranoso que penetra en el caracol nace del sáculo, que al entrar en la vuelta basal del caracol recibe el nombre de conducto coclear. No se trata, como podría imaginarse al principio, de un tubo redondo; por lo contrario, tiene más bien forma de una cinta ancha y gruesa "planchada" en un lado, de manera que resulta mucho más delgado que el otro. El borde grueso del conducto coclear esta unido a un lado del conducto óseo del caracol por el ligamento espiral. El otro borde más delgado del conducto coclear hueco y acintado esta unido al otro lado del conducto óseo. Por lo tanto el conducto coclear forma un anaqueil hueco que atraviesa el conducto óseo dividiéndolo en dos partes en toda su longitud.

En esta forma el conducto coclear asciende en espiral por las vueltas del caracol quedando siempre la parte superior, que recibe el nombre de rampa vestibular separada de la parte inferior denominada rampa timpánica, las cuales están llenas de perilinfa. Pero a todo lo largo del caracol el conducto coclear mantiene la perilinfa de la rampa vestibular

separada de la perilinfa de la rampa timpánica. (En realidad hay una pequeña abertura entre las dos rampas a nivel del vértice del caracol, sin embargo por el momento lo omitiremos).

Como no existe libre comunicación entre la perilinfa de la rampa vestibular y la de la rampa timpánica, para que las vibraciones de la perilinfa en la primera alcancen la rampa timpánica, tienen que transmitirse a través de todo el espesor del conducto coclear acintado que contiene endolinfa.

La perilinfa de la rampa vestibular se halla en contacto con la perilinfa que baña la cara interna de la ventana oval. Esta perilinfa recibe las vibraciones de la membrana timpánica por vía de la cadena de huesecillos, el último de los cuales se adapta a la ventana oval. Por lo tanto, las vibraciones del timpano se transmiten siguiendo el caracol por la perilinfa que se extiende desde la ventana oval hacia arriba, por rampa vestibular. Pero, según ya señalábamos, el líquido es incompresible; por lo que el hueso que se adapta a la ventana oval no puede deprimirla a menos que el líquido contenido en el laberinto óseo pueda hacer protusión en algún otro lugar.

La perilinfa de la rampa timpánica se halla en libre comunicación con la que baña la cara interna de la ventana oval, de tal forma que las vibraciones transmitidas de la

ventana oval siguiendo al perilínfa de la ramba vestibular a través del espesor del conducto coclear, pueden alcanzar la perilínfa de la ramba timpánica y desde aquí a la ventana redonda que "cede" lo suficiente para que pueda actuar el mecanismo descrito.

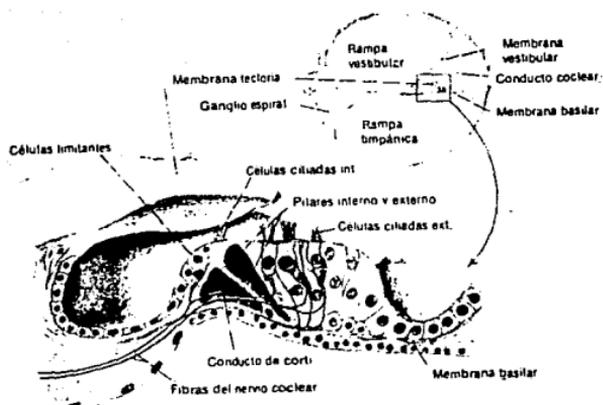


Figura Id.8 Órgano de Corti.

El órgano terminal de la audición está formado por una cinta estrecha de células neuroepiteliales y fibras especiales dispuestas a lo largo del suelo del conducto coclear en toda su longitud. Esta estructura recibe el nombre del órgano de Corti.

La estructura microscópica característica del órgano de Corti se conserva uniforme a lo largo de todo el conducto coclear, sobre todo en la disposición de los túneles y en la posición erecta de las células ciliadas sobre la membrana basilar. Hay dos factores importantes que contribuyen a esta constancia de la estructura: en primer lugar, la membrana basilar, continúa con la lámina espiral ósea, brinda una base rígida, aunque capaz de vibración.

En segundo lugar, unas células del órgano de Corti colocadas sobre esta base son particularmente rígidas.

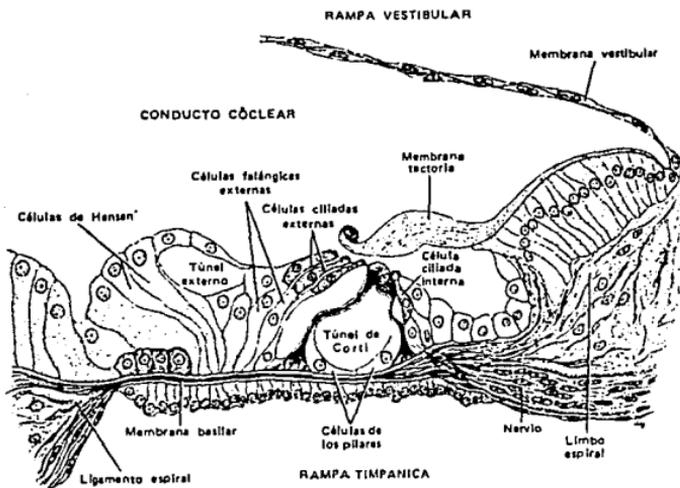


Figura Id.9 Sistemas corporales del órgano de Corti.

Cuando las células del órgano de Corti se observan en dirección media se encuentra primero un grupo de células epiteliales, las mayores de las cuales son las células de Hensen; éstas no tienen características especiales. Vienen después las células falángicas externas; éstas son células cilíndricas altas que sirven de sostén para las células ciliadas externas y también proporcionan sostén a las porciones nerviosas en las bases de las células ciliadas.

Las células de los pilares interno y externo, están localizadas una en cada lado del túnel de Corti. Son células falángicas modificadas. Las células ciliadas también se clasifican como externas e internas. Se trata de tres a cinco hileras de células ciliadas externas, pero sólo una hilera de células ciliadas internas. Presentan varias características interesantes; una notable es la forma como están sostenidas. Sus bases no apoyan en la membrana basilar; por lo contrario están apoyando en pequeñas cavidades que existen en el citoplasma de las células falángicas.

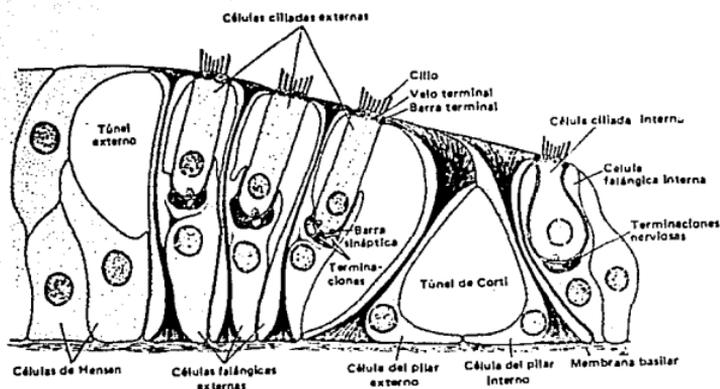


Figura Id.10 Esquema de la porción sensorial del órgano de Corti.

Los sonidos recibidos por el oído externo y transmitidos a través de la membrana oval hacia la perilinfa de la rama timpánica harán vibrar la membrana basilar. Esta vibración predomina en una porción determinada del órgano de Corti, según la frecuencia del sonido. Se cree también que la vibración es transferida a las células ciliadas por interacción de sus cilios con la membrana tectoria. Esto en alguna forma hace que las células ciliadas inicien impulsos nerviosos, que a través de las uniones en la base de las células ciliadas pasarían hacia las terminaciones de ramas aferentes del nervio acústico.

Los impulsos nerviosos de las terminaciones de las fibras nerviosas en las bases de las células ciliadas son conducidos por fibras que pasan por la membrana basilar y luego entre las dos placas delgadas de hueso que constituyen la lámina espiral ósea hasta sus cuerpos neuronales en el ganglio espiral, albergado en el mediolo. Estas fibras periféricas pueden considerarse dendritas de las células ganglionares espirales.

Una dendrita aislada puede tener varias terminales periféricas y, por lo tanto, recibir estímulos de varias células ciliadas. Las células bipolares del ganglio mandan sus prolongaciones centrales o axones (como porción coclear del nervio auditivo) para terminar sinápticamente en los núcleos cocleares del tallo cerebral.

Vamos ahora a considerar la función de la extensión más posterior del laberinto óseo, los conductos semicirculares. Estos, como el caracol, están llenos de perilinfa; cada uno contiene, además, un tubo membranoso lleno de endolinfa.

En una parte especial dilatada de cada tubo membranoso denominado ampolla, hay en su pared un pequeño cúmulo de células neuroepiteliales llamado una cresta. Hay otro órgano terminal localizado en el artículo.

Consiste en una pequeña masa de células neuroepiteliales y terminaciones nerviosas denominada mácula.

Ie. El mecanismo de audición y transmisión de las ondas en el oído interno.

Tanto desde el punto de vista anatómico como del fisiológico, el oído debe estudiarse en tres divisiones diferentes y correlacionadas:

- 1.- Oído externo
- 2.- Oído medio
- 3.- Oído interno

La anatomía del oído se analizó en los incisos anteriores de este capítulo.

OIDO EXTERNO.

Fisiología.

El oído externo cumple varias funciones.

La oreja ó pabellón auricular contribuye a la localización de los sonidos, sobre todo en los animales con orejas cónicas y móviles. En el hombre este papel es reducido.

Los sonidos son captados por el pabellón de la oreja y luego amplificados en el conducto auditivo externo, que los concentra en el tímpano. La audición disminuye si se dificulta la captación por relleno de las anfractuosidades de la oreja con cera. El reforzamiento de la intensidad, a su vez, puede

demostrarse con dispositivos que registren el paso de la onda sonora hasta su llegada al tímpano.

Finalmente, el oído externo protege al tímpano calentando el aire e impidiendo, por sus pelos y el cerumen, la entrada de polvo o de insectos, y algunos animales acuáticos, tiene incluso la propiedad de cerrarse para impedir el acceso del agua.

OIDO MEDIO.

Fisiología.

El oído medio cumple la delicada misión de transmitir al oído interno, aumentadas en intensidad, las vibraciones sonoras que le llegan por el aire y a veces por los huesos del cráneo. Al mismo tiempo protege al oído interno y a sí mismo de los efectos perjudiciales de los sonidos intensos. Se examinará por separado el funcionamiento de cada una de sus partes antes de considerar sus funciones en conjunto.

a) La membrana del tímpano.

Las variaciones de presión por las ondas sonoras chocan con el tímpano y lo ponen en vibración, de manera tal que se reproduce la forma de las ondas y todos los movimientos se comunican al mango del martillo.

En efecto, bastaría dorar la cara externa del tímpano, o

adherirle un espejito y enviarle un rayo de luz, para observar que sus movimientos, al inscribirse, repiten los de un diapason que suena en la vecindad. Es curioso que la existencia de perforaciones no trabe mayormente su accion.

La membrana vibra como si estuviese suspendida de su borde superior, sin embargo, no todas sus partes lo hacen por igual, debido a su forma y a sus adherencias al margen del conducto auditivo y al mango del martillo. Se han realizado mapas indicadores de las partes que más vibran para cada frecuencia.

El funcionamiento del timpano tiene ciertas características. Su sensibilidad es extraordinaria, ya que se perciben incluso ondas sonoras que le causan desplazamientos del tamaño de una molécula de hidrógeno, o aún menores.

Es aperiódico, es decir, vibra para todas las frecuencias reproduciendo las características de las ondas que recibe. Tiene gran poder de amortiguación, puesto que cesa de vibrar apenas termina la onda que lo estimula.

Finalmente, distorsiona, es decir, deforma algo las ondas que recibe cuando éstas tienen una intensidad superior a 45 db. La distorsión se debe a la ya mencionada influencia de su forma y su fijeza, que le impiden vibrar con uniformidad para ambos lados; origina además los armónicos auditivos.

b) Funciones de los huesecillos.

La cadena de huesecillos desempeña un papel de primer orden en la transmisión de las vibraciones del tímpano a la ventana oval, como lo prueba el hecho de que su desarticulación, o la fijación por procesos inflamatorios, eleve el umbral auditivo en unos 60 db. Los movimientos de estos huesecillos son pequeñísimos y además difíciles de estudiar por su ubicación dentro de la caja del tímpano. Si se disecciona una pared de éste y se les espolvorea con algunas sustancias o se les adhieren espejitos, puede examinárseles con ayuda de la estroboscopia, la cámara lenta o la combinación de ambas.

De esta manera pueden observarse la solidaridad que existe en todos los movimientos y el comportamiento de los huesecillos como una unidad, así, a toda entrada del mango del martillo corresponde un movimiento equivalente de la platina del estribo y viceversa. Hasta 2400 Hz. las vibraciones se transmiten íntegras; con frecuencias mayores, sin embargo, aparecen los armónicos. Los huesecillos no sólo transmiten las vibraciones del tímpano al oído interno, sino que aumentan su fuerza actuando como una palanca, el punto de apoyo de ésta se encuentra en la cabeza del yunque, y sus ramas corresponden al mango del martillo fijado al tímpano y a la apófisis larga del yunque. La superficie del tímpano es unas 20 veces mayor que la platina del estribo, y la relación entre el largo del mango del martillo y la apófisis del yunque es de 3:2. Descontadas las resistencias por roce y otros factores, queda

todavía en el estribo un aumento de unas 10 veces en la energía llegada al tímpano (figura Ie.1). La base del estribo entra y sale de la ventana oval con movimientos de rotación, ya descritos: con intensidades comunes, estos movimientos se ejecutan especialmente en su polo anterior, que posee el ligamento más flojo, pero en los ruidos muy intensos se hacen alrededor de un eje transversal, mecanismo que sirve de protección al oído interno.

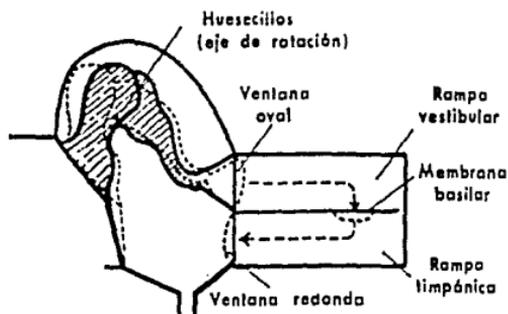


Figura Ie.1 Esquema del oído medio y el interno. En línea llena los huesecillos y la membrana basilar en reposo y en línea interrumpida en movimiento.

En resumen, los huesecillos constituyen una palanca que acompaña a los movimientos del tímpano, los aumenta en fuerza y los transporta a la pequeña área del estribo en la ventana oval; esta, con movimientos de rotación, transmite la energía al oído interno.

c) Funciones de los músculos.

Los dos pequeños músculos de la caja tienen acción antagónica sobre la base del estribo: el músculo del estribo la tira hacia fuera y tiende a sacarla de la ventana oval; el tensor del tímpano, por el contrario, al tirar hacia dentro del mango del martillo, distiende el tímpano y a la vez encaja la platina más hacia dentro. En la contracción simultánea aproximan los huesecillos y estiran el tímpano.

Su contracción es refleja y tan rápida como el parpadeo; basta para eso con tocar la piel de la oreja o sus vecindades, o producir un sonido de intensidad superior a 45 db. Es suficiente que un sonido llegue a un oído para que se contraigan los músculos del oído opuesto (Metz).

La contracción de estos músculos atenúa notablemente la transmisión de los tonos graves; en cambio, y debido a la mayor tensión del tímpano, no modifica o favorece la de los agudos (Wiggers). La acción atenuadora sobre los tonos bajos resulta protectora del oído interno.

d) Papel de la trompa de Eustaquio.

La cavidad del oído medio comunica con el exterior por medio de la trompa. Esta cumple el papel de igualar la presión aérea sobre ambas caras del tímpano, condición óptima para su funcionamiento.

La trompa logra ese equilibrio abriéndose durante los bostezos, la deglución o la prueba de Valsalva; cuando no lo hace se produce un desequilibrio de tensiones, el tímpano se deforma y la audición disminuye. Esto sucede, por ejemplo, a raíz de un resfrío, que la oblitera, o por un ascenso o descenso rápido en avión, en que carece del tiempo o de la fuerza suficiente para abrirse.

La excesiva diferencia de tensiones puede provocar la ruptura de la membrana, con aparición brusca de dolor y sordera e incluso síntomas generales graves.

Si la obstrucción de la trompa persiste, como ocurre en un resfrío, se observa la rápida producción de un derrame líquido en la caja, que disminuye la audición y cura por paracentesis.

OIDO INTERNO.

El oído interno, junto con su sistema nervioso, constituye la parte esencial del aparato auditivo. La destrucción de la cóclea provoca la sordera irreparable de ese lado, sin

transtornos en el equilibrio; en cambio, la destrucción exclusiva de los conductos semicirculares no trae alteraciones en la audición.

Fisiología.

En la cóclea tiene lugar la transformación de las vibraciones sonoras que llegan por el oído medio, en impulsos nerviosos que salen por el nervio auditivo. Está bien demostrado que allí se originan las sensaciones de tono e intensidad, y en consecuencia las de timbre atribuidas al sonido.

El extraordinario perfeccionamiento de la técnica en los últimos años ha permitido un adelanto notable en los conocimientos.

En este sentido debe mencionarse el desarrollo de la "electrofisiología", y en especial la incorporación de los microelectrodos, y además las microinyecciones en los canales, la observación estroboscópica directa de los movimientos de las diversas estructuras, etc.

1) Fenómenos mecánicos.

"Onda viajera". La observación microscópica del movimiento de la membrana basilar con sus estructuras suprayacentes, debido a la llegada de una vibración a la ventana oval, se debe a los clásicos estudios de G. Von Bekesy.

La membrana basilar no se halla muy tensa, como se comprueba observando la deformación producida al tocarla con un pelo, o bien seccionandola en línea recta, hecho que no determina la separación de los labios del corte. A igual presión, la elasticidad es 200 veces mayor cerca del vértice que en la espira basal. Si se estimula el estribo con vibraciones de frecuencia diversa, se observa en la membrana basilar que a cada una de estas le corresponde un determinado punto de máxima oscilación; así, las frecuencias más altas (tonos agudos) provocan la máxima desviación de la membrana a nivel de la espira basal. Todos estos fenómenos se han observado con caracteres similares en la cóclea del hombre y las de diversas especies animales, desde el ratón hasta el elefante.

Cuando un movimiento vibratorio actúa sobre el estribo, la membrana basilar y las estructuras suprayacentes son agitadas por ondas que comienzan a nivel del estribo mismo y se dirigen hacia el helicotrema, al que tardan unos 5 milisegundos en llegar. Esta es la llamada onda viajera. Su forma es tal que aumenta de amplitud hasta un punto máximo, para luego disminuir bruscamente (figura 1e.2). El punto máximo es fijo para cada frecuencia, más se aproximará dicho punto al helicotrema. Al movimiento de la membrana basilar lo acompañan el órgano de Corti y la membrana tectoria, deformando las pestañas que tiene adheridas, pues el movimiento senoidal de cada parte se realiza en fases diferentes.

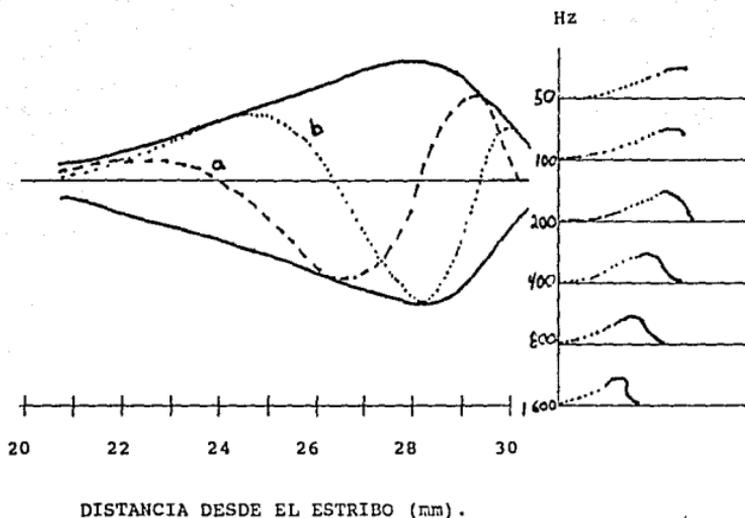


Figura 1a.2 Desplazamiento de la membrana basilar con la frecuencia del sonido.

2) Fenómenos eléctricos.

Se han identificado tres tipos de fenómenos eléctricos en la cóclea:

- a) La polarización de reposo
- b) Las microfónicas cocleares
- c) Los potenciales de suma

Los tres primeros incisos corresponden a la llegada de vibraciones a la cóclea.

a) Polarización de reposo.

Se ha identificado un potencial positivo de unos 80 mV. en la endolinfa, llamado potencial endolinfático. Su origen es desconocido y su existencia muy curiosa; se sabe que la anoxia lo hace desaparecer rápidamente y que se modifica con los desplazamientos de la membrana basilar.

Todas las células que rodean a la endolinfa (Células ciliadas, y otras del órgano de Corti, de la estria vascular y de la membrana de Reissner) tienen un potencial negativo que varía entre -20 y - 60 mV., revelado mediante microelectrodos intracelulares (figura Ie.3). El líquido del túnel de Corti, al igual que el de la ramba timpánica carece de carga eléctrica; el de la ramba vestibular, por su parte, tiene una ligera positividad si se lo compara con el de la ramba timpánica (5mV).

b) Corrientes microfónicas cocleares.

En 1930 llamó la atención el hecho señalado por Wever y Bray, de que si se colocaban electrodos sobre el nervio auditivo de un gato descerebrado, podían oírse en un teléfono o un altoparlante las palabras o sonidos que llegaban al oído del gato. Este hecho fue luego confirmado en varias especies animales. Wever y Bray creyeron en un principio que este efecto

se debía a los potenciales de acción del nervio auditivo, pero Adrián sugirió y Saúl y Davis demostraron que era un fenómeno independiente.

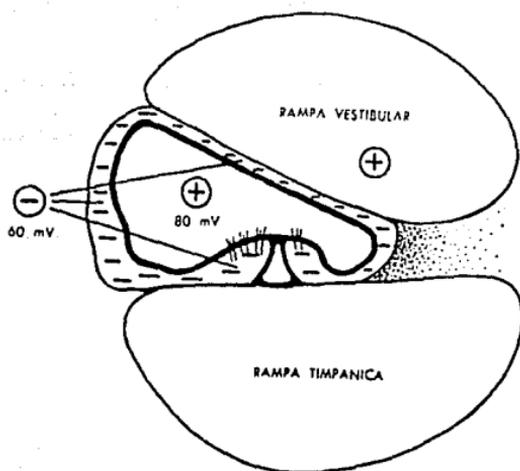


Figura Ia.3 El espacio endolinfático está bordeado por un trazo grueso.

Corresponden a potenciales eléctricos generados en la cóclea como resultado de su estimulación por el sonido, al que

reproducen en la frecuencia, y forma de sus ondas sonoras. A su vez, preceden a la aparición de los potenciales de acción del nervio auditivo, estableciéndose por tanto la siguiente secuencia: Sonido ---> Microfónicas ---> Potenciales del nervio auditivo. Se les suele llamar corrientes microfónicas por su origen en la cóclea y su semejanza con las de los micrófonos, que también se deben a la llegada de los sonidos.

Con respecto a sus características, las corrientes microfónicas pueden registrarse con un osciloscopio, después de una amplificación adecuada, o bien ser transformadas nuevamente en sonido. Pueden ser recogidas colocando los electrodos en varios puntos de la cabeza a los cuales se propagan; en las meninges, en el nervio auditivo (sobre todo cerca de la cóclea), en la cóclea misma y en la ventana redonda, procedimiento muy utilizado en el animal sin anestesia. Debe recordarse que la disposición de los polos de la onda registrada varía con el sitio donde se le recoge, y también con la fase del sonido.

Si se hacen dos registros simultáneos, con un electrodo registrador en la rampa vestibular y otro en la timpánica, las dos imágenes aparecen invertidas entre sí, indicando, a su vez, que el lugar de origen se encuentra entre ambas.

La característica más extraordinaria de la microfónicas, ya señalada en la definición, es la fidelidad con que reproducen

el sonido originario, aunque con sonidos intensos aparecen las armónicas auditivas sobreagregadas. Este caracter es el que permite la obtención del efecto Weber y Bray. Su umbral es el de la sensibilidad del oído y el período latente alcanza a 0.1 ms contando desde la llegada del sonido; no tiene período refractario ni fatiga. Su voltaje aumenta en forma proporcional a la intensidad del sonido, hasta un límite máximo luego del cual decrece como resultado de lesiones temporarias o permanentes del órgano de Corti. Por esta última propiedad reflejan, a la vez, el grado de la presión directa ejercida sobre la membrana basilar y el de su desplazamiento.

Al iniciarse y al cesar hay un tren de 3 a 4 vibraciones amplias, distintas del resto, que corresponden a la frecuencia propia del oído de 700 a 2000 Hz. Estas vibraciones son un índice de la inercia y el amortiguamiento incompleto de este órgano.

Las microfónicas son sensibles a la disminución del oxígeno; el voltaje cae cuando la concentración de dicho gas en la atmósfera desciende a cifras de 4% (unos 13000 m de altura), pero se recupera cuando aquella vuelve a subir. Estas corrientes se caracterizan también por no desaparecer durante la anestesia; por otra parte, persisten después de la muerte y disminuyen paulatinamente, habiéndoselas encontrado hasta 5 horas después de ocurrida ésta. Con respecto a su sitio de origen, cabe señalar que, según toda evidencia, son producidas

en las células ciliadas. Así lo demuestran:

- a) Su registro con microelectrodos clavados en estas células o cerca de ellas.
- b) Su disminución o desaparición por las causas que las lesionan, como la estreptomocina, ciertas enfermedades orgánicas, los ruidos intensos, traumatismos, etc.
- c) Finalmente su persistencia luego de la sección o degeneración del nervio auditivo. No existen en aquellos animales con alteraciones congénitas del órgano de Corti acompañadas de sordera.

Dentro del órgano de Corti hay una distribución topográfica en la producción de estas corrientes; las debidas a tonos agudos provienen de zonas cercanas a la base del caracol y las debidas a los graves de zonas vecinas al vértice y también de la base (Figura 1e.4).

Este hecho se ha demostrado en diversos animales provocando degeneraciones localizadas a cierta zona del órgano de Corti, sea manteniendo un sonido intenso o inyectando cocaína o CINA por la ventana redonda para lesionar la base del canal de Corti, o extirpando las espiras del vértice. En cada uno de estos casos se producen sorderas acompañadas de reducción o desaparición de las microfónicas; estos trastornos quedan

localizados para los tonos correspondientes a la distribución recién indicada.

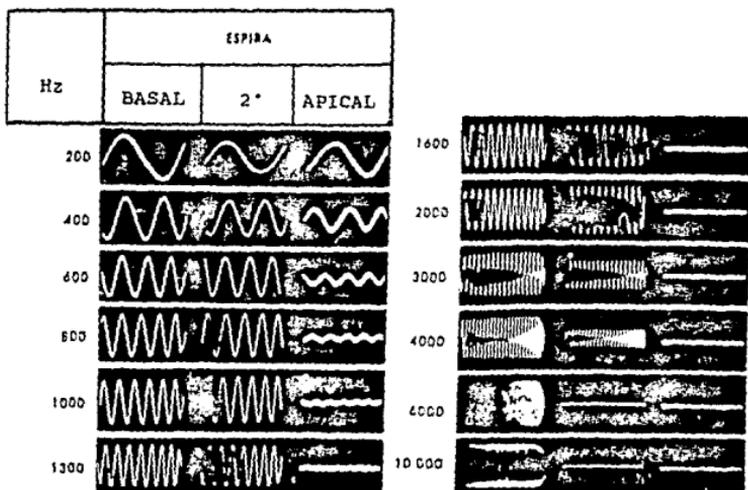


Figura Ie.4 Registro simultáneo de corrientes microfónicas en tres espiras distintas del caracol, estimulando con tonos de diferentes frecuencias.

El papel desempeñado por las corrientes microfónicas es la de ser un indicador valioso de la llegada de un sonido al órgano de Corti y del estado funcional de este. En tal sentido tienen aplicaciones cada vez más numerosas en los estudios experimentales, ya que reproducen la forma de las ondas

sonoras (de las que tienen el mismo umbral de intensidad y el mismo campo tonal), y además permiten localizar la altura del caracol en que se ha producido una lesión. Pero de ninguna manera ilustran sobre la sensación percibida por el sujeto, que depende del sistema nervioso central. Basta recordar que la sección del nervio auditivo trae sordera homolateral, y sin embargo las microfónicas persisten hasta tanto aparezcan degeneraciones en el órgano de Corti y particularmente en las células ciliadas.

El significado de estas corrientes se ignora. Algunos creen que son el excitante natural de las terminaciones del nervio coclear.

c) Potencial de suma.

H. Davis y colaboradores han encontrado en la cóclea la existencia de un nuevo potencial eléctrico intercalado cronológicamente entre las microfónicas y el potencial del auditivo, pero independiente de ambos. Es provocado por la vibración de la membrana basilar y proporcional a la presión auditiva.

Se diferencia de las microfónicas porque es unidireccional y no alternado, y se exagera por la anoxia.

Se le llama de suma porque lo forman varios componentes eléctricos de origen no determinado, aunque este tal vez

corresponda a la base sin pelo de las células ciliadas o a la endolinfa. Su papel no está claro; se piensa que sería intermediario entre los procesos de excitación de la célula ciliada y el nervio auditivo, algo similar al potencial de placa del músculo.

3) Acción de diversos agentes en la cóclea.

Existen numerosos agentes capaces de modificar las funciones del oído interno, y el conocimiento de sus mecanismos de acción ha ayudado a la mejor comprensión de las funciones de este órgano.

Para su estudio, estos estudios pueden clasificarse en químicos y físicos.

a) Agentes químicos.

La estreptomycin y la dihidroestreptomycin provocan sordera y trastornos del equilibrio en el hombre y los animales, acompañados de reducción en el voltaje de las microfónicas; las alteraciones se deben a la lesión del órgano de Corti, en especial las células ciliadas internas y el aparato vestibular. La quinina también ocasiona sordera en el hombre y los animales, pero ataca particularmente a las células ciliadas externas y al nervio auditivo.

La anoxia grave determina una brusca disminución de la sensibilidad auditiva acompañada de la caída de todos los

potenciales anteriormente descritos; si aquella persiste, se produce la degeneración de las células ciliadas; si en cambio dura poco tiempo, hay recuperación de los potenciales microfónicos pero no de los potenciales de acción del nervio auditivo, hecho que permite diferenciarlos. Se piensa que los trastornos circulatorios actúan a través de la anoxia concomitante.

Consecuencias semejantes se observan en relación con la hipoglucemia y el aumento de la concentración del anhídrido carbónico. Todos estos hechos señalan la importancia de los fenómenos metabólicos en el funcionamiento del oído interno.

Se ha señalado que la enfermedad de Ménière (Ataques periódicos de vértigo y sordera), se debería a la anoxia del oído interno provocada por trastornos circulatorios; la anoxia a su vez; ocasiona un aumento de la presión endolinfática que abomba a la membrana de Reissner en la rampa vestibular.

La inyección de pequeñas dosis de cloruro de sodio en cualquiera de las 3 rampas anula rápidamente los potenciales eléctricos. Este método se emplea para provocar lesiones localizadas del órgano de Corti, en especial a nivel de la espira basal. Sin embargo, la perilinfa puede reemplazarse totalmente con líquido de Ringer sin que la

función auditiva se altere; si la reemplazada es la endolinfa, en cambio se provoca sordera y desaparición de todos los potenciales. La endolinfa debe de ser sustituida por un líquido semejante a ella, es decir rico en K y pobre en Na, guardando las relaciones que normalmente poseen entre sí. Este hecho rebela la importancia de la composición química de los líquidos cocleares para el mantenimiento de su función.

b) Agentes físicos.

Efecto electrofónico. El frío aplicado sobre la cóclea y el aumento de la presión endolinfática por inyección del líquido reduce todos los potenciales; en este último caso se exceptua el potencial endolinfático, que aumenta.

Los ruidos intensos o tonos de más de 100 db (ya sea que actuen de manera temporaria o permanente), provocan alteraciones del órgano de Corti, y en especial atrofia de las células ciliadas externas y sordera. En el hombre los tonos con una frecuencia proxima a 4000 Hz son los más nocivos, aunque cualquier frecuencia auditiva puede ser perjudicial; así, los tonos graves lesionan a las espiras apicales y los agudos preferentemente a los basales. Estas sorderas se observan en el hombre como consecuencia de ciertas profesiones (aviadores, herreros, etc.).

Este método, combinado con el de los reflejos condicionados, se ha utilizado mucho en los animales para estudiar el

mecanismo de la recepción de los tonos por el órgano de Corti.

La estimulación eléctrica se ha llevado a cabo de diversas maneras. Si se coloca el electrodo positivo en la ramba vestibular y el negativo en la timpánica se observa durante el pasaje de la corriente una reducción de las microfónicas y del potencial del nervio auditivo; si la corriente va en sentido inverso, el efecto es el opuesto. Si se coloca un electrodo en el oído y otro en el brazo, y se hacen pasar corrientes alternas con frecuencias comprendidas entre 200 y 10,000Hz., pueden oírse sonidos cuyas frecuencias se relacionan con los ciclos de la corriente eléctrica.

Si las corrientes son muy intensas, superiores a los 20db pueden producirse síntomas de shock. Se ha dicho que este efecto, llamado electrofónico, corresponde al de las microfónicas invertido, porque las corrientes eléctricas determinan la percepción de sonidos, en tanto que en el caso de las microfónicas son los sonidos los que originan corrientes eléctricas.

El efecto electrofónico se produce en la cóclea, porque no aparece en las personas con lesión en esta, en las cuales se excita en el nervio auditivo. La estimulación eléctrica de este nervio sólo permite escuchar ruidos. Estos conocimientos no se han aplicado aún en el tratamiento de ciertos tipos de sordera.

TRANSMISION DE LAS ONDAS EN EL OIDO INTERNO.

Características del sonido y de las ondas sonoras. El sonido es una serie de ondas de compresión que viajan por el aire. El transmisor del sonido, sea la voz de otra persona, un receptor de radio o algún dispositivo que hace ruido, crea el sonido al comprimir de manera alternada el aire y a continuación relajar la compresión. Por ejemplo, una cuerda de violín que esta vibrando crea sonidos al moverse hacia uno y otro lado.

Cuando la cuerda se mueve hacia adelante comprime el aire, y cuando se mueve hacia atrás disminuye el grado de compresión por debajo de lo normal. Este ciclo alterno de compresión y descompresión del aire produce sonido.

Las ondas sonoras viajan por el aire de manera muy semejante a la manera en que viajan las ondas sobre la superficie del agua.

Por lo tanto la compresión del aire que esta junto a la cuerda de violín desarrolla presiones en esta región, que a su vez hacen que el aire que esta un poco apartado se comprima también.

La presión en esta segunda región comprime el aire que esta aún más apartado, y este proceso prosigue una y otra vez hasta

que la onda sonora llega finalmente al oído.

FUNCION DE LA MEMBRANA TIMPANICA (TIMPANO) Y LOS HUESECILLOS.

Cuando chocan ondas sonoras contra el tímpano la compresión y la descompresión alternas del aire que está junto a esta membrana hacen que se muevan hacia atrás y hacia adelante.

El centro de esta membrana esta conectado con el mango del martillo; este se encuentra conectado a su vez con el yunque, que lo esta por último con el estribo.

El desplazamiento del mango del martillo, por ejemplo, hace que también se mueva el estribo en uno u otro sentido contra la ventana oval del caracol, con lo que se transmite el sonido hacia el conducto coclear.

Transformación de la presión de las ondas sonoras por el sistema de huesecillos:

Si se aplicaran ondas sonoras directamente a la ventana oval no se produciría presión suficiente para mover el líquido del caracol y originar audición adecuada porque el líquido tiene muchas veces tanta inercia como el aire y se requiere un grado mayor de presión para moverlo.

La membrana timpánica y el sistema de huesecillos transforman

la presión de las ondas sonoras en forma utilizable de la siguiente manera.

La membrana timpánica cuya superficie se aproxima a 55mm cuadrados o sea 17 veces la de la ventana oval, que tiene una área de 3.2mm. cuadrados solamente, recoge las ondas sonoras.

Por lo tanto, se acumula 17 veces más tanta energía sonora como la que podría acumular la ventana oval por si sola, y toda esa energía se transmite por los huesecillos hacia la ventana oval.

Además el sistema de huesecillos multiplica 1.3 veces la presión a nivel del estribo. Por lo tanto, la presión del movimiento de la placa del estribo se incrementa aproximadamente 22 veces en relación con la que se lograría al aplicar ondas sonoras directamente a la ventana oval. Esta presión basta en estos momentos para desplazar el líquido del caracol en uno y otro sentido.

TRANSMISION DEL SONIDO HACIA EL CARACOL POR LOS HUESOS CRANEALES.

El caracol se encuentra en una cavidad ósea dentro del peñasco del temporal. Por lo tanto, cualquier vibración sobre el cráneo puede producir vibración del líquido coclear. De ordinario, las ondas sonoras del aire no producen prácticamente

vibración de los huesos del cráneo, pero chasquear los dientes o sostener un aparato vibrátil, como un diapasón o un vibrador sonoro especial, contra el cráneo puede producir vibraciones de los huesos. De esta manera, en vez de vibrar el líquido en el interior del caracol, este vibra alrededor del líquido, lo que permite al caracol reaccionar al sonido como si el mismo hubiera entrado por la membrana timpánica y los huesecillos.

ORGANO DE CORTI Y CONVERSION DE LAS ONDAS SONORAS EN IMPULSOS NERVIOSOS.

Es el órgano receptor que genera los impulsos nerviosos como reacción a las vibraciones de la membrana basilar.

Obsérvese que este órgano descansa sobre la superficie de las fibras basilares y la membrana basilar. Los receptores sensoriales reales del órgano de Corti son 2 tipos de células ciliadas, una fila sencilla de células ciliadas internas, 3500 aproximadamente y 3 a 4 filas de células ciliadas externas, aproximadamente 20000. Las bases y los lados de las células ciliadas están rodeados por una redcilla de terminaciones nerviosas cocleares. Estas conducen impulsos hacia el ganglio espiral de Corti, que se encuentra en el mediolo (parte central del caracol). El ganglio espiral a su vez envía axones hacia el nervio coclear y por el mismo hacia el sistema nervioso central a nivel de la parte superior del bulbo raquídeo. En la figura Ie.5 se

ilustra las relaciones del órgano de Corti con el ganglio espiral y el nervio coclear.

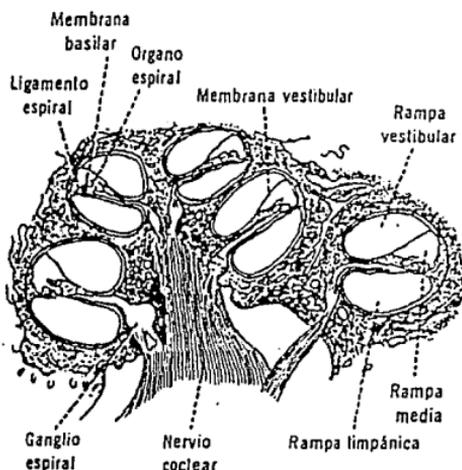


Figura 1e.5 Corte transversal del caracol.

Excitación de las células ciliadas. Obsérvese en la figura 1e.6 que las vellosidades minúsculas, o cilios, se proyectan hacia arriba desde las células ciliadas y entran en contacto y se encuentran embebidas en el gel superficial de cubierta de la membrana tectorial que se encuentra por arriba de los cilios en la rama media. Estas células ciliadas son semejantes a las que se encuentran en las máculas y la

cresta ampollar del aparato vestibular. La inclinación de los cilios excita a las células ciliadas las que a su vez excitan a las fibras nerviosas que hacen sinapsis con sus bases.

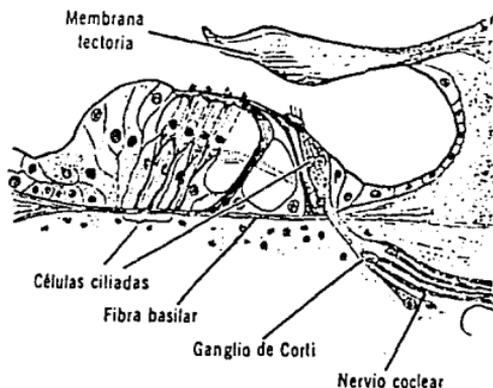


Figura 1e.6 Organismo de Corti.

El movimiento de la fibra basilar hacia arriba inclina a las células ciliadas hacia arriba y hacia dentro. Por tanto, cuando la membrana se mueve hacia abajo, las células se inclinan hacia abajo y hacia afuera.

Este movimiento hacia adentro y hacia afuera hace que los cilios se inclinen en vaivén contra la membrana tectorial, lo que excita las fibras nerviosas cocleares en todos los casos en que vibra la membrana basilar.

DETERMINACION DEL TONO: PRINCIPIO DEL SITIO.

Por las descripciones previas se pone claramente de manifiesto que los sonidos de tono bajo (o frecuencia baja) producen activación máxima de la membrana basilar cerca de la punta del caracol; los de tono elevado (o frecuencia elevada) activan a esta membrana cerca de la base del caracol; por último, las frecuencias intermedias activan a la membrana a distancias intermedias entre sus extremos. Más aún, hay organización espacial de la fibras del nervio coclear desde el caracol hasta los núcleos cocleares del tallo cerebral, y las fibras de cada área respectiva de la membrana basilar terminan en un área correspondiente de los núcleos cocleares. Esta organización espacial prosigue además, a todo lo largo entre el tallo cerebral y la corteza cerebral.

El registro de impulsos desde las vías auditivas del tallo cerebral y desde los campos auditivos receptores en la corteza cerebral indica que tonos específicos activan a neuronas específicas. Por lo tanto, el mecanismo empleado por el sistema nervioso para identificar los diferentes tonos consiste en determinar la posición que se estimula más directamente a lo largo de la membrana basilar. Esto se llama principio del sitio para la determinación del tono.

TRANSMISION DEL SONIDO HACIA EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.

En la figura Ie.7 se ilustra la vía nerviosa para la transmisión de impulsos sonoros desde el caracol hacia el sistema nervioso central. Después de pasar por el nervio coclear (y por lo tanto por el nervio vestibulococlear combinado), los impulsos se transmiten a través, por lo menos, de cinco niveles diferentes en el cerebro:

- 1) Los núcleos cocleares dorsales y ventrales.
- 2) El cuerpo trapezoide y el núcleo olivar superior.
- 3) El tubérculo cuadrigemino posterior.
- 4) El cuerpo geniculado interno.
- 5) La corteza auditiva.

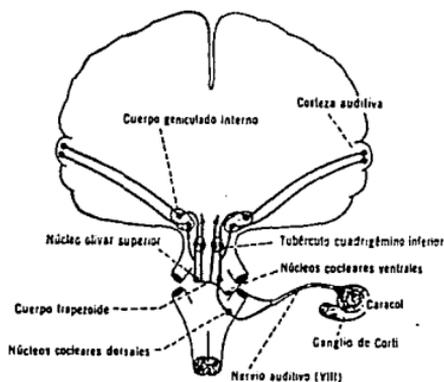


Figura Ie.7 Vías para la transmisión de los impulsos sonoros desde el caracol hacia el sistema nervioso central

FUNCIÓN DE LOS CENTROS AUDITIVOS INFERIORES.

Determinación de la dirección del sonido. No se ha dilucidado aun la función de los centros auditivos inferiores, pero desde luego algunos de ellos participan especialmente en la localización de la dirección desde la que llega el sonido. Por ejemplo, si el sonido viene de la izquierda, llega a la oreja izquierda antes de llegar a la derecha. Si viene directamente del frente llega a ambas orejas simultáneamente; esto es, al cambiar la dirección del sonido desde enfrente directamente hacia un lado, la diferencia del tiempo de llegada se vuelve cada vez mayor. Esta diferencia se interpreta en el cuerpo trapezoide y el núcleo olivar superior para identificar la dirección desde la que llega el sonido.

Otra función de los centros auditivos del tallo cerebral es la producción refleja de los movimientos rápidos de la cabeza, ojos o incluso cuerpo entero como reacción a las señales auditivas.

Esto es, las señales auditivas pasan directamente hacia el bulbo raquídeo, protuberancia y cerebelo para alterar el equilibrio de la persona, o hacer que su cabeza se sacuda hacia un lado o que sus ojos se vuelvan en la misma dirección. La mayor parte de estas reacciones rápidas pueden producirse aunque se hayan destruido las partes cerebrales del sistema auditivo.

En la figura Ie.7 se explica que las señales auditivas de cada oído se transmiten aproximadamente por igual por las vías auditivas a ambos lados del tallo cerebral y la corteza cerebral.

Por lo tanto, la destrucción de una de las vías no afectará grandemente la capacidad consciente del individuo para escuchar el sonido con cualquiera de los oídos.

FUNCION DE LA CORTEZA AUDITIVA.

La corteza auditiva primaria se encuentra localizada en la parte media de la circunvolución superior del lóbulo temporal como se ilustra en la figura Ie.8. Esta área recibe los impulsos y los interpreta como sonidos diferentes. Sin embargo, los impulsos también deben transmitirse hacia las áreas de asociación auditiva circundantes antes que se pongan en claro sus significados. Por último, se transmiten hacia el centro común de integración o área de Wernicke de la corteza, sitio en que se establece el significado global de todas las sensaciones auditivas, visuales y de otros tipos combinadas.

La destrucción de una corteza auditiva reduce muy poco la capacidad del individuo para oír, pero la destrucción de ambas cortezas disminuye en gran medida la audición. Es especialmente interesante, por tanto, que incluso cuando se destruyen ambas cortezas auditivas el animal es aún capaz de

escuchar sonidos de gran intensidad.

Parece que los cuerpos geniculados internos son las regiones que interpretan estos sonidos, puesto que su destrucción produce sordera total. Esto ilustra de nuevo que muchas funciones sensoriales del cerebro pueden ser efectuadas por el tálamo y los otros centros relacionados, independientemente de la corteza cerebral.

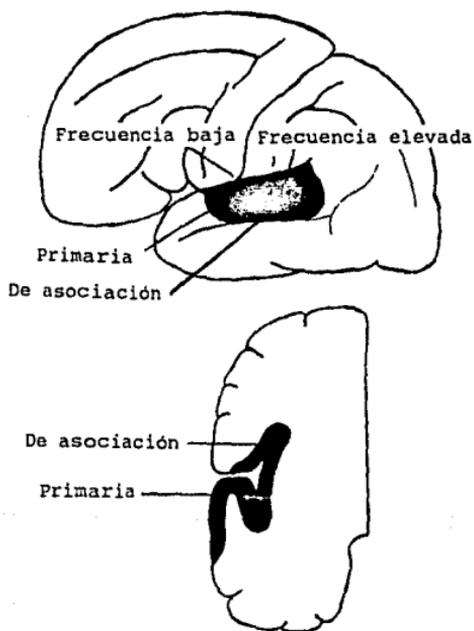


Figura 1a.8 Corteza auditiva.

CAPITULO II

PATOLOGIA DEL OIDO

II.- PATOLOGIA DEL OIDO

IIa. Clasificación de las enfermedades del oído.

Desde el punto de vista anatómico podemos clasificar las enfermedades del oído como:

- 1: ENFERMEDADES DEL OIDO EXTERNO
- 2: ENFERMEDADES DEL OIDO MEDIO
- 3: ENFERMEDADES DEL OIDO INTERNO

1: ENFERMEDADES DEL OIDO EXTERNO

Los problemas más comunes en el oído externo son la infección y la inflamación del conducto auditivo, especialmente en épocas de clima húmedo y caluroso entre los síntomas que se presentan con mayor frecuencia en las enfermedades de la oreja y del conducto auditivo externo pueden incluirse los siguientes:

dolor (otalgia), prurito, tumefacción, hemorragia y sensación de bloqueo de la audición.

Con menor frecuencia pueden encontrarse deformaciones congénitas externas de la oreja o del conducto auditivo en los lactantes.

Las enfermedades del oído externo se pueden clasificar como:

- a. EXCESO DE CERUMEN
- b. OTITIS EXTERNA
- c. TRAUMATISMOS
- d. MALFORMACIONES
- e. NEOPLASIAS
- f. CUERPOS EXTRAÑOS
- g. OTROS TRASTORNOS

a. EXCESO DE CERUMEN

La excesiva acumulación de cerumen no es una enfermedad. Algunas personas lo producen en cantidades considerables de igual forma que otras transpiran mucho. En alguna de ellas el cerumen puede endurecerse y formar un tapón sólido; en otros se forma una gran cantidad de material de consistencia mantecosa que bloquea el conducto.

El paciente puede tener la sensación de obstrucción o de presión. Cuando un tapón sólido de cerumen se humedece por ejemplo después del baño, puede hincharse y provocar molestias.

La cera del oído es producida por las glándulas sebáceas y ceruminosas que se encuentran en la porción cartilaginosa del conducto auditivo externo.

b. OTITIS EXTERNA

El término otitis externa a sido usado durante mucho tiempo para describir una gran cantidad de trastornos. Allí están incluidas las formas agudas y crónicas de infecciones e inflamaciones entre los agentes infecciosos deben considerarse a las bacterias, hongos y los virus.

Todas las inflamaciones no infecciosas incluyen a las dermatosis y en algunos casos la enfermedad primaria afecta directamente al oído externo.

Las infecciones pueden aparecer como resultado de la acción de algunos factores predisponentes como son:

- Cambio del pH ácido normal de la piel del conducto auditivo, a un pH alcalino.
- Cambios ambientales, en especial la combinación de aumento de la temperatura y de la humedad.
- Muchas veces un pequeño traumatismo como el que causa la excesiva natación o la higiene del oído.

Este tipo de inflamaciones pueden ser clasificadas como:

- i. INFECCIONES E INFLAMACIONES AGUDAS
 1. POR BACTERIAS
 - a. FURUNCULOSIS (OTITIS EXTERNA CIRCUNSCRITA)
 - b. OTITIS EXTERNA DIFUSA
 2. POR HONGOS
 - a. OTOMICOSIS
 3. POR VIRUS
 - a. HERPES ZOSTER DEL OIDO
(ENFERMEDAD DE RAMSAY HUNT)
 - b. PERICONDRITIS
 - c. DERMATITIS ECZEMATOSA

- ii. INFECCIONES E INFLAMACIONES CRONICAS
 1. OTITIS EXTERNA MALIGNA
 2. POLICONDRITIS RECURRENTE

1. POR BACTERIAS

a. FURUNCULOSIS (OTITIS EXTERNA CIRCUNSCRITA)

Esta alteración es frecuente y se localiza en la porción fibrocartilaginosa del meato auditivo externo. Puede pasar desapercibida si quien realiza el examen físico coloca el otoscopio dentro del conducto auditivo externo sin haber traccionado hacia arriba el lóbulo de la oreja para observar

el oído. La "furunculosis" se inicia en un folículo pilosebáceo.

b. OTITIS EXTERNA DIFUSA

Este tipo de infección es también conocida como "oído de los nadadores". Se presenta sobre todo durante la época de calor y humedad. Los lagos, océanos y piscinas son fuentes potenciales de este tipo de infección.

2. POR HONGOS

a. OTOMICOSIS

La reacción inflamatoria del conducto auditivo externo puede ser provocada por diferentes tipos de hongos. Las dos clases de hongos que se encuentran con mayor frecuencia son *Pityrosporum* y *Aspergillus*.

Pityrosporum puede provocar sólo una descamación superficial semejante a la caspa del cuero cabelludo. Lo mismo puede decirse del *Aspergillus*. Este organismo puede ser encontrado a veces en el conducto auditivo y la sintomatología puede reducirse sólo a una sensación de obstrucción, aunque también puede presentarse un proceso inflamatorio con invasión del epitelio, del conducto auditivo o del tímpano.

3. POR VIRUS

Las infecciones virales que del oído externo son poco comunes; pueden presentarse enfermedades del tipo del herpes simple, la miringitis vesiculosa y el herpes zoster.

a. HERPES ZOSTER DEL OIDO (ENFERMEDAD DE RAMSAY HUNT)

El comienzo de una parálisis facial acompañada de otalgia y de una erupción herpética que abarca partes del oído externo, puede atribuirse a una infección viral que afecta al ganglio geniculado.

La otalgia puede ser muy moderada; la participación de la piel (erupción vesicular) puede estar limitada al conducto auditivo externo o bien extenderse al pabellón de la oreja.

b. PERICONDRITIS

Esta enfermedad se desarrolla como consecuencia de un traumatismo o una inflamación que provocan la aparición de suero o de pus entre el pericondrio y el cartilago del oído externo.

c. DERMATITIS ECCEMATOSA

En la práctica otorrinolaringológica es frecuente encontrar

lesiones que incluyen el conducto auditivo externo y las zonas adyacentes al meato y la concha, caracterizadas por enrojecimiento, escozor, tumefacción y una fase de exudado líquido seguida de la formación de una costra.

ii. INFECCIONES E INFLAMACIONES CRONICAS

Las infecciones bacterianas del conducto auditivo externo pueden hacerse crónicas si no se tratan o si el tratamiento es inadecuado, en el caso de traumatismos reiterados, por la presencia de un cuerpo extraño como un aparato para sordos o por el drenaje de una otitis media.

1. OTITIS EXTERNA MALIGNA

Esta se presenta casi exclusivamente en los ancianos diabéticos. La enfermedad evoluciona como una osteomielitis del hueso temporal y la base del cráneo, que produce parálisis del facial y de otros nervios craneanos; lleva a la muerte si no se realiza un tratamiento radical en el comienzo de la enfermedad.

2. POLICONDRITIS RECURRENTE

Esta enfermedad inflamatoria sistémica, interesante pero poco frecuente, presenta diversas manifestaciones en la cabeza y el cuello. Se producen deformaciones clásicas de orejas

"fofas" y nariz en "silla de montar". La deformación de la oreja puede ser semejante a la de una pericondritis infecciosa aguda o a una oreja en coliflor inflamada. Pueden estar afectados los órganos de los sentidos especiales junto con los cartilagos laringotraqueales, puede encontrarse pérdida neurosensorial de la audición acompañada de acúfenos y aún de vértigo.

c. TRAUMATISMOS

Los traumatismos los podemos clasificar de la siguiente forma:

- i. LACERACIONES
- ii. CONGELACION
- iii. HEMATOMA

i. LACERACIONES

Las laceraciones o desgarros se producen con mayor frecuencia cuando el paciente escarba el oído con un dedo o un instrumento del tipo de pasador de pelo. El desgarrro de la porción ósea del conducto puede producir una hemorragia pasajera.

ii. CONGELACION

La congelación de la oreja es común en los climas fríos. Si se trata de inmediato, la oreja debe ser calentada lo más

rápido posible de una manera razonable usando agua tibia.

iii. HEMATOMA

Esta complicación se ve con mayor frecuencia en luchadores y boxeadores. Si no se trata puede ser la causa de la llamada "oreja de coliflor".

d. MALFORMACIONES

Tanto el oído externo como el conducto auditivo pueden presentar una gran variedad de malformaciones congénitas. Estas son el resultado de un desarrollo anormal tanto del primero como del segundo arcos branquiales.

La más común de estas son las orejas prominentes. Otras malformaciones de la oreja influye un pabellón muy grande o muy pequeño (macrotia y microtia). En algunas ocasiones se encuentran otros defectos congénitos como por ejemplo los apéndices auriculares rudimentarios o el defecto puede ser ausencia completa de la oreja.

e. NEOPLASIAS

Diversas lesiones de la piel incluyendo las neoplasias, pueden aparecer en la oreja y en el conducto externo, pero pocas son propias de esta región anatómica. Una formación

de aspecto poco corriente es el osteoma, un tumor benigno de la pared del conducto externo. Se presenta como una masa redondeada, dura unida a la pared del tercio interno del conducto por un pedículo óseo más pequeño. Este tumor debe ser diferenciado de una exóstosis que es más común y que consiste simplemente en nódulos redondeados de hueso hipertrófico.

f. CUERPOS EXTRAÑOS

En el conducto auditivo externo de los niños se encuentran con frecuencia cuerpos extraños. Pueden encontrarse los objetos más variados. Los cuerpos duros y redondeados como las canicas son los que causan más trastornos.

Los objetos encontrados con más frecuencia son algodón, granos de maíz, frijoles, etc. Los cuerpos extraños de origen vegetal se hinchan cuando se hace una irrigación del oído, provocando dolor.

g. OTROS TRASTORNOS

Los quistes sebáceos del pliegue retroauricular son algo frecuentes, y cuando se presentan en general son múltiples. Los quistes de mayor tamaño pueden inflamarse periódicamente y causar suficientes molestias como para tener que ser extirpados. Los nódulos que afectan el hélix pueden

representar áreas de condritis que pueden ser muy dolorosas. En el tejido subcutáneo o en el cartilago de la oreja pueden aparecer tofos gotosos como nódulos blancoamarillentos que contienen cristales de urato o biurato de sodio.

2. ENFERMEDADES DEL OIDO MEDIO Y APOFISIS MASTOIDES

La inflamación de la encrucijada del oído medio (trompa de Eustaquio, oído medio, y apófisis mastoides) es particularmente frecuente en los niños y en las áreas marginadas y es probable que tenga alguna relación con factores genéticos.

Actualmente son más frecuentes que nunca las formas crónicas e insidiosas de alteraciones tipo otitis media y sus consiguientes secuelas. La afección implica por lo general la disminución de la capacidad auditiva.

Las enfermedades del oído medio pueden ser clasificadas de la siguiente forma:

- a. ENFERMEDADES DE LA MEMBRANA TIMPANICA
- b. ALTERACIONES DE LA TROMPA DE EUSTAQUIO
- c. ENFERMEDAD INFLAMATORIA NO SUPURATIVA DEL OIDO MEDIO
- d. OTITIS MEDIA AGUDA SUPURADA
- e. INFECCION CRONICA DEL OIDO MEDIO Y LA APOFISIS MASTOIDES

f. COMPLICACIONES DE LA OTITIS MEDIA Y LA MASTOIDITIS

AGUDA

g. ALTERACIONES DE LA CADENA DE LOS HUESECILLOS

h. TUMORES DEL OIDO MEDIO Y LA APÓFISIS MASTOIDES

i. TRAUMATISMO DEL HUESO TEMPORAL

a. ENFERMEDADES DE LA MEMBRANA TIMPANICA

Las alteraciones de la membrana timpánica comúnmente se acompañan de cambios patológicos en el oído medio y la apófisis mastoides. Las alteraciones en la membrana del tímpano que se acompañan de procesos subyacentes, pueden manifestarse mediante los siguientes cambios físicos. La membrana puede hacerse muy gruesa debido a la inflamación, pueden aparecer zonas blanquecinas y engrosadas circunscritas o de hecho, está completamente blanca y engrosada debido al depósito de colágeno hialino en su capa media, como resultado de una inflamación previa. También el tímpano puede adelgazarse por pérdida de la capa media lo que casi siempre se debe a alteración en la función ventilatoria de la trompa de Eustaquio.

En tales casos de disfunción ventilatoria, la trompa de Eustaquio puede o bien ventilar insuficientemente o permanecer siempre abierta, permitiendo que el aire penetre y salga del oído medio con la respiración, lo que origina isquemia y necrosis de la capa fibrosa (media).

b. ALTERACIONES DE LA TROMPA DE EUSTAQUIO

Las alteraciones de la trompa de Eustaquio comprenden:

- i. TROMPA DE EUSTAQUIO DEMASIADO ABIERTA
- ii. MIOCLONIA DEL PALADAR
- iii. OBSTRUCCION DE LA TROMPA DE EUSTAQUIO
- iv. PALADAR HENDIDO

i. TROMPA DE EUSTAQUIO DEMASIADO ABIERTA

En esta alteración la trompa se encuentra abierta siempre, por lo cual el aire penetra en el oído medio con cada respiración. Con frecuencia el paciente presenta el antecedente de una disminución importante de peso, lo que produce pérdida del tejido adiposo alrededor del orificio de la trompa de Eustaquio.

Algunas enfermedades crónicas o ciertas enfermedades musculares se acompañan también de esta alteración. La mayor permeabilidad de la trompa de Eustaquio puede originar autofonía (que consiste en escuchar la propia respiración) o la sensación de tener lleno o tapado el oído.

Esto puede resultar una alteración sumamente molesta para algunos pacientes y hasta ha habido intentos de suicidio debido a la ansiedad que produce.

ii. MIOCLONIA DEL PALADAR

La mioclonía del paladar es una alteración muy rara, en la cual los músculos del paladar presentan contracciones rítmicas periódicas. Esto origina chasquido en el oído del paciente.

iii. OBSTRUCCION DE LA TROMPA DE EUSTAQUIO

La obstrucción de la trompa de Eustaquio puede tener varias causas que incluyen inflamaciones como la nasofaringitis o la adenoiditis.

Cuando un tumor nasofaríngeo obstruye la trompa de Eustaquio, el primer hallazgo clínico puede ser la presencia de líquido en el oído medio. Por lo tanto, en cualquier paciente adulto con otitis media serosa unilateral y crónica, debe considerarse la posibilidad de un carcinoma nasofaríngeo. Tal obstrucción también puede ser debida a un cuerpo extraño.

iv. PALADAR HENDIDO

El paladar hendido suele producir disfunción en la trompa de Eustaquio, debido a la falta de un punto de fijación del músculo peristafilino externo, lo que evita que la acción del músculo produzca tracción en el orificio de la trompa abriéndolo lo suficiente durante la deglución.

La falta de abertura de la trompa origina mala ventilación del oído medio y puede ser causa de inflamación.

c. ENFERMEDAD INFLAMATORIA NO SUPURATIVA DEL OIDO MEDIO

- i. AEROTITIS (BAROTRAUMA)
- ii. OTITIS MEDIA SEROSA
- iii. OTITIS MEDIA MUCOIDE

i. AEROTITIS (BAROTRAUMA)

La aerotitis es causada por la brusca disminución de altitud durante el vuelo y también en el buceo, y se produce por que no llega a abrirse la trompa de Eustaquio. La disminución relativa de presión origina un vacío en el oído medio, debido a la cual el tímpano se retrae hacia adentro y se dilatan los capilares de la mucosa del oído medio, que trasudan líquido y finalmente se rompen con la consiguiente pérdida de sangre hacia la cavidad del oído medio y las celdillas mastoideas. Hay hipoacusia en uno o ambos oídos y por lo general también dolor. Otros síntomas que pueden presentarse son la autofonía, la sensación de líquido en el oído y a veces de breve duración.

ii. OTITIS MEDIA

La otitis media serosa y mucoide tienen etiologías algo semejantes. La otitis media serosa es principalmente la

transudación de plasma de los vasos sanguíneos hacia la cavidad del oído medio, sobre todo debido a diferencias de presión hidrostática; en tanto que la otitis media mucoide que es resultado de una secreción activa de las glándulas y quistes de la mucosa que reviste la cavidad del oído medio. La disfunción de la trompa de Eustaquio es uno de los principales factores causales.

d. OTITIS MEDIA AGUDA SUPURADA

Normalmente el oído medio es estéril, lo cual es sorprendente si se considera la población de microorganismos que existe en la nasofaringe y el resto de la faringe. La acción fisiológica conjunta de los cilios y las enzimas presentes en el moco y de los anticuerpos, actúa como mecanismo de defensa cuando el oído medio se expone a la contaminación por agentes microbianos durante la deglución. La otitis media aguda se produce por lo general cuando se altera este mecanismo fisiológico.

e. INFECCION CRONICA DEL OIDO MEDIO Y LA APOFISIS MASTOIDES

Debido a que la caja del tímpano está en comunicación con la apófisis mastoides, la otitis media crónica suele acompañarse de mastoiditis crónica. Estas alteraciones inflamatorias pueden encontrarse en fase activa o inactiva. El término activa se refiere a la presencia de infección con salida de

secreción proveniente del oído, es decir, otorrea, causada por un cambio patológico como colesteatoma o tejido de granulación. La inactividad señala las secuelas de una infección previamente activa que se ha " enfriado ", por lo que no hay otorrea. Los pacientes con otitis media crónica e inactiva suelen manifestar hipoacusia. También puede haber otros síntomas como vértigos acúfenos o la sensación de obstrucción del oído.

f. COMPLICACIONES DE LA OTITIS MEDIA Y LA MASTOIDITIS AGUDA

i. COMPLICACIONES DEL OIDO MEDIO

1. PARALISIS DEL NERVIIO FACIAL

ii. COMPLICACIONES DEL OIDO INTERNO

1. FISTULA LABERINTICA Y LABERINTITIS

2. LABERINTITIS SUPURADA

iii. COMPLICACIONES EXTRADURALES

1. PETROSITIS

2. TROMBOFLEBITIS DEL SENO LATERAL

3. ABSCESO EXTRADURAL

4. ABSCESO SUBDURAL

iv. COMPLICACIONES DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

1. MENINGITIS

2. ABSCESO CEREBRAL

3. HIDROCEFALIA OTITICA

i. COMPLICACIONES DEL OIDO MEDIO

1. PARALISIS DEL NERVIIO FACIAL

El nervio facial puede resultar afectado por propagación directa de la infección hacia el conducto facial en las otitis medias agudas. En las formas crónicas, el mecanismo habitual es la erosión del conducto facial por colesteatoma o tejido de granulación con ulterior extensión de la infección hacia este conducto.

ii. COMPLICACIONES DEL OIDO INTERNO

1. FISTULA LABERINTICA Y LABERINTITIS

La otitis media crónica, sobre todo cuando hay colesteatoma, puede originar destrucción de la porción vestibular del laberinto, se produce entonces una fistula a través de la cual puede pasar la infección y originar laberintitis, que puede causar sordera completa y aún meningitis. Los pacientes con una fistula suelen tener vértigo además de otros síntomas.

2. LABERINTITIS SUPURADA

La laberintitis supurada puede ser el resultado de la propagación de una infección a través de una fistula o bien debida a una invasión de la fistula redonda por la infección,

o a una meningitis secundaria a una otitis media. La laberintitis generalizada puede invadir todas las porciones del oído interno, lo que origina vértigo grave y por último sordera total. Cuando es localizada, puede causar síntomas y disfunción coclear o vestibular solamente. La laberintitis resulta de la propagación de la infección hacia los espacios perilinfáticos.

iii. COMPLICACIONES EXTRADURALES

1. PETROSITIS

En aproximadamente la tercera parte de las personas el hueso temporal contiene cavidades aéreas en la porción petrosa. Estas celdillas se infectan por propagación directa de la infección en el oído medio y la mastoides, pero existen otras vías directas de propagación infecciosa hacia la porción petrosa del temporal.

La petrositis se manifiesta cuando hay hipofunción del sexto par craneal en un paciente con otitis media. Con frecuencia el dolor acompaña esta alteración, debido a la irritación del quinto par craneal.

2. TROMBOFLEBITIS DEL SENOS LATERAL

La infección del seno venoso sigmoideo en su curso a través

de la apófisis mastoides origina tromboflebitis del seno lateral.

La fiebre que no puede explicarse por ningún otro hallazgo es el primer signo de la invasión sanguínea; tiende a ser fluctuante, y cuando se ha instalado del todo la enfermedad, se produce un patrón febril en agujas o "espigas". Suele haber escalofrío que acompaña la elevación de la temperatura; es relativamente rara la presencia de dolor pero puede existir si hay un absceso perisinusal.

3. ABSCESO EXTRADURAL

Es una colección de pus entre la duramadre y el hueso suprayacente de la cavidad mastoidea o el oído medio. Se asocia sobre todo con las otitis medias crónicas supuradas con tejido de granulación o colesteatoma, que evolucionan con erosión del techo óseo de esta zona.

4. ABSCESO SUBDURAL

Puede producirse un absceso subdural por propagación directa de un absceso extradural o por extensión de una tromboflebitis a través de los conductos venosos. Los síntomas incluyen fiebre, cefalea y la aparición de coma en un paciente con otitis media crónica supurada. Las manifestaciones del sistema nervioso central son múltiples e incluyen crisis

convulsiva, hemiplejía y signo de Kerning.

iv. COMPLICACIONES DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

1. MENINGITIS

La complicación intracraneal más frecuente de la otitis media crónica supurada es la meningitis. Las características clínicas de la meningitis incluyen rigidez de nuca, hipertemia, náuseas, vómito y cefalea. En etapas avanzadas, puede haber coma y delirio.

A la exploración física hay resistencia a la flexión del cuello y signo de Kerning. Por lo general en el líquido cefaloraquídeo aumentan las proteínas y disminuye la concentración de glucosa.

2. ABSCESO CEREBRAL

Una complicación de la otitis media y la mastoiditis, es el absceso cerebral que puede afectar al cerebelo en la fosa craneal posterior o al lóbulo temporal en la fosa media. Muchas veces se asocia con tromboflebitis del seno lateral, petrositis o meningitis.

Comúnmente el absceso cerebral es la consecuencia de la propagación directa de la infección ótica o de una

tromboflebitis. Generalmente un absceso extradural precede a la formación del absceso cerebral.

3. HIDROCEFALIA OTITICA

Esta alteración consiste en un aumento de la presión intracraneal, mientras el líquido cefalorraquídeo permanece normal salvo en lo que respecta a su presión, puede producirse en la infección ótica aguda o crónica.

g. ALTERACIONES DE LA CADENA DE LOS HUESECILLOS

- i. ANOMALIAS CONGENITAS
- ii. OTOSCLEROSIS

i. ANOMALIAS CONGENITAS

La cadena de los huesecillos puede estar congénitamente deformada, interrumpida o fija. Dado que se derivan de los dos primeros arcos branquiales, sus alteraciones se acompañan a menudo de otras anomalias (síndromes) del desarrollo de esos arcos como el de Treacher Collins que es la estenosis congénita del oído junto con disostosis maxilofacial. Entre las alteraciones más comunes está la falta de una porción del yunque y la fijación del estribo. Hay una gran variedad de formas de estenosis congénitas; y algunos niños nacen sin oreja o a veces con una oreja rudimentaria (microtia).

ii. OTOSCLEROSIS

Una causa común de hipoacusia de conducción en el adulto es la otosclerosis. La otosclerosis se hereda como un carácter autosómico dominante, y ocurre tanto en el hombre como en la mujer, desde el principio de la edad adulta empieza ya a causar hipoacusia de conducción. El sitio afectado es el laberinto óseo, en el que se produce otospongiosis, sobre todo por delante y en la porción vecina a la base del estribo, lo que ocasiona fijación de éste. Aunque la sordera de conducción es el problema principal, con el paso del tiempo puede encontrarse también una hipoacusia neurosensorial causada por otosclerosis coclear.

h. TUMORES DEL OIDO MEDIO Y LA APOFISIS MASTOIDES

i. TUMORES PRIMARIOS

ii. TUMORES SECUNDARIOS

i. TUMORES PRIMARIOS

De los tumores primarios, el glómico yugular o tumor glómico timpánico es el más importante y frecuente, ha sido descrito hace pocas décadas. El tumor surge de los cuerpos glómicos relacionados con el bulbo yugular en el piso del oído medio, o puede originarse en las ramas nerviosas presentes en el oído medio. Por expansión, este tumor puede causar destrucción de

los tejidos adyacentes, originando hipoacusia y sensación de obstrucción. En algunos casos se puede extender a la base del cráneo y generar alteraciones tanto intracraneales como específicamente de los nervios craneales.

Otros tumores primarios que pueden presentarse en el oído medio son el carcinoma de células planas, el rhabdomyosarcoma, el fibrosarcoma, el neurofibroma del nervio facial, el hemangioma y el osteoma.

ii. TUMORES SECUNDARIOS

Los tumores que se originan en focos primarios lejanos y envían metástasis en el oído medio, la apófisis mastoides y del hueso temporal, incluyen el adenocarcinoma prostático, el carcinoma renal y otros tumores menos frecuentes como el adenocarcinoma broncogénico, los carcinomas gastrointestinales y los melanomas.

i. TRAUMATISMO DEL HUESO TEMPORAL

Los traumatismos del hueso temporal son resultado de accidentes automovilísticos o de golpes en la cabeza de otro origen.

Como las fracturas del hueso temporal se acompañan frecuentemente de fractura de la base del cráneo, en estos casos siempre deben buscarse síntomas neurológicos. Entre los síntomas puede haber pérdida de la conciencia, parálisis del

nervio facial, otorragia y hemotímpano, otorrea de líquido cefalorraquídeo, vértigo y sordera.

3. ENFERMEDADES DEL OIDO INTERNO

- a. HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL
- b. ACUFENOS
- c. VERTIGO

a. HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL

La hipoacusia neurosensorial a su vez puede ser dividida en:

- i. SORDERA DE ORIGEN GENETICO
- ii. SORDERA DE ORIGEN NO GENETICO

i. SORDERA DE ORIGEN GENETICO

Esta a su vez en:

1. CONGENITA

a. SORDERA DE ORIGEN GENETICO COMO SINTOMA

UNICO

- i. SORDERA DE MICHEL
- ii. SORDERA DE MONDINI
- iii. SORDERA DE SCHEIBE
- iv. SORDERA DE ALEXANDER (SORDERA DE BING-SIEBENMANN)

- b. SORDERA ASOCIADA A OTRAS ANOMALIAS
 - i. ENFERMEDAD DE WAARDENBURG
 - ii. ALBINISMO
 - iii. HIPERPIGMENTACION
 - iv. OHICODISTROFIA
 - v. ENFERMEDAD DE PENDRED (BOCIO NO ENDERMICO)
 - vi. ENFERMEDAD DE JERVELL (ENFERMEDAD DE JERVELL Y LANGE-NIELSEN)
 - vii. ENFERMEDAD DE USHER

c. ANOMALIAS CROMOSOMICAS

- i. TRISOMIA 13-15 (D)
- ii. TRISOMIA 18 (E)

2. DE APARICIÓN TARDIA

a. SOLO SORDERA

- i. SORDERA NEUROSENSORIAL PROGRESIVA FAMILIAR (SORDERA GENETICA DEL ADULTO)
- ii. OTOSCLEROSIS
- iii. PRESBIACUSIA

b. SORDERA JUNTO CON OTRAS ANOMALIAS

- i. ENFERMEDAD DE ALPORT
- ii. ENFERMEDAD DE VON RECKLINGHAUSEN
- iii. SINDROME DE HURLER
- iv. SINDROME DE KLIPPEL-FEIL

- v. ENFERMEDAD DE REFSUM
- vi. ENFERMEDAD DE ALSTROM
- vii. ENFERMEDAD DE PAGET
- viii. SINDROME DE RICHARDS-RUNDEL
- ix. ENFERMEDAD DE CROUZON

1. CONGENITA

a. SORDERA DE ORIGEN GENETICO COMO SINTOMA UNICO

i. SORDERA DE MICHEL

Este tipo de sordera fue descrita por Michel en 1863, y se caracteriza por la falta total del desarrollo del oído interno. Se piensa que la transmisión de la sordera de Michel es autosómica dominante.

ii. SORDERA DE MONDINI

En 1791 Mondini describió la aplasia parcial del laberinto óseo y membranoso. Esta malformación consiste en un aplanamiento del caracol de lo cual se desarrolla solamente la vuelta basal, por lo que en vez de haber dos y media vueltas existe sólo una y media; las vueltas media y apical están representadas por un espacio común o cloaca.

También puede haber malformaciones del laberinto vestibular

óseo. La disgenesia del órgano de Corti es la causa de la hipoacusia. Esta alteración se transmite como un carácter autosómico dominante.

iii. SORDERA DE SCHEIBE

Scheibe describió este tipo de aplasia en 1892; el laberinto óseo está totalmente formado, pero la porción inferior (sáculo y conducto coclear) está representada por acumulos de células indiferenciadas.

La aplasia de Scheibe es la causa más común de sordera congénita heredada y suele transmitirse como una característica autosómica recesiva.

iv. SORDERA DE ALEXANDER (SORDERA DE BING-SIEBENMANN)

Alexander describió en 1904 este tipo de sordera hereditaria que se caracteriza por la aplasia del conducto coclear. El órgano de Corti y las células ganglionares adyacentes localizadas en la base de caracol son las estructuras más gravemente afectadas, lo que origina sordera para las frecuencias altas.

Por otra parte el laberinto óseo y el membranoso tienen aspecto normal.

b. SORDERA ASOCIADA A OTRAS ANOMALIAS

i. ENFERMEDAD DE WAARDENBURG

Este síndrome se transmite como un rasgo dominante. Entre las características principales está el desplazamiento lateral de la comisura externa del ojo y del punto lagrimal, aplanamiento de la raíz de la nariz, cejas excesivamente pobladas, heterocromía parcial o total del iris; albinismo parcial, que asume la forma de un mechón de pelo blanco y sordera congénita en aproximadamente la cuarta parte de estos pacientes. El grado de sordera puede ser moderado o intenso.

ii. ALBINISMO

El albinismo puede transmitirse como característica autosómica dominante o recesiva, o ligado al cromosoma sexo. La sordera que se asocia con el albinismo puede ser bilateral y grave.

iii. HIPERPIGMENTACION

Se ha encontrado sordera neurosensorial grave en personas que presentan áreas hiperpigmentadas de piel. Las áreas de pigmentación progresan de pequeñas manchas en zonas localizadas en la infancia, hasta ser lesiones que cubren totalmente el cuerpo en el adulto.

iv. ONICODISTROFIA

La asociación de distrofia congénita de las uñas y la sordera neurosensorial congénita es probablemente característica recesiva. En los niños afectados las uñas de los dedos y los pies son pequeñas y cortas, y presentan sordera grave para las frecuencias altas.

v. ENFERMEDAD DE PENDRED (BOCIO NO ENDERMICO)

Se ha observado que este síndrome puede explicar hasta 10% de los casos de sordera hereditaria de carácter recesivo. Se caracteriza por un metabolismo anormal del yodo que origina crecimiento tiroideo lo que suele hacerse aparentemente en la adolescencia, con formación de nódulos en la edad adulta. Las personas afectadas nacen generalmente con una grave hipoacusia.

vi. ENFERMEDAD DE JERVELL (ENFERMEDAD DE JERVELL Y LANGE-NIELSEN)

Las principales características de este síndrome son la prolongación del intervalo Q-T, crisis de síndrome de Stokes-Adams e hipoacusia bilateral congénita grave. Se estima que esta enfermedad puede explicar el 1% de todos los casos de sordera hereditaria recesiva. Los ataques comienzan a presentarse en la infancia y los sujetos afectados suelen morir súbitamente durante esta etapa de la vida.

vii. ENFERMEDAD DE USHER

Las principales características de este síndrome son retinitis pigmentosa progresiva e hipoacusia neurosensorial congénita que puede ser moderada o grave. Se cree que su transmisión hereditaria es recesiva, pero puede estar ligada al sexo o puede ser dominante. La hipoacusia es bilateral y grave.

c. ANOMALIAS CROMOSOMICAS

i. TRISOMIA 13-15 (D)

Este síndrome incluye implantación baja de las orejas, pabellón auricular indiferenciado, ausencia del conducto auditivo externo o del oído medio, labio hendido, paladar hendido, microftalmía, coloboma del iris y aplasia del nervio óptico. Los niños con este síndrome suelen morir en corto tiempo.

ii. TRISOMIA 18 (E)

Este síndrome puede presentar implantación baja de las orejas, malformación de las mismas, micrognatia, superposición del dedo índice sobre el tercer dedo y occipucio prominente.

Los pacientes con este síndrome no crecen, y suelen morir durante la lactancia.

2. DE APARICION TARDIA

a. SOLO SORDERA

i. SORDERA NEUROSENSORIAL PROGRESIVA FAMILIAR (SORDERA GENETICA DEL ADULTO)

Puede dejar de reconocerse la naturaleza genética de este tipo de sordera debido a su semejanza clínica con otros tipos de sordera neurosensorial. Suele ser bilateral y se considera como una característica autosómica dominante. Puede aparecer en la infancia o al principio de la edad adulta y su gravedad progresa durante el resto de la vida. La sordera genética progresiva es bilateral, y se caracteriza por audiograma de tipo neurosensorial, plano o cóncavo y con buena discriminación.

Puede haber ausencia del órgano de Corti y de células del ganglio espiral en la vuelta del basal del caracol y sobre todo, una degeneración irregular de la estria vascular.

ii. OTOSCLEROSIS

Esta enfermedad ya se describió anteriormente. Origina principalmente hipoacusia de conducción, que puede asociarse a una sordera progresiva de percepción.

iii. PRESBIACUSIA

El término presbiacusia se refiere a la disminución de la agudeza auditiva que ocurre al avanzar la edad. Es muy probable que en los pacientes de mayor edad, con la llamada sordera por envejecimiento o presbiacusia, la pérdida de la audición se deba ya sea a factores extrínsecos como el ruido u ototoxicidad o a intrínsecos como predisposición genética a la hipoacusia. La sordera en el paciente viejo también puede deberse a una combinación de factores causales.

b. SORDERA JUNTO CON OTRAS ANOMALIAS

i. ENFERMEDAD DE ALPORT

Este síndrome se transmite como un carácter dominante; es una enfermedad renal progresiva que suele comenzar en la infancia. Por lo común la degeneración renal se acompaña de hipoacusia de percepción progresiva que aumenta a medida que se deteriora la función renal. En el síndrome de Alport la pérdida de la audición es bilateral, simétrica y mayor para las frecuencias altas.

ii. ENFERMEDAD DE VON RECKLINGHAUSEN

Este síndrome es una forma de neurofibromatosis localizada que incluye tumores bilaterales del nervio acústico. Suelen

estar presentes los signos periféricos de la enfermedad, como manchas hiperpigmentadas de la piel. La enfermedad se transmite generalmente por herencia dominante.

iii. SINDROME DE HURLER

Esta enfermedad comienza en etapa temprana de la infancia y origina deformidad esquelética, enanismo, retardo mental, hepatomegalia, esplenomegalia, ceguera y marcada hipoacusia de percepción. Parece transmitirse como un carácter recesivo, que puede estar ligado al sexo. Suele ser mortal.

iv. SINDROME DE KLIPPEL-FEIL

En este síndrome hay alteraciones esqueléticas como la fusión de las vértebras cervicales, espina bífida, escoliosis y torticollis. También puede presentarse disfunción vestibular y una importante sordera neurosensorial. Se hereda como una característica recesiva autosómica.

v. ENFERMEDAD DE REFSUM

Esta enfermedad se caracteriza por retinitis pigmentosa, ictiosis, polineuropatía, ataxia e hipoacusia. Aproximadamente la mitad de los pacientes con enfermedad de Refsum tienen hipoacusia neurosensorial progresiva. La enfermedad se transmite como un carácter recesivo autosómico.

CAPITULO III

AUDIOMETRIA

vi. ENFERMEDAD DE ALSTROM

Las características principales de este síndrome son retinitis pigmentosa, diabetes, obesidad y sordera progresiva. La hipoacusia aparece al rededor de 10 años de edad y progresa lentamente. El síndrome se hereda por transmisión autosómica recesiva.

vii. ENFERMEDAD DE PAGET

La osteitis deformante o enfermedad de Paget se caracteriza por deformaciones esqueléticas del cráneo y de los huesos largos de las extremidades inferiores. Esta enfermedad suele comenzar a la edad adulta. Es heredada como característica dominante autosómica.

viii. SINDROME DE RICHARDS-RUNDEL

Sus principales características son deficiencia mental, ataxia, hipogonadismo y sordera grave. Estas manifestaciones aparecen en la infancia y la hipoacusia es total al llegar a la edad de cinco o seis años. La transmisión es por herencia recesiva autosómica.

ix. ENFERMEDAD DE CROUZON

La disostosis craneofacial se caracteriza por sinostosis

prematura de las suturas del cráneo, exoftalmia, nariz en gancho o de loro, labio superior corto y labio inferior protruido, atresia del conducto auditivo externo e hipoacusia de carácter mixto. La herencia es del tipo autosómico dominante.

ii. SORDERA DE ORIGEN NO GENETICO

1. CONGENITA

a. SOLO SORDERA

i. LESIÓN OTOTOXICA (ESTREPTOMICINA,
QUININA)

b. SORDERA ASOCIADA A OTRAS ANOMALIAS

i. INFECCION VIRAL (RUBEOLA)

ii. ERITROBLASTOSIS FETAL

iii. CRETINISMO

c. SORDERA AISLADA

2. ADQUIRIDA DE APARICIÓN TARDIA

a. LABERINTITIS

i. LABERINTITIS SUPURADA (PURULENTA)

ii. LABERINTITIS VIRAL

iii. LABERINTITIS TOXICA O SEROSA
(LABERINTITIS IRRITATIVA)

b. TUMORES

c. TRAUMATISMOS

d. SORDERA SUBITA

e. ESCLEROSIS MULTIPLE

1. CONGENITA

a. SOLO SORDERA

i. LESIÓN OTOTOXICA

Son las lesiones provocadas por el uso inadecuado de medicamentos.

b. SORDERA ASOCIADA A OTRAS ANOMALIAS

i. RUBEOLA

La rubéola o sarampión alemán sigue siendo una de las causas más frecuentes de este tipo de sorderas congénitas. Cuando una mujer contrae la rubéola dentro de los tres primeros meses del embarazo, es alta la probabilidad de que el hijo sufrirá algún grado de hipoacusia de percepción.

ii. ERITROBLASTOSIS FETAL

En el neonato, el querníctero puede resultar de la incompatibilidad en el factor Rh entre los padres. Esta enfermedad se caracteriza por depósito de bilirrubina en el sistema nervioso central e ictericia, retardo mental y parálisis cerebral; poco después del nacimiento estos niños pueden presentar sordera.

iii. CRETINISMO

La enfermedad tiroidea puede asociarse con sordera, en el síndrome comúnmente conocido como cretinismo endémico. En general se acepta que es causado por la deficiencia del yodo. Esta alteración se encuentra en ciertas áreas geográficas como en los Alpes. La hipoacusia es de tipo mixto, tanto de conducción como neurosensorial.

b. SORDERA AISLADA

Entre las causas de sordera congénita que se manifiestan sin anomalías asociadas se incluye el parto prematuro, hipoxia neonatal o el parto prolongado. También hay la posibilidad de que cuando la madre que ha recibido medicamentos ototóxicos durante el embarazo pueda dañarse la audición del hijo.

2. ADQUIRIDA DE APARICION TARDIA

a. LABERINTITIS

i. LABERINTITIS SUPURADA (PURULENTA)

Este es el tipo clásico de laberintitis y el que se conoce mejor. Se caracteriza por sordera completa debido a la destrucción o a la pérdida permanente de los elementos

sensoriales del laberinto. Las características clínicas y anatomopatológicas de esta enfermedad, consisten en las tres etapas siguientes: - etapa aguda, que se caracteriza por la invasión de células de pus; - laberintitis crónica o latente, con proliferación fibroblástica dentro de las cavidades del oído interno; - laberintitis compensada o cicatrizada, que se caracteriza por osificación; es llamada laberintitis osificante.

ii. LABERINTITIS VIRAL

Los ejemplos más conocidos de la laberintitis viral son por paperas, influenza, sarampión, en los cuales los virus penetran en la endolinfa a través de la estría vascular. Esta enfermedad se conoce también como laberintitis endolinfática viral. Generalmente se considera que la parotiditis es la causa más frecuente de sordera unilateral de los niños.

Pueden presentarse síntomas vestibulares desde el comienzo del proceso, pero disminuyen después de unos cuantos días o semanas sin tratamiento específico. La sordera se produce rápidamente y persiste como secuela permanente.

iii. LABERINTITIS TOXICA O SEROSA (LABERINTITIS IRRITATIVA)

Esta forma de laberintitis se caracteriza por la presencia de inflamación, esto es, de cambios químicos dentro de los

espacios líquidos del oído interno pero sin invasión manifiesta por células de pus. Tal irritación química del oído interno puede preceder a una laberintitis supurada y originar una pérdida permanente de la función. La laberintitis tóxica también puede ser causada por las bacterias presentes en la fístula oval o redonda o por inflamación de las meninges vecinas.

b. TUMORES

A menudo el linfoma maligno y la leucemia afectan al hueso temporal, lo que incluye la médula ósea del peñasco y de la infiltración del oído medio; por lo tanto puede producirse una hipoacusia de conducción moderada. En la etapa terminal de la leucemia, puede haber hemorragia en el oído interno y lo que origina sordera completa. Alguno de los tumores más frecuentes que causan hipoacusia por lesión del oído interno son los tumores del ángulo pontocerebeloso, como el neurinoma del acústico.

En todos los pacientes que presenten cualquier tipo de vértigo, tinnitus, hipoacusia neurosensorial unilateral o parálisis facial deben realizarse pruebas audiométricas de tonos puros de discriminación del habla, un cuidadoso examen vestibular con pruebas calóricas y un examen radiológico completo de hueso temporal, incluyendo las proyecciones de Stenver.

c. TRAUMATISMOS

La hipoacusia puede ser el resultado de la acción de diversos agentes traumáticos, como la exposición al ruido, las explosiones y los golpes en la cabeza y los oídos. El hecho de que la exposición al ruido puede producir una disminución auditiva se conoce desde hace mucho tiempo, pero recientemente se ha dado mayor importancia a los grados menores de pérdida auditiva. En general, se considera nociva la exposición a un ruido de 85 decibeles por un periodo prolongado de tiempo.

En la mayor parte de los casos, la hipoacusia inducida por el ruido se produce alrededor de la zona de los 4000 Hz. La hipoacusia por exposición al ruido se produce como consecuencia de la degeneración del órgano de Corti.

d. SORDERA SUBITA

La sordera súbita puede definirse como la pérdida repentina y grave de la audición neurosensorial. Hasta el momento, los datos sugieren que la sordera repentina es causada probablemente por un virus todavía no determinado, que invade la endolinfa, lo que ocasiona sordera. Otra causa reconocida de sordera súbita es la oclusión vascular, la cual afecta probablemente a una o más arterias terminales que aportan el oxígeno indispensable al caracol. Otra causa descubierta hace

poco, es la rotura de la fistula redonda, sobre todo, después del ejercicio, lo que hace posible que la perilinfa escape hacia el oído medio. Por fortuna, más o menos la mitad de los pacientes con sordera súbita se recuperarán de modo espontáneo, sin tratamiento.

e. ESCLEROSIS MULTIPLE

La esclerosis múltiple como causa de hipoacusia neurosensorial no ha sido considerada en toda su importancia. En un número significativamente alto de pacientes, cabe esperar distintos grados de hipoacusia, que van desde los leves hasta los graves de la esclerosis múltiple. Es posible que los efectos auditivos sean semejantes a los observados en las zonas periféricas.

b. ACUFENOS

Los acúfenos consisten en la percepción subjetiva de ruidos localizados en un oído, en ambos u otras veces en el interior del cráneo, sin una topografía precisa. Cuando se perciben "en el centro de la cabeza", quiere decir que se originan en ambos oídos, con igual intensidad y tono.

También existen ruidos auditivos objetivos, que pueden ser percibidos por el médico al auscultar el conducto auditivo externo o las zonas próximas, y por lo general son del tipo pulsátil o sopiante.

i. "RUIDOS AUDITIVOS" OBJETIVOS

1. ALTERACIONES EN LA CONDUCCION DEL SONIDO
2. PATOLOGIA VASCULAR
3. CONTRACCIONES CLONICAS DE LOS MUSCULOS DEL OIDO MEDIO
4. FENOMENOS VIBRATORIOS CRANEOCERVICALES
5. TROMPA DE EUSTAQUIO DEMASIADO ABIERTA

ii. ACUFENOS SUBJETIVOS

1. ALTERACIONES ANATOMOPATOLOGICAS DEL ORGANO DE CORTI
2. DEFORMACION FISICA DEL APARATO SENSITIVO COCLEAR
3. ENFERMEDADES DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

i. "RUIDOS AUDITIVOS" OBJETIVOS

1. ALTERACIONES EN LA CONDUCCION DEL SONIDO

Los ruidos que el paciente percibe cuando hay obstrucción de la conducción sonora, porque hay cerumen acumulado o la caja del tímpano está llena de líquido o simplemente por la fijación otosclerótica de la base del estribo, causan una sensación auditiva "hueca" semejante a la que se tiene al escuchar dentro de la concha de un caracol.

2. PATOLOGIA VASCULAR

Cuando la patología del oído medio es predominantemente vascular, puede oírse la pulsación de la sangre como un sonido molesto. Esto se presenta, por ejemplo, en los tumores semejantes a los del cuerpo carotídeo en el oído medio, con los focos sumamente vascularizados y con gran otosclerosis, así también como en los granulomas inflamatorios simples.

3. CONTRACCIONES CLONICAS DE LOS MUSCULOS DEL OIDO MEDIO

Cuando el músculo tensor del tímpano o músculo del estribo presenta contracciones clónicas semejantes a las que ocurren comúnmente en el músculo orbicular de los párpados, el resultado puede variar desde un sonido como aleteo hasta otro semejante al de una ametralladora.

4. FENOMENOS VIBRATORIOS CRANEOCERVICALES

Las vibraciones en la zona craneocervical se perciben como un sonido molesto, cuando su intensidad está por encima del umbral de respuesta del aparato coclear.

5. TROMPA DE EUSTAQUIO DEMASIADO ABIERTA

Cuando este conducto es demasiado permeable, el flujo rápido de aire durante la respiración, produce un sonido que el

paciente percibe como autofonia.

ii. ACUFENOS SUBJETIVOS

1. ALTERACIONES ANATOMOPATOLOGICAS DEL ORGANNO DE CORTI

Las alteraciones anatomopatológicas de las células ciliadas o ganglionares del caracol pueden ser producto tanto de causas generales, como locales. El área de células ciliadas que suele ser afectada es la circunferencia basal del caracol; el acúfeno que se produce es de tono agudo y el paciente suele describirlo como sonido de un timbre, el silbido del vapor que escapa, o un zumbido semejante al que se suele escuchar al acercarse a las líneas del telégrafo.

2. DEFORMACION FISICA DEL APARATO SENSITIVO COCLEAR

La distorsión física de los elementos sensitivos (células ciliadas) del caracol, origina una experiencia sonora discordante y cacofónica que es sumamente molesta. Sus componentes principales aparecen en las frecuencias más bajas, como sonido de raspado, rugiente o murmurante, pero también se intercalan silbidos, campanilleos y otros.

3. ENFERMEDADES DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

La parte del sistema nervioso central que recibe los impulsos

provenientes del caracol, también puede dar origen a acúfenos. Una lesión del ángulo pontocerebeloso que afecte el tronco del octavo par genera directamente un acúfeno leve de tono alto. Las observaciones experimentales y neuroquirúrgicas sobre las áreas corticales y subcorticales han demostrado que el acúfeno que se origina aquí puede ser de tono alto no localizado a ninguno de los dos oídos.

c. VERTIGO

Cuando un paciente refiere mareo, el médico debe establecer primeramente si tiene o no vértigo. Cuando hay vértigo, se puede experimentar como mareo, embotamiento, o falta de equilibrio. Las personas con anemia a veces describen crisis de debilidad, sensación de desmayo y mareo. El vértigo se refiere clásicamente como una sensación de movimiento giratorio.

No importa si se siente que está girando en sentido de las manecillas del reloj o al contrario, o si la sensación es de balanceo o de movimiento de arriba hacia abajo; vértigo se refiere a toda alucinación de movimiento.

CLASIFICACION DE LAS ENFERMEDADES DEL OIDO QUE PRODUCEN SORDERA

La palabra "sordera" se aplica en uso común a cualquier pérdida

de la función auditiva ya sea total o parcial. En terminología médica, es preferible usar "hipoacusia" ante pérdidas parciales de la función y "anacusia" cuando hay sordera total.

En la clasificación de las enfermedades del oído en general, hecha anteriormente, no todas producen hipoacusia o anacusia, con el propósito de clasificar a las enfermedades del oído que producen sordera se han clasificado en 3 grandes grupos:

- 1.- Pérdida auditiva conductiva
- 2.- Pérdida auditiva neurosensorial
- 3.- Pérdida auditiva central

Mismas que por su importancia serán tratadas en capítulos posteriores con más detenimiento.

I Ib.- Pérdida auditiva conductiva

Una pérdida conductiva se puede provocar: tapando el conducto auditivo externo, entorpeciendo el movimiento libre del tímpano, o restringiendo los movimientos de los huesecillos. Cualquiera de estas causas reduce la intensidad del sonido transportado por el aire que finalmente llega al oído interno. El cerumen impactado en el conducto auditivo es el tapón más común, y el cerumen en contacto con el tímpano o las escaras de perforaciones cicatrizadas del tímpano pueden restringir sus vibraciones. Las escaras adheridas a los huesecillos o un crecimiento óseo esclerosado alrededor de la base del estribo en la ventana oval puede restringir los movimientos normales de los huesecillos.

La prueba clásica que se usa para distinguir la pérdida auditiva conductiva de la pérdida neurosensorial también ilustra con claridad la diferencia fundamental que existe entre las dos. Para una pérdida conductiva, el audiómetro puede registrar un nivel auditivo aéreo de 60 o quizá 70 db.

El paciente puede ser incapaz de oír un diapasón en vibración que se le coloque cerca del oído. Por lo tanto, se dice que su conducción aérea se ha reducido. En cambio, si el mango del diapasón en movimiento se le aplica sobre el cráneo, o el vibrador para la conducción ósea del audiómetro se le coloca sobre la apófisis mastoide detrás de la oreja, es posible que

pueda oír el sonido tan bien como lo oíría una persona normal a quien se le hiciera la misma prueba. Por lo tanto, no ha habido reducción de su conducción ósea. Si la persona puede oír normalmente por conducción ósea, inferimos que su órgano sensorial y el nervio auditivo están normales y que sus dificultades auditivas dependen únicamente de algún obstáculo a la conducción aérea.

Una pérdida auditiva conductiva no constituye una desventaja para escuchar en un sitio ruidoso. En realidad, una persona que tenga únicamente una pérdida auditiva conductiva moderada, puede oír la conversación en medio del tráfico, en aviones y en lugares ruidosos similares, tan bien como la persona normal. Bajo estas condiciones la persona simplemente no oye u oye débilmente, el ruido que molesta a su compañero normal y que no le permite oír hablar a niveles de conversación ordinarios. Pero cuando estamos expuestos al ruido, todos nosotros hablamos más fuerte automáticamente, suficientemente fuerte para poderlos escuchar sobre el ruido.

El lenguaje fuerte anula una pérdida auditiva conductiva moderada. Ahora el problema de nuestro oyente débil auditivo no es el de escuchar el lenguaje, sino únicamente distinguirlo del ruido que también llega al oído interno. Como no oye gran cosa del ruido y su oído interno es normal, puede distinguir y entender el lenguaje fuerte también como cualquiera. Además, es muy probable que la práctica en la comprensión del lenguaje

a cual se ha visto forzado por su pérdida auditiva le proporcione una ventaja sobre la persona con audición normal.

A esta habilidad para oír en sitios ruidosos tan bien, o mejor que las personas normales se le ha dado el nombre de paracusia de Willis y ésta es característica de la pérdida auditiva conductiva.

Las causas de varios trastornos auditivos se analizarán a continuación:

DEFORMACIONES CONGENITAS:

Aún cuando colocando la mano ahuecada detrás de la oreja amplifica el sonido que llega al tímpano más o menos diez decibeles, la aurícula o pabellón del oído no es muy importante acústicamente. Sin embargo, una deformidad congénita, o sea ausencia del oído externo, es probable que esté relacionada con deformaciones en estructuras internas, las cuales pueden causar una pérdida auditiva profunda. Una deformidad de este tipo es la oclusión o atresia del canal externo. Si la audición normal por conducción ósea demuestra que el oído interno está íntacto, una operación para mitigar la atresia del canal externo, tiene éxito ocasionalmente.

Sin embargo, a menudo se encuentra durante la operación que también existen deformaciones del tímpano y de los huesecillos

y en este caso, el mejor resultado que se puede obtener es un nivel auditivo para el lenguaje de más o menos 35 decibeles.

CERA IMPACTADA:

Exceptuando las deformidades congénitas, las enfermedades del conducto auditivo externo rara vez producen pérdidas auditivas permanentes. La causa más común de una pérdida auditiva en el canal externo es cera, la cual se puede endurecer dentro del conducto e impactarse, de modo que evita que las ondas sonoras lleguen al tímpano y al oído medio.

Generalmente un bloqueo de este tipo se nota por primera vez después de nadar, de lavarse el pelo o de un baño. Una gota de agua cierra de pronto el último huequito, el cual era suficiente para la recepción normal de los sonidos ordinarios y es entonces cuando la víctima se da cuenta de que algo anda mal.

OTITIS EXTERNA:

De cuando en cuando ocurren cambios en la piel del conducto auditivo externo, los cuales permiten el crecimiento de bacterias y hongos. Infecciones de la piel y cambios inflamatorios que afectan otras estructuras producen una enfermedad llamada otitis externa. Esta ocurre con más frecuencia en climas cálidos y húmedos. Uno de los tipos de

otitis externa es como un barro u orzuelo en la piel del conducto auditivo externo, generalmente cerca de la entrada. Se puede producir rascando la piel del conducto con la uña o con algún objeto tal como un gancho de pelo o un palillo de dientes.

Generalmente la causa es uno de los organismo que se encuentran comúnmente en la piel y que no causan ningún daño a menos que invadan uno o más de los folículos capilares.

La otitis externa puede producir síntomas que sugieren la existencia de una infección en el oído medio (otitis media) de mastoiditis, pero se distingue de la otitis media en que generalmente no produce una pérdida auditiva a menos que la hinchazón de la piel o las secreciones tapen por completo el conducto auditivo externo.

El síntoma más prominente es dolor cuando se manipula el pabellón de la oreja.

OTITIS MEDIA:

El oído medio es una cámara de aire que contiene el mecanismo que transmite el sonido desde el aire en el oído externo, hasta el líquido en el oído interno. Este mecanismo comprende el tímpano, los huesecillos (martillo, yunque y estribo) y sus ligamentos.

Cuando producen una pérdida auditiva, las enfermedades del oído medio afectan una o más de estas estructuras y causan una pérdida auditiva conductiva.

La inflamación del oído medio es la causa más común de la pérdida auditiva conductiva. Esta inflamación se llama otitis media y generalmente proviene de un catarro de la membrana pituitaria. Las secreciones nasales pasan hacia atrás e infectan la trompa de Eustaquio, como se indica en la figura Iib.1.

La infección entonces viaja a lo largo de la trompa o de los vasos linfáticos que la rodean, hasta llegar al oído medio. Cuando la membrana que cubre la trompa de Eustaquio se inflama, la trompa no se puede abrir al tragar y por lo tanto, la presión del aire en el oído medio no se puede igualar. El oxígeno del aire en el oído medio es absorbido por la sangre que nutre la mucosa y se produce un vacío parcial.

El tímpano se estira violentamente hacia dentro produciendo fijación de los huesecillos y de la membrana mucosa exuda un tejido líquido transparente.

El cuadro se llama otitis media no supurativa mientras las bacterias no invadan la cavidad.

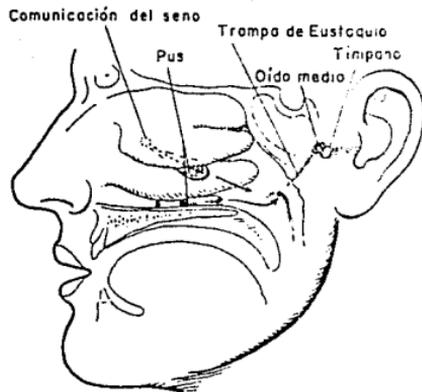


Figura IIb.1 Las secreciones de pus del seno maxilar, así como de otros senos, viajan con facilidad por el piso de la cavidad nasal hacia la entrada de la trompa de Eustaquio y pueden infectar el oído medio.

INFECCION DEL OIDO MEDIO:

Algunas veces la otitis media se produce punzando el tímpano desde el exterior con un objeto sucio, tal como un palillo de dientes o una horquilla de tocador transfiriendo de esta manera una otitis externa. En todo caso, con pocas excepciones la otitis media comienza con un catarro ordinario. Verdaderamente, en vista de que el oído medio es en realidad una de las cavidades huecas que se comunican con la nariz, la

otitis media se puede considerar un catarro de oído. Además el oído medio se comunica directamente, a su vez, con las celdillas mastoideas, como se ilustra en la figura I Ib.2. El oído medio y las celdillas mastoideas forman una sola cavidad llena de aire que sólo está subdividida parcialmente. Cada cámara, grande o pequeña, está cubierta con una membrana mucosa y se comunica con las otras. Con cada otitis media tiene que haber forzosamente cierta inflamación de la membrana que cubre las celdillas mastoideas vecinas. La enorme superficie de las celdillas mastoideas es causante de la mayoría de la secreción fluida que existe cuando se infecta el oído medio.

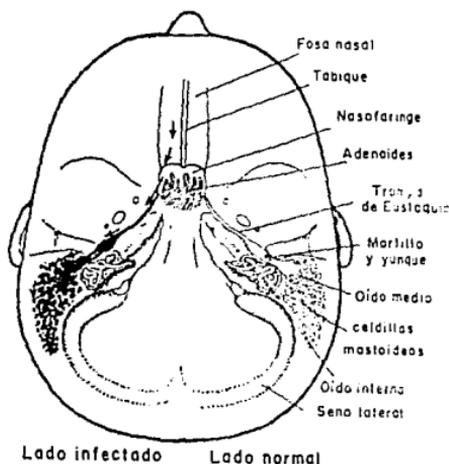


Figura I Ib.2 En este corte, la cabeza se ve desde arriba. La parte sombreada a la izquierda indica la extensión de las células neumáticas del oído medio y de las mastoideas, las cuales están ventiladas por la trompa de Eustaquio. Nótese también

qué tan cerca están las cavidades que se pueden infectar de la cavidad craneal y de los grandes canales llenos de sangre, tales como el seno lateral.

Como se recordará, en el periodo inicial del catarro la secreción de la nariz es acuosa. En el oído, este periodo se llama propiamente otitis media no supurativa o serosa.

A medida que la enfermedad progresa, la secreción acuosa se espesa convirtiéndose en pus. Ahora, cuando la sustancia contenida en el oído medio se ha infectado, se dice que la enfermedad está en la etapa supurativa o purulenta.

Generalmente va acompañada de un dolor agudísimo hasta que la membrana timpánica se rompe o la corta un cirujano, o hasta que se detiene el crecimiento de bacterias por medio de medicamentos.

Frecuentemente existe dolor y sensibilidad detrás del oído sobre la apófisis mastoides. (Figura IIB.3).

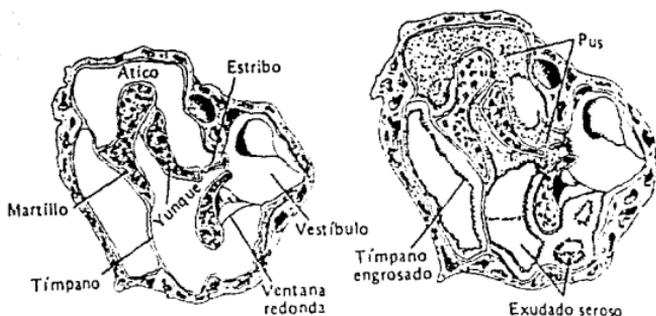


Figura Iib.3 A la izquierda tenemos el dibujo agrandado del corte real de un oído medio normal. A la derecha se encuentra la sección correspondiente de un oído medio con sordera conductiva. El tímpano está hinchado y el oído medio está lleno de pus o suero, los cuales restringen los movimientos de los huesecillos.

Con el tratamiento apropiado estos estados generalmente desaparecen, con o sin sordera pasajera, y se deberían considerar curados. Una otitis media leve pero de larga duración ha sido llamada ocasionalmente subaguda. Si la secreción purulenta del oído continúa por más de dos o tres meses y especialmente si tiene mal olor, el cuadro se conoce como otitis media crónica.

Existe otro mal entendido que concierne al término otitis

media catarral crónica. Las palabras significan claramente una secreción acuosa de larga duración en el oído medio, pero frecuentemente el término se aplica erróneamente a una otitis media curada que tiene las escaras y adhesiones que producen la pérdida auditiva. En un esfuerzo para evitar dicho error algunos autores han empeorado las cosas llamando a la otitis media curada un catarro seco, lo cual es una contradicción directa de términos.

OTITIS MEDIA NO SUPURATIVA. (AEROOTITIS MEDIA):

El mejor ejemplo de un derrame acuoso no infectado en el oído medio se presenta en los vuelos por avión, si las trompas de Eustaquio no se abren frecuentemente durante el aterrizaje. Con el tiempo, la diferencia de presión entre el oído medio y la atmósfera a su alrededor, la cual aumenta a medida que el avión se acerca a tierra, llega a ser mayor que la fuerza de los músculos que abren las trompas. Cuando la trompa no se abre, el aire denso que hay cerca de la tierra no reemplaza al aire relativamente enrarecido de las alturas que se encuentra en el oído medio.

Se siente una presión desagradable y a menudo dolor en la membrana timpánica, a medida que la presión que va en aumento, la empuja hacia dentro y se acumula fluido en el oído medio.

Esto se llama aerotitis media u otitis media causada por

barotraumatismo (lesión que se debe a un cambio en la presión barométrica). Las personas que trabajan en construcciones bajo el agua o poniendo barcos a flote en cámaras de compresión (cámaras neumáticas) y la tripulación de submarinos sufren a menudo de una otitis no supurativa similar. El buceo y en especial el buceo de profundidad y el buceo de superficie también pueden producir derrames.

OTITIS SEROSA Y OTITIS MUCOSA:

Una forma subaguda de otitis media no supurativa ha llegado a ser recientemente muy predominante en todo el mundo. Por qué era rara anteriormente, nadie lo sabe. Cuando la secreción en el oído medio es clara y acuosa, la enfermedad se llama otitis serosa o derrame del oído medio.

Cuando el derrame es espeso, se conoce como otitis mucóide o mucosa. Algunos otólogos niegan que exista inflamación alguna. Por lo tanto objetan el uso de sufijo "itis" y prefieren hablar de transudados óticos. No obstante el contenido químico y celular de las secreciones del oído medio en tales casos, ambos indican que existe una inflamación, por lo que lo consideramos como otitis no supurativa. La causa o causas de la otitis serosa y mucosa no están claras.

La causa más común parece ser el tratamiento de la otitis supurativa con antibióticos y otras sustancias bioquímicas,

pero sin un drenaje adecuado. Las bacterias se destruyen o se mantienen inactivas, pero permanece el fluido en el oído medio.

Otra causa es alergia. Algunos casos son realmente de origen alérgico, pero es imposible explicar todos los casos de este modo. Otra causa que ha sido sugerida es una infección viral del oído medio.

El fluido que se acumula en el oído medio produce una pérdida auditiva. La pérdida puede ir desde una pérdida gradual leve para los tonos agudos hasta una pérdida considerable para todos los tonos. Cuando existe moco espeso la pérdida auditiva es muy grave y se parece a la producida por la otosclerosis. Algunos cirujanos han ejecutado una fenestración en tales casos. Por supuesto, es suficiente remover el derrame del oído medio haciendo una punción o incisión en el tímpano. El alivio consiguiente de la pérdida auditiva es uno de los hechos más dramáticos en la otología.

Desde que se ha hecho tan popular el uso de antibióticos para el tratamiento de la otitis media aguda, muchos médicos no especializados en otología se han sentido satisfechos cuando el dolor y otros síntomas de la otitis media desaparecen, como consecuencia del uso de antibióticos.

Pero pueden haber omitido una inspección cuidadosa del oído

o haber dejado de hacer una incisión en el tímpano, apesar de la posibilidad de que algo de fluido quede en el oído medio. El único síntoma que persiste en la pérdida auditiva, la cual puede ser notada por los padres o descubierta por medio de pruebas de audición rutinarias en las escuelas.

El diagnóstico no es siempre fácil, pero el tímpano tiene una característica apariencia cremosa y espesa con una pequeña convexidad en la mitad posterior y no se mueve cuando se le aplican presiones positivas y negativas a través de un otoscopio neumático.

En estos casos se debería hacer una incisión ancha en el tímpano, porque algunas veces es peculiarmente difícil evacuar el material gomoso y espeso del oído medio. Si el cirujano no remueve dicha sustancia mucoide, ésta permanecerá adentro ya que es evidentemente imposible que drene espontáneamente a través de la trompa de Eustaquio.

La pérdida auditiva conductiva persistirá y el estado puede conducir, a la larga, a la formación de adherencias en el oído medio, las cuales fijarán firmemente la cadena osicular con bandas de tejido fibroso.

COLESTEATOMA:

Otra causa importante de pérdida auditiva, así como causa

importante de complicaciones más serias, es el colesteatoma.

Este es simplemente un quiste que está cubierto interiormente con epidermis. El quiste crece de la parte superior del tímpano como un saco en el interior del oído medio. Parece originarse en una humedad crónica en las partes profundas del canal externo o en una inflamación en el oído medio. En todo caso, se forma un saco y luego el forro descama dentro del saco.

Como se recordará, las capas exteriores y pesadas de la piel humana se desprenden en láminas pequeñas y delgadas. A medida que estas capas cornificadas de la piel caen dentro del saco, el quiste se agranda más y más. A la larga tal quiste semisólido puede corroer los huesecillos u otras estructuras óseas y causar síntomas.

Este constituye un cuerpo extraño en el oído medio y favorece la supuración. Los productos degenerativos que se forma en un quiste de este tipo incluyen una sustancia grasosa llamada colesterol. Esta es la base del nombre colesteatoma.

Generalmente el paciente se queja de una secreción intermitente en el oído, que tiene un olor peculiarmente desagradable. El nivel auditivo puede estar perfectamente bien, o dentro de los límites normales, a 15 ó 20 db., del umbral normal.

Un examen del oído generalmente descubre una pequeña perforación al margen de la membrana timpánica, casi siempre en la parte flácida superior. (Figura Iib.4)

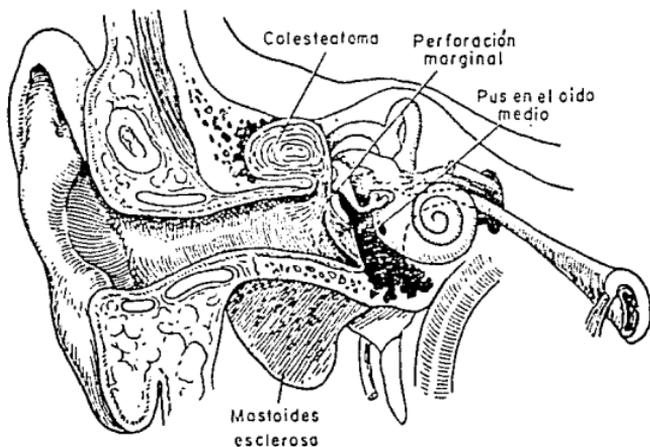


Figura Iib.4 Un colesteatoma se forma como una bolsita de piel al borde del tímpano.

OTRAS ANORMALIDADES DEL OIDO MEDIO:

No es necesario incluir en esta discusión general de problemas médicos los numerosos trastornos poco comunes que pueden

afectar al oído externo, al oído medio y al oído interno. Tumores, sífilis, tuberculosis, heridas de bala, fracturas del cráneo y una gran variedad de otros trastornos médicos y quirúrgicos pueden afectar al oído tanto como a cualquier otra parte del cuerpo. No es problema del audiólogo, sino del otólogo, el diagnosticar estas alteraciones, y una descripción de ellas estaría aquí fuera de lugar.

En gran parte las causas más importantes de pérdida auditiva conductiva, en orden numérico de importancia son:

- a) Atención inadecuada al funcionamiento normal de la trompa de Eustaquio y tratamiento inadecuado de las infecciones del oído medio.

- b) La enfermedad peculiar de los oídos medio e interno conocida como otosclerosis.

OTOSCLEROSIS:

La otosclerosis es una enfermedad común en la raza blanca, se ha estimado que los cambios característicos observados a través del microscopio ocurren aproximadamente en una de cada ocho mujeres blancas y en uno de cada quince hombres blancos. Estos cambios óseos son mucho más raros, aproximadamente uno de cada cien, en los negros y poco se conoce acerca de su predominio en las razas roja, amarilla y morena.

La otosclerosis es una enfermedad ósea única en su género que afecta la cápsula ósea alrededor del oído medio. Este hueso, normalmente el más duro del cuerpo, es invadido por un tipo diferente de hueso más suave el cual crece intermitentemente y luego se endurece otra vez; es decir, se esclerosa. El sitio más común donde crece este nuevo hueso es en la región enfrente de y por debajo de la ventana oval.

Algunas veces la cóclea misma está afectada y se desarrolla una pérdida auditiva neural; pero el efecto más común del nuevo crecimiento óseo, si se produce, es el de fijar firmemente la platina del estribo en la ventana oval, de tal modo que como consecuencia, el estribo no se mueve libremente. El efecto es muy parecido al de algunos tipos de artritis, los cuales restringen los movimientos de los dedos, la rodilla o la columna vertebral; en efecto, ambas enfermedades tienen muchos puntos en común. Cuando el estribo está fijo, las vibraciones que le llegan del tímpano a través del martillo y el yunque no se transmiten efectivamente al líquido del oído interno. La pérdida auditiva resultante es evidentemente conductiva.

Afortunadamente, la otosclerosis causa fijación del estribo y pérdida auditiva en sólo cerca de diez por ciento de los casos en los que se observa, y cuando sucede, la fijación ocurre sólo gradualmente durante un periodo de años. A medida que la pérdida auditiva avanza, se requieren sonidos más y

más potentes para vencer la creciente resistencia al movimiento, pero con la ayuda de un buen auxiliar auditivo se puede comprender el lenguaje casi perfectamente.

Finalmente, sin embargo, en la mayoría de los casos de otosclerosis en los cuales la pérdida auditiva es seria, existe también, además de la pérdida auditiva conductiva, cierta pérdida neurosensorial. No está claro si esta pérdida neurosensorial se debe realmente a la otosclerosis o es sólo una complicación coincidente. De todos modos, a veces la pérdida auditiva llega a ser muy seria.

La otosclerosis es una enfermedad hereditaria familiar, pero al parecer algunas generaciones pueden librarse de ella. Si recordamos que el crecimiento óseo anormal no causa pérdida auditiva en 90% de los casos, es fácil comprender que algunas generaciones no la padezcan.

La otosclerosis no se puede reconocer durante la vida a menos que exista una pérdida auditiva, sin embargo, se puede diagnosticar definitivamente por medio de examen microscópico inmediatamente después de la autopsia. Es fácil entender por qué, en tales circunstancias no sea posible conocer las leyes exactas de su herencia.

La otosclerosis es una enfermedad de la juventud. Ha habido casos presentando el cuadro clínico de la otosclerosis en

niños de cuatro, cinco y seis años de edad y se ha observado fijación del estribo durante una intervención quirúrgica en edades tan tempranas como siete años, pero es más probable que estas fijaciones sean congénitas en lugar de otoscleróticas. La pérdida auditiva de la otosclerosis se nota generalmente por primera vez durante la adolescencia o durante los primeros años del tercer decenio de vida.

Casi siempre la pérdida auditiva es evidente antes de los 30 años, aunque en algunos casos aparece cuando el paciente tiene más edad. La otosclerosis puede empeorar durante el embarazo, pero en vista de que de todos modos la enfermedad es frecuentemente progresiva durante los primeros años de la edad adulta, hasta que la pérdida auditiva llega al nivel de 40 o 50 dB., y ya que el embarazo desde ningún punto de vista acelera el proceso, la otosclerosis no se debería considerar un impedimento para tener niños.

Cuando la pérdida auditiva aparece por primera vez, el paciente frecuentemente padece de tinnitus o ruidos en los oídos. Este ruido puede ser como un silbido agudo o como el sonido de una campana. Es mucho más molesto durante la noche o cuando los alrededores están silenciosos. Algunas veces el sonido puede parecer una corriente de aire o agua y estar sincronizado con el pulso. Algunos pacientes pueden sufrir también de mareos suaves y de corta duración de cuando en cuando.

Durante sus primeros estudios, la pérdida auditiva de la otosclerosis es simplemente conductiva. La conducción ósea es normal o casi normal, pero la conducción aérea es defectuosa. Al principio los tonos medios, 1000 y 2000 Hz., están a menudo menos afectados que los tonos graves. Por regla general, los tonos más agudos, 4000 Hz., y más son menos afectados al principio. No obstante, a medida que la enfermedad avanza, y en algunos casos progresa rápidamente, existe una pérdida auditiva cada vez mayor por conducción aérea para los tonos más agudos y la pérdida osteofónica de sensibilidad, localizada a 2000 Hz. Es cuando aparecen estas pérdidas auditivas para los tonos más agudos que es probable que el tinnitus empeore. Su carácter musical de tono agudo es evidencia de una irritación localizada en el órgano sensorial.

También hemos mencionado el síntoma conocido como paracusia de Willis, el cual es característico de las pérdidas auditivas en general el paciente con otosclerosis parece oír mejor en un sitio ruidoso. La razón es que la gente con audición normal generalmente alza la voz a fin de superar el ruido ambiente. La persona que tiene únicamente una pérdida auditiva conductiva parcial puede discriminar la voz del ruido tan bien como cualquier otro, con tal de que la voz sea suficientemente fuerte para llegarle al oído interno.

También oye bastante bien por teléfono. Pero a medida que la otosclerosis progresa y se añaden dificultades neurosensoriales

a la obstrucción mecánica en el estribo, el paciente ya no puede distinguir la conversación tan fácilmente y está en mucha desventaja en una fiesta donde más de una persona está hablando. Cuanto más trata de oír, menos oye. Cuando se fatiga o se pone nervioso su audición se empeora considerablemente.

DIAGNOSTICO DE LA OTOSCLEROSIS:

Los puntos principales sobre los cuales se hace un diagnóstico de otosclerosis son:

- 1) Pérdida de audición progresiva moderada, especialmente en una persona joven.
- 2) Historia de pérdida auditiva en la familia.
- 3) Ninguna infección previa del oído que pueda ser responsable de la pérdida auditiva.
- 4) Membranas timpánicas normales.

Las membrana timpánica quizá presente un rosa intenso durante el período activo o puede haber varias áreas atróficas pequeñas como perforaciones curadas, pero nada más.

Los niveles auditivos aéreos son casi iguales para todas las

frecuencias graves. Por conducción ósea la audición está prácticamente normal o un poco disminuida de 1000 a 4000 Hz. La otosclerosis puede, por supuesto, estar combinada con otros tipos de pérdida auditiva conductiva, tales como aquellos debidos a una infección crónica en el oído medio. En tales casos puede ser muy difícil decidir cuánto de la pérdida auditiva se debe a la otosclerosis y cuánto a la otitis media crónica.

También es verdad que la otosclerosis puede estar combinada con algún grado de degeneración neural, en tal caso las pruebas audiométricas muestran una audición más defectuosa al examinar las frecuencias agudas.

EL CURSO DE LA OTOSCLEROSIS:

Raras veces la otosclerosis avanza hasta una pérdida auditiva muy profunda. Por lo tanto es equivoco llamar a la otosclerosis sordera progresiva como se hacía antes. Muchos pacientes creen que este diagnóstico significa que pronto serán sordos profundos.

Por esta razón el término no se debería usar nunca. Generalmente si hay alguna pérdida después que la audición ha llegado a un nivel de 40 a 50 db., ésta es muy leve. La audición puede permanecer igual por veinte años o más con una pérdida gradual adicional que ocurre cuando en la vejez la

pérdida auditiva neural para los tonos agudos se añade a la pérdida auditiva conductiva de la otosclerosis.

Por muchos años se creyó que la insuflación de las trompas de Eustaquio y masajes neumáticos, de la membrana timpánica aflojarían las fijaciones óseas del estribo y mejorarían la audición en la otosclerosis. Pero se ha probado que esto es falso. La mejoría que fue notada por algunos pacientes era al parecer completamente ilusoria o de origen psíquico.

Como la pérdida auditiva de la otosclerosis en sus primeros estadios es una pérdida conductiva, el paciente puede anticipar buenos resultados con un auxiliar auditivo; pero debido a la posibilidad siempre presente de que también se pueda desarrollar una pérdida neural, el estudio de la lectura labiofacial es una precaución adicional muy aconsejable. Si el oído interno está todavía intacto, es conveniente considerar también la posibilidad de superar la barrera mecánica en la entrada al oído interno por medio de cirugía, empleando la llamada fenestración o la movilización del estribo.

IIC. Pérdida auditiva neurosensorial

En la mayoría de los casos, la pérdida auditiva neurosensorial se produce por degeneración de algunas de las células sensoriales del oído interno, o de las fibras nerviosas de esas o de ambas. Los niveles auditivos para varias frecuencias son generalmente desiguales pero no siempre. Sin embargo, en ocasiones y sobre todo en la enfermedad de Meniére, la pérdida neurosensorial para los tonos graves puede ser mayor que para los agudos, la transición de buena a mala audición cubre varias octavas y entonces hablamos de una pérdida auditiva gradual para los tonos agudos. No obstante, en algunos casos la transición es repentina.

Los componentes de alta frecuencia que dan el carácter a la mayoría de las consonantes se pierden, y con ellos la posibilidad de distinguir una consonante cualquiera entre varias otras. La ausencia completa de audición para los tonos agudos se podría llamar lógicamente sordera neural para los tonos agudos o sordera súbita.

Las personas que padecen dicha sordera dependen, para comprender el lenguaje de pequeñas diferencias entre los sonidos que pueden oír.

Con algún esfuerzo y atención, la persona que padece una pérdida para los tonos agudos puede comprender el lenguaje en

un ambiente tranquilo donde no tenga que hacer frente a otras dificultades; pero si el lenguaje está mezclado con ruido, este puede oscurecer algunas de las pequeñas diferencias de las cuales depende, y la persona se encuentra pérdida por completo.

Es probable que el esfuerzo adicional de discriminar el lenguaje del ruido lo confunda y lo canse.

El hecho de que no están protegidos en contra de la molestia que constituyen el lenguaje fuerte y el ruido, como lo están aquellos que tienen pérdidas auditivas conductivas, empeora la situación de las personas que sufren de pérdidas neurosensoriales. Este hecho curioso que a pesar de que probablemente el grupo neurosensorial no pueda oír los tonos agudos cuando estos son suaves, los tonos muy potentes son tan fuertes para ellos como para cualquier otro.

Para las pérdidas neurosensoriales, el área agradable de la audición que se encuentra entre lo inaudible y lo demasiado fuerte. El efecto del aumento rápido y anormal en intensidad del sonido se conoce como reclutamiento de la intensidad subjetiva del sonido y puede ser muy molesto. "Reclutamiento" significa que los sonidos suaves o moderados no se pueden oír, pero al mismo tiempo existe poca o ninguna pérdida en la sensibilidad para la intensidad subjetiva de los sonidos fuertes. Esto explica por que muchas personas cuyas pérdidas son neurosensoriales se quejan en un

momento dado de que no pueden oír al locutor y un momento más tarde, cuando este alza un poco la voz, se quejan de que está gritando demasiado.

Por consiguiente, el reclutamiento, el cual se presenta como audición normal de sonidos fuertes, es una característica que distingue a una pérdida neurosensorial de una pérdida auditiva conductiva y de una disacusia central e indica una condición anormal del órgano sensorial en lugar de, simplemente, una degeneración o un bloqueo de las fibras nerviosas.

El reclutamiento es una de las razones por las cuales, a menudo, es más difícil aprender a tolerar un auxiliar y usarlo con éxito cuando la pérdida auditiva es neurosensorial, especialmente porque es un deterioro del órgano sensorial, en vez de que la pérdida sea conductiva.

Otras características de la pérdida auditiva tienden a variar dependiendo de si la pérdida es principalmente conductiva o neurosensorial. La experiencia médica dice que si existe una degeneración completa, demostrada por pérdida de su función, de la porción vestibular del oído interno, esta va casi siempre acompañada de una pérdida auditiva neural total, o muy grave.

Cualquier anomalía en las llamadas reacciones vestibulares, que tienen que ver con el sentido del equilibrio, es en general

presunta evidencia de que cualquier discusia que la acompañe es neurosensorial, al menos en parte.

La anormalidad puede consistir en pérdida de la sensibilidad normal al movimiento circular, o en irritación o sensibilidad exagerada, y causar vértigo o vahído.

Tinnitus es el término técnico para los ruidos en la cabeza y en los oídos. Algunas veces y especialmente en una pérdida auditiva conductiva, es un sonido mixto silbante, parecido al sonido "blanco", en el cual todas las frecuencias del espectro audible están presentes al mismo tiempo.

Más a menudo y especialmente con una pérdida auditiva neurosensorial, el tinnitus es una vibración de tono agudo o un tono que corresponde a la línea divisoria entre los sonidos que se oyen bien y los sonidos que casi no se oyen o que no se oyen por completo.

La división de las pérdidas neurosensoriales, es importante para predecir el curso futuro de la enfermedad. Una pérdida auditiva neutral, que implica degeneración de elementos delicados, pero esenciales del órgano sensorial o del nervio, no se puede mejorar casi nunca por medio de tratamiento médico.

Desgraciadamente una pérdida auditiva neurosensorial es menos propicia que una pérdida auditiva conductiva, para el uso cabal

y satisfactorio de un auxiliar auditivo.

La atrofia del órgano de Corti y del nervio auditivo es muy común después de los cuarenta años de edad. En realidad, el desarrollo de una cierta cantidad de pérdida auditiva neurosensorial para los tonos agudos parece ser parte del modo natural de envejecer. Dicha pérdida auditiva se conoce como presbiacusia.

La figura IIc.1, muestran una serie de audiogramas compuestos. Un gran número de sujetos fueron agrupados de acuerdo con la edad y se promediaron sus audiogramas.

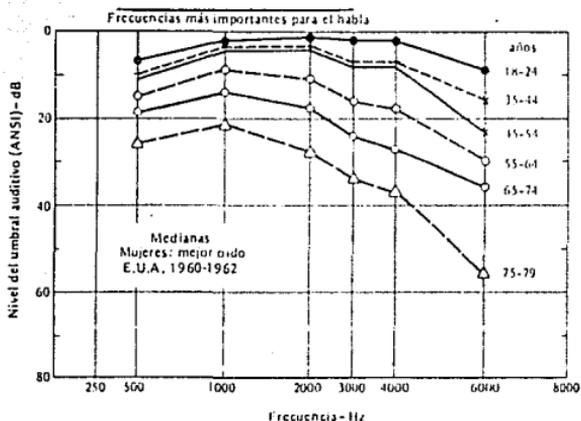
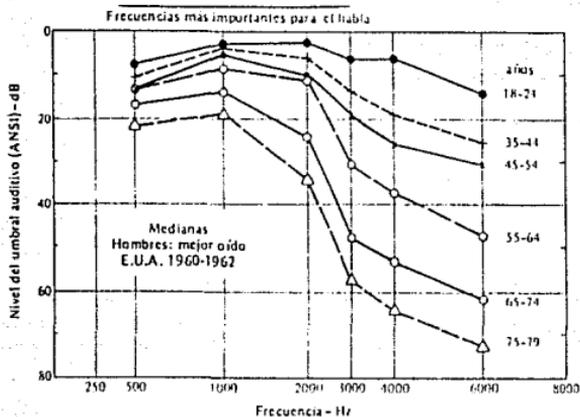


Figura Iic.1 Audiogramas compuestos pertenecientes a diferentes grupos clasificados por edades muestra una pérdida progresiva de sensibilidad para las frecuencias altas.

El acúfeno subjetivo o ruido en la cabeza, consiste en un sonido aparente producido en los centros auditivos del mesencéfalo y que puede presentarse junto con la hipoacusia tanto neurosensorial como conductiva.

La hipoacusia neurosensorial se establece en gran medida al patrón audiométrico, aproximadamente el 30% de la población adulta de más de 70 años de edad sufre una hipoacusia neurosensorial que se convierte en una forma de incapacidad para el individuo y que no es atribuible sino a los efectos acumulativos del proceso de envejecimiento.

La hipoacusia causada por presbiacusia es lentamente progresiva y simétrica en ambos lados, se han descrito 4 patrones de presbiacusia:

1. Presbiacusia sensorial: El patrón audiométrico usual es este tipo de degeneración es una hipoacusia bilateral de frecuencias agudas a partir de 2 o 3 Khz. Los índices de discriminación son buenos y puede presentarse reclutamiento.
2. Presbiacusia neural: El patrón audiométrico característico en esta forma de degeneración, es una curva de umbral con descenso lento e índices de discriminación disminuidos.

3. Presbiacusia metabólica: El patrón audiométrico corresponde a umbrales "planos" (es decir, con la misma disminución del umbral en todas las frecuencias). El índice de discriminación es usualmente bueno, excepto en el caso de hipoacusia severa.

4. Presbiacusia mecánica: El hallazgo en un patrón audiométrico simétrico descendente, pero con buena discriminación, al contrario de lo que se observa en el tipo nervioso.

De los cuatro patrones descritos, se tiene que la correlación histopatológica de cada uno de ellos, se describen como:

1. Pérdida de las células pilosas en la vuelta basal de la cóclea.
2. Degeneración primaria de elementos nerviosos del oído interno y probablemente, de vías auditivas más altas.
3. Degeneración de la estria vascular, un componente del epitelio en el oído interno que se piensa contribuye a la homeostasis del líquido del oído interno.
4. De acuerdo con estudios histológicos, no hay pérdida de células pilosas, neuronas o estria, que se correlacione con la hipoacusia y se han propuesto trastornos de los elementos mecánicos del oído interno.

En general, todas las formas de presbiacusia son de evolución lenta.

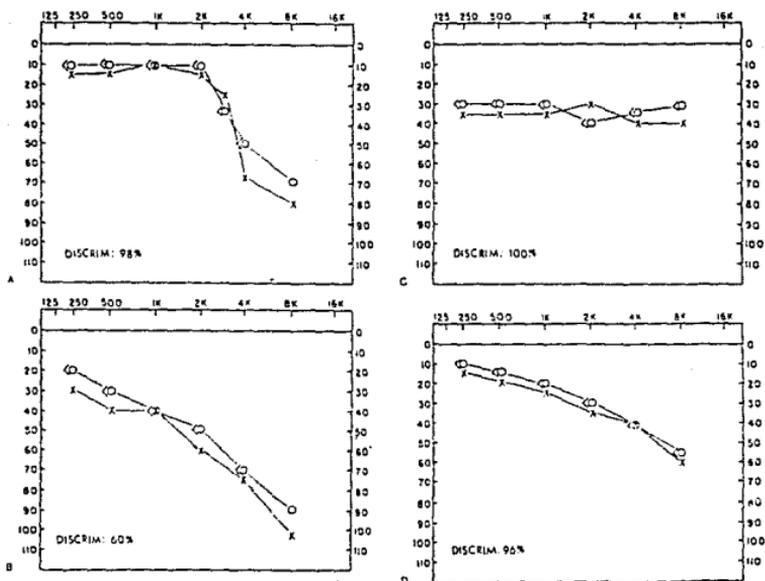


Figura IIc.2 (A) Presbiacusia sensorial: Hipoacusia neurosensorial bilateral, (B) Presbiacusia nerviosa, (C) Presbiacusia metabólica y (D) Presbiacusia mecánica.

HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL HEREDITARIA.

Las formas dominantes de la herencia constituyen aproximadamente el 25% de las hipoacusias neurosensoriales hereditarias. Esta condición se manifiesta en forma característica después del nacimiento y es rápidamente progresiva. Las formas recesivas constituyen el 75% del total, se presentan característicamente en el nacimiento y no son progresivas.

La hipoacusia, tanto del tipo dominante como del tipo recesivo, pueden asociarse con defectos en otros sistemas, los cuales pueden servir como indicadores para identificar la hipoacusia hereditaria.

En seguida, bajo el título de hipoacusia nerviosa hereditaria, se enlista parcialmente los síndromes determinados en forma genética que se conocen y que incluyen una hipoacusia:

HIPOACUSIA NERVIOSA HEREDITARIA

I. Dominante (25% del total). La hipoacusia se inicia después del nacimiento y es progresiva.

A. Sin defectos asociados

1. Hipoacusia severa congénita
2. Hipoacusia para tonos agudos

B. Errores innatos de metabolismo y sordera

1. Aminoácidos

a) Tirosina

1) Síndrome de Tietze (albinismo e hipoacusia)

2) Síndrome de Waardenburg

b) Prolina

1) Retraso mental, prolinemia e hipoacusia hereditarias

c) Metionina

1) Retraso mental, homocistinemia, hipoacusia, cristalinos luxados y de degeneración grasa del hígado, todas estas condiciones hereditarias.

C. Neuropatías e hipoacusia

1. Síndrome de Alport (1/3 de la hipoacusia hereditaria).

a) Nefritis e hipoacusia hereditaria

2. Nefritis, urticaria, amiloidosis e hipoacusia nerviosa hereditaria, esta última dominante.

a) Hipoacusia neurosensorial progresiva desde la juventud

3. Nefritis, retraso mental, epilepsia, diabetes e hipoacusia nerviosa hereditarios, esta última dominante (síndrome de Hermann).

D. Defectos ectodérmicos e hipoacusia

1. Displasia ectodérmica del tipo anhidrótico e hipoacusia

2. Tumores acústicos bilaterales e hipoacusia

E. Enfermedad degenerativa del sistema nervioso e hipoacusia.

1. Corea de Huntington

F. Defectos esqueléticos e hipoacusia

1. Disostosis craneofacial (enfermedad de Crouzon)

2. Disostosis cleidocraneal

3. Disostosis máxilofacial

II. Recesiva (75% del total, típicamente congénita y no progresiva).

A. Sin defectos asociados (50% de la hipoacusia hereditaria)

1. Hipoacusia congénita recesiva

2. Hipoacusia para los tonos agudos

3. Hipoacusia para los tonos intermedios

B. Errores innatos del metabolismo

1. Aminoácidos

a) Tirosina

1) Albinismo e hipoacusia

2) Fotofobia y nistagmo

3) Anacusia (congénita)

2. Carbohidratos

a) Mucopolisacáridos

- 1) Gargolismo (síndrome de Hurler)
- 2) Enfermedad de Morquio (osteocondrodistrofia)
- 3) Onicodistrofia

3. Lípidos

a) Lipidosis de gangliósidos

- 1) Idiocia amaurotica familiar (enfermedad de Tey-Sachs)

4. Minerales

a) Cobre

- 1) Enfermedad de Wilson

C. Enfermedades degenerativas del sistema nervioso

1. Ataxia de Friedreich
2. Enfermedad de Schilder
3. Epilepsia de Unverricht

D. Defectos del sistema óseo

1. Defectos generalizados
 - a) Osteopetrosis (enfermedad de Albers-Schönberg)
2. Defectos en las vértebras
 - a) Síndrome de Klippel-Feil

E. Cardiopatía e hipoacusia congénitas

1. Anormalidades en el electrocardiograma

F. Anormalidades endócrinas

1. Tiroides

- a) Bocio no endémico e hipoacusia

G. Anormalidades oculares

1. Penitis pigmentosa

2. Retinitis pigmentosa, retraso mental, enanismo

III. Trisomías

A. Trisomía 13

B. Trisomía 18

HIPOACUSIA CONGENITA NO HEREDITARIA

No todas las hipoacusias son de origen hereditario. Entre los casos conocidos se encuentran los que se presentan a consecuencia de rubeola, fármacos ototóxicos, anoxia y lesión durante el parto. El inicio temprano de la hipoacusia puede ser secundario a meningitis bacteriana; asimismo una supuesta lesión en el oído interno puede deberse a sarampión o paperas.

OTOTOXICIDAD

La lista de fármacos que se sabe o se supone son ototóxicos es cada vez más grande. Entre las más comunes se encuentran los

antibióticos aminoglucósidos, los diuréticos que actúan sobre los túbulos renales, la quinina y sus derivados y los quimioterapéuticos.

La hipoacusia debida a ototoxicidad puede aumentar debido a enfermedad renal concomitante. Algunos medicamentos como la estreptomcina y la gentamicina puede afectar el sistema vestibular antes de dañar el sistema auditivo.

HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL UNILATERAL O SIMETRICA

Otitis media

La otitis media crónica y, aunque raras veces, la otitis media aguda pueden complicarse con laberintitis purulenta, lo cual tiene como consecuencia la distribución del oído interno.

Su presencia presenta signos de infección asociados. La audición puede conservarse en muy raras ocasiones una vez que se presenta laberintitis purulenta.

Meningitis Bacteriana.

En aproximadamente 21% de este tipo de infección, se presenta como secuela una hipoacusia bilateral o unilateral, parcial o completa, debiéndose a lesión del nervio acústico

en el espacio subaracnoideo infectado o a propagación del proceso supurativo en el espacio perilinfático a través del conducto perilinfático, además, puede presentarse hipoacusia transitoria como resultado de disfunción metabólica en el oído interno.

Traumatismo directo.

Las fracturas del hueso temporal, en particular, las fracturas transversas, pueden tener como consecuencia una hipoacusia completa y profunda y generalmente se asocian con lesión del nervio vestibular o del nervio facial. La hipoacusia puede presentarse sin fractura como resultado de la transmisión de energía acústica al oído interno debido a un golpe recibido en la cabeza.

Trauma Acústico

La exposición a un ruido fuerte puede provocar una hipoacusia neurosensorial unilateral o bilateral. Este problema puede presentarse como consecuencia de la exposición a un ruido intenso o bien, puede ser resultado de la exposición continua durante años a ruido industrial de alta intensidad.

Sífilis.

La Sífilis, ya sea congénita o adquirida, puede provocar

hipoacusia neurosensorial, puede ser simétrica, pero en general uno de los oídos resulta más afectado que el otro.

Transtornos neurológicos.

La hipoacusia o pérdida de la función vestibular puede ser un síntoma de enfermedad desmielizante como la esclerosis múltiple. El patrón común de la hipoacusia es del tipo progresivo para frecuencias agudas, aunque también puede ser súbito y unilateral.

Neoplasias

Aunque es difícil que se presente, los tumores primarios del hueso temporal pueden invadir el oído interno y provocar una hipoacusia neurosensorial.

Tumores del ángulo pontocerebeloso

El schwannoma vestibular (neurinoma en el nervio acústico) y otros tipos de tumor del ángulo pontocerebeloso, como meningiomas, pueden provocar disfunción unilateral o auditiva y vestibular.

Otros trastornos metabólicos. Varios autores han relacionado la hipoacusia neurosensorial con la diabetes mellitus, aunque para ello faltan pruebas convincentes.

TRASTORNOS DE ETIOLOGIA DESCONOCIDA.

Vértigo de Meniére.

En esta enfermedad, la hipoacusia es generalmente unilateral aunque puede ser bilateral en el 20% de los casos. En este tipo de enfermedad se observa una hipoacusia neurosensorial característica para las frecuencias agudas. La hipoacusia suele ser variable y se asocia con episodios agudos de vértigo y acúfeno capaces de postrar a la persona. Se conocen diferentes tipos de esta enfermedad. La variante coclear, consiste en hipoacusia neurosensorial para los tonos graves acúfeno y sensación de plenitud del oído que cambian de intensidad, sin que se observe síntoma vestibular.

La hipoacusia neurosensorial unilateral y bilateral y los síntomas vestibulares son complicaciones de la granulomatosis de Wegner. La periarteritisnodos, la arteritis temporal, el síndrome de Cogan y de una policondritis recurrente.

Hipoacusia neurosensorial ideopática repentina se presenta después de haber excluido otras causas de hipoacusia neurosensorial súbita.

En la mayoría de las veces el trastorno es unilateral, pero en algunos casos aislados puede ser bilateral o consecutivo.

IId.- Pérdida auditiva central.

La pérdida auditiva central, también conocida como disacusia central, es un defecto de la audición que no se puede explicar por una anomalía del órgano sensorial o del nervio auditivo.

La dificultad está localizada en alguna parte del sistema nervioso central. El término casi equivalente: disacusia retrolaberíntica significa que la causa está más allá del laberinto e incluye tumores del tronco nervioso auditivo, o vestibular, donde pasa del hueso temporal al bulbo raquídeo.

Los síntomas de pérdida auditiva neural, tinnitus suave y vértigo, aumentan lentamente a través de los años y son difíciles de diagnosticar con seguridad hasta que otros nervios craneales o del bulbo raquídeo comienzan también a sufrir la presión.

Cualquier tipo de enfermedad general del cerebro como otros tumores cerebrales, arteriosclerosis, hemorragia cerebral, oclusión de los vasos sanguíneos del cerebro (trombosis o embolismo), esclerosis múltiple, Sífilis o absceso cerebral, puede afectar las vías auditivas en cualquier parte de su curso desde el nervio auditivo a través del bulbo raquídeo y hacia arriba, hacia las capas exteriores del lóbulo temporal del cerebro. Estas mismas enfermedades y también lesiones en el nacimiento, heridas de bala, fracturas de cráneo y las escaras

y adhesiones de cualquiera o todas ellas también pueden afectar el cerebro.

El audiómetro de tonos puros en este caso es de poca utilidad como instrumento de medida.

La "disacusia central" incluye muchos desórdenes, a continuación se describen tres tipos principales.

DISACUSIA VERBAL

Conocida también como "agnosia auditiva" o "impercepción central auditiva", ha sido desde hace mucho tiempo reconocida como un síntoma y se ha asociado de modo general con lesiones del lóbulo temporal del cerebro, en especial del izquierdo. El síntoma es patente en un adulto que ha sufrido fractura de cráneo en un accidente automovilístico. Una lesión similar sufrida al nacer o durante su infancia, antes de que el niño haya aprendido el significado de las palabras es, evidentemente, más difícil de identificar.

El defecto aparece entonces como poca habilidad o dificultad para aprender el significado de las palabras o de otros sonidos. El síntoma es familiar, aunque no siempre es fácil distinguir tal agnosia auditiva congénita de una sordera periférica neural, porque el niño puede simplemente no prestar atención a los sonidos.

Se ha aplicado el término afasia sensorial a este síntoma, a pesar de ser menos específico que agnosia auditiva o disacusia verbal.

REGRESION FONEMICA Y VEJEZ

Este término fue utilizado por el doctor Raymond Chart para describir la deficiencia que había observado frecuentemente en gente anciana. La causa de la regresión fonémica está en el cerebro, no en el oído. La arteriosclerosis cerebral generalizada es probablemente la causa más común. Muchas células individuales han muerto en todo el cerebro y pueden haber muchas partes donde la pérdida no es únicamente una escasez de células.

El cerebro todavía recuerda viejas experiencias y hábitos, pero aprende y recuerda poco de lo nuevo. La atención es corta y las siestas son más frecuentes.

Para ancianos con regresión fonémica, es de poca ayuda un auxiliar auditivo y tampoco ayuda el gritarles. Es mucho más importante hablar con claridad simplemente, y sobre todo, despacio.

DISACUSIA PSICOGENA (SORDERA FUNCIONAL, SORDERA NO ORGANICA)

Generalmente no se reconoce que los cambios psicológicos en la

personalidad puedan ser la causa de dificultades auditivas. En tales casos existe una falta de habilidad parcial o total para oír, a pesar de no existir ningún cambio estructural en el aparato auditivo mismo.

Los impulsos nerviosos en el oído producidos por las ondas sonoras llegan en realidad al cerebro, pero no se oyen conscientemente. Tal sordera se llama técnicamente disacusia psicógena. Algunas veces se dice que la persona que sufre de ella está funcionalmente sorda.

La disacusia psicógena no debe confundirse con la simulación de la sordera. El que se hace sordo sabe que puede oír, mientras que los sordos funcionales no saben que su audición es todavía normal.

Sordera histérica.

El tipo más común de sordera psicógena se llama sordera histérica. En este tipo, los conflictos emocionales profundos en la estructura de la personalidad afectan el sentido de la audición y se manifiestan en una pérdida total de la audición; la causa verdadera son conflictos acerca de los cuales el individuo está inconsciente y no un defecto del mecanismo auditivo.

Tal sustitución del problema emocional se llama conversión y

la sordera resultante se denomina histeria de conversión. La histeria puede afectar otros sentidos además de la audición, como ceguera o parálisis de cualquier parte del cuerpo sin ningún defecto físico.

Sordera de depresión.

La sordera histérica no incluye todos los casos de sordera o disacusia que deberían clasificar como psicógenos, existe uno llamado " sordera de depresión ", en una estructura esquizofrénica de la personalidad. Las pruebas de personalidad, historia clínica y la presencia reconocida de síntomas esquizofrénicos indican que este tipo de disacusia no se debe a conversión .

La esquizofrenia es un tipo de transtorno mental que se caracteriza por un aislamiento progresivo del individuo de la realidad. Sintiendo incapaz de enfrentar las exigencias prácticas de su medio ambiente, el paciente se escapa a un mundo fingido de fantasía.

En todos los casos de sordera o pérdida auditiva psicógena, se debe hacer siempre un diagnóstico cuidadoso antes de iniciar la terapéutica. Superficialmente los dos tipos de disacusia psicógena lucen muy parecidos, pero el tratamiento adecuado para la sordera de depresión es muy diferente al indicado para la histeria.

PERDIDA DE LA AUDICION DEBIDO A LESIONES COCLEARES, CENTRALES O DEL OCTAVO PAR CRANEAL

En todos los casos, el audiograma del paciente con pérdidas de la audición neurosensorial, se caracteriza por un umbral elevado en la curva de la conducción ósea. La pérdida de la audición, por lo general, es mayor para los sonidos altos (o frecuencias altas) que para los bajos.

A continuación se describirán algunas de las formas más comunes de pérdida neurosensorial.

Pérdida congénita de la audición.

El ejemplo más sobresaliente de pérdida de la audición neurosensorial congénita es la que se ve en el niño cuya madre ha tenido rubéola en el primer trimestre del embarazo. El niño que tiene esta afección suele tener una disminución importante de la audición. Tal pérdida, por lo general, se detecta en los primeros meses de vida, ya que este no tiene respuesta de alarma a los sonidos altos, no muestra respuesta hablada y no hace esfuerzos para articular. Otras formas de pérdida congénita de la audición son menos completas y pueden ser la causa por la cual algunos niños aprendan con lentitud. Los niños que tienen afección de esta naturaleza pueden beneficiarse en gran parte con el uso de un dispositivo acústico.

Parotiditis.

Esta enfermedad infecciosa es la causa más común de pérdida de la audición neurosensorial unilateral en niños, pero la frecuencia de esta complicación no es alta. La pérdida de la audición suele aparecer en las primeras cuatro a seis semanas después que el niño ha tenido parotiditis.

Tal pérdida de la audición unilateral suele ser relativamente grave, pero produce incapacidad muy leve y no se requiere recomendar el uso de dispositivo acústico.

Pérdida de la audición inducida por el ruido.

Esta forma de pérdida de la audición neurosensorial ocurre en pacientes que trabajan en un ambiente ruidoso. Ha sido reconocida durante años y se ha denominado sordera del calderero. Pruebas de audición han probado que la exposición a ruido de 90 dB o más alto, durante varias horas, provoca una pérdida de la audición medible. El reposo de noche restablece la audición, pero hacia el término de la semana, si la exposición permanece constante, la pérdida es más pronunciada. Una vez más el descanso durante el fin de semana tiende a restablecer la audición, pero la exposición prolongada en esta manera finalmente causa pérdida profunda permanente y una disminución en la puntuación de discriminación del lenguaje.

Presbiacusia.

Uno de los defectos óticos de la edad es una pérdida de las células ciliares del órgano de Corti. Esto a su vez, causa la pérdida de la audición neurosensorial que suele ser más profunda en las frecuencias altas que en las bajas. Este tipo de pérdida de la audición se denomina presbiacusia cuando aparece en una persona de edad avanzada y no se conocen otras causas desencadenantes. Los acúfenos, ya sea del tipo de campanilleo o rugido, es una molestia frecuente. No es rara una puntuación de discriminación del lenguaje baja y el signo que se presenta suele ser una incapacidad para entender, más que una incapacidad para oír.

Un dispositivo acústico es la única ayuda disponible para estos pacientes y, si se adapta en forma correcta por lo general produce mejorías de habilidad de comunicarse. Debe evaluarse la eficacia del dispositivo acústico para restablecer la audición en ancianos, antes que se obtenga el dispositivo.

Neurinoma acústico.

Este tumor del octavo par craneal puede causar pérdida de la audición del sonido alto, acúfeno y/o desequilibrio. Este último, rara vez es una sensación de rotación, igual que el vértigo puro, pero puede ser mejor descrito como sensación de

inseguridad. Un tumor grande se diagnostica en forma fácil una vez que se ha crecido lo suficiente, pues entonces también produce signos de presión intercraneal elevada, incluyendo dolor de cabeza, hinchazón del disco óptico y afección del quinto, séptimo y octavo pares craneales.

La disminución del reflejo del músculo del estribo y los resultados de la prueba de RAETE son de gran utilidad en el diagnóstico temprano de estos tumores, aún cuando la audición este dentro de límites normales.

La extirpación quirúrgica es el único tratamiento para este tumor y debe efectuarse lo más pronto posible para prevenir complicaciones por crecimiento del tumor, en particular, afección del séptimo par craneal. La extirpación quirúrgica con frecuencia resulta en pérdida total de la audición sobre el lado afectado.

Sin embargo, esto es preferible a hacer nada, ya que el tumor no tratado es letal. Aunque en algunos casos la audición puede preservarse. El tratamiento es obligatorio puesto que este tumor sin tratamiento es mortal.

Iie. Tratamiento de las pérdidas auditivas

I) PERDIDA AUDITIVA CONDUCTIVA

Deformaciones Congénitas

El tratamiento de las deformaciones congénitas del oído se divide en tres fases: En primer lugar, es necesario calmar la angustia de los padres por no tener un niño "perfecto". La explicación por parte del médico ayuda a mitigar los sentimientos de culpa y "las familias separadas" en donde el niño es el que pierde. La segunda fase es la preparación del ambiente en el cual el niño reside para recibirlo con comprensión.

Otros niños pueden ser algo crueles y las experiencias emocionales de un niño que se halla congénitamente tarado pueden quedar inscritos indeleblemente en su mente.

La tercera fase concierne a la restauración quirúrgica o protésica del oído externo. Esto puede diferirse hasta que el niño va a entrar a la escuela. La reconstrucción total de una oreja es una empresa de múltiples procedimientos. Su resultado final es frecuentemente una masa de tejido desalentadora para el enfermo.

En la microtía bilateral, cuando la pérdida de la audición

se agrega a la desventaja cosmética, la fenestración ha sido una gran ayuda para llevar la audición en un grado adecuado, socialmente hablando.

El tratamiento de una fistula preauricular es principalmente por escisión, siendo el propósito extirpar completamente el revestimiento epitelial del conducto o saco. La protrusión anormal de la oreja puede ser corregida por reparación plástica.

Se hará tratamiento sintomático o quirúrgico, dependiendo de las circunstancias. Las orejas artificiales construidas de metal ligero, celuloide, acrílico o hule, pueden moldearse para conformarlas a la estructura normal. Se sostienen en su lugar por los aros de los anteojos o por una sustancia adhesiva especial.

La atresia del conducto auditivo externo, sea congénita o adquirida, es la deformación más frecuente. La atresia adquirida puede ser el resultado de lesión, operación o de otitis externa crónica. Cuando hay atresia congénita el oído medio suele ser normal.

El tratamiento es quirúrgico y aconsejable a los 3 a 5 años de edad para los pacientes con afección bilateral, pero se aplaza a una edad mayor cuando la afección es unilateral. Al mismo tiempo se lleva a cabo la corrección de las anomalías

del oído medio. Si también existe sordera del oído interno, se aconseja el uso de un dispositivo acústico en el conducto auditivo creado de nuevo.

Enfermedades Inflamatorias del Oído Externo

La profilaxis es importante, especialmente en personas en quienes las orejas se han congelado alguna vez. La circulación debe ser restaurada gradualmente manteniendo al paciente por algún tiempo en un cuarto comparativamente fresco: o se acude a las compresas frías. Las últimas pueden ser controladas de tal modo que la restauración circulatoria no sea muy rápida. Algunas veces resulta útil aplicar bálsamo de copaiba a la oreja.

El tejido necrótico requiere su eliminación, aplicando después solución de nitrato de plata (del veinticinco al cincuenta por ciento) a las superficies denudadas. Debe dejarse que el tejido gangrenoso se elimine espontáneamente. Las precauciones asépticas son esenciales.

Cuerpos que obstruyen el Conducto Auditivo Externo

Algunos elementos que obstruyen el conducto pueden ser tapones de cerumen y los tapones epidémicos. Desde el punto de vista del tratamiento, si se trata de un animal vivo y alojado en el conducto auditivo, urge, en primer lugar, matarlo. Lo que

se logra mediante un baño de aceite o un algodón empapado en éter o cloroformo para extraerlo a continuación como un cuerpo extraño. Esta extracción se efectúa mediante un lavado de oído con cánula ótica de Moure, o bien bajo control microscópico, utilizando pequeñas pinzas para cuerpos extraños, ganchos o asas que permitan la extracción total.

Si se trata de un tapón epidémico, es decir, formado por laminillas de descamación de la piel del conducto auditivo externo, hay que ser muy prudente, ya que detrás de dicho tapón puede existir una perforación timpánica por la que el tejido epidérmico puede haber penetrado en el oído medio formando un verdadero colesteatoma. Por otra parte, estos tapones epidémicos pueden ser tratados también desde un punto de vista general, ya que van acompañados en ocasiones de alteraciones de las vías aéreas (sobre todo bronquiectasias y sinusitis).

El dolor por tapones de cerumen en el conducto auditivo externo suele deberse a intentos de extracción por el paciente o el médico. Es necesario ablandar el cerumen impactado con aceite de olivo o gotas óticas de bicarbonato de sodio y después extraerlo con lavado ótico.

El cerumen se elimina con una cucharilla para cerumen introduciéndola cuidadosamente más allá del sitio de este y tirando luego del bolo ceruminoso hacia afuera del oído.

Otro método consiste en inyectar en el conducto auditivo externo agua tibia o solución de bicarbonato, asegurándose de dirigir el líquido contra la pared del conducto. Se interroga al paciente respecto a la existencia de alguna perforación de la membrana timpánica, en cuyo caso es imprescindible la eliminación del cerumen con cucharilla en vez de inyectar líquido.

Cuando el cerumen esta impactado y es difícil de eliminar, puede instilarse solución de peróxido de hidrógeno o solución de bicarbonato al 1%, dos veces al día, durante una semana antes de proceder a extraerlo. Pueden instilarse en el conducto auditivo gotas de Cerumenex, un agente cerumenolítico, 15 minutos antes de inyectar el líquido. Estas gotas deben utilizarse sólo en el consultorio del médico, ya que puede ocurrir una reacción alérgica local. Si un cuerpo extraño esta impactado, debe enviarse al paciente con un especialista. Si no, puede intentarse su extracción con lavado ótico cuidadoso.

Se ha encontrado una gran variedad de objetos en el conducto auditivo externo, con más frecuencia en niños o en pacientes con alteraciones mentales. La mejor manera de quitar un cuerpo extraño es utilizando pinzas para el oído o una cucharilla para cerumen, con objeto de llegar más allá del cuerpo extraño y desalojarlo tirando de el hacia afuera. La extirpación previa inyección del líquido, debe

evitarse si el cuerpo extraño es una legumbre, ya que en este caso el agua produce mayor hinchazón y complica la extracción. Los insectos primero deben ser destruidos mediante instilación de éter, cloroformo o alcohol en el conducto auditivo externo para luego extirparlo con pinzas. Un cuerpo extraño impactado, especialmente en un niño, puede tener que ser extraído bajo anestesia general para no arriesgarse a lesionar la membrana timpánica o el oído medio al hacer una extracción traumática.

El tratamiento varía con la causa. Un cuerpo extraño, como borrador de lápiz, un pedazo de papel o un insecto, pueden ser extirpados con finas pinzas a través del otoscopio o mediante irrigación del conducto auditivo externo con agua o temperatura corporal. La aplicación de éter en el conducto auditivo detendrá con eficacia los movimientos del insecto y permitirá que inclusive un paciente joven coopere mientras se le extrae el insecto. Las malformaciones congénitas y los tumores del conducto auditivo externo requieren corrección quirúrgica. Estas operaciones debe hacerlas un otólogo y se recomienda consultarlos para estos trastornos.

INFLAMACIONES

Furúnculo del Conducto

La terapéutica consiste en antibióticos y antiinflamatorios locales y generales. Si hay dolor de gran intensidad es mejor

administrar antibióticos por vía general: penicilina o eritromicina.

El control del dolor, las compresas húmedas calientes aplicadas continuamente y la administración parenteral de antibióticos, en la mayoría de los enfermos dan buenos resultados. Sólo ocasionalmente se hará necesaria la incisión del furúnculo. En la furunculosis auditiva recurrente, debe investigarse alguna enfermedad intercurrente. La diabetes es en ocasiones la causa subyacente.

Si el furúnculo está listo para ser abierto, se incide su ápice. La anestesia general puede ser necesaria. En los estadios iniciales, una mecha húmeda con solución de Burow, rebajada a la mitad, puede insertarse para disminuir el dolor. El calor local disminuye el dolor. La codeína puede ser necesaria. Los antibióticos se dan sistemáticamente, especialmente si hay fiebre o celulitis en los tejidos adyacentes.

El tratamiento quirúrgico raramente está indicado pero puede ser muy eficaz en ciertos casos seleccionados. Cuando el paciente ha tenido una otitis externa durante largos años el conducto auditivo suele quedar cerrado por la hinchazón.

Si después de varios tratamientos médicos convenientemente conducidos no se ha logrado la curación, está indicada la

extirpación del epitelio y la aplicación de un delgado injerto de piel. A menudo el cirujano amplía el conducto cartilaginoso y el meato del conducto óseo al mismo tiempo y puede dejar o quitar la capa externa del epitelio escamoso del tímpano según esté más o menos afectada.

Otitis Externa Difusa

Es esencialmente médico el tratamiento y consiste en una terapéutica antibiótica y antiinflamatoria local y general. Podemos también utilizar taponamientos con alcohol del 80% que se colocan en el conducto auditivo y se cambian cada dos días. En algunos casos deben practicarse tratamientos quirúrgicos, consistentes en resección de fungosidades y abertura longitudinal para desbridar colecciones purulentas que puedan existir.

Otitis Externa

Muchos de los pacientes con otitis grave mejoran con antibióticos que deben usarse antes de procedimientos locales que causen dolor. Localmente la higiene auditiva es de la máxima importancia. La otitis externa en la cual hay gérmenes grampositivos responde a las sulfas y los antibióticos. El tipo producido por gérmenes gramnegativos no responde a estas drogas. La infección por "Pseudomonas aeruginosa" se dice que responde al dibromosalicilaldehído

(dalyde). Puede ser empleado en polvo, pomada o solución y es efectivo contra las bacterias y los hongos. Se emplearán localmente los antibióticos en forma de pomada, como la polimixina, cloromicetina, estreptomina y neomicina.

La hidrocortisona ha resultado benéfica. Puesto que la otitis externa es una infección localizada, es aconsejable el tratamiento local. En la fase aguda, cuando el conducto está notablemente hinchado, son útiles los medicamentos que contengan algún esteroide.

Pueden aplicarse en el oído afectado tres gotas de una solución comercial que contenga polimixina B, neomicina e hidrocortisona o que contenga colistín, neomicina, bromuro de tozonzio e hidrocortisona, cuatro veces al día. Una torunda saturada de cualquiera de estas soluciones y colocada en el conducto auditivo externo, causará exacerbación temporal del dolor, pero disminuirá el edema, lo cual entonces llevará a disminución del dolor.

Debe usarse un analgésico en dosificación correcta para el individuo (como el propoxifeno, 65 mg cada cuatro horas en adultos y aspirina para niños). Puede requerirse codeína o meperidina. La antibioticoterapia de acción general en la otitis externa es aconsejable sólo en la segunda fase febril o cuando la infección se ha diseminado para causar infección

periauricular o celulitis. Ampicilina, en dosis apropiadas, ofrece un amplio espectro de protección y puede ser útil hasta que, por los estudios de cultivo y sensibilidad se determine un antibiótico específico. La resequedad y el prurito que parecen empeorar cuando el paciente con neurodermatitis tiene problemas emocionales, disminuirá cuando se le administre clorodíacepóxido, 10 mg por vía bucal, tres veces al día, o díacepam, 2 a 5 mg vía bucal tres veces al día. Las infecciones por *Aspergillus* responden muy bien a la aplicación tópica de acetato de metacresilo a 25%. El oído debe limpiarse en forma completa con un aplicador de algodón antes de aplicar el medicamento.

El acetato de metacresilo puede aplicarse por medio de un aplicador o en gotas. El tratamiento se requiere por poco tiempo (1 o 2 días). Después de la instilación del medicamento puede producirse una sensación de quemadura que no es tan intensa como para requerir la suspensión del tratamiento.

Como en otras otitis, se debe tener cuidado en prevenir la entrada de agua hacia el conducto auditivo externo.

Las infecciones por "*Candida albicans*" (moniliasis) responden al tratamiento con nistatina, con o sin hidrocortisona, aplicado tres veces al día. Ciertas formas de otitis externa crónica recurrente responden al tratamiento con antígenos de *trichopynton*, *oidiomyces* y *epidermophyton*.

Estos pacientes pueden presentar una reacción de sensibilidad a una infección micótica remota. La dosis correcta del antígeno se determina realizando pruebas cutáneas con diluciones seriadas. Una dilución del extracto, ligeramente menor que la solución usada en la titulación, se usa para desensibilizar al paciente.

Puesto que la humedad tiende a macerar la piel, en particular cuando no hay capa protectora de cerumen, debe recomendársele al paciente que evite introducir agua en el conducto auditivo. Este puede ser limpiado según se desee con un hisopo sumergido en un aceite suave como el que se utiliza para bebé.

La inserción en el conducto externo de un tapón de lana cubierto con vaselina petrolada lo protegerá del agua cuando el paciente se lava con shampoo o cuando toma una ducha. Debe indicársele que continúe estas medidas hasta que haya cerumen en el conducto auditivo externo.

Estas precauciones deben ser permanentes en los pocos pacientes en quienes nunca reaparece una cantidad normal de cerumen.

Gotas para el oído

ANTISEPTICOS	ANALGESICOS
Solución ótica Domeboro (ácido acético a 2%) Polvo y tabletas Domeboro (para hacer solución) Orlex ótico (ácido acético) VoSol ótico (ácido acético a 2%)	Americaine Auralgan Tympagesic Cerumenolíticos Cerumenex (gotas) Debrox ótico

Gotas para el oído	
ANTIBIOTICOS	ANTIMICOTICOS
Chloromicetyn ótico Lidosporin ótico (polimi- xina y anestésico) Otobiótico (neomicina)	Cresilato Solución ótica Domeboro Acido Salicilico (a 2% en alcohol a 70%)
ANTIBIOTICO Y ESTEROIDE	
Colimicina ótica Cortisporin ótico Neo-Cort-Dome ótico Neo-Cortef gotas Neo-Decadron gotas Otobione Picocidin ótico	Esteroides solas Decadron ótico(a 0.1%) Orlex ótico H-C Tridesilona ótica Synalar solución (a 0.01%) VoSol H-C ótico

La piel del conducto auditivo externo está tan íntimamente adherida al cartilago y hueso subyacentes en algunas áreas, que cualquier infección que ocurre en éstas es muy dolorosa. No es aconsejable como norma, incidir una otitis externa limitada con una lanceta como se hace a menudo con abscesos en otras partes del cuerpo, para dejar salir el pus. La incisión o cualquier otro tipo de manipulación provocarán la difusión de la infección y en consecuencia, una otitis externa difusa. Actualmente el médico puede tratar las otitis externas con bastante efectividad, por medio de las nuevas drogas, tales como las sulfonamidas y la neomicina con cortisona.

Las antiguas gotas óticas a base de alcohol y ácido bórico son efectivas algunas veces, pero con frecuencia provocan dolor. Lo importante es mantener el conducto seco, ya que la humedad reblandece la piel y propaga rápidamente la infección. Si el conducto se humedece, bien sea debido a la necesidad de lavar el oído para remover las escamas de la piel o el cerumen, o inadvertidamente por mala indicación de un medicamento acuoso como el agua oxigenada, por ejemplo, el conducto debe secarse con alcohol etílico al 95%, que provocará ardor por unos minutos pero cuyo beneficio justifica la incomodidad temporal.

El tipo "eccematoide" es una variedad de otitis externa, que consiste en una descamación crónica, de la piel difícil de tratar con éxito. Afortunadamente este tipo de otitis rara

vez causa sordera, a menos que sea descuidada y se permita que el cerumen y la piel descamada llenen el conducto.

Otitis Externa Maligna

Es difícil, se trata por una parte, de equilibrar la diabetes y por otra, de tratar la infección por antibióticos generales y locales. La cirugía debe reducirse al mínimo pues puede propagar la infección más allá del foco primario y muchas veces agrava al paciente.

El pronóstico es malo y no es rara la muerte del paciente por infección encefálica. El tratamiento es intensivo. Se debe administrar carbenicilina IV y gentamicina IM por más de 6 semanas. Cuando se logra una mejoría estable o si, hay un deterioro continuo de la condición del paciente está indicada la escisión quirúrgica amplia del tejido blando y hueso necróticos.

Otitis Externa Aguda y Crónica

En la forma leve de la otitis externa el paciente no necesita narcóticos, el calor disminuye el malestar y puede ser proporcionado ya sea por la lámpara de calor, las compresas húmedas o por la almohadilla eléctrica. Una mecha empapada con medicamento o una gasa estrecha pueden insertarse suavemente en el conducto auditivo, cuando está

ocluido como resultado de la hinchazón de la piel. Tal mecha puede ser humedecida con cualquier tipo de medicamento. Uno muy eficaz es la solución de Burow que es una solución de acetato aluminico al 5%, esta solución puede ser diluida con una cantidad igual de agua. Las gotas antibióticas, con o sin cortisona, se usan ampliamente y tienen gran utilidad, aunque son de mayor precio.

Las instalaciones que contienen polimixina B (Aerosporin) neomicina y bacitracina son muy eficaces contra las bacterias que usualmente infectan el oído; también tienen otra ventaja, y es que estos fármacos no sensibilizan al paciente a los antibióticos más frecuentemente usados, los cuales pueden seguir siendo usados por vía bucal más adelante.

La neomicina empleada durante cierto tiempo puede sensibilizar la piel y provocar una dermatitis atópica (alergia) si vuelve a ser empleada en otra ocasión. En la forma grave de la otitis externa aguda, cuando el conducto auditivo del paciente esta hinchado y la fiebre y el dolor aparecen, hay que administrar un medicamento adicional con sulfamidas o con un antibiótico sistémico del tipo de la aureomicina o de la penicilina. Estos medicamentos deben usarse a dosis altas durante varios días. Los cultivos son importantes ya que pueden servir como guía para el tratamiento. Cuando el dolor es importante, la aspirina sola no basta y se requieren 32 mg o más de codeína cada dos o tres horas.

El tratamiento local se inicia con limpieza cuidadosa del conducto auditivo. Por lo general solamente deber usarse preparaciones suaves líquidas con o sin antibióticos e hidrocortisona. Las pomadas hacen que la forma aguda empeore; es mejor reservarlas para aquellos pacientes con otitis crónica externa. Cuando el pabellón se infecta, un buen tratamiento local consiste en compresas de algodón o de gasa empapadas con solución de Burow de la farmacopea de Estados Unidos de Norteamérica, diluida a la mitad con una solución de ácido bórico. Además es necesario administrar antibióticos por vía general.

Es muy poco frecuente ver una infección fulminante que destruya el hueso, causada por Pseudomonas (la denominada otitis externa maligna). Cuando esto sucede es casi seguro que se trata de un paciente diabético. En los diabéticos como en los no diabéticos en quienes la infección por Pseudomonas es grave, se requiere la hospitalización para poder aplicarles tratamiento antibiótico parental, con productos tan potentes como la gentamicina o la carbenicilina.

A menudo la otitis externa crónica se debe a dermatosis tales como la seborrea y la psoriasis. Más frecuentemente una infección bacteriana o fungosa produce la enfermedad. En otra ocasión es una reacción alérgica puede causar o complicar una otitis externa crónica. En la actualidad son frecuentes las reacciones causadas por el barniz de uñas, los tintes y

pulverizaciones para el cabello, la lociones para la ondulación permanente, etc. por lo que es necesario citar aquí estos nuevos agentes ofensores. Las dermatitis ocasionadas por estas sustancias pueden ser interpretadas equivocadamente hasta que no se piensa en inquirir sobre su uso; mejoran rápidamente cuando el agente ofensor deja de estar en contacto con el paciente.

La limpieza cuidadosa del conducto auditivo es esencial, en absoluto, como primer paso en el tratamiento. Se hace por lo común con un secado repetido del conducto practicado por porta- algodones. Mucho cuidado debe tenerse al limpiar la parte inferior del zurco timpánico exactamente por fuera del annulus, porque es ahí donde los restos se coleccionan con más frecuencia y pueden retardar la curación.

Cuando la forma crónica de la otitis externa se debe a la infección, las pomadas con antibióticos que contienen neomicina, bacitracina y polimixina (con o sin hidrocortisona) pueden ser empleadas localmente, 2 o 3 veces por día, durante una semana o más. A menudo las preparaciones de cortisona parecen proporcionar un gran alivio en la otitis externa durante un tiempo y luego su eficacia disminuye o se pierde por completo. Otras pomadas que no contienen antibióticos también son eficaces, particularmente cuando la otitis externa se debe a dermatosis más que a una infección.

Una buena prescripción es la siguiente:

Fenol	0.9 g
Ácido Salicílico	0.9 g
Azufre Precipitado	0.9 g
Vaselina	30.0 g aplicar en el oído 1 o 2 veces al día

Esta pomada produce ligeras escoriaciones y es antipruriginosa, aplicándose diariamente por un tiempo indefinido hasta que mejora la enfermedad. Otras veces sin embargo, no es posible curar una otitis externa crónica. La enfermedad mejora o aparentemente se cura durante largos periodos para luego recurrir.

A los pacientes debe decirseles y enseñarseles como aplicar las pomadas en el oído, puesto que los aplicadores que se venden en el comercio son siempre demasiado gruesos. El médico debe enseñar y demostrar cómo enrollar un algodón en un palillo, de tal manera que quede un pequeño plumero en la punta.

El tratamiento más simple e importante en la otitis externa crónica es la meticolosa extracción de todos los restos del conducto auditivo y de la superficie de la membrana timpánica.

En cualquier forma de otitis externa, excluir el agua del conducto es de importancia absoluta.

Otitis Externa Granular

El tratamiento más indicado es la eliminación cuidadosa de las granulaciones con pequeñas pinzas y taponamientos del conducto con Geolfam y con Gelfoam empapado en solución de antibióticos e hidrocortisona. En caso de otitis granular externa grave y progresiva se pensará en la posibilidad de la llamada otitis externa "maligna", sobre todo si el paciente padece diabetes.

Eccema del oído externo

Esta es una inflamación húmeda de la piel del conducto auditivo que, por lo general, obedece a una reacción alérgica, la cual a menudo es debida a algún alérgeno. La rascadura de la piel eccematosa suele provocar infección bacteriana secundaria. El tratamiento consiste en mantener seco el oído, aplicar gotas de cortisona (con antibiótico si parece haber afección bacteriana secundaria) y eliminar el alérgeno dañino.

Este último a menudo es jabón, cosmético, pulverización para cabello o tintura de cabello. Son esenciales las medidas higiénicas, la regulación de la dieta y la desensibilización específica si se descubre el alérgeno ofensor. En el tipo agudo de eccema, las compresas húmedas de ácido bórico o de acetato de aluminio son útiles. En el eccema subagudo, las preparaciones antipruríticas están indicadas frecuentemente. Los polvos de cicloformo y de anestésina controlan el prurito

y el dolor. Las áreas infectadas responden favorablemente al ungüento de sulfatiazol una combinación de neomicina e hidrocortisona ha sido de valor en algunos casos. Las medidas generales o sistémicas incluyen la radiación infrarroja y ultravioleta, y en algunos casos, la terapia con rayos X.

Los antihistamínicos alivian el prurito y tienen una acción sedante. La regulación de la dieta, el cambio de ocupación o de clima y el control de los factores emocionales, algunas veces son importantes en el programa terapéutico.

II) PERDIDA AUDITIVA NEUROSENSORIAL

Pérdida de la audición inducida por ruido

La frecuencia creciente de pérdida de la audición inducida por ruido ha sido reconocida por el Congreso de E.U.A. el cual promulgó en 1968 el acta Walsh-Healy. Según los términos de esa acta, los patronos cuyas plantas tiene un alto nivel de ruido, deben proporcionar protectores para el oído (tapones o manguillos) a empleados que deben trabajar más tiempo del especificado en zonas con niveles específicos de ruido.

Los empleados que trabajan en tales industrias deben ser apremiados y alentados a usar protectores en tales tiempos específicos. Prevención es el único tratamiento específico para la pérdida de la audición inducida por ruido.

Presbiacusia

Un dispositivo acústico es la única ayuda disponible para estos pacientes y, si se adapta en forma correcta por lo general produce mejoría de la habilidad de comunicarse. Debe evaluarse la eficacia del dispositivo acústico para restablecer la audición en ancianos, antes que se obtenga el dispositivo.

Neurinoma Acústico

La extirpación quirúrgica es el único tratamiento para este tumor y debe efectuarse lo más pronto posible para prevenir complicaciones por crecimiento del tumor, en particular afección del séptimo par craneal. La extirpación quirúrgica resulta con frecuencia en pérdida total de la audición sobre el lado afectado. Sin embargo, esto es preferible a hacer nada, ya que el tumor no tratado es letal. Aunque en algunos casos la audición puede preservarse. El tratamiento quirúrgico es obligatorio puesto que este tumor sin tratamiento es mortal.

Sordera Súbita

Es difícil valorar los resultados del tratamiento ya que muchos pacientes que no lo reciben mejoran. En la mayoría de los enfermos con sordera neurosensorial súbita, no es posible determinar la causa precisa por lo que a menudo el tratamiento

es del tipo "escopetazo". Se dan esteroides durante 7 a 10 días por sus efectos antiinflamatorios, si no hay contraindicación.

A menudo se emplean vasodilatadores, pueden ser heparina, histamina intravenosa o vasodilatadores orales como nilidrina o papaverina. El dextrano de bajo peso molecular disminuye la viscosidad de la sangre. Se aconseja reposo en cama con abstinencia del alcohol y nicotina. Las personas que van a responder, suelen mejorar en sus pruebas audiométricas en la primera semana. Cuando la sordera inicial es de 90 dB o se acompaña de vértigo, el pronóstico es malo.

La rotura de la membrana de la ventana redonda es una situación especial que puede producir sordera súbita. Debe sospecharse está en cualquier paciente que tenga antecedente de actividad física agotadora o de cambio de presión como, por ejemplo, en buceadores. En un paciente que haya sido sometido a estapedectomía, una fistula de la membrana de la ventana oval es la causa probable de una sordera repentina. Cuando se sospecha rotura de la ventana redonda u oval, debe explorarse el oído medio. Debe aplicarse en la rotura fistulosa un injerto de tejido (aponeurosis, grasa, pericondrio), y restringirse la actividad física durante varias semanas después de la operación.

La manipulación, inyecciones o estimulación por medio de

sonidos, puede mejorar una pérdida auditiva cuya naturaleza neural está claramente establecida. Si las células sensoriales o las fibras nerviosas han degenerado, no podrán ser restauradas. Es claro que el componente conductivo de una sordera mixta puede mejorar por medio de la cirugía, pero no el componente neural. Cualquier efecto que haya sido obtenido en casos particulares, puede haber sido el resultado del adiestramiento recibido por el paciente, el cual hizo posible que comprendiera mejor el lenguaje con los restos auditivos que tenía o simplemente se trata de una ilusión del paciente. Por supuesto, casi todos los individuos ensordecidos desean creer que su audición está mejorando con cualquier tratamiento que se les esté haciendo, y el terapeuta desea creer que está ayudando al paciente. Esta fuerte sugestión actuando en ambos da origen a menudo a la falsa creencia de que la nueva forma de terapéutica, cualquiera que sea, está en realidad mejorando la audición.

Por otra parte los "estimulantes nerviosos" no pueden restaurar las fibras nerviosas que faltan, o devolver su función a las células sensoriales degeneradas. Sin embargo, los pacientes son continuamente medicados con vitaminas, antihistamínicos y otros productos, con la esperanza de que mejore la función del nervio auditivo ya degenerado.

La sugerencia de que la audición puede ser recuperada con la estimulación por medio de sonidos es fantástica. El único

efecto benéfico de las drogas es la disminución del proceso que produce la sordera y quizá, en algunos casos, el alivio del tinnitus. La suspensión de un tinnitus grave, no solo elimina un síntoma bastante molesto, sino que puede mejorar ligeramente la audición, al eliminar un ruido enmascarante; sin embargo la mejoría no es mayor de 10 a 15 dB. Desafortunadamente, la eliminación del tinnitus por cualquier tratamiento directo es tan rara, que a menudo pensamos si su desaparición será o no espontánea, cuando ocurre. El tinnitus es un síntoma subjetivo y como tal, susceptible a la sugestión. Muchos pacientes han aprendido a reducir sus ruidos en la cabeza con la ayuda de un médico comprensivo y amable.

Enfermedad de Meniére

La terapéutica de la enfermedad de Meniére incluye una gama de medicamentos y métodos, en virtud de que no hay un tratamiento específico. A un paciente que se ve durante un ataque vertiginoso agudo puede aplicársele una inyección de atropina, 1 mg, o bien, 2 mg de fentanil (Innovar) lentamente por vía intravenosa. Un programa médico apropiado para la mayoría de los pacientes incluye una o más de las siguientes medidas:

Medidas generales:

La dieta debe ser hiposódica con pocos líquidos para atacar

la hidropesía que se presenta en la enfermedad de Meniére. Esta probablemente puede manejarse mejor mediante la administración de diuréticos en vez de restricciones alimentarias rígidas.

Todos los pacientes con enfermedad de Meniére deben dejar de fumar, ya que la nicotina produce espasmo arteriolar. Son útiles las medidas generales como reposo, horas regulares de trabajo, ejercicio físico y recomfortamiento del paciente.

Medicamentos antivertiginosos:

Se prescribe uno de los antihistamínicos enumerados más adelante, cuyos mecanismos de acción son la actividad anticolinérgica central más un efecto depresor sobre el sistema nervioso central.

Diuréticos:

El uso de diuréticos para neutralizar la hidropesía endolinfática presente en esta enfermedad puede ser útil.

La depleción de potasio puede ser un efecto colateral de los diuréticos y los pacientes tratados con estos medicamentos deben beber un vaso grande de jugo de naranja diariamente o deben de recibir potasio complementario si es necesario.

Nombre Patente	Nombre Genérico	Dosis
Dyazide	Triamtereno	Una cápsula diaria o dos veces al día
Hydrodiuril	Hidroclorotiacida	25-50 mg diariamente
Hygroton	Clorotalidona	100 mg al día o cada 3 días.

Vasodilatadores:

Por tradición, los vasodilatadores se usan contra la constricción arteriolar que se supone sea un factor en la patogenia de la enfermedad de Meniére. No se ha demostrado que sean eficaces sobre los vasos cocleares. Nilidrina (Arlidín) y papaverina (Pavabid) mejoran el flujo coclear en estudios con animales.

Nombre Patente	Nombre Genérico	Dosis
Arlidín	Nilidrina	6 mg cada 6 h.
Pavabid	Papaverina	150 mg 2 veces al día

Escopolamina:

El nombre comercial para aplicación tópica es Transderm-Scop que se suministra en forma de un pequeño parche adhesivo aplicado detrás de la oreja. El producto libera una dosis de escopolamina para 3 días que mejora los trastornos vestibulares periféricos. Un efecto indeseable frecuente es la sequedad de boca; otro raro, es la visión borrosa.

Diversos:

El diazepam (Valium) es un tranquilizador que parece ejercer un efecto supresor sobre el laberinto. La dosificación es de 5 mg cuatro veces al día.

Histamina:

Este medicamento parece tener un efecto benéfico mayor atribuido a su acción vasodilatadora. Puesto que se administra por vía parenteral, la histamina suele reservarse para los pacientes que no se ha logrado estabilizar con otros medicamentos. Se aplica por vía intravenosa, (2.75 mg de fosfato de histamina en 250 ml de solución salina) diariamente durante 3 a 5 días y luego se continúa mediante inyección subcutánea 2 veces a la semana (0.1 ml de una dilución a 1:100,000) más gotas sublinguales diariamente (dos gotas tres veces al día de una solución de 1:10,000).

Inhalaciones de Bióxido de Carbono:

(CO a 5% y oxígeno a 95%), se han utilizado para lograr un efecto vasodilatador cerebral. Tratamiento con Estreptomina: Este se reserva para casos graves con afección bilateral. Se aplica un gramo de estreptomina por vía intramuscular dos veces al día hasta el momento en que se presenten los efectos tóxicos vestibulares, según se determina por la pérdida de la respuesta térmica. Es necesaria la vigilancia audiométrica diaria para evitar daño coclear. Tratamiento quirúrgico: Cuando el paciente sigue teniendo síntomas incapacitantes o pérdida progresiva de la audición a pesar de un tratamiento médico adecuado, debe considerarse el tratamiento quirúrgico.

a) Un procedimiento de derivación subaracnoidea endolinfática descomprime el saco endolinfático y preserva la audición.

b) La sección del nervio vestibular a través de la fosa craneal media puede ser aplicable en el paciente con vértigo grave que tiene una audición útil.

c) La laberintectomía se reserva para aquellos pacientes con sordera tan marcada que la preservación de la audición es poco importante. El procedimiento puede llevarse a cabo en la ventana oval mediante una vía de acceso a través del conducto auditivo y da lugar a la eliminación completa de la función coclear y vestibular.

Un enfoque alternativo es la descripción postauricular de los conductos semicirculares.

Acúfenos

El tratamiento del acúfeno es el tratamiento de la enfermedad causal. No existe ningún medicamento capaz de disminuir, por si mismo, el de ninguna naturaleza.

En el tratamiento del acúfeno esencial, se han intentado históricamente todo tipo de terapéuticas, fracasando invariablemente. Estos tratamientos han incluido sección del nervio y destrucción del oído. La destrucción del oído en padecimientos irreversibles que producen sordera profunda, se utiliza en ocasiones para tratar los vértigos de orden periférico; cuando se realiza esta operación, se pone de manifiesto que el acúfeno persiste. La sección del nervio auditivo fue intentada desde principios de siglo por Dandy; sin lograr tampoco mejorar los acúfenos. Estas experiencias constituyen las bases para considerar el acúfeno esencial como manifestación de actividad neurológica de la vía coclear en su totalidad, desde las células de Corti hasta las áreas de recepción de la corteza cerebral.

En el acúfeno esencia, pueden utilizarse los ansiolíticos. Estas sustancias no disminuyen el acúfeno, lo único que hacen es disminuir la reacción emocional ante el. Esto debe ser

explicado cuidadosamente al paciente; es un error serio decirle que determinada sustancia va a mejorar sus zumbidos, porque al comprobar que esto no ocurre así, se puede agravar el daño emocional, de por sí presente ante el zumbido continuo.

III) PERDIDA AUDITIVA CENTRAL

Trastornos Vestibulares de Origen no Supurativo:

Si hay un beneficio terapéutico probado, pero la restricción de líquidos y sal, desensibilización, antihistamínicos e histamínicos, todos tienen sus entusiastas defensores.

Cada paciente debe ser estudiado individualmente para descubrir la etología que debe ser corregida. Esto incluye la infección focal y los factores alérgicos y endócrinos. La tensión del ojo debe ser evitada. Se recomienda el descanso absoluto en cama, descansando sobre el lado del oído normal, con los ojos hacia el oído afectado. La restricción de líquidos (cura de sed) o el tratamiento deshidratante han resultado de valor, particularmente en sujetos pletóricos. Debe ordenarse dieta ligera, restringida en líquidos pero no en calorías, a menos que el paciente tenga sobrepeso, se recomienda una dieta pobre en sal si se sospechan trastornos metabólicos. Aire fresco, ejercicios gimnásticos ligeros, masaje, baños (terapia estimulante) y medidas similares, son empleados para promover diuresis y disforesis, pero deben ser individualizados para

no debilitar al paciente. Debe prohibirse fumar. La medicación generalmente consiste en una solución saturada de yoduro de potasio como alterativo y sedantes como bromuro y barbitúricos.

Pensando que el síndrome de Meniére es resultado de un trastorno vasomotor, que en un grupo de casos es de origen alérgico y en el otro es debido a un vasoespasmo, se han sugerido dos remedios.

En el primer grupo, el tratamiento ideal es descubrir y eliminar o desensibilizar contra el alérgeno específico. Si esto no es posible, debe hacerse la desensibilización a la histamina.

El principio de este tratamiento es que, pesando que los síntomas alérgicos son resultado de hipersensibilidad a la histamina, la desensibilización del sujeto a esta sustancia le exonerara de ataques posteriores. Los pacientes son estimulados con dosis lentamente crecientes, dos o cuando más tres veces por semana, hasta que el límite de tolerancia, que ha sido como máximo 1 mg y a veces menos. Son después mantenidos en la dosis máxima una vez por semana, durante un mes. Se recomienda un tratamiento corto después de un intervalo de tres meses.

En el grupo vasoconstrictor, el tratamiento con clorhidrato

de tiamina y ácido nicotínico ha demostrado ser efectivo. En los jóvenes y gentes de edad madura, el ácido nicotínico es la sustancia activa responsable de los resultados. En el viejo, la acción sedante del cloruro de tiamina es el más importante. Los viejos no toleran bien la dilatación drástica.

El tratamiento local, si está indicado, consiste en la insuflación repetida del oído afectado y el masaje suave de la membrana timpánica.

La sección intracraneal de la porción intracraneal de la porción vestibular del nervio auditivo, ha sido recomendada para casos severos después de que todos los demás recursos terapéuticos han fallado.

Todos los pacientes con vértigo verdadero deben ser examinados concienzudamente, y deben eliminarse todos los posibles focos de infección. Hay evidencia suficiente para asegurar la conclusión de que la infección puede ser un factor etiológico importante.

Neuritis Vestibular

La neuritis vestibular es una enfermedad que se alivia en forma espontánea y para la cual no hay un tratamiento específico. En la fase aguda pueden aplicarse medicamentos

inyectables como el droperidol o fentanil (innovar), que son supresores vestibulares, en dosis de 2 ml. Los efectos indeseables son somnolencia y signos extrapiramidales. El diazepam (Valium) 10 mg IV con lentitud disminuye los síntomas vestibulares agudos. A medida que desaparece el vomito, se puede proporcionar alivio sintomático del vértigo mediante medicamentos antivertiginosos por vía oral, como por ejemplo medicina (Antivert), 25 mg cada 4 o 6 horas tietilperacina (Torecan) 10 mg 3 veces al día. El pronostico es excelente, y en todos los casos ocurre una recuperación completa de la función.

Vértigo Postural Paroxístico Benigno

No hay tratamiento específico para el nistagmo y vértigo posturales, pero el paciente debe ser tranquilizado diciéndole que la enfermedad es autolimitada y que se curara en un término de tres semanas a tres meses. Puede dársele uno de los medicamentos antivertiginosos, aunque no se ha demostrado que estos compuestos sean de utilidad en este trastorno. Los ejercicios para el vértigo ayudan a la compensación vestibular y acortan la duración de los síntomas. Estos consisten en pedir al paciente que adopta la posición de la cabeza que desencadena el problema cada 3 horas. Si los síntomas duran más de 3 meses, entonces vale la pena efectuar una evaluación neurológica completa para descartar enfermedad del tallo encefálico o cerebelosa.

En casos raros, es eficaz la sección quirúrgica del nervio ampular del conducto semicircular. Se aconseja tener cuidado puesto que durante las pruebas posturales positivas, el oído más bajo no siempre es el afectado y en ocasiones, ambos oídos lo están.

Hipoacusia central

Adaptación de prótesis auditivas. El único tratamiento sintomático posible de la hipoacusia es la adaptación de prótesis auditiva. En esencia estos son amplificadores; consisten en un micrófono que recoge los estímulos sonoros del medio ambiente, un circuito electrónico alimentado por pilas que amplifica los impulsos eléctricos que el micrófono envía a consecuencia del sonido y una pequeña bocina, por donde salen, directamente hacia el conducto auditivo externo.

Esta descripción se aplica a todos los aparatos, pero las variedades de ellos en cuanto a su forma, capacidad, dimensiones, etc. es muy grande. Debido a que estos sistemas deben de ser de tamaño pequeño presentan en general muy baja fidelidad por lo que son diseñados para aumentar el volumen de las frecuencias importantes solamente.

Las frecuencias que son importantes varían según el tipo de la sordera, una hipoacusia con pérdida principal en las frecuencias bajas, requerirá de un aparato que las

amplifique en forma preferente. Por el contrario las sorderas sensoriales, que se caracterizan por presentar pérdida de las frecuencias elevadas requerirán de un aparato que amplifique estas selectivamente. Es por eso que los aparatos no pueden usarse en forma indiscriminada, sino que deben ser adaptados en función de la pérdida auditiva y de la curva de amplificación que el aparato es capaz de dar. Además deben ser ajustados en sus diversas respuestas para que den la ganancia óptima necesaria para cada caso.

No todas las sorderas se pueden mejorar por medio de amplificación. Si se recuerda que las hipoacusias conductivas son debidas a un trastorno en la transmisión del sonido en su aspecto puramente mecánico, se comprenderá que en forma universal se mejoran con prótesis auditivas. Las limitaciones para que sean usadas. En las sorderas neurales ninguna prótesis es capaz de mejorar la audición. En estos casos lo que predomina es la falta de discriminación del lenguaje; se oye el sonido pero no se entiende.

III.- AUDIOMETRIA

IIIa.- Tipos de pruebas auditivas.

OBJETIVOS DE LA AUDIOLOGIA.

La audiológica, que es la ciencia de la audición, comprende la evaluación de este sentido y la rehabilitación de sujetos que sufren problemas de comunicación debidos a deficiencias auditivas. Existen dos motivos importantes que hacen necesaria la evaluación:

- a) Establecer el diagnóstico médico sobre el sitio y tipo de enfermedad.
- b) Valorar el efecto de la deficiencia auditiva sobre el aprendizaje, la interacción social, el cambio de ocupación y otras consideraciones que requieren que se oiga o escuche en forma normal.

Las mediciones de la audición pueden contribuir en forma importante al conjunto más amplio de datos, esto es, el interrogatorio y el examen otorrinolaringológico, para así lograr la máxima precisión en el diagnóstico sobre el sitio del transtorno y sobre las enfermedades específicas en cuestión. El supuesto básico es que las anomalías de la audición guardan relación específica con el sitio de la enfermedad, lo que permite diferenciar estos transtornos.

Los individuos que sufren enfermedades diferentes en la misma zona específica refieren experiencias auditivas muy diferentes, y los datos audiométricos permiten diferenciar estas anomalías. Asimismo, la audición deficiente afectará la atención, la adquisición del lenguaje, la precisión del habla y la eficacia general de la comunicación por mecanismos que guardan relación específica con el grado y tipo de trastorno.

Los planes de educación especial y rehabilitación deberán variar y orientarse con base en datos de la medición auditiva, además de otras variables importantes, como la inteligencia, motivación y apoyo familiar. El médico se ve obligado a valorar la integridad del oído medio en forma algo indirecta y es totalmente incapaz de examinar el caracol y sistema nervioso auditivo excepto en su participación en los mecanismos de respuesta al sonido.

VALORACION AUDIOLOGICA.

El diagnóstico otológico se basa, al menos en parte, en la presunción de que se ha llevado a cabo una prueba auditiva fiable y válida. Las decisiones medicolegales dependen en gran medida de la exactitud de estas pruebas.

Los medios de rehabilitación, como la adecuación de una prótesis auditiva, requieren una valoración audiométrica competente. Un programa de rehabilitación que incluya el

aspecto educativo y las consideraciones vocacionales, exige la compilación de mucho material fundamental, pero la piedra angular es el audiograma.

Cuando se considera el audiograma a la luz de cualquiera de estas aplicaciones, se hace evidente la necesidad de un personal informado y competente. La formación tiene que abarcar mucho más que el simple movimiento de los diales y la recogida de las respuestas.

El profesional responsable de la valoración audiométrica debe tener conocimientos de:

- 1) La anatomía y fisiología del sistema auditivo.
- 2) Los aspectos otológicos de la hipoacusia.
- 3) El instrumental y sus limitaciones.
- 4) Las premisas psicofísicas en que se basan los métodos de prueba.

Este profesional debe interpretar adecuadamente los datos audiométricos cuantitativos y cualitativos que contribuyen a determinar la localización de la lesión y tiene que reconocer la necesidad de ulteriores procedimientos de evaluación.

TIPOS DE EVALUACION AUDITIVA.

De muchas formas puede conocerse la capacidad del paciente de oír, formas que varían desde procedimientos informales a mediciones muy estandarizadas y precisas que requieren equipo especial. La habilidad y exactitud del examinador guardan estrecha relación con el equipo a su disposición, aunque más bien con su educación, experiencia, imaginación y talento. A medida que los estudios de la audición son más frecuentes y sistemáticos en el consultorio, es más probable que se adquiera habilidad en su uso y se apliquen en la práctica. En este capítulo mencionaremos algunos tipos de pruebas auditivas: estudios con diapasón, audiometría por tonos puros, audiometría verbal, pruebas especiales, y audiometría en niños.

MODELOS DE PRUEBA.

Las pruebas de la audición tienden a corresponder a alguno de diversos modelos conocidos. En cada modelo, es necesaria la comparación por referencia. Con mayor frecuencia la audición del paciente se compara con el promedio de personas de audición normal. Cuando no se dispone de un estándar de lo que es normal, el examinador suele hacer las veces de norma, o sea de oído prototipo con el que se compara la audición del paciente.

Obviamente, el estándar puede derivarse del propio paciente, como cuando se comparan los resultados antes y después del

tratamiento o ambos oídos se estudian a frecuencias o intensidades diferentes. En esta categoría se encuentra la comparación de importancia fundamental entre la conducción aérea y la conducción ósea. Estos términos describen la supuesta vía que siguen los estímulos acústicos.

En la conducción aérea participan el oído externo y medio en la transmisión de sonido hacia el caracol y más allá se piensa que ésta es la vía normal de la transmisión del sonido. En la conducción ósea, se hace vibrar el cráneo por contacto directo con un cuerpo que oscila en forma periódica, como un diapason.

Se supone que el estímulo que se conduce por vía ósea, mueve los líquidos cocleares y, así no penetra al oído externo y medio, Békésy ha demostrado que la vibración del caracol es la misma, sin importar si el sonido penetra por conducción aérea u ósea. La prueba de conducción ósea se ha considerado como índice de la integridad del caracol y las estructuras más proximales.

La audición normal por conducción ósea hace pensar que es muy probable que el funcionamiento coclear y retrococlear es normal. Si el componente neurosensorial es normal pero existe pérdida de la agudeza del sistema total, se llega a la conclusión que el trastorno es consecuencia de lesión de la porción restante del sistema, esto es, el oído medio, el oído externo, o ambas estructuras, porciones que no se pueden

evaluar si el estudio de la conducción ósea proporciona resultados normales.

Por otra parte, si la conducción ósea no es más sensible que la conducción aérea, se deduce que el trastorno total se debe a lesión o a cambios en el mecanismo coclear o retrococlear.

ESTUDIOS POR DIAPASON.

El médico que dispone de un juego de diapasones cuyas frecuencias se encuentran dentro de los límites auditivos, de las regiones más agudas a la más graves, puede estudiar la sensibilidad auditiva.

Los diapasones de los juegos ordinarios producen algunas de las notas Do de la escala musical, esto es, producen las frecuencias de 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096 y 8192 Hz. Suele bastar usar sólo las llamadas frecuencias del habla, esto es 512, 1024 y 2048 Hz.

UMBRAL.

Se sostiene el diapason por el tallo y una de las puntas se golpea contra una superficie firme pero elástica, como la parte inferior de la mano o el codo. Debe tenerse cuidado de no golpear el diapason contra el borde de una mesa o de algún

otro objeto duro pues se producen sonidos armónicos, algunos de los cuales se escuchan a alguna distancia del diapasón, y que pueden incluso causar alteración permanente de las características vibratorias del instrumento. Se sostiene el diapasón cerca del oído, y se le pide al paciente que señale el momento en que deja de escuchar el sonido.

En seguida, el examinador se coloca el diapasón cerca de la oreja y mide el intervalo entre el momento que refiere el paciente, y el instante en que el examinador deja de escuchar el sonido.

Este procedimiento no sólo produce una evaluación a groso modo de la sensibilidad auditiva relativa, sino además, si se dispone de diapasones de varias frecuencias, permite conocer la sensibilidad diferencial a los tonos; mejor audición de las frecuencias bajas en comparación con las altas, o sea pérdida auditiva plana.

PRUEBA DE WEBER.

La prueba de Weber amplía la experiencia bien conocida de escuchar la propia voz con mayor intensidad cuando la persona se tapa la oreja.

El tallo del diapasón en vibración se coloca en la línea media de la frente y se le pide al paciente que señale si escucha el

sonido en el oído izquierdo, o derecho, o en ambos. Por lo regular, el paciente percibe el sonido del diapason en el oído en que la conducción ósea es mejor o en el que el componente conductivo es mayor.

Si el sonido se escucha en el oído que según él es más deficiente, debe sospecharse pérdida auditiva por trastorno de la conducción en el oído en cuestión. Si el sonido se escucha en el oído menos deficiente, se sospechará pérdida sensorinerviosa en el oído de agudeza auditiva menor. Tal vez parezca ilógico al paciente, y a veces también al examinador, que el sonido se escuche en el oído que sufre trastornos de la conducción y no en el oído mejor.

En la prueba de Weber y otras que describiremos, este fenómeno, que se observa en los problemas de la conducción y que consiste en mayor intensidad de la conducción ósea, se ha explicado por la atenuación del ruido de fondo que se conduce por el aire y la prevención de la pérdida de energía acústica en el meato externo, factores que se eliminan al cubrir u ocluir las orejas.

La prueba de Weber es de mayor utilidad en los casos de trastorno unilateral, pero tal vez ocurran dudas cuando un oído sufre a la vez trastorno de la conducción y neurosensorial (trastorno combinado), cuando se dispone de un diapason de una sola frecuencia, o cuando se usa sólo la prueba de Weber.

PRUEBA DE RINNE.

La prueba de Rinne permite comparar la audición del paciente por conducción ósea y conducción aérea. El tallo del diapasón en vibración se sostiene contra la apófisis mastoides del paciente (Conducción ósea) hasta que ya no se escuche; en seguida las puntas se colocan frente al mismo oído (conducción aérea). El oído normal escuchará de nuevo por conducción aérea el diapasón, resultado que se llama Rinne positivo. Se puede explicar estos resultados por la disparidad intrínseca de la impedancia en la relación diapasón cráneo. En el paciente que sufre pérdida auditiva neurosensorial también se producirá un resultado Rinne positivo, si es que el diapasón es perfectamente audible cuando el trastorno neurosensorial afecta por igual la conducción aérea y ósea.

Se usa el término de Rinne negativo cuando el paciente no puede escuchar de nuevo por conducción aérea el diapasón después que deja de oírlo por conducción ósea. La interpretación de los resultados de la prueba de Rinne se resume en la siguiente tabla:

Resultado de la prueba de Rinne	Estado de la audición	Sitio
positiva $CA \geq CO$	Normal o deficiencia neurosensorial	Ninguno o coclear-retrococlear
negativa $CA < CO$	Deficiencia conductiva	Oído externo o medio

PRUEBA DE SCHWABACH

La prueba de Schwabach permite comparar la conducción ósea del paciente con la del examinador. Con el tallo del diapasón en vibración contra la apófisis mastoides, el paciente señala el momento en que deja de escuchar el sonido.

En ese instante, el examinador aplica el tallo del diapasón contra su propia apófisis mastoides y mide el tiempo (en segundos) durante los cuales aún puede percibir el sonido.

Existe un Schwabach normal cuando la conducción ósea del paciente y examinador son aproximadamente iguales. Se dice que existe Schwabach prolongado o mayor cuando la conducción ósea del paciente es apreciablemente más duradera que la del examinador, como en los casos de pérdida auditiva por trastornos de la conducción. Cuando el examinador puede escuchar el diapasón mucho después que el paciente, lo que hace pensar en pérdida auditiva neurosensorial, se aplica el término de Schwabach reducido, en la siguiente tabla se muestra la interpretación de los resultados del estudio de Schwabach.

Resultado de la prueba de Schwabach	Estado de la audición	Sitio
Normal	Normal	Ninguno
Prolongado	Pérdida conductiva	Oído externo, medio ó ambos sitios
Reducido	Pérdida neurosensorial	Coclear, retrococlea o ambos sitios

PRUEBA DE BING.

La prueba de Bing es una aplicación del llamado efecto de oclusión, en el cual se escucha el diapasón más intensamente al tapar el oído normal. Si se abre y cierra en forma alternada el meato auditivo externo a la vez que se sostiene el diapasón en vibración contra la apófisis mastoides, el oído normal percibirá un aumento y disminución de la intensidad (Bing positivo). Se logrará un resultado similar si existe pérdida neurosensorial auditiva. Sin embargo, el paciente cuyo mecanismo conductor se ha modificado como en los casos de otitis media u otosclerosis, no notará cambio alguno en la intensidad (Bing negativo).

AUDIOMETRIA POR TONOS PUROS.

La invención del tubo de vacío hizo posible los tonos de producción electrónica. Los instrumentos llamados audiómetros, que se crearon en los primeros años de la década de 1920, producían aún las octavas de la nota Do como lo hacían los diapasones. La intensidad tonal podía conservarse a un nivel fijo, por lo que ya el sonido no comenzaba de inmediato a desaparecer, como en los diapasones.

El tono podía interrumpirse a voluntad o reducirse la intensidad a intervalos fijos por medio de dispositivos en serie, de impedancia eléctrica, por lo que, así pues, se

tuvo oportunidad de cuantificar la intensidad del sonido. Fue necesario sólo aplicar una graduación en decibeles al continuo de la intensidad para que naciera la era de la audiometría moderna por tonos puros.

AUDIOMETROS DE TONOS PUROS.

El audiómetro de tonos puros es un aparato electrónico que produce sonidos relativamente desprovistos de ruido o de energía sonora en forma de armónicos, esto es, tonos puros. Existen aparatos que producen una serie de tonos que aproximadamente preservan las relaciones de octavas de la nota Do, esto es: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz. También producen tonos a intervalos de media octava.

El audiómetro se compone de tres partes esenciales: un oscilador de frecuencia variable para producir los sonidos, un atenuador para variar la intensidad, en forma característica por grados de cinco decibeles, y un transductor para transformar la energía eléctrica en energía acústica.

CONDUCCION AEREA Y CONDUCCION OSEA

El aparato suele contar con dos fuentes sonoras. Una está constituida por los audifonos, que se sostienen firmemente contra los oídos por medio de una banda sobre de la cabeza. Cada oído se estudia por separado, y los resultados se anotan

en forma gráfica como el audiograma de la conducción aérea. La segunda fuente sonora es un oscilador o vibrador de conducción ósea que se sostiene firmemente contra la apófisis mastoides (o la frente) también por una banda sobre de la cabeza. El vibrador hace oscilar el cráneo, lo que produce cambios en los líquidos del caracol.

Suele aceptarse que los resultados, que se anotan en forma gráfica como el audiograma de conducción ósea, son producto de el esquivamiento del oído medio, por el estímulo, constituyen un índice de la reserva coclear y son reflejo del estado del sistema del nervio auditivo. Más adelante veremos como esta interpretación no es completamente exacta, pero sí por lo regular útil.

UMBRAL

El objetivo de la medición es determinar el nivel de intensidad más bajo en decibeles en el que se escucha cada frecuencia; y, en consecuencia, el umbral del sonido en cuestión.

CERO AUDIOMETRICO Y LIMITES DE INTENSIDAD

El nivel del umbral de audición del paciente se compara con el cero audiométrico, que es el promedio de los umbrales de un gran número de adultos jóvenes que no sufren trastornos auditivos, no presentan antecedentes de enfermedades óticas y

no han padecido recientemente resfriados. Cada frecuencia tiene su propio cero diferente, y el audiómetro puede producir intensidades calibradas según el cero.

Puesto que el cero es el valor promedio de los umbrales, deben también existir intensidades menores en el aparato que se use para medir los umbrales de pacientes de mayor agudeza auditiva.

Las intensidades del audiómetro pueden variar de 10 db, debajo del umbral cero, o sea -10 a 110 db., por arriba de 0. Si en un sujeto es necesaria una intensidad de 45 db., por arriba del nivel normal para que se perciba un sonido en particular, el nivel del umbral de audición es de 45 db; si su sensibilidad auditiva es más cercana al umbral y requiere sólo de 20 db., por arriba de la cifra cero, el umbral será 20 db. Si el sujeto es 10 dB más sensible que el promedio, su umbral de audición se simboliza con una cifra negativa, esto es -10 db.

SIMBOLOS EN EL AUDIOGRAMA RESPECTO A LA CONDUCCION AEREA Y OSEA.

El audiograma es una gráfica de la sensibilidad del oído a varias frecuencias. Se registran las cifras para cada oído por separado; las frecuencias se señalan en la abscisa y la intensidad en la ordenada. Los símbolos estándar para la conducción aérea y ósea se muestran en la clave del audiograma de la figura IIIa.1a.1b.

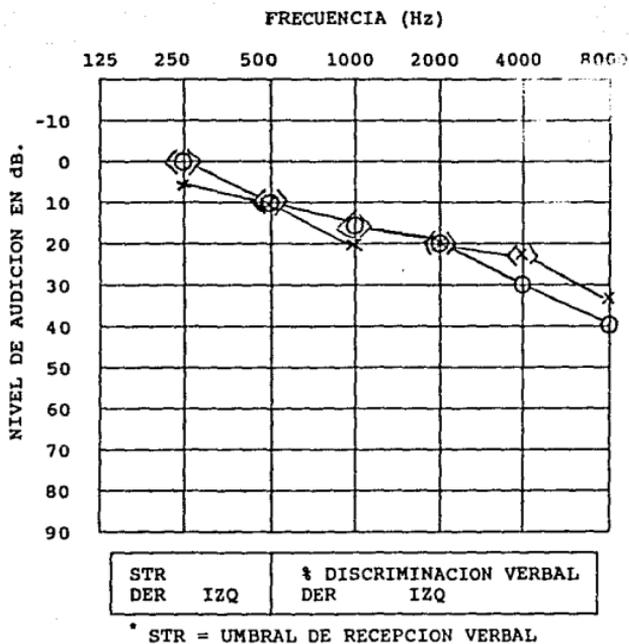
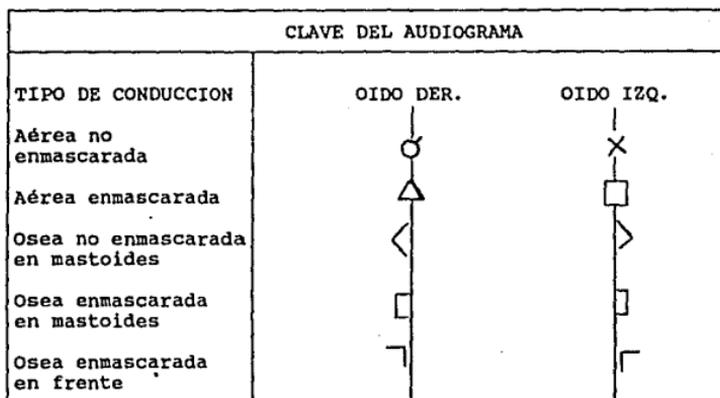


Figura IIIa.1b Audiograma



CAPITULO IV

DISEÑO

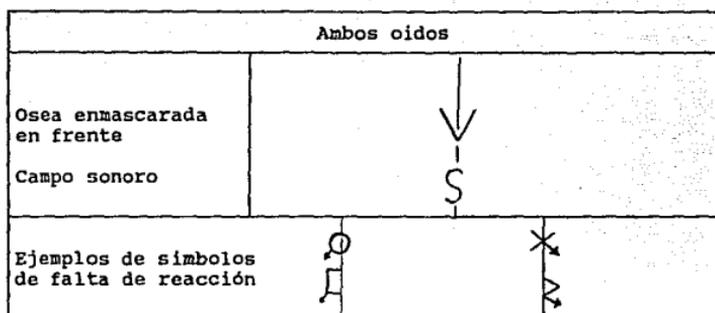


Figura IIIa.1b Clave que muestra los símbolos estándar.

Según se observa en el audiograma, los símbolos de conducción aérea se unen normalmente con una línea continua. Los símbolos de conducción ósea se unen con una línea interrumpida cuando existe una diferencia entre la conducción aérea y ósea; si no existe esta diferencia, los símbolos nunca se unen. En este sistema de símbolos no es necesario un código de colores para indicar de que oído se trata.

Sin embargo, si se emplean colores, deberá utilizarse el rojo para los símbolos del oído derecho y sus líneas de conexión, y el azul para el oído izquierdo.

PROCEDIMIENTO PARA CONOCER EL UMBRAL.

Carhart y Jerger conminaron a los médicos a estandarizar sus métodos de reconocer los umbrales de tonos puros al adoptar las

características de la técnica de Hughson-Westlake aceptada por el Comité para la Conservación de la Audición de la Academia Estadounidense de Oftalmología y Otorrinolaringología. El procedimiento de Hughson-Westlake a veces se llama el método ascendente, pues se presentan los tonos al paciente por grados discontinuos, desde el nivel de inaudibilidad hasta el nivel en decibeles al cual el paciente indica que escucha el estímulo.

Cuando el paciente reacciona al tono, el estímulo se reduce de 10 a 15 db y se inicia un nuevo ascenso. Se define el umbral como el nivel mínimo al cual se produce la percepción en más de la mitad de los ascensos.

VALIDEZ.

La comparación de los umbrales de conducción aérea y ósea es aún un factor importante en el proceso de tomar decisiones sobre el tratamiento médico y quirúrgico de las enfermedades óticas.

En muchos casos, la corrección de la diferencia aire-hueso es aún el objetivo ideal del tratamiento. Es de vital importancia para tomar decisiones adecuadas que se tengan datos validos; por esta razón, el examinador debe estar consciente de todos los factores que pueden invalidar los resultados de dicha medición.

ATENUACION INTERAURAL Y AUDICION CRUZADA.

La atenuación interaural es la reducción de la intensidad del estímulo cuando se transmite de un oído al otro. Por ejemplo, el sonido de 1000 Hz que se presenta a un oído de 65 dB (en relación al cero audiométrico), tal vez sufra una atenuación interaural de 55 dB antes de llegar al otro oído en forma de un estímulo de 10 dB que se percibirá sólo si el caracol es sensible a los sonidos de 10 dB.

Suelen usarse los términos audición cruzada o curva de sombra cuando el paciente responde al estímulo, al escucharlo en el oído que no se está estudiando. La audición cruzada con toda probabilidad ocurre a través del cráneo por conducción ósea, aún si el estímulo se presenta por medio de los audífonos de conducción aérea.

Se acepta que 45 dB es una estimación razonable de la atenuación interaural mínima que ocurre antes que se produzca audición cruzada en los límites de frecuencia de 250 a 8000 Hz. Así pues, cuando exista diferencias de 45 dB o más, los umbrales de conducción aérea entre un oído y otro se pondrá en tela de juicio la validez de los resultados del oído menos sensible. La atenuación interaural del estímulo que se presenta por conducción ósea es casi nula. Al colocar el vibrador óseo en la apófisis mastoides o el hueso frontal se producirán vibraciones por todo el cráneo, lo que permite que se produzca

una estimulación esencialmente igual en ambos caracoles. Esta inexistencia de atenuación interaural importante en el caso de la conducción ósea a menudo crea problemas para identificar correctamente las relaciones aire-hueso en el oído que se estudia.

Por ejemplo, cuando existe una diferencia en los umbrales de conducción aérea entre uno y otro oídos, desde el punto de vista teórico el umbral de conducción ósea puede ser tan sensible como el umbral de conducción aérea del oído más agudo.

Para poder validar los resultados de la medición es necesario excluir el oído que no se estudia por medio de un estímulo de enmascaramiento eficiente, de forma que las reacciones del paciente guarden relación con el oído que se estudia.

Las características de la atenuación interaural pueden usarse para sentar reglas sobre los casos en que es necesario el enmascaramiento.

En el caso del estudio de la conducción aérea, se deberá usar enmascaramiento cuando el nivel de presentación del estímulo sea 45 o más decibeles más intenso que el umbral de conducción ósea del oído que no se estudia. Cuando se hacen las pruebas de conducción ósea deberá enmascarse el oído que no se estudia siempre que exista una diferencia aire-hueso en el oído sometido a prueba.

ENMASCARAMIENTO.

El enmascaramiento es el ocultamiento de un sonido por otro, o sea el aumento del umbral de un estímulo que se produce por la introducción de un segundo estímulo. Si bien el sonido que produce enmascaramiento más eficiente de un tono puro es otro tono de la misma frecuencia, existe el obvio problema de diferenciar el estímulo de enmascaramiento, del estímulo original.

Para resolver este problema se han usado varios tipos de ruido como estímulos de enmascaramiento, como ruido blanco o gaussiano, ruido blanco conformado (ruido rosa) y ruido de banda estrecha. De estos ruidos, el ruido de banda estrecha es el estímulo que produce enmascaramiento más eficiente de los tonos puros.

De los varios métodos que se han adoptado para la aplicación clínica de los principios del enmascaramiento, la técnica descrita por Hood es probablemente la más sencilla; sin embargo, es la que tiene menos probabilidad de producir errores burdos.

Este método, que suele llamarse método de la meseta, se basa en datos que ponen de manifiesto que una vez que el enmascaramiento llega a su nivel mínimo eficaz, la relación entre el estímulo de enmascaramiento y el estímulo enmascarado

es de tipo lineal; esto es, por cada incremento en el nivel de enmascaramiento, la señal enmascarada se eleva una cantidad igual.

Por lo expuesto, en tanto que el tono de prueba se percibe (por audición cruzada) en el oído enmascarado, la relación entre el enmascaramiento y el tono permanecerá lineal.

Cuando se llega al umbral de enmascaramiento en el oído que se estudia, el enmascaramiento adicional en el oído contrario no producirá desplazamiento adicional del umbral; se ha llegado a la meseta o al punto de cambio.

La meseta debería permanecer relativamente estable al aumentar el sonido de enmascaramiento de 15 a 20 decibeles más allá del nivel en que comenzó la meseta.

Los ruidos de enmascaramiento tienen las mismas características de atenuación interaural que los estímulos de conducción aérea que se presentan a través del mismo tipo de transductor, por lo que puede ocurrir enmascaramiento excesivo cuando el nivel de ruido de enmascaramiento es mayor, en 45 dB o más, que el nivel del umbral de conducción ósea del oído que se estudia.

Al ocurrir enmascaramiento excesivo se pondrá de manifiesto la misma relación lineal que se describió anteriormente. El método de la meseta se ilustra en la figura IIIa.2.

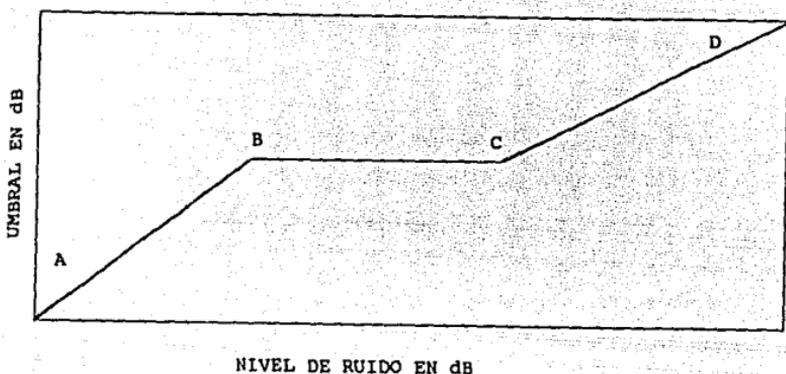


Figura IIIa.2 Método de enmascaramiento de meseta.

Los estímulos verbales siguen las mismas reglas generales de atenuación interaural y audición cruzada que las que se describieron para los estímulos de tonos puros. Así pues, en la audiometría verbal tienen validez los mismos criterios sobre la necesidad de enmascaramiento que se usaron en los estudios de tonos puros; esto es, deberá usarse enmascaramiento cuando el nivel de presentación del estímulo sea mayor, en 45 decibelios, que el umbral de conducción ósea del oído que no se estudia.

El examinador debe prestar especial atención a esta relación al estudiar la discriminación verbal, pues las palabras se presentan a un nivel de intensidad que es mayor que el umbral.

Si bien se prefieren los ruidos de banda estrecha al enmascarar tonos puros, las frecuencias de estos ruidos son demasiado limitadas como para enmascarar la amplia gama de frecuencias del habla. Los estímulos de enmascaramiento que se prefieren son el ruido blanco o ruido verbal, esto es ruido blanco conformado por filtros para semejar el espectro de frecuencias del habla.

Sin importar el tipo de ruido que se use, deben establecerse niveles eficaces de enmascaramiento para el audiómetro particular que se usa. Esto puede lograrse al calcular el promedio de los niveles eficaces de 500, 1000 y 2000 Hz o al hacer mediciones en un grupo de individuos con audición normal. El ruido y los estímulos verbales pueden mezclarse en el mismo audifono y conocerse los umbrales del habla cuando se usan varias intensidades de ruido.

De esta forma, el examinador descubre el nivel que es necesario para lograr el cambio del umbral que se desea en el oído enmascarado.

COLOCACION DEL VIBRADOR DE CONDUCCION OSEA.

Las variables relacionadas con la colocación del vibrador de conducción ósea han despertado considerable interés entre los investigadores que estudian la medición de este tipo de conducción.

Si los estímulos se transmitirán al caracol independientemente del sitio en que se coloque el vibrador en el cráneo, se ha prestado mayor atención a la colocación en apófisis mastoides y hueso frontal.

Se tendrá más cuidado al poner el vibrador sobre la apófisis mastoides, que al colocarlo sobre el hueso frontal. El tejido que cubre a éste último es relativamente homogéneo sobre la amplia zona en que se puede colocar el vibrador óseo, mientras que el tejido que cubre la mastoides varía considerablemente al desplazarse del promontorio en dirección inferior, superior o posterior.

La colocación descuidada del vibrador; por ejemplo fuera del promontorio y sobre el tejido blando adyacente, fácilmente puede menguar el estímulo que llega al caracol en 15 dB.

A la inversa, si el vibrador se pone sobre el pabellón, aumentará el estímulo en relación al que se produce por la colocación correcta sobre la apófisis mastoides. La fuerza que ejerce contra el cráneo el vibrador óseo puede producir variabilidad del estímulo en ciertos casos.

La tensión del resorte en la mayor parte de las bandas de sostén del vibrador óseo, por lo regular constituye una fuerza importante. No deberá confiarse en las viejas cintas de sostén que han perdido mucha de su tensión.

INTERPRETACION CLASICA

Los audiogramas pueden interpretarse según el grado de pérdida, la forma o pauta de esta pérdida, y las relaciones entre conducción ósea y aérea. En la pérdida conductiva pura, el grado de disminución de la agudeza será, en lo que se refiere al nivel de audición, de más de cero a aproximadamente 70 dB.

Las pérdidas mayores de un nivel de audición de 70 dB deben incluir algún componente neurosensorial. Las pérdidas neurosensoriales pueden ser de cualquier grado, desde las más leves hasta las más graves. Muchos han estimado que la hipoacusia a las frecuencias altas es de característica neurosensorial. Se ha considerado que las pérdidas de las frecuencias bajas y de tipo plano son conductivas; sin embargo, las excepciones a estas generalizaciones son notables.

Por ejemplo, los audiogramas en diferentes fases de la hidropesía endolinfática pueden incluir pérdidas a bajas, a planas y a altas frecuencias. También en los casos de tumores del ángulo cerebeloprotuberancial se observará cualquiera de estos tipos de pérdidas.

Con mucho, la contribución más importante a la interpretación del audiograma lo constituye la relación entre los umbrales de la conducción aérea y ósea, esto es, la existencia o no de una diferencia aire-hueso.

Estas relaciones pueden describirse, en términos generales, en la forma siguiente:

1. Cuando los umbrales de conducción ósea, además de normales, son 10 o más dB mejores (más sensibles) que los umbrales de conducción aérea, la pérdida es de tipo conductivo. Figura IIIa.3.

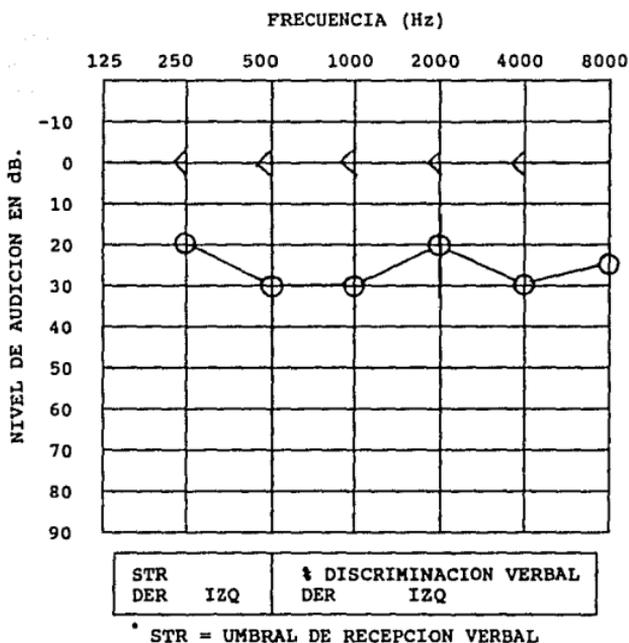
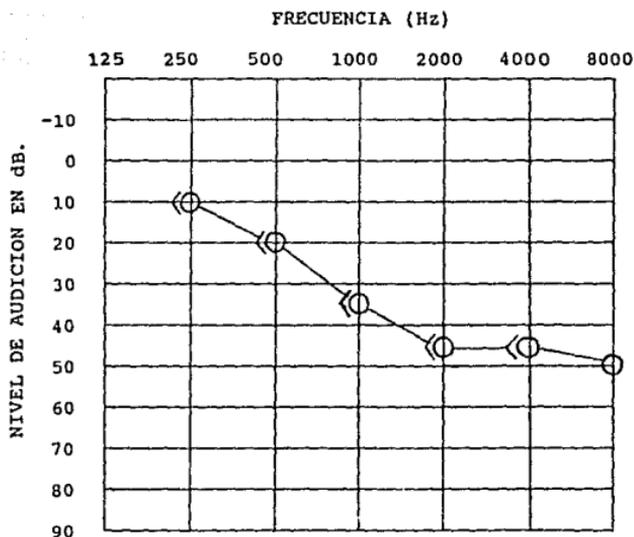


Figura IIIa.3 Umbral reducido de conducción aérea y umbral normal de conducción ósea, datos característicos de la deficiencia auditiva por conducción.

2. Cuando los umbrales de conducción ósea son iguales a los umbrales de conducción aérea y ninguno de los dos umbrales es normal, la pérdida es neurosensorial.

Figura IIIa.4.



STR		‡ DISCRIMINACION VERBAL
DER	IZQ	DER IZQ

* STR = UMBRAL DE RECEPCION VERBAL

Figura IIIa.4 Umbrales por igual reducidos de conducción aérea y ósea, datos característicos de la deficiencia auditiva sensorinerviosa.

3. Cuando los umbrales de conducción ósea son menores pero mejores que los de conducción aérea en 10 o más decibeles, la pérdida es mixta o combinada. Figura IIIa.5.

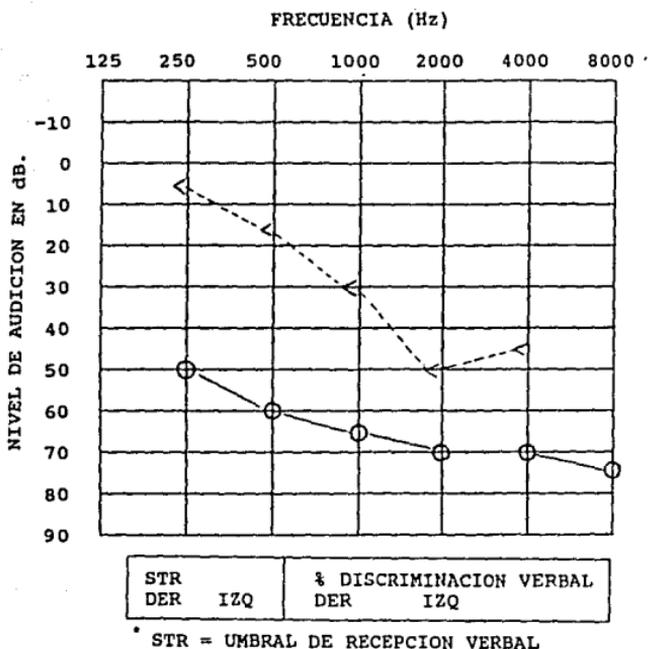


Figura IIIa.5 Umbrales de conducción aérea y ósea de reducción desigual y persistencia de la diferencia aire-hueso, datos característicos de la deficiencia auditiva mixta o combinada.

El resultado de la interpretación clásica de la diferencia aire-hueso es manifestación bastante exacta del trastorno real. Cuando se descubre una diferencia aire-hueso, es muy probable que exista alguna alteración del mecanismo de conducción y transformación en el oído externo o medio.

Asimismo, la inexistencia de una diferencia aire-hueso es dato casi tan confiable de afección neurosensorial.

AUDIOMETRIA VERBAL.

Los estudios por tonos puros permiten obtener información sobre el grado de pérdida auditiva, las formas audiométricas y el tipo de pérdida, esto es, conductiva o neurosensorial. Si bien con base en los tonos puros se hacen deducciones y reflexiones sobre la capacidad de escuchar y comprender el habla, la audiometría de tonos puros no es una medición directa de estas capacidades, y puede ser causa de error.

La necesidad de evaluar la audición en lo que se refiere a la comunicación, condujo a crear pruebas que usan el habla misma como estímulo.

La creación de estas pruebas se hizo en dos direcciones, a saber, medidas de la sensibilidad (umbral de recepción verbal) y medidas de la comprensión (puntuación de discriminación verbal).

UMBRAL DE RECEPCION VERBAL.

El umbral de recepción verbal, que algunos llaman el umbral espondeo, es el nivel de emisión más débil en decibeles al cual el paciente puede identificar correctamente 50 por 100 de las palabras de prueba. Se ha creado una prueba eficiente con base en espondeos (palabras de dos sílabas de acentuación igual) que corresponde con exactitud al umbral para las frases y el habla continua. Las pruebas del umbral de recepción verbal por medio de palabras espondeas es el método que se usa para medir la sensibilidad de la comprensión del habla.

Una versión que se usa comúnmente de la lista de espondeos es la Prueba Auditiva W-1 del Instituto Central de la Sordera. (cuadro 1).

CUADRO 1. Lista de palabras espondeas para la prueba auditiva W-1.

1 credo	10 dado	19 béisbol	28 gramil
2 Rufio	11 jaiba	20 teruel	29 honor
3 fin cruel	12 hotdog	21 hoy voy	30 Manuel
4 cuarta	13 padre	22 iceberg	31 ganso
5 páncreas	14 chusco	23 normal	32 dormir
6 máuser	15 argüir	24 reja	33 forma
7 mirlo	16 corcho	25 pleito	34 obús
8 medio	17 porrón	26 edén	35 teja
9 Berta	18 Carmen	27 punto	36 tonto

Esta prueba puede llevarse a cabo por medio de palabras grabadas o con voz natural vigilando la intensidad con un medidor de volúmen. La prueba es más confiable en lo que se refiere a la uniformidad en la repetición cuando se usan estímulos grabados. La reacción que suele pedirse al paciente es la repetición verbal de las palabras estímulo. En ciertos casos, puede pedirse al paciente que escriba la palabra o señale los cuadros u objetos que nombra el examinador.

El umbral de espondeos corresponde estrechamente al promedio de tonos puros a los 500, 1000 y 2000 Hz, o con el promedio de 500 y 1000 Hz cuando existe una disminución repentina de la agudeza auditiva en las frecuencias medias. Esta relación permitirá evaluar la confiabilidad de los datos en un paciente específico que se lograron por medio de los estudios de umbrales con tonos puros. Si se nota una diferencia de 15 dB o más entre el umbral de espondeos y el promedio de tonos puros, el examinador deberá preguntarse si existe un error en la calibración de los instrumentos o si el paciente no comprendió las instrucciones, no colabora, o exagera su mal para lograr beneficios personales.

DISCRIMINACION VERBAL.

La evaluación de la capacidad del paciente de comprender el habla, permite información en relación a una variedad de tareas médicas. Es útil para el diagnóstico del sitio de lesión, ayuda

en la decisión de colocar una prótesis auditiva necesaria y en la selección de ésta, y auxilia, en términos amplios al describir el problema de comunicación del paciente, lo que es de utilidad en el tratamiento, planeación y orientación en el proceso de rehabilitación.

El método estándar de evaluar la discriminación verbal es una lista de palabras de una sola sílaba. se han creado cierto número de listas que están equilibradas desde el punto de vista fonético, esto es, que corresponden a la frecuencia relativa de los varios fonemas en cada idioma.

También se han equilibrado las listas en lo que se refiere al vocabulario. Las listas de palabras se presentan al paciente a un nivel que varía de 20 a 40 dB por arriba del umbral de recepción verbal.

El individuo responde en forma verbal o escribe la palabra estímulo. La puntuación de discriminación verbal es el porcentaje en base al número de palabras que el paciente repite correctamente.

La puntuación máxima de discriminación verbal por lo regular se produce cuando las listas de palabras se emiten a 35 o 40 dB por arriba del umbral de recepción verbal en los pacientes con audición normal, con pérdida auditiva conductiva y, con frecuencia, con hipoacusia sensorinerviosa moderada.

El mismo nivel de sensación de 35 a 40 dB que produce la puntuación máxima en el caso de hipoacusia conductiva y neurosensorial moderada, tal vez no permita la discriminación máxima en el caso de pacientes que sufren pérdida neurosensorial grave.

En los individuos que sufren hipoacusia grave y en los cuales el umbral es cercano al límite de potencia del audiómetro, a menudo se practica el estudio de discriminación al nivel de intensidad que sea más cómodo para el paciente.

Tal vez sea necesario presentar las listas de palabras de varios niveles de intensidad para poder obtener la puntuación máxima Figura IIIa.6.

En algunos de estos sujetos la puntuación máxima no será de más de 50 a 60 por 100 y, en vez de mejorar la puntuación al presentar las palabras con una intensidad mayor, de hecho puede empeorar. Este efecto se llama regresión.

Las pérdidas de discriminación verbal más impresionantes ocurren en el paciente que tiene una lesión del octavo par, como neurinoma acústico; posiblemente se produzcan puntuaciones de 20 por 100 o menos, aún si se aprecia pérdida moderada por medio de los estudios del umbral con tonos puros.

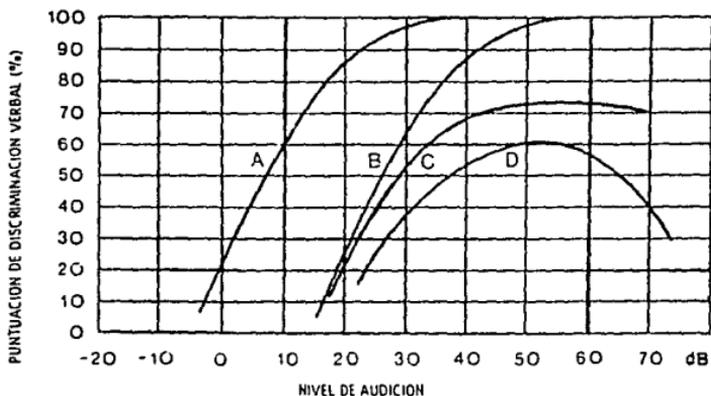


Figura IIIa.6 Relación entre la comprensión de palabras aisladas y los cambios en intensidad. A=normal, B=trastorno conductivo, C=trastorno retrococlear.

PRUEBAS ESPECIALES:

PRUEBAS DEL RECLUTAMIENTO ANORMAL DE LA INTENSIDAD SUBJETIVA, DE ADAPTACION Y DE BEKESY.

La existencia o falta de una diferencia aire-hueso aporta pistas importantes en la diferenciación del tipo conductivo o neurosensorial de hipoacusia.

Sin embargo, estos fenómenos cercanos al umbral tienen muy poca relación con las experiencias por arriba del umbral que ocurren durante la audición cotidiana.

El umbral de recepción verbal casi se encuentra también en la misma categoría de experiencia apenas audible. El estudio de la discriminación verbal, por su parte, en forma sistemática se lleva a cabo a una intensidad suficiente como para encontrarse en una categoría de intensidad subjetiva promedio, y a veces se mide deliberadamente a la intensidad más cómoda.

La comparación entre conducción aérea y ósea puede producir sólo datos generales sobre el sitio de la lesión, si bien posiblemente de la forma audiométrica se derive información adicional que permita hacer reflexiones más específicas.

Este estudio intenta diferenciar trastornos conductivos de los de tipo sensorinerviosos, y la relación aire-hueso de la pérdida por lesión en el octavo par, es exactamente igual a la relación aire-hueso que se observa en un caso de afección del caracol.

Para diferenciar los problemas cocleares de los trastornos del octavo par, son necesarios datos adicionales. Además de la intensidad cercana al umbral, la intensidad por arriba de este puede producir información diagnóstica valiosa. En algunos pacientes, un determinado aumento de la intensidad produce un pequeño aumento lineal de la intensidad subjetiva.

Otros pacientes, estimulados con el mismo incremento de intensidad, perciben una experiencia mucho mayor en lo que se

refiere a la intensidad subjetiva, como si el incremento de la intensidad objetiva fuera mayor. El fenómeno puede observarse en el mismo paciente al comparar un oído con el otro, de lo que se deduce que este fenómeno no guarda relación con características de la personalidad o con causas neurológicas centrales.

PRUEBA DEL EQUILIBRIO BIAURAL ALTERNADO DE LA INTENSIDAD SUBJETIVA.

Fowler hizo notar a los médicos las variaciones en el incremento de la intensidad subjetiva por arriba del umbral, y en los años siguientes creó una prueba clásica de reclutamiento de la intensidad subjetiva que se llamó prueba del equilibrio biaural alternado de la intensidad subjetiva. Se dice que existe reclutamiento anormal de la intensidad subjetiva o reclutamiento positivo cuando se observa un aumento anormal rápido de la intensidad subjetiva. Esta prueba, que se hace con tono puro, compara la intensidad subjetiva que se percibe en un oído, con la que se percibe en el otro al conservar la frecuencia constante. Desde el punto de vista ideal, es necesario que exista un oído normal o un oído con un umbral normal a la frecuencia de la prueba.

En realidad, la prueba es aún valedera si el oído más sensible no es normal, a condición que el aumento de la intensidad subjetiva sea más lenta en el oído mejor que en el otro.

Procedimiento de la prueba:

1. Se identifican por separado los umbrales de cada oído. Al conocer los umbrales, el sonido en el oído menos sensible se equilibra en intensidad subjetiva con el del oído normal, que ahora se considera como oído de referencia.
2. Se le pide al paciente que equilibre la intensidad subjetiva de tres pulsaciones tonales en el oído menos sensible, con la intensidad subjetiva del mismo tono en el oído normal.
3. Se aumenta la intensidad en el oído de referencia, de 30 a 40 dB. Se harán sonar tres pulsaciones tonales en el oído de referencia, e inmediatamente tres pulsaciones de longitud igual en el oído menos sensible aproximadamente 30 a 40 dB más intensas. El paciente informa si la intensidad subjetiva es la misma en ambos oídos o mayor en uno de ellos.
4. Se harán las adaptaciones de la intensidad que sean necesarios y se repetirán los procedimientos de equilibrio de la intensidad subjetiva hasta que el paciente refiera que los sonidos son igualmente intensos en ambos oídos.

En la figura IIIa.7 se compara el aumento de la intensidad subjetiva en uno y otro oídos. Las líneas que se producen se llaman gráfica en escalera, y la orientación angular de los travesaños de la escalera es, en esencia armoniosa o simétrica

cuando la intensidad subjetiva aumenta a un ritmo similar en ambos oídos. Por otra parte, en la figura IIIa.8 se muestra un aumento anormalmente rápido de la intensidad subjetiva en el oído izquierdo, en comparación con el derecho. Los travesaños de la escalera regresan a la horizontal.

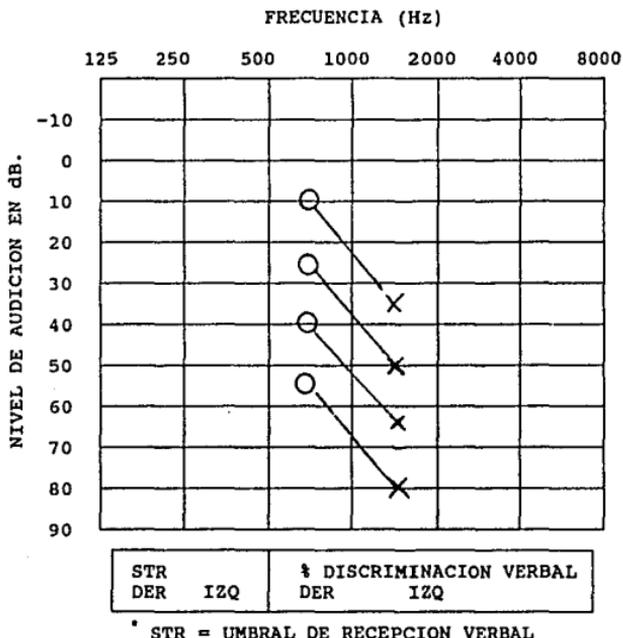
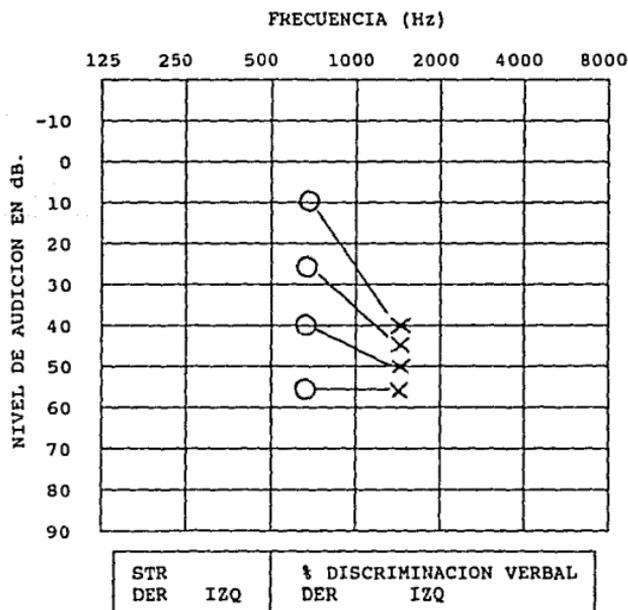


Figura IIIa.7 Gráfica en escalera que se obtiene con la prueba de equilibrio biaural alternado de la intensidad subjetiva en caso de pérdida conductiva en el oído izquierdo, la audición es normal en el oído derecho. No existe reclutamiento.

En el oído izquierdo son necesarios 15 dB por arriba del

umbral para equilibrar la intensidad subjetiva, de la sensación que se produce a 45 dB por arriba del umbral en el oído derecho. A un nivel de audición de 55 dB, el sonido en ambos oídos es igualmente intenso, y el oído menos sensible se comporta en forma normal (en lo que se refiere a la intensidad subjetiva). Se dice que este paciente sufre reclutamiento anormal de la intensidad subjetiva en el oído izquierdo.



* STR = UMBRAL DE RECEPCION VERBAL

Figura IIIa.8 Gráfica en escalera que se produce por la prueba de equilibrio biaural alternado de la intensidad subjetiva en un caso de deficiencia coclear del oído izquierdo, la audición es normal en el oído derecho. Reclutamiento positivo.

Es muy probable que el reclutamiento anormal de la intensidad subjetiva se acompañe de algún grado de trastorno del funcionamiento coclear. En forma característica, no existe reclutamiento anormal de la intensidad subjetiva en la hipoacusia de tipo conductivo, la audición normal y en los casos de trastornos del octavo par.

PRUEBA DE EQUILIBRIO MONOAUROAL DE LA INTENSIDAD SUBJETIVA.

La prueba descrita no se puede usar en forma general debido a que es necesario que exista un oído normal o un umbral normal.

Para estudiar otro tipo de pacientes son necesarias pruebas diferentes. La prueba de equilibrio monoaural de la intensidad subjetiva es especialmente adecuada para estudiar el reclutamiento en los casos de hipoacusia bilateral que se caracterizan por un umbral mucho más sensible a algunas frecuencias. Un ejemplo de este tipo de trastorno se ve en la figura IIIa.9.

En el audiograma se ha dibujado una gráfica en escalera monoaural que pone de manifiesto de reclutamiento anormal. La intensidad subjetiva a los 4000 Hz en el oído izquierdo se equilibra con la intensidad subjetiva a los 500 Hz en el mismo oído. El aumento rápido de la intensidad subjetiva a los 4000 Hz es manifestación de reclutamiento positivo a esa frecuencia.

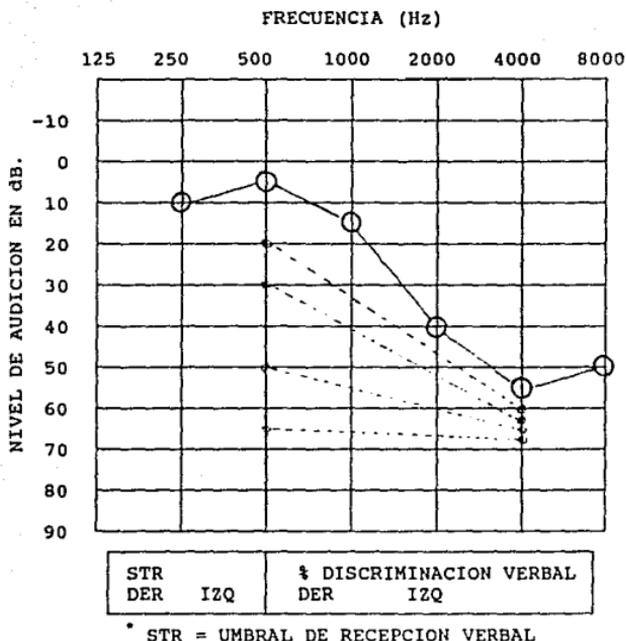


Figura IIIa.9 Gráfica en escalera del equilibrio monaural de la intensidad subjetiva que compara la sensibilidad a 4000 Hz con la que se produce a los 500 Hz en el oído que sufre de trastorno coclear. Reclutamiento positivo.

UMBRAL DE DIFERENCIA E ISIP

En forma paralela a la dos pruebas anteriormente descritas se creó el umbral de diferencia de la intensidad. Existe una relación considerable entre el reclutamiento anormal de la

intensidad subjetiva, y los umbrales de diferencia de la intensidad relativamente pequeños.

El umbral de diferencia es el incremento o decremento más pequeño que puede percibir el paciente. Variará en razón inversa a los niveles de sensación en oído normal o en el oído que sufre pérdida de tipo conductivo, esto es, la diferencia será relativamente grande cerca del umbral, pero relativamente pequeña a una intensidad subjetiva cómoda o a cierta distancia por arriba del umbral.

Se descubrió que esta diferencia en la magnitud entre los niveles de sensación cercanos al umbral y los que se encuentran muy por arriba de éste, era pequeña en los casos de lesiones cocleares.

Una de las pruebas de esta categoría más fáciles de aplicar y más confiable, es el índice de sensibilidad a incrementos pequeños de Jerger, Shedd y Harford.

En esta prueba son necesarias emisiones o pulsaciones separadas por un lapso de 5 segundos y sobrepuestas a un tono continuo de la misma frecuencia, según se ve en la figura IIIa.10. El tono continuo de transporte se encuentra 20 dB. por arriba del umbral.

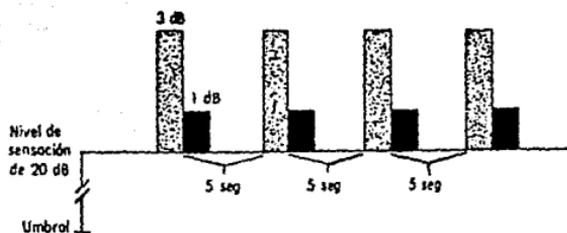


Figura IIIa 10 Emisiones tonales superpuestas a un tono transportador con un nivel de sensación de 20 dB en la prueba del índice de sensibilidad a los incrementos pequeños.

Los sujetos normales y los pacientes que sufren pérdidas conductivas aprecian las emisiones de 3 dB. Aquéllos que padecen pérdida coclear pueden apreciar emisiones de 1 dB y aún más pequeñas.

Las personas de audición normal o que sufren pérdidas conductivas pueden apreciar fluctuaciones de 2.5 a 3.0 dB. y, por medio de adiestramiento, incluso de 1.5 dB, pero aquellas que sufren pérdidas cocleares pueden apreciar fluctuaciones de

1.0 dB. y, por medio de adiestramiento, de 0.75 dB e incluso 0.5 dB. Esta prueba suele mostrarse al paciente con una emisión de 5 dB, para luego llevarse a cabo con una pulsación de 1 dB.

ADAPTACION Y DECLINACION TONAL

La mayor parte de las pruebas que se han tratado forman parte de la audiometría breve o de tono pulsátil, y se componen de estímulos de breve duración y transitorios. La única excepción es la prueba del índice de sensibilidad a incrementos pequeños, en la que es necesario un estímulo continuo.

La estimulación continua que es necesaria en esta prueba rápidamente reduce la intensidad subjetiva en el oído que sufre lesión del octavo par entre el caracol y el tallo encefálico y, de hecho, el tono puede hacerse inaudible.

Este fenómeno, que se llama adaptación anormal de la intensidad subjetiva o declinación tonal anormal, ha traído por consecuencia la creación de los estudios de declinación tonal.

En la versión de Carhart de estos estudios, el tono se emite 5 dB por arriba del umbral de modo que el sonido permanezca audible en forma continua durante 60 segundos.

Si el sonido se hace inaudible antes de los 60 segundos, se aumenta la intensidad 5 dB sin interrumpirlo, y se reinicia el

procedimiento hasta que el sonido permanezca audible durante 60 segundos. Tal vez sean necesarios incrementos adicionales, y el sonido nunca se interrumpe.

El número de decibeles por arriba del umbral necesarios para que el sonido perdure 60 segundos es la puntuación de la prueba de declinación tonal.

AUDIOMETRIA DE BEKESY

Es posible una representación gráfica de la declinación tonal por medio de la audiometría de Békésy.

Georg von Békésy creó un audiómetro y que en forma automática registra el audiograma del paciente cuando éste busca el umbral.

Si el tono es audible, el paciente lo señala al oprimir un botón que, en forma automática, reduce la intensidad del estímulo. Al soltar el botón cuando el tono ya no es audible se produce una inversión de la dirección del cambio de la intensidad y la magnitud del sonido comienza a aumentar una vez más. Puede fijarse la frecuencia por separado como en la audiometría de tonos puros, estándar. En la figura IIIa.11 se muestra un ejemplo de audiograma de conducción aérea de Békésy que se compara con un audiograma clínico estándar de tonos puros.

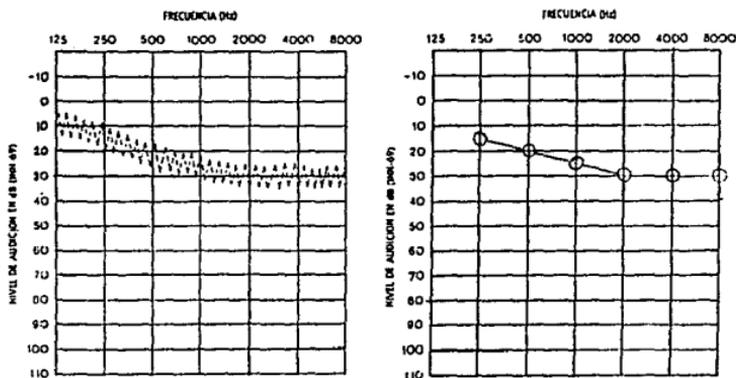


Figura IIIa.11 Comparación del audiograma de Békésy, con el audiograma estándar clínico por tonos puros.

Una de las muchas aplicaciones de audiometría de Békésy es el registro gráfico de las diferencias del umbral cuando el estímulo es pulsátil y cuando es continuo.

En las figuras IIIa.12 y IIIa.13 se muestran los resultados de la comparación de estos dos tipos de estímulos en cuatro pacientes.

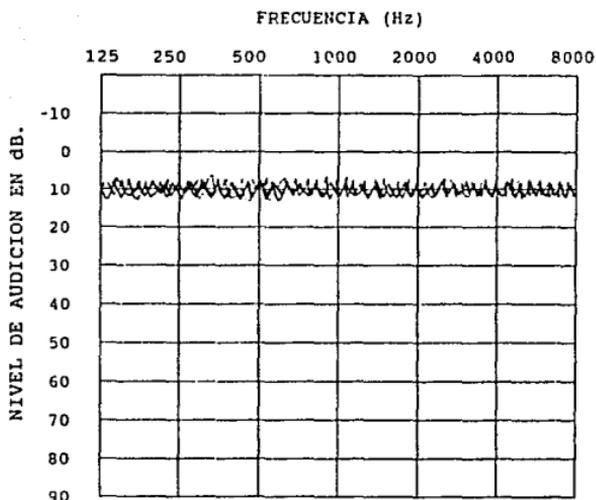


Figura IIIa.12 Audiograma de Békésy, tipo I. Los registros de los tonos continuos e interrumpidos están sobrepuestos.

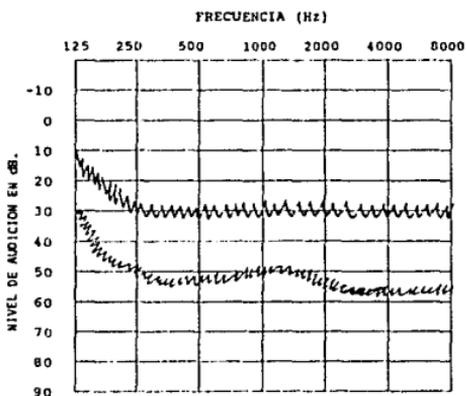


Figura IIIa.13 Audiograma de Békésy tipo IV. Reducción del umbral durante toda la estimulación continua.

En el tipo I, los registros se sobreponen, esto es, no existe diferencia de la reacción a los estímulos pulsátiles o continuos.

En el tipo II, los registros se sobreponen aproximadamente hasta la región de las frecuencias medias, sitio donde el registro continuo se hace menos sensible que el del estímulo pulsátil y a menudo se estrecha.

El tipo III, el registro del estímulo continuo empeora rápidamente y a pesar de producir estimulación de intensidad máxima el tono continuo ya no es audible.

Existe una separación notable de los registros en el tipo IV, y el registro del estímulo continuo es de 20 a 25 decibeles menos sensible que el estímulo pulsátil.

El tipo I de Békésy se observa en la audición normal, la hipoacusia conductiva y algunos trastornos cocleares leves. El tipo II se asocia con Hipoacusia coclear.

Los tipos III y IV se asocian con trastorno del octavo par, si bien el tipo IV tal vez se observe también en el caso de lesiones cocleares.

Muchos especialistas consideran que la amplitud del trazo en el audiograma de Békésy es signo de la existencia o no de

reclutamiento. Concluyen que el trazo estrecho de una amplitud de 3 a 5 decibeles se acompaña de reclutamiento.

Debe tenerse cuidado al hacer ese tipo de deducciones pues, como en el caso del estudio del umbral de diferencia, la personalidad y otros factores pueden producir variaciones importantes en la reacción a la prueba.

Deberá usarse al paciente como su propio control al comparar un oído contra el opuesto, o comparar una frecuencia con la otra en el mismo oído, cuando los umbrales difieren con la frecuencia.

IIIb.- Utilización diagnóstica e interpretación de la audiometría

Audiometría significa medida de la audición. Existen varias pruebas de audición, donde unas son atrasadas y otras nuevas, unas burdas y otras muy refinadas y elaboradas, unas destinadas a la localización y otras al diagnóstico médico.

Se puede señalar que la audición engloba diferentes aspectos, así como diferentes tipos de pruebas apropiadas para cada caso. La primera prueba puede ser el estudio de la sensibilidad:

¿Cuál es la menor intensidad a la cual puede ser oído un sonido?. Luego el reconocimiento del tono: los tonos puros. ¿Suenan puros y musicales?.

Así también existe la prueba de la discriminación auditiva. ¿Cuál es la más pequeña diferencia en tono o en intensidad que una persona puede percibir? así como también existe un nivel de tolerancia.

¿A que intensidad se hace incómodo o doloroso el sonido?. El interés de la audiometría descansa enteramente en el estudio de la sensibilidad, desde el punto de vista médico, el objetivo era determinar si el efecto residía en el mecanismo de conducción del oído medio o en el mecanismo neural del oído interno. Sin embargo, más recientemente han sido reconocidos

la importancia de la tolerancia, el reconocimiento correcto del tono y la discriminación auditiva y se han desarrollado pruebas para estos otros aspectos de la audición.

El otólogo desea distinguir los trastornos en el órgano sensorial del nervio auditivo o el tallo cerebral y, ambas alteraciones de lo que se conoce como disacusia central.

PRUEBAS DE LA SENSIBILIDAD

Para el estudio de la audición y para el tratamiento médico en sus problemas se necesita elaborar pruebas y sobre todo, medidas de la audición.

Cuando alguien es totalmente sordo de ambos oídos, no hay duda acerca de ello; pero idear una prueba simple y confiable que determine si la audición de un individuo es suficientemente buena, es un asunto muy diferente.

No es fácil medir con precisión la sensibilidad auditiva, en parte porque el sonido físico tiene dos dimensiones principales - frecuencia e intensidad - y la pérdida auditiva puede ser mayor para unas frecuencias que para otras.

Las dificultades son vencidas con el audiómetro, siendo este instrumento el apoyo principal para realizar las pruebas para una medida precisa de la audición. Para una prueba aproximada

se sigue utilizando métodos burdos pero probados por el tiempo -la voz al conversar, el susurro, el sonido de una moneda y el tic-tac del reloj.

Las frecuencias para la comprensión del lenguaje se extienden de 400 a 3000 Hz en la prueba de la voz, por lo tanto, nos da una idea de la utilidad de la audición en este campo. El sonido del reloj o de una moneda, son sonidos de alta frecuencia, casi encima del límite necesario para entender el lenguaje.

Son útiles, porque la pérdida auditiva comienza a menudo con una pérdida de la sensibilidad para las altas frecuencias y el efecto puede ser localizado más pronto por el sonido de la moneda, que por la voz.

En una forma muy general, la audición para el lenguaje se deteriora más con las pérdidas conductivas, las cuales afectan todas las frecuencias. Las pérdidas neurosensoriales son a menudo pérdidas de los tonos agudos, que casi siempre empiezan y son más graves por encima de los 2000 Hz.

Las dificultades que se presentan en las pruebas simples, además de la necesidad de tener un cuarto de pruebas silencioso con paredes que no reflejen los sonidos, son la estandarización del sonido y la medida de su intensidad. Las pruebas diagnósticas que se efectúan con el uso de los diapasones, son: la prueba de Schwabach, de Rinne y la de Weber.

El primer paso en el refinamiento de las pruebas auditivas lo constituyó el uso de una serie de tonos puros de frecuencias conocidas que permite el trazo de una gráfica del umbral de audición en una amplia extensión de frecuencias. Los sonidos pueden ser generados por medio de diapasones o instrumentos modificados, siendo los diapasones elementos de gran apoyo para el otólogo, a quien le sirven para una orientación preliminar.

La prueba de Schwabach es una prueba de conducción ósea.

La prueba de Rinne compara la audición del paciente por conducción ósea con su audición por conducción aérea.

La prueba de Weber compara la audición por vía ósea en los dos oídos del paciente.

Se han sugerido varias pruebas adicionales con los diapasones, pero la mayoría de ellas son variaciones de las ya citadas.

EL AUDIOMETRO ELECTRICO

Es un audiómetro de tonos puros, un circuito electrónico oscilatorio genera una corriente alterna de la frecuencia deseada. Casi todos los modelos ofrecen una serie de frecuencias fijas en octavas basadas en 1 000 Hz. El número y selección de las frecuencias depende del uso particular para el cual es diseñado el instrumento, anteriormente eran

populares con ajuste continuo de frecuencias, como el Peters, el Sonotone y el Western Electric modelo 6B, pero el uso de frecuencias fijas se ha hecho una práctica estándar.

La intensidad de la salida del sonido se regula por medio de un cuadrante graduado en pasos de 5 dB., de acuerdo con los estándares americanos para audiómetros.

La corriente eléctrica produce sonido en un receptor o en un audifono, sostenido por un cintillo flexible, colocado sobre el oído del sujeto. Generalmente se utilizan dos receptores cuidadosamente acoplados con un interruptor en el instrumento de manera que el sonido pueda ser enviado a cualquiera de los oídos según la elección del operador.

Se dispone de una amplia área de intensidades, 110 o 120 dB a algunas frecuencias para los tonos de prueba, de manera que cualquier remanente auditivo útil pueda ser percibido.

En algunos instrumentos especiales usados se agregan 10 dB. de intensidad, pero es difícil determinar si es el sentido de la audición o el del tacto el que se está examinando a estas altas frecuencias. Un residuo auditivo a intensidad tan alta, no es muy útil incluso con los modernos auxiliares auditivos.

Para pruebas ordinarias el área de 110 o 120 dB. es suficiente; además, el paso adicional es una tarea para el ingeniero que

diseña un atenuador que debe cubrir la mayor extensión. El operador prende y apaga el tono de prueba. Se requiere un circuito interruptor especial que permita comenzar y terminar gradualmente la corriente para evitar cualquier ruido audible que pueda ser producido por el arranque o interrupción repentina del sistema.

Un audiómetro eléctrico para propósitos diagnósticos en general tiene receptores tanto de conducción aérea como de conducción ósea. Por otra parte, el aumento de intensidad del sonido en tiempo no es mayor de medio segundo, de manera que es muy práctico usar tonos pulsátiles breves como señales de pruebas si se desea.

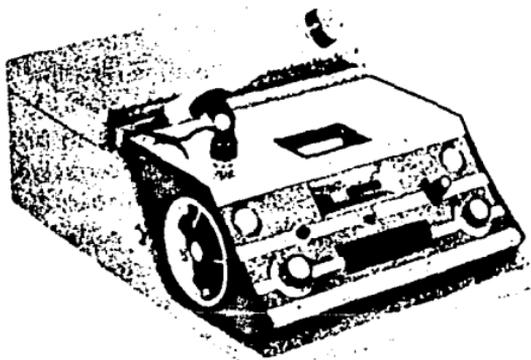


Figura IIIb.1 Audiómetro eléctrico de campo amplio.

La mayoría de los audiómetros se pueden usar con el tono siempre prendido o con el tono apagado. Los umbrales obtenidos con los antiguos modelos son prácticamente idénticos a los obtenidos con interrupciones o pulsaciones más rápidas, pero el sujeto puede distinguir el tono más rápidamente y con menos esfuerzo con las señales más breves. El resultado final de usar pulsaciones breves es ahorrar tiempo en la prueba total. Algunas veces se construye un circuito de señal en el cual el sujeto sostiene un botón que aprieta cuando oye el tono y suelta cuando cesa de oírlo. Sin embargo, la mayoría de los audiométristas prefieren hoy hacer que el sujeto levante el dedo cuando oye el tono en lugar de apretar un botón. La velocidad y disposición con la cual el sujeto levanta el dedo, da al observador experimentado mucha información adicional de la certeza con la que el sujeto cree que oye el tono.

Otro dispositivo es un "circuito de enmascaramiento" que genera un ruido dirigido al oído opuesto al que se está probando. Esto puede ser necesario si el oído que se prueba tiene un bajo nivel auditivo y el opuesto oye bien por conducción ósea. En esta situación, a menos que se use sonido enmascarante, el mejor oído puede oír las vibraciones que atraviesan el cráneo, antes de que se alcance el umbral del oído que está en peores condiciones. Todavía existe otro dispositivo el vibrador de conducción ósea, el cual produce vibraciones en la apófisis mastoidea del hueso temporal en

lugar de generar ondas sonoras en un audifono. Los audiómetros eléctricos más elaborados, destinados a propósitos diagnósticos, pueden tener aún otras características que permitan al examinador hacer pruebas tales como la del balance de la intensidad subjetiva o medida del umbral diferencial de la intensidad subjetiva, además de determinar el nivel auditivo para conducción aérea y ósea. Cuando aparecieron los primeros audiómetros eléctricos, cada compañía construyó su propio modelo con los rasgos que le pareció mejor, de acuerdo con el criterio de sus ingenieros y consultores. Existía la preocupación de que los compradores de audiómetros deberían tener alguna garantía con respecto a la exactitud de la escala de frecuencias, estabilidad de la salida con tensiones variadas, y otros. El audiómetro estándar cubre en detalle aspectos como los niveles estándar de referencia para los tonos puros y las señales del habla, frecuencias de prueba, precisión, distorsión, sonidos de enmascaramiento, y requerimientos de seguridad. En el campo de la acústica hay especificaciones estándares para artículos tales como el medidor de nivel de sonido, el filtro de banda de octava, micrófonos, medidores y métodos de medición del sonido.

EL AREA DE NIVELES NORMALES

Muy pocas personas tienen un audiograma que esté exactamente en la línea cero, en todas las frecuencias. Cada individuo

tiene un audiograma con pequeñas desviaciones a uno y otro lado de la línea cero que pueden ser constantes de una prueba a otra. Los individuos varían en sensibilidad auditiva, de igual manera que varían en altura y peso. Los umbrales individuales se distribuyen en un área de muchos decibeles, en la siguiente figura se ilustra esta área por medio del límite indefinido sombreado del área auditiva.

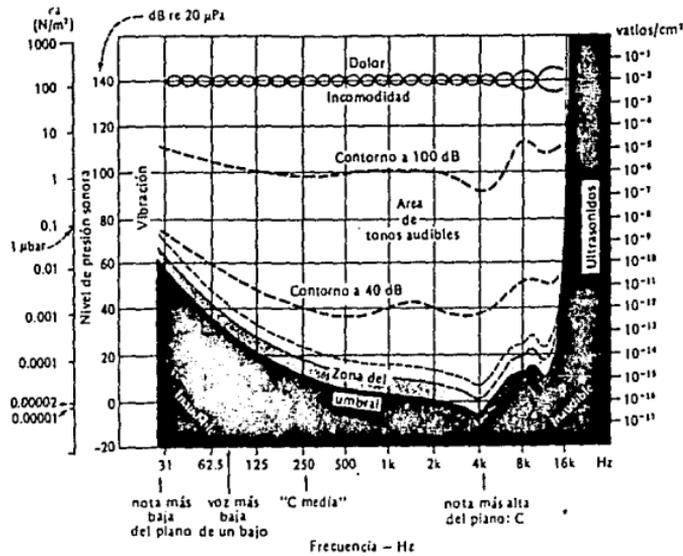


Figura IIIb.2 El área de tonos audibles se determinó para un grupo de hombres otológicamente normales que escuchan con ambos oídos de frente a la fuente, en un campo acústico libre.

El concepto de "área normal" es bastante familiar para los médicos, sin embargo, la definición de "anormal" del médico, tiende a no ser muy clara y éste vacila en trazar una línea a un nivel cualquiera y decir, "aquí está el límite, cualquier cosa más allá de esto es anormal".

Comúnmente se toman arbitrariamente dos "desviaciones estándar" como área de lo normal, lo cual significa prácticamente que acordamos llamar "anormal" al dos por ciento más divergente y al noventa y ocho por ciento restante "dentro de los límites normales".

La situación es algo más complicada, como en el caso de la audición, la desviación a partir del centro del grupo es mayor en la dirección de audición más pobre que en la de mejor audición, y la "anormalidad" cae solamente en el lado "más pobre". Basándonos en los niveles auditivos de 10 dB. (estándar americano) para frecuencias hasta 2000 Hz. inclusive, y de 15 dB. para 4000 Hz. y más altas, están definitivamente dentro de los límites normales. El receptor para conducción ósea es más difícil de estandarizar que el receptor para conducción aérea, y las pruebas para determinar la conducción ósea son más difíciles de realizar apropiadamente. El cráneo y la piel de cada individuo difieren enormemente en su capacidad para conducir el sonido, siendo también importante la fuerza con la cual se aplica el receptor óseo a la mastoides, ver la figura IIIb.3.

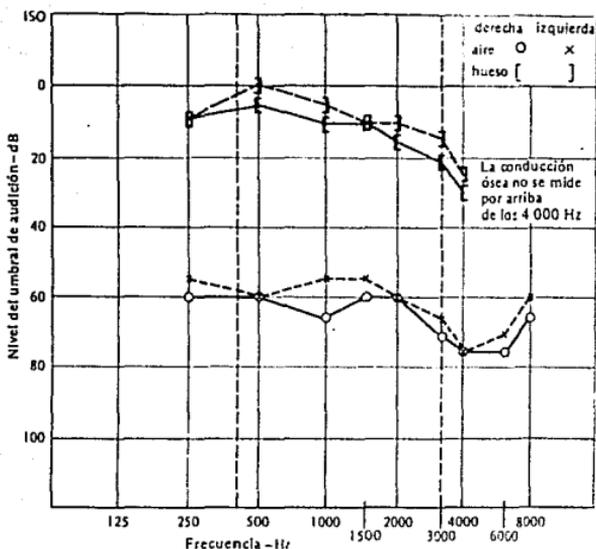


Figura IIIb.3 Estos audiogramas muestran los niveles auditivos en un caso hipotético de pérdida auditiva conductiva con una pequeña pérdida neurosensorial audicional a 4000 Hz.

La figura IIIb.3 muestran audiogramas de conducción aérea y ósea, además de los límites de lo normal y también los límites de medición de un audiómetro que apenas cumple con el Estándar para Audiómetros para Propósitos Diagnósticos.

NIVELES DE RUIDO EN LA CAMARA AUDIOMETRICA

En todo trabajo audiométrico se presupone que las pruebas son realizadas en un cuarto suficientemente silencioso, de manera que el ruido ambiente no interfiera con la prueba.

Esta condición no sería difícil de obtener si los pacientes fueran todos muy hipoacúsicos, si deseamos medir audición normal o cercana a la normal, es necesario acondicionar especialmente el cuarto de pruebas para excluir y amortiguar el ruido ambiente.

"PORCENTAJE DE AUDICION"

El audiograma es una descripción precisa y adecuada de nuestra sensibilidad auditiva; para ciertos propósitos es muy analítico y nos da demasiada información.

Lo que nos gustaría, si lo pudiéramos conseguir, para propósitos tales como calcular el impedimento práctico, sería una sola medida de la audición.

Así, sería muy conveniente que pudiéramos calcular o medir directamente el "porcentaje de audición" que tiene un individuo, lo que nos permitiría decirle cual es el estado de su audición.

AUDIOMETRIA DEL LENGUAJE

Las bases de la audiometría del lenguaje fueron establecidas para el desarrollo de una prueba auditiva, utilizando palabras bisilábicas, para poder descubrir trastornos auditivos rápidamente. Las ventajas de una prueba rápida y simple que utilizara lenguaje eran varias; por una parte, la prueba era obviamente válida: medía directamente lo que la gente quería medir.

El principio en el cual se basa la audiometría del lenguaje es muy simple: el material de prueba es el lenguaje. Se pueden usar palabras u oraciones a través de un micrófono, o mejor, pueden ser grabadas previamente, estandarizadas y a niveles conocidos, bien sea en cinta magnética o en discos.

En cualquier caso, la señal se transforma en una corriente eléctrica alterna, su fuerza se varía por medio de un atenuador calibrado. El oyente puede usar audífonos o, algunas veces, escuchar con ambos oídos por medio de un altoparlante.

El indica, no cuando apenas oye los sonidos de la voz, sino cuando puede identificar las palabras; puede repetir las palabras en voz alta, señalarlas en una lista de selección múltiple, escribirlas o quizá, si el material es un grupo de preguntas, responderlas.

Hay varias dificultades en relación con la audiometría de la palabra. Una dificultad aparente es el problema de medir físicamente la intensidad del lenguaje utilizado como señal; otras están relacionadas con la selección de palabras u oraciones, otras con la voz del locutor y algunas más con el propósito de la prueba.

Existen varios tipos y variedades de audiometría, que dependen de los diferentes tipos de pruebas empleadas, del propósito para el cual son hechas.

La razón primaria por la cual examinamos la audición es para hacer el diagnóstico médico. En el diagnóstico descansa la decisión relativa al tratamiento y también el pronóstico acerca de la mejoría o deterioro de la audición.

También dependen en gran parte de un diagnóstico médico correcto, indicaciones concernientes al uso de un auxiliar auditivo, cirugía para mejorar la audición, etc. La principal información que busca el otólogo es la relacionada con los aspectos anatómicos y fisiológicos.

Una pérdida conductiva es un hecho puramente físico acerca del cual se puede hacer algo; pero las pérdidas neurosensoriales son más difíciles de mejorar por medio del tratamiento médico o quirúrgico. Las pruebas simples con diapasones: Schwabach, Rinne y Weber, descritas tienen todas por objeto distinguir

entre pérdidas conductivas y pérdidas neurosensoriales. El principio es esencialmente el mismo: en la pérdida conductiva está impedida la audición por vía aérea, pero por vía ósea es casi normal; en las pérdidas neurosensoriales en cambio, ambas vías están igualmente afectadas.

El examen de la función auditiva se puede realizar con diferentes tipos de pruebas, con la voz, con el reloj, con el diapasón y con el audiómetro; sobre todo es el uso del audiómetro el que hoy en día permite un análisis preciso, seguro y extremadamente detallado de la capacidad funcional de un individuo.

Las pruebas con la voz representan un método decididamente superado de examen de la función auditiva; el método mantiene todavía una importancia medico-legal en algunos casos, como, por ejemplo, en las pruebas de capacitación para puestos de trabajo o para sacar la licencia de conducir.

Las pruebas con la voz se hacen murmurando al paciente, en un ambiente silencioso, un cierto número de palabras e invitando al paciente a repetir las correctamente. Las palabras pueden ser emitidas tanto con voz ordinaria de conversación como con voz murmurada; además, la elección de las palabras debe comprender palabras en las cuales haya preferentemente sonidos graves, como por ejemplo I/R, sonidos

medios, como por ejemplo O/A/B, sonidos agudos, por ejemplo E/I; el valor de las pruebas con la voz es sumamente escaso y, por tanto, se puede considerar puramente indicativo.

Los diapasones son instrumentos de acero de una sola pieza, integrados por un mango, de alrededor de 7-8 cm. de largo y dos ramas en forma de tenedor: cuando las ramas son golpeadas, empiezan a vibrar y el diapason emite un sonido de una determinada frecuencia.

Especialmente, la serie completa de los diapasones comprende instrumentos que emiten sonidos de la frecuencia de 128/256/512/1.024/2.048/4.096 ciclos por segundo, que concuerdan con las notas musicales DO/DO1/DO2/DO3/DO4 y DO5; desgraciadamente, no es igualmente precisa la intensidad del sonido emitido por el diapason, porque este depende de intensidad con que ha sido golpeado.

El examen que se hace con la serie completa de diapasones permite, en primer lugar, establecer por lo menos orientativamente, cuales son las capacidades auditivas del paciente. Además, mediante una serie de pruebas que ponen en comparación las capacidades auditivas del paciente en relación con los sonidos transmitidos por vía aérea o por vía ósea, los diapasones permiten un diagnóstico diferencial entre hipoacusias de transmisión e hipoacusias de percepción: efectivamente, en las primeras todavía se conserva la capacidad

auditiva por vía ósea, mientras en la segunda se ha perdido tanto la capacidad auditiva por vía aérea, como por vía ósea. Las clásicas pruebas con el diapasón que permiten esta diagnóstico diferencial entre la hipoacusia de transmisión y la de percepción son las pruebas de Rinne, de Weber y de Schwabach.

El audiómetro es un aparato eléctrico que emite sonidos puros de distancias frecuencias entre 12 y 12.000 ciclos por segundo. Para cada tono, maniobrando un botón del audiómetro llamado atenuador, se puede variar a placer la intensidad del sonido emitido, medido en decibeles (dB). El sonido puede ser enviado, al paciente mediante auriculares, es decir, por vía aérea o bien por vía ósea, mediante un vibrador apoyado en el plano del hueso mastoideo.

Todas las pruebas audiométricas deben practicarse en un ambiente acústicamente aislado. La audiometría es el estudio de la capacidad auditiva de un individuo, fundamentado en un conjunto de pruebas que se pueden realizar mediante el audiómetro.

Las audiometrías se pueden clasificar en: audiometría objetiva y subjetiva, audiometría tonal y vocal, audiometría liminal y supraliminal. En la audiometría tonal el estímulo sonoro consiste en señales sin sentido, como por ejemplo, tonos puros de una determinada frecuencia, o

ruidos continuos o interrumpidos con determinadas características físicas de intensidad y espectro de frecuencia.

En cambio, en la audiometría vocal, el estímulo consiste en señales sonoras organizadas, como palabras, frases o fenómenos, es decir, palabras, generalmente bisilabas, sin sentido.

La audiometría liminal es la que tiene como fin la determinación del umbral auditivo del paciente, por vía aérea u ósea y constituye, por tanto, la base del examen audiométrico más elemental.

La audiometría supraliminal es la que se propone, con pruebas más o menos complejas, evidenciar eventuales distorsiones en la capacidad auditiva del paciente hacia sonidos de intensidad superior a la del umbral auditivo.

La audiometría subjetiva requiere la participación activa del paciente, que señala al examinador si ha percibido o como ha percibido una determinada señal sonora.

En la audiometría objetiva la valoración de la respuesta, en cambio, se vale de una serie de fenómenos normalmente de tipo reflejo y, por lo tanto, independientes de la voluntad del paciente. Por estas razones la audiometría objetiva se puede utilizar también en el caso de pacientes especialmente

difíciles, como los niños, los psicópatas y los simuladores. Los principales métodos de audiometría objetiva son la audiometría de potenciales evocados y la impedanciometría.

La audiometría de potenciales evocados, es una forma de audiometría objetiva que se fundamenta en revelar los potenciales eléctricos inducidos en el paciente por estimulaciones sonoras.

Dichos potenciales se pueden medir a nivel del caracol, del tronco del encéfalo o de la corteza cerebral. Las características de los potenciales, analizadas mediante un calculador, permiten establecer si la señal sonora ha alcanzado o no los diferentes centros nerviosos del sujeto bajo examen.

La impedanciometría es un método de audiometría objetiva que se fundamenta en el estudio de la impedancia, es decir, de la resistencia que el oído medio opone al paso de las ondas sonoras; de las características de la impedancia se puede llegar a las condiciones funcionales del oído medio, es decir, de la trompa, de la membrana del tímpano y de la cadena de los huesecillos.

Además, el estudio del reflejo de los músculos del oído medio, estribo y tensor del tímpano, permite establecer la existencia o no de algunas alteraciones a nivel del órgano de Corti y de las vías acústicas centrales.

El reclutamiento es un fenómeno por el cual, aun en presencia de un umbral auditivo alto (es decir, de una hipoacusia de percepción), un sonido de cierta intensidad, produce en el paciente una sensación sonora superior a la que tendría en un sujeto normal.

El reclutamiento es característico de las hipoacusias de percepción con lesión coclear, es decir, que interesa al órgano de Corti.

La adaptación es el fenómeno mediante el cual un oído, al cabo de un cierto tiempo, ya no es capaz de percibir una señal sonora de cierta intensidad, debido a una elevación del umbral auditivo.

La adaptación es especialmente acentuada en algunas formas de hipoacusia de debidas a lesiones del nervio acústico. La investigación del reclutamiento y de la adaptación constituyen dos importantes pruebas diagnósticas de audiometría supraliminal.

IIIc.- Prescripción del auxiliar auditivo.

Cualquier persona que padezca de la audición, sin considerar la intensidad de la hipoacusia, puede ser candidato a la colocación de un dispositivo acústico.

Este aparato puede ser eficaz en los pacientes con disminución o pérdida de la audición neurosensorial, pérdida de la audición conductiva intratable y pérdida auditiva mixta.

Anteriormente se aceptaba que una persona que padecía una pérdida auditiva neurosensorial no podía obtener beneficio con un dispositivo acústico.

Sin embargo, en los últimos años los dispositivos acústicos han sido mejorados sustancialmente y, en la actualidad la persona que más se beneficia con su uso es aquella que padece esta alteración.

Los audiólogos rara vez se refieren a la pérdida auditiva en porcentajes, prefieren clasificarla por categorías, lo cual proporciona información más útil.

La clasificación de las pérdidas auditivas se muestra a continuación y el tipo de dispositivo auditivo que se recomienda para cada nivel:

TIPO DE SORDERA	RANGO (dB)	DISPOSITIVO ACUSTICO
LEVE	25-40	OTE anteojos ITE canal auditivo
MODERADA	41-55	OTE anteojos ITE canal auditivo
SEVERA	56-70	OTE anteojos corporal
GRAVE	71-90	implante coclear corporal
PROFUNDA	90 ó más	implante coclear

Los principales trastornos para los que se recomienda la ayuda de un dispositivo acústico son los siguientes:

Sordera conductiva, pérdida auditiva unilateral, sorderas puras de transmisión, otitis, obstrucción tubárica, otospongiosis, sordera mixta, etiología con laberintosis, sordera de recepción, meningitis, intoxicación, efectos dialésicos, senectud, trastornos vasculares irreversibles, pérdida bilateral asimétrica, hipoacusia, pérdida neurosensorial bilateral, etc.

AUXILIARES MECANICOS

El más simple es colocar la mano detrás de la oreja. La mano intercepta mayor número de ondas sonoras que el pabellón sólo, y desvía mayor cantidad de energía sonora hacia el conducto auditivo externo. Los cuernos de animales parecieron ser los dispositivos más comúnmente usados. Estos fueron ahuecados y el extremo final fue puesto hacia el oído, de modo que coleccionaba mejor el sonido hacia el oído externo. Un número menor de referencias en la historia de ayudas auditivas menciona las conchas de mar para el mismo propósito.

El bien conocido trono acústico fue diseñado por Rein en 1819 para el rey Goa (John) de Portugal. El trono consiste de apoyabrazos huecos, tallados dentro de cabezas de león al frente. Las cavidades de los apoyabrazos van hacia una caja resonante situada en el asiento del trono, y entonces el sonido se alcanza vía un tubo conectado al resonador.

La firma Rein además de manufacturar el tipo más común de trompetas acústicas, también manufactura jarrones acústicos, trompetas auditivas en bastones o en abanicos parcialmente doblados, trompetas portátiles, trompetas con resonadores grandes de plata, dispositivos acústicos escondidos en el sombrero o en la barba y tubos parlantes para iglesias.

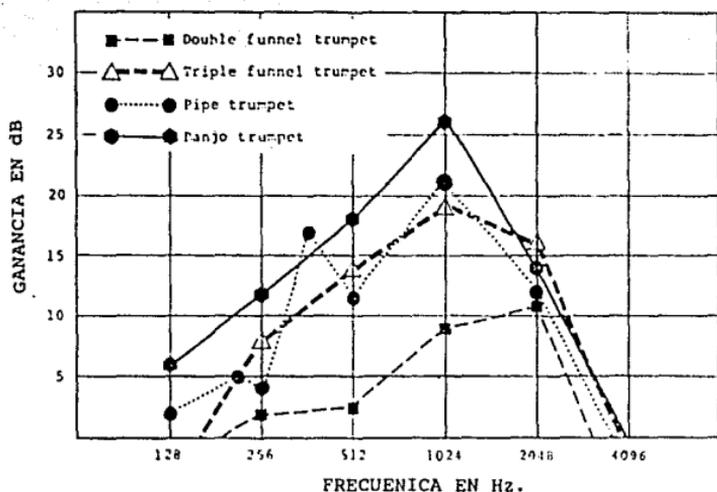


Figura IIIc.1 Ganancia Acústica de trompetas acústicas.

CORNETA ACUSTICA

Todos estos instrumentos son negros, quizá para hacerse menos notorios, todos tienen en común una gran superficie o boca para captar el sonido. Algunos se extienden hasta la boca del que habla haciendo la voz más fuerte y llevando el sonido hasta el oído del oyente a través de un tubo, evitando así su dispersión.

La intensidad de un sonido en un espacio abierto, se disipa rápidamente a medida que se aleja de la fuente que lo produce, comprenderemos que se puede captar mayor energía sonora si la corneta es suficientemente grande y se acerca a la boca del que habla.

Muchas de las antiguas cornetas eran meros embudos para recoger energía acústica. Eran además resonadores, entonados al área de frecuencias del lenguaje. La presión sonora se hace más fuerte cerca y en la zona de las frecuencias resonantes del instrumento; en estas frecuencias la energía que alcanza el oído puede ser aumentada algunas veces en esta forma hasta 10 o 20 dB.

El conducto auditivo externo se comporta de igual manera para sonidos con frecuencias cerca de los 4 000 Hz. El tubo de la corneta es más ancho y más largo que el conducto auditivo externo y por tanto está entonado a una banda de frecuencias más bajas.

Combinando empíricamente los principios de resonancia y conducción del sonido, la antigua corneta puede constituir un auxiliar auditivo más o menos efectivo.

Estos instrumentos son simples y fáciles de utilizar, y no deberían ser olvidados en esta era electrónica. La ganancia para el lenguaje que ofrece una corneta es alrededor de 10 a

15 dB. Incluso la colocación de la mano detrás de la oreja, produce un aumento de 6 a 8 dB. Como todos sabemos esto puede ser la diferencia entre entender o no entender una conferencia o un sermón.

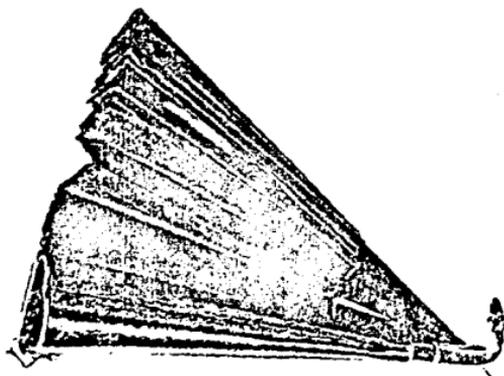


Figura IIIc.2 Abanico acústico.

INSTRUMENTOS DE CONDUCCION OSEA

En el último siglo se encontró que para la conducción ósea, el abanico acústico es una lámina de metal o de caucho duro, simulando la forma y decorado de un abanico, era sostenido colocando una de sus esquinas entre los dientes. Las vibraciones del metal eran transmitidas a través de los

dientes, a los huesos del cráneo y por lo tanto, al oído interno. Más recientemente se han utilizado instrumentos que simulan pipas, que emplean el mismo principio. La conducción ósea puede evitar una sordera conductiva. El abanico o la pipa son incapaces de recoger suficiente energía del aire para ser auxiliares auditivos muy efectivos. Muchos de los dispositivos auditivos de conducción ósea no eran más que tiras de madera o varas de acero. Un extremo de la vara se sostenía tocando los dientes del emisor, y el otro extremo era sostenido en la misma manera por la persona con pérdida auditiva.



Figura IIIc.3 Fonífero.

Una variación de estos dispositivos fue el Fonífero. Un extremo de la vara está curvada, formando casi un semicírculo que descansa en la garganta del emisor. El otro extremo descansa en los dientes del receptor o en el área mastoidea.

Este extremo de la vara casi es una pequeña taza. En casos de pérdida conductiva, los dispositivos de este tipo fueron bastante útiles pero incómodos.

DISPOSITIVOS UTILIZADOS DENTRO DEL OIDO

Estos aparatos pueden ser útiles para personas que tienen la membrana timpánica perforada o no la tienen, particularmente si el martillo o el yunque también faltan. Algunas veces un pedazo de una membrana o tejido flexible colocado sobre la perforación, puede ser suficiente. En ocasiones se pone un trocito de algodón en contacto con el estribo o la ventana redonda.

Recursos como estos constituyen un sustituto de la membrana timpánica y de los huesecillos. Las prótesis de este tipo puestas en su lugar por un otólogo, pueden permanecer en su lugar por días y pueden elevar el nivel de audición en forma efectiva durante algún tiempo. Sin embargo, no es recomendable para nadie, excepto para un otólogo, intentar introducir tales prótesis para el oído.

AUXILIARES AUDITIVOS ELECTRICOS

Uno de los primeros dispositivos acústicos eléctricos fue una versión experimental cerca de 1895. En esa época no existía un dispositivo con la suficiente potencia para ayudar a sordos con pérdidas auditivas severas.

Los primeros dispositivos eléctricos ayudaron a esta causa sólo de manera suave a moderada. Un auxiliar auditivo es un teléfono en miniatura. Sus pilas y no la voz son las que suplen la energía sonora que el oyente capta finalmente. La voz del que habla sirve sólo para controlar el flujo de corriente eléctrica en los cables que van al oído y da a estos el patrón de los sonidos de la voz.

El receptor en el oído del paciente, como el receptor final de una línea telefónica convierte la corriente eléctrica nuevamente en sonido. El sonido que se genera en el receptor (colocado en el oído del paciente), al igual que el sonido obtenido de un altoparlante, puede hacerse más fuerte que el sonido que llega al micrófono (transmisor), porque su energía viene de una pila.

El teléfono está diseñado para producir a distancia un sonido tan fuerte como el de la voz original. La energía de la pila del teléfono debe vencer la pérdida producida en los cables.

Un auxiliar auditivo está diseñado para producir un sonido más fuerte en un receptor muy pequeño, situado al final de un cable muy corto. Así, la energía de la pila sirve para vencer la pérdida auditiva del que escucha.

Los auxiliares auditivos eléctricos son en general de tres tipos:

- a) individual
- b) portátil o de escritorio
- c) de grupo

INDIVIDUAL

La comodidad, la conveniencia, el deseo de ocultar el auxiliar y las necesidades acústicas individuales han contribuido al desarrollo de una gran variedad de tipos de auxiliares auditivos individuales.

Algunos tipos son más populares que otros, dependiendo de lo que el paciente considera es lo más importante. La ayuda auditiva de carbón consistía de un granulo de carbón o un micrófono de disparo de carbón - más propiamente llamado transmisor de carbón- un audífono y una batería.

A principios de 1930, un vibrador óseo se uso en lugar del audífono con varios modelos. Más tarde, el audífono también se redujo de tamaño considerablemente y un extremo del oído

se usaba para direccionar el sonido al canal auditivo, en el momento en que era apropiado usarlo para el receptor.

Pronto la terminal del audífono fue reemplazado por moldes auditivos de vulcanita y de plástico. Los dispositivos acústicos de carbón con micrófonos simples y sin inyectores producían ganancia limitada.

Un pico de alta resonancia se ve en las respuestas de frecuencia para estos dispositivos. Para propósitos de comparación la figura también incluye datos de ganancia para el mismo sujeto con la mano detrás del oído. La respuesta del dispositivo de carbón se muestra en ambos casos, para el control de volumen a medias y a toda ganancia. Estos aparatos se diseñaron para escritorio e individuales.

El tamaño y forma de los micrófonos variaban y los instrumentos diseñados para personas con una gran pérdida auditiva usualmente empleaban dos o más micrófonos unidos eléctricamente y generalmente físicamente.

Una adición temprana al dispositivo fue un control de volumen de resistencia variable, y más tarde un amplificador.

Esencialmente el amplificador fue un diafragma doble encerrado que permitió alguna ganancia adicional para el instrumento, pero con la desventaja de una mayor distorsión.

El micrófono y particularmente el amplificador, podían frecuentemente operar imperfectamente si el paciente hacía cualquier movimiento brusco. Sin embargo los instrumentos eran relativamente baratos, y con el debido cuidado podían durar largo tiempo.

INSTRUMENTOS DE TUBO AL VACIO

El mayor problema con los dispositivos acústicos de carbón era que la cantidad de ganancia acústica posible estaba limitada y la respuesta en frecuencia era estrecha. Por lo que fue necesario un dispositivo que pudiera elevar la potencia de esta señal. El amplificador de tubo cumplió bien con este objetivo. Debido al costo, tamaño y dificultades con el amplificador, estos tubos al vacío no fueron muy competitivos para los instrumentos de carbón disponibles en ese tiempo.

En 1931 el tubo al vacío o bulbo pentodo, que consistía de un ánodo, un cátodos y tres rejillas fue perfeccionado. La ejecución del pentodo fue estable, tuvo una duración relativamente larga, y permitió fácilmente amplificar etapas para ser acopladas y obtener virtualmente gran incremento en potencia como fuera requerido. Así el primer bulbo acústico práctico comenzó a ser popular a mediados de la década de los '30. Estos bulbos que podían ser potables, más tarde fueron referidos como instrumentos de dos piezas, debido a que había una porción de micrófono-amplificador y separadamente un

paquete de batería. Muchos de los bulbos de dos piezas fueron más grandes y pesados que los existentes de carbón, pero permitían sustancialmente más ganancia en la señal que los instrumentos de carbón.

Los primeros instrumentos que asistieron a las personas con graves daños auditivos no aparecieron en el mercado hasta cerca de 1936. Después de la introducción de bulbos auditivos de dos piezas se pudieron miniaturizar estos instrumentos y permitir dispositivos de una sola pieza portátiles.

MICROFONO DE CRISTAL Y RECEPTOR

El propósito de un micrófono es traducir la señal acústica a una señal eléctrica tan fielmente como sea posible. El micrófono de carbón fue más un transmisor que un transductor, puesto que no generaba señal. El micrófono de cristal, actualmente genera un voltaje cuando se aplica presión al cristal; esta acción es conocida como el efecto piezoeléctrico.

El típico micrófono de cristal consiste de dos pequeñas rebanadas de cristal unidas. Una pequeña vara conecta el diafragma a los cristales. Cuando cambia en presión el sonido mueve el diafragma, este movimiento se transmite, a los cristales a través de la conexión de la vara y provoca a los cristales generar una señal eléctrica que sigue fielmente la

señal acústica original. Esta señal eléctrica es llevada al amplificador.

El micrófono de cristal responde a un rango mayor de frecuencias que el micrófono de carbón y no es tan fácilmente dañado por polvo. Tampoco le afectan los movimientos del paciente. Sin embargo el micrófono de cristal trabaja pobremente en condiciones extremas de humedad y temperatura, de la misma manera que los micrófonos de carbón.

Una vez que el amplificador en el dispositivo acústico ha realizado su tarea, la señal eléctrica requiere ser traducida a energía acústica nuevamente. Esta transducción necesita de un audífono en el receptor. Un receptor es esencialmente un micrófono a la inversa. En el caso del cristal receptor, la señal electrónica amplificada alimenta al cristal.

Cuando los impulsos eléctricos se pasan a través del cristal, vibrará mecánicamente, librando sonidos en la vía aérea que llegaran al oído.

AUXILIARES AUDITIVOS COMERCIALES

Tipo monoaural convencional:

Instrumento (micrófono, amplificador y pilas) que se lleva en el saco, camisa o vestido, con receptor en un oído.

Tipo monoaural:

Construido en la porción auricular de un par de anteojos, o en cualquier caso para ser llevado detrás de la oreja, con receptor en un oído.

Tipo pseudobinaural o de cordón en Y:

Instrumento para ser llevado en el saco, camisa o vestido, con un receptor en cada oído.

Tipo binaural convencional

Dos instrumentos convencionales para llevar en el pecho, generalmente con una separación de 20 cm, uno para cada oído.

Tipo binaural en anteojos.

Dos instrumentos construidos en la porción auricular de un par de anteojos, uno para cada oído.

Tipo binaural retroauricular.

Dos instrumentos para ser llevados en la cabeza, generalmente detrás de los oídos, uno para cada lado.

PORTATIL O DE ESCRITORIO

Puede ser usado por un sólo individuo que pasa la mayor parte de su tiempo en un mismo lugar. Puede ofrecer mayor potencia con mejor calidad que el tipo individual y toma su energía de un tomacorriente, igual que un radio.

No requiere receptor para insertar en el oído y frecuentemente tiene dos receptores del tipo audífono, el auxiliar auditivo portátil puede tener múltiples salidas, característica importante para el maestro que cambia de aula constantemente y tiene necesidad de usar el instrumento con dos o tres niños.

GRUPAL

El auxiliar de grupo consiste en uno o más micrófonos, un amplificador y unos diez pares de receptores auriculares para insertar en el oído. Frecuentemente incluye un tocadiscos para lenguaje, música o efectos especiales sonoros grabados.

El efecto de un auxiliar auditivo eléctrico de grupo puede ser ahora alcanzado con instrumentos individuales, sin cables de conexión entre el amplificador y los oyentes.

Esto se logra mediante la creación de un campo electromagnético por medio de un carrete inductor alrededor del cuarto. Cada oyente lleva un auxiliar individual equipado con un auricular telefónico magnético. La libertad de movimientos en el cuarto no está limitada por cables de conexión.

Los auxiliares auditivos de grupo son usados generalmente en escuelas para sordos e hipoacúsicos, en iglesias, salas de

conferencias y en teatros. Actualmente se están incorporando características binaurales en estos instrumentos.

APARATO DE MOLDE CERRADO

Los aparatos de estuche tienen más posibilidades acústicas y se prestan mejor a diferentes reglajes (ganancia, tonalidad, compresión) y permiten en ciertos casos una adaptación más adecuada.

Los aparatos miniatura, son a menudo insuficientes en las sorderas muy importantes (peligro de efecto Larsen por proximidad del micrófono y del auricular). Los aparatos intrauriculares están en el momento actual muy limitados en sus posibilidades de amplificación (menos de 30 dB).

APARATOS DE MOLDE ABIERTO

Aparatos CROS. Este aparato imaginado por Harford en 1965 y polarizado en Francia por J. E. Fournier y cols. permite mejorar la audición de sordos que hasta entonces no se les había podido colocar aparatos, sobre todo las afecciones de recepción exclusivas sobre las frecuencias agudas.

La pantalla de la cabeza.- Si se coloca el micrófono de un lado de la cabeza y el amplificador receptor en la salida hacia el conducto auditivo del lado opuesto, no se corre el

peligro del efecto Larsen en las intensidades habituales de utilización, como para la colocación ordinaria de aparatos ipsilateral. Molde abierto o ausencia de molde.- Esta disposición (micrófono aislado del lado de la cabeza) permite pues, abrir el molde e incluso suprimirlo y reemplazarlo por un tubo libre en la entrada del conducto auditivo sin peligro del efecto Larsen. Las ventajas de la ausencia del molde son considerables.

Este método:

- Suprime la amplificación de los graves y la resonancia del menor ruido ambiente, tan desagradable para los sordos de recepción que lleven aparatos con molde hermético clásico;
- Asegura la colocación de aparatos en ciertos sordos hasta llegar casi exclusivamente hasta los agudos que hasta entonces no se les había podido colocar aparatos;
- Suprime la sensación de presión en el oído, la resonancia metálica de la voz y la irritación del conducto, así como la formación y almacenamiento de tapones de cerumen;
- Es compatible con las inflamaciones óticas crónicas o evolutivas o con las cavidades de vaciamiento que tengan necesidad de aireación.

DISPOSITIVOS ACUSTICOS CORPORALES

Este estilo fue el más común hasta mediados de los '60. Hoy se recomienda sólo para los casos más severos de pérdida auditiva. Son generalmente de forma rectangular y se llevan en la ropa o en el bolsillo. Un cable corre del oído al dispositivo.

DISPOSITIVOS AUDITIVOS ACTUALES

Hay cuatro tipos básicos de ayudas auditivas comúnmente usadas que están disponibles para todo tipo de categorías de pérdida auditiva. Un tipo de auxiliar que se está volviendo popular es el ITE (in-the-ear) y hay dos variaciones de este auxiliar. El standard IT se puede usar para pérdidas auditivas de leves a moderadas y algunos modelos de este tipo se pueden ajustar en los casos frontera de moderada a severa. Básicamente este auxiliar se construye dentro de un molde del oído que es hecho de acuerdo a las necesidades del paciente. Los auxiliares ITE son populares entre la población adulta con pérdida auditiva por numerosas razones. Son compactos y fáciles de insertar en el oído y generalmente sólo tienen un control (control de volumen) que requiere ser ajustado. Son generalmente invisibles a otros desde adelante o atrás de la persona pero fácilmente vistos lateralmente. Se pueden obtener en colores variados para combinar con las necesidades particulares del paciente.



Figura IIIC.4 Auxiliar ITE (In the ear) discreto.



Figura IIIC.5 Auxiliares ITE.

Los auxiliares ITE toman ventaja de ciertas características acústicas deseables para un funcionamiento auditivo óptimo.

El sonido penetra en el micrófono del auxiliar en aproximadamente la misma posición que el oído sin auxiliar. El auxiliar ITE también toma ventaja de las cualidades de dispersión y conjunción del sonido con su forma de oído.

Se pueden usar con un teléfono receptor estándar si el usuario aprende el posicionamiento adecuado del receptor al micrófono del auxiliar. El auxiliar ITE puede usarse en forma simple (monoaural) o como un par (binaural).

El auxiliar de canal es otra versión del dispositivo ITE. Los auxiliares de canal, son difíciles de usar para personas que tienen movimientos restringidos en manos y dedos, como artritis.

Se limita su uso a pacientes con pérdida de leve a media. Hay auxiliares de canal que tienen controles automáticos de volumen que se ajustan a los cambios de sonido en el área del paciente.

Esto puede ser muy útil para personas con impedimento motriz en manos y dedos. Los auxiliares de canal generalmente usan una batería más pequeña que los del tipo ITE. Los auxiliares de canal han limitado las capacidades de ajuste externo de

manera que cualquier cambio en la habilidad auditiva del paciente necesitara alteración en el circuito electrónico.

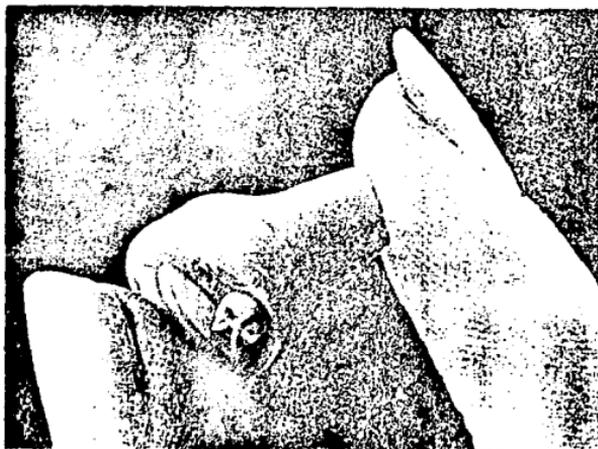


Figura IIIc.6 Auxiliar de canal (ITE).

Otro tipo popular de auxiliar es el over-the-ear (OTE) que puede ser usado para un amplio grado de pérdidas auditivas desde leves hasta severas. También se pueden ajustar a los cambios de la pérdida auditiva del paciente. Están equipados con un micrófono común así como con un circuito de teléfono. Requieren un molde separado hecho a la medida del paciente que se fija a un tubo de plástico al gancho del dispositivo acústico. Debido a su versatilidad, uso intercambiable de los moldes, son muy útiles para niños así como para la mayoría de adultos. Se pueden usar como monoaural o como par (binaural).

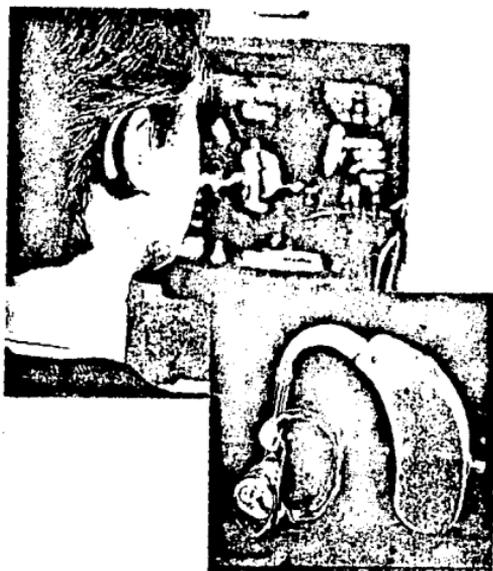


Figura IIIc.7 OTE (Over the ear).

Una variación del auxiliar OTE es el tipo de anteojos que se está volviendo más popular para los problemas de audición. Unos anteojos estándar acústicos son similares al auxiliar OTE y se pueden usar como monoaural o binaural. Se pueden usar con moldes hechos, o para ciertos tipos de pérdidas se puede usar un transmisor de conducción ósea especial. Los auxiliares de anteojos son generalmente difíciles de ajustar en el usuario y tienen la desventaja adicional de desmejorar la apariencia personal que los otros auxiliares.

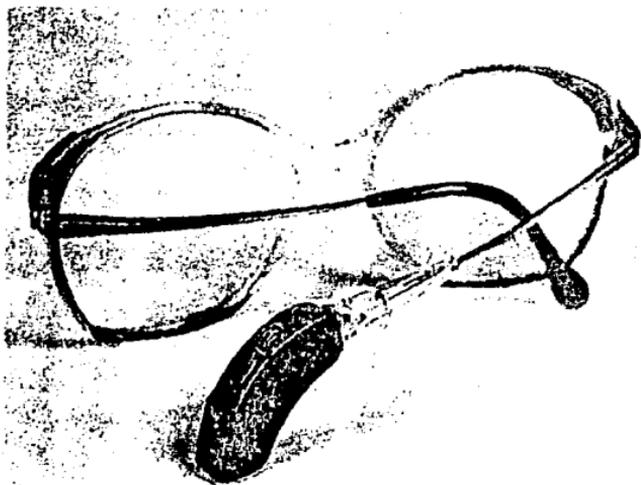


Figura IIIc.8 Auxiliar auditivo en anteojos.

Otro tipo de auxiliar que aún se usa es el que se lleva en el cuerpo o instrumento de bolsillo. Los auxiliares que se llevan en el cuerpo son una ventaja para aquellas personas que tienen severas o muy severas lesiones auditivas. Tienen la desventaja de requerir un cable y un receptor externo así como el molde hecho a la medida. Son versátiles y se pueden ajustar a un amplio rango de pérdidas auditivas.

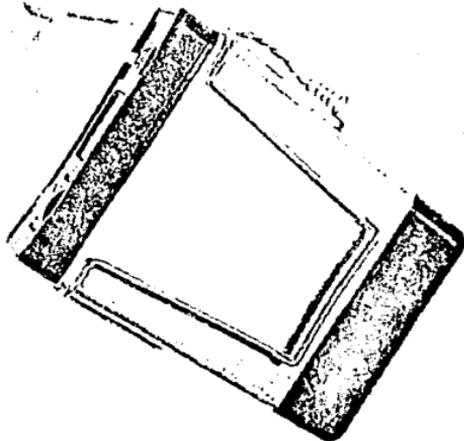


Figura IIIc.9 Auxiliar corporal.

Existe otro auxiliar efectivo que puede ser de ayuda para aquellos individuos que tienen un oído normal mientras el opuesto está dañado en forma severa. La experiencia ha mostrado que un auxiliar acústico estándar en el oído dañado podría mejorar poco si no hay gran ayuda para el mal auditivo. Los individuos que tienen este tipo de pérdida tienen definitivamente algunos problemas; particularmente para localizar la dirección del sonido y de la voz. También tienen dificultad cuando el oído normal se distrae con algún ruido

ambiental y el oído dañado no capta la voz que le fue dirigida. Este tipo de pérdida es unilateral. Un auxiliar auditivo para este problema es el dispositivo CROS. Este auxiliar particular transfiere sonido y voz desde un oído pobre al oído normal mediante un micrófono remoto. Un molde especial llamado "NON-OCCLUDING EARMOLD" permite que el oído normal recoja el sonido. Los primeros auxiliares CROS transportaban el sonido por medio de un tubo plástico fijo a un dispositivo OTE. La longitud del tubo fue suficiente para pasar a través de la parte trasera del cuello y terminar en un molde NON-OCCLUDING.

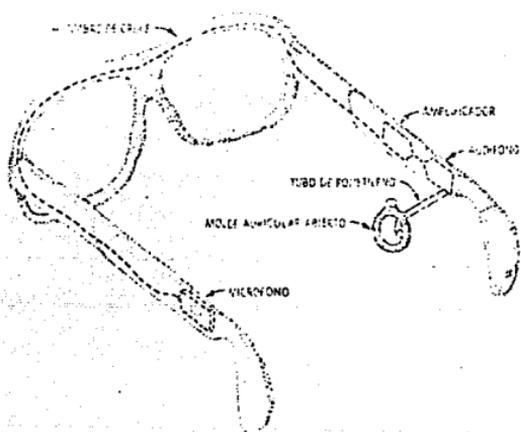


Figura IIIc.10 Auxiliar CROS. Prótesis con micrófono en la parte izquierda y amplificador en la pata derecha para hacer llegar el sonido al oído derecho.

El auxiliar CROS más popular fueron las gafas CROS que usaban una conexión de cable directa del micrófono al receptor y molde en el otro lado, por medio de un cable interior de las gafas. Este auxiliar funcionaba, pero obligaba al paciente a usar las gafas aunque no necesitara corrección ocular. Se modificó este auxiliar y el cableado utilizado se aplico a dos unidades separadas - una de ellas se encarga del micrófono y la otra el receptor y el molde NON-OCCLUDING. Esta unidad se le conoce como auxiliar WIRED CROS y fue popular por varios años.

La prótesis auditiva se compone de un micrófono para captar el sonido, un amplificador para hacerlo más intenso, un pequeño emisor (receptor) para que el sonido llegue al oído, y una batería como fuente de energía del amplificador. Estos componentes están envueltos para que se usen en el pabellón de la oreja, detrás del pabellón (posauricular), en anteojos o sobre el cuerpo. Las características acústicas de la prótesis auditivas pueden describirse en términos de ganancia acústica, intensidad máxima de emisión, reacción según la frecuencia y características de la distorsión, entre otras, armónica, transitoria y de intermodulación. La ganancia acústica del amplificador de la prótesis es la diferencia en decibeles entre los niveles de presión del sonido (NPS) del estímulo original, y de la señal que emite a la postre el aparato. La intensidad máxima de emisión (IME), que a veces se llama nivel de saturación de la presión del sonido (NSPS),

comprende los límites máximos del amplificador. Se limita esta intensidad máxima al recortar las cimas o por medio de amplificación por compresión. El límite de frecuencias se mide al calcular el promedio de la ganancia acústica a 500, 1000 y 2000 Hz., para un estímulo original de 60 dB. En primer lugar se traza una línea de 15 dB por debajo del promedio de las tres frecuencias, que será paralela a la abscisa de la representación gráfica sobre dos coordenadas de la intensidad de emisión del aparato. Los puntos en que la línea cruza la curva de reacción con base en la frecuencia, son los límites superior e inferior de la gama de frecuencias.

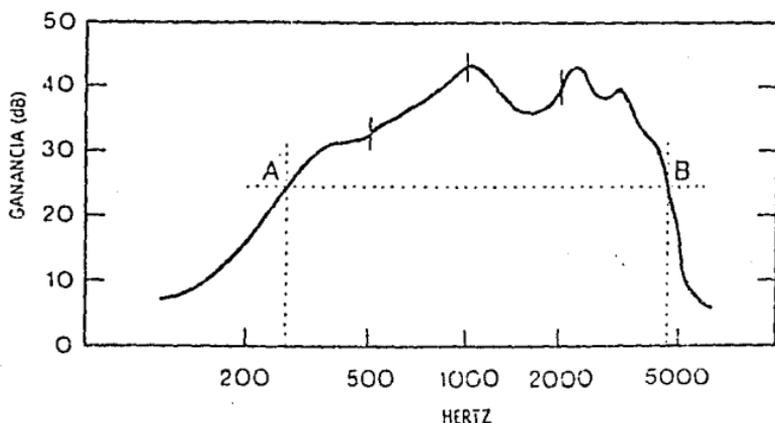


Figura IIIc.11 Curva de respuesta según la frecuencia de una prótesis auditiva característica. Las intersecciones con la línea AB son los límites superior e inferior de la gama de frecuencias.

La distorsión en las prótesis auditivas tiende a reducir la inteligibilidad del habla amplificada. En esencia ocurren tres tipos de distorsión : distorsión armónica (la proporción entre la energía de los armónicos y la energía de la fundamental), intermodulación (la emisión de los estímulos y armónicos originales además de las sumas y diferencias de los estímulos originales y los armónicos en cuestión cuando más de una sola frecuencia se aplica a la prótesis en forma simultánea) y distorsión transitoria (zumbido en el sistema eléctrico cuando la señal que se emite se prolonga mucho más allá de la desaparición repentina del estímulo original).

IIId. Tabla comparativa de dispositivos auditivos más comunes y perspectiva a futuro.

TABLA DE AUXILIARES POSTAURICULARES
(AUDIOTONE ROYAL)

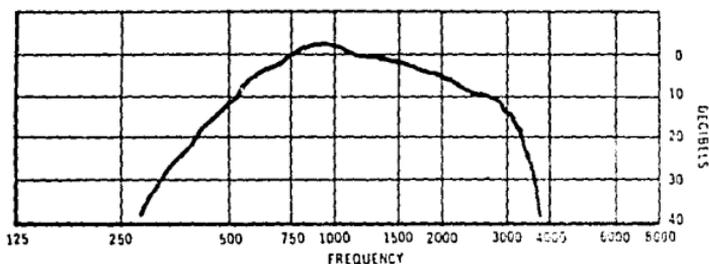
MODELO	GAN. SALIDA dB	SALIDA MAX. dB	PERDIDA AUDITIVA	BATERIA	VIDA UTIL BATERIA HRS	MICROFONO
A-11 POST AURICULAR	42	120	P. 4,5 75-100	S41E	100	atrás
			P. 1,2,3 75-105			(snorkel opc.)
A-12 POST AURICULAR	45	124	P.1 75-105	S76E MS76H	110	atrás (snorkel opc.)
			P.2,3 75-110			
			P.4,5 75-100			
A-14 POST AURICULAR	54	131	P.1 110-115	S76E	65-75	atrás
			P.2,3 115-120	MS76H		
			P.4,5 NO RECOM.			
A-15 POST AURICULAR	40	120	P.1 NO DISP.	S76	110	atrás
			P.2,3 75-105	MS76H		
			P.4,5 75-100			
A-16 POST AURICULAR	48	130	P.1 90-110	S76E	65-75	atrás
			P.2,3 105-115	MS76H		(snorkel opc.)
			P.4,5 NO RECOM.			

TABLA DE AUXILIARES POSTAURICULARES
(AUDIOTONE ROYAL)

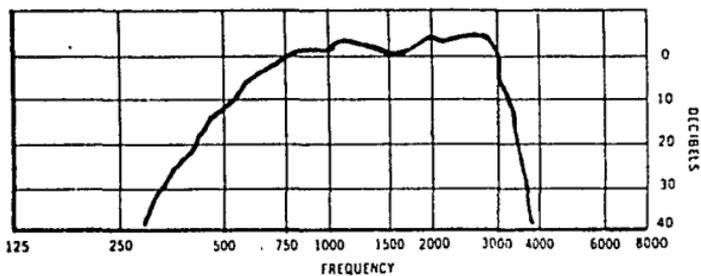
MODELO	GAN. dB	SALIDA MAX. dB	PERDIDA AUDITIVA	BATERIA	VIDA UTIL BATERIA HRS	MICROFONO
A-17 POST AURICULAR	42	120	NINGUNO PARTICULAR	S41	100	atrás
10 LENTE AUDITIVO	45	121	P.1,2,3 75-110 P.4 75-105 P.5 75-100	S76E MS76H	88-100	atrás
B-210 LENTE AUDITIVO	38	120	P.1 NO DISP. P.2,3 75-105 P.4,5 75-95	S76E MS76H	150-200	adel.
B-211 LENTE AUDITIVO	38	119	P.1 NO DISP. P.2 75-105 P.3,4 75-100 P.5 75-95	S13E MS13H	50-60	adel.
B-214 LENTE AUDITIVO	56	131	P.1 110-115 P.2,3 115-120 P.4,5 NO RECOM. P.5 75-100	S76E MS76H	65-75	atrás
B-215 LENTE AUDITIVO	45	121	P.1,2,3 75-110 P.4 75-105 P.5 75-100	S76E MS76H	110	atrás

Las siguientes gráficas ilustran la curva de respuesta en frecuencia por cada una de las 5 pendientes básicas de AURICON.

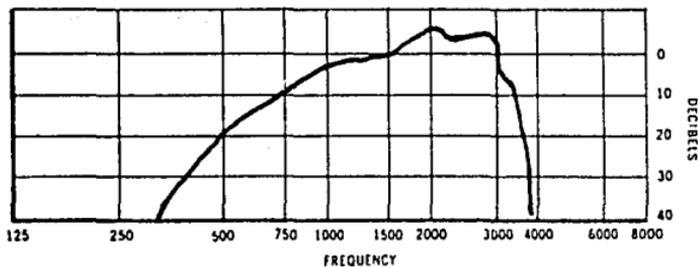
Independientemente de la presión de sonido empleada, cada pendiente (de 1 a la 5) mantendrá su patrón individual a través del rango de amplificación de los instrumentos.



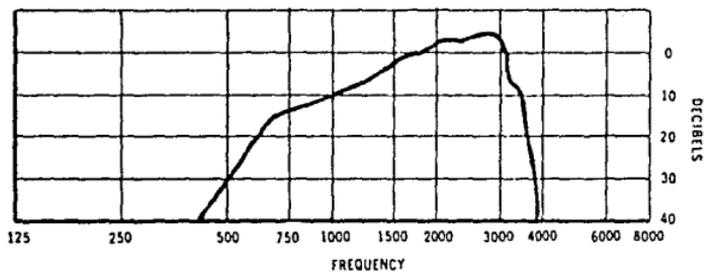
PENDIENTE 1



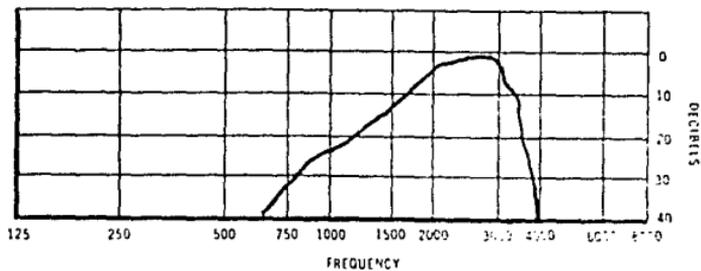
PENDIENTE 2



PENDIENTE 3



PENDIENTE 4



PENDIENTE 5

TABLA DE AUXILIARES AUDITIVOS (IN-THE-EAR)
(QUALITONE)

MODELO	GANANCIA dB	SALIDA MAX. dB	RANGO FREC	BATERIA	VIDA UTIL BATERIA HRS	RESPUESTA
PERSONAL EAR	24	109	470-4100	S312	50-60	plana

TABLA DE AUXILIARES AUDITIVOS (BEHIND-THE-EAR)
(QUALITONE)

MODELO	GANANCIA dB	SALIDA MAX. dB	RANGO FREC cps	BATERIA	VIDA UTIL BATERIA HRS	RESPUESTA
HIDDEN EAR						
Super	41	125	400-4000	S76		65-75
plana Deluxe		30	113	400-4100	S76	170-180
plana White Dot	29	116	500-4100	S76		150-170
6DB/oct.						
FRONT MIKE						
Super	41	125	350-4300	S76		65-75
plana White Dot		28	115	440-3900	S76	150-170
6DB/oct.						
AVC	40	115	390-4000	S76		70-80
plana						
ULTRA-MINIATURE						
Super	40	118	380-4300	S41		50-55
plana Deluxe		34	114	400-4400	S41	70-75
plana White Dot						
6DB/oct.	28	114	520-4400	S41		70-75

TABLA DE AUXILIARES AUDITIVOS (EYEGASSES)

(QUALITONE)

MODELO	GANANCIA dB	SALIDA MAX. dB	RANGO FREC cps	BATERIA	VIDA UTIL BATERIA HRS	RESP
HI- FASHIONED LONG LIFE						
Super	42	119	350-4400	S76		70-80
plana Deluxe		32	113	390-4000	S76	110-120
plana						
White Dot	33	116	350-4400	S76		135-155
6dB/oct.						
AVC	32	113	370-4500	S76		135-155
plana						

TABLA DE DISPOSITIVOS AUXILIARES

(AUDIVOX)

MODELO Y TIPO	VIDA BATERIA hrs	GANANCIA INPUT dB	SATURACION OUTPUT dB	DISTORSION MAX.	RESP FREC CPS
ITE 99	25	24	114-116	5 %	450-3600
OTE 87 S	85-100	42	117-119	5 %	360-3600
ANTEOJOS 86	85-110	50	128-132	5 %	400-3750
CORPORAL 83	150-200	70	136-140	3.5 %	280-3900

TABLA DE DISPOSITIVOS AUXILIARES
(AUDIVOX)

MODELO Y TIPO	VIDA BATERIA hrs	GANANCIA INPUT dB	SATURACION OUTPUT dB	DISTORSION MAX.	RESP FREC CPS
ANTEOJOS 82	75-90	43	117-120	5 %	370-3800
ANTEOJOS CONDUCCION ÓSEA 79B	75-90	55	-	4 %	350-3500

PERSPECTIVA A FUTURO

Al paso de los años cantidad de fisiólogos, cirujanos y audiólogos experimentales han especulado acerca de la posibilidad de alguna forma de estimulación eléctrica en la porción del sistema auditivo, esquivando algún daño ó una estructura que no funcione. Estas especulaciones han fluctuado desde la estimulación directa de la cóclea, el octavo par e inclusive la corteza auditiva.

El impedimento, aparte de las dificultades quirúrgicas, ha sido que la función de la estructura eludida en la transmisión o codificación de la señal ó sistema-impulso habría sido eemplazada por algún sustituto, y/o el individuo habría sido reentrenado para interpretar un conjunto de sensaciones substancialmente modificadas.

La última correría en esta área ha sido la implantación quirúrgica de un electrodo dentro del primer turno de la escala tympani, el cual, asociado con electrónica externa, produce estimulación eléctrica de una porción de la cóclea directamente.

En la actualidad, la efectividad de muchos auxiliares auditivos se considera aún como algo limitado por la inhabilidad del amplificador para separar el ruido indeseable de la voz hablada que se desea escuchar. Estadísticas recientes de asociaciones de industrias de audición, indican que el 13.5% de 3.9 millones de personas que tienen un dispositivo acústico en los Estados Unidos no usan sus auxiliares y que el ruido que hay como interferencia fué citado como el mayor causante de lo anterior, por un 32% de aquellos quienes rechazaron sus auxiliares.

En un estudio más reciente hecho por la Comisión de Comercio Federal, del 10% de aquéllos que expresaron insatisfacción con sus auxiliares acústicos, 74% se quejaron de problemas de ruido indeseable. El ruido ambiental el cual tiene energía potencial espectral que es usualmente el más grande en bajas frecuencias.

El problema de personas con patología coclear que tienen más dificultad para discriminar en ambientes ruidosos que las personas de audición normal es causado quizá, en parte, por la

anchura anormal de las bandas críticas de su sistema auditivo dañado. Este fenómeno puede resultar en una difusión ascendente de enmascaramiento que ocurre para sistemas de audición con funcionamiento normal.

La inhabilidad de muchos dispositivos acústicos para tratar efectivamente con la dificultad de competición de mensajes en algunas situaciones, se convierte en problemático especialmente para individuos con audición impar que intentan escuchar en grandes reuniones que ocurre, por ejemplo, en iglesias cafeterías y fiestas.

Los auxiliares auditivos en uso hoy generalmente tienen cantidades significativas de ruido ambiental indeseable amplificado junto con el estímulo deseado. Para resolver estos problemas, innovaciones recientes en nuevos auxiliares acústicos tienden a una circuitería más sofisticada para mejorar las capacidades de mejoramiento de señales.

En el pasado, tales esfuerzos fueron acompañados de dificultades por una inadecuada miniaturización de componentes, así como requerimientos de bajos voltajes y bajas corrientes impuestos por las baterías actualmente en el mercado para los auxiliares auditivos.

Sin embargo, avances recientes para reducir el espacio entre componentes en circuitos integrados de bajas corrientes

hicieron posible empaquetar circuitos que tienen una considerable capacidad de procesamiento de señal en un tamaño muy pequeño que permite su operación desde una batería miniatura de 1.3 volts.

Estas innovaciones en la circuitería, hicieron posibles los avances tecnológicos en la industria del semiconductor, deberían ayudar a resolver los problemas de ruido y realimentación que hacen de los dispositivos acústicos de hoy algo menos que adecuados u óptimos.

En un intento para minimizar la amplificación de ruidos ambientales, los dispositivos auxiliares generalmente enfatizan las altas frecuencias y atenúan las bajas frecuencias con filtros paso altas. En la práctica diaria está implícita la asunción de que el ruido ambiental se concentra principalmente en las bajas frecuencias.

Uno de los métodos más efectivos de implementación de un filtro de bajas frecuencias, desde el subjetivo punto de vista de usuarios de auxiliares auditivos, es la abertura del molde auditivo la que actúa como un filtro paso altas atenuando la ganancia de bajas frecuencias y reduciendo la amplificación del ruido ambiental.

Entre los métodos empleados actualmente en auxiliares auditivos para mejorar la señal a ruido en radio por la

supresión del ruido ambiental se están adecuando auxiliares binaurales, empleando micrófonos direccionales, incorporando filtración fija ó adaptativa de paso altas, filtración de paso altas con moldes auditivos de canal y control automático de ganancia.

Debido a que el ruido ambiental frecuentemente tiene un espectro que cae predominantemente en las frecuencias bajas, simplemente con proveer menos ganancia de frecuencias bajas con un filtro paso altas fijo o ajustable manualmente es un método comúnmente usado para mejorar la señal a ruido en radio. Hay numerosos estudios que examinan los beneficios en inteligibilidad del lenguaje resultantes del filtrado de varios filtros de corte y varias pendientes.

Con esta técnica aunque la información hablada se atenúa grandemente, muchos de los estudios muestran mejoras en la inteligibilidad con cantidades aun extremas de filtrados paso altas. Este es el caso particularmente de filtrado de paso altas seguido por un pico recortado. Los métodos de implementación de filtros paso altas en auxiliares auditivos incluyen un micrófono de respuesta de corte en bajas, selección apropiada de resistencias y/o capacitores en el amplificador y modificando el molde auricular.

Los avances tecnológicos en otras industrias están proveyendo la oportunidad de tener computadoras digitales en auxiliares

auditivos. Una computadora digital basada en un circuito contra-ruido, el Zeta Noise Blocker (ZNB), está disponible en forma de circuito integrado para incorporarse dentro de auxiliares usados en la cabeza principalmente con el propósito de mejorar la señal a ruido en radio. La computadora en el ZNB separa el ruido de la voz en varias bandas de frecuencias utilizando las diferencias temporales entre la voz y el ruido.

El algoritmo de el ZNB determina si el nivel de energía en una banda de frecuencia particular altera un tercio de un segundo intervalo por más de un cierto umbral. Si es así, se asume que la señal predominante en esa banda de frecuencia es voz. Si no, se asume que la señal predominante en esa banda es ruido y la computadora reduce automáticamente la ganancia para esa banda sin cambiar la ganancia en otras bandas de frecuencia.

Los resultados cuantitativos y anecdóticos llevan a que los beneficios del ZNB en situación de competencia de ruidos están mezclados. Dos estudios, el primero usando un circuito no integrado prototipo del dispositivo empaquetado en una gran caja, y el segundo usando el circuito integrado real en un auxiliar auditivo, encontraron una mejora significativa para la mayoría de las personas que usan el filtro.

Sin embargo, otro estudio también implementado con el ZNB en forma de circuito integrado, no encontró mejora significativa usando un umbral de recepción de voz en protocolo de ruido.

Así, esto deja ver si el ZNB proveerá mejora significativa en la inteligibilidad del habla cuando se use en situaciones de competencia de ruidos.

Los auxiliares auditivos con capacidades de programación permite que la ganancia, respuesta en frecuencia y nivel de saturación de presión del sonido sean variados fácilmente por dispensadores sobre un amplio rango de selección electroacústica.

Esta característica tiene implicaciones para aquéllos auxiliares ITE e ITC que no contienen potenciómetros adaptadores de variación de parámetros como los de respuesta en bajas frecuencias y nivel de recorte de pico.

Estos adaptadores, de ejecución fija en auxiliares auditivos podrían regresarse al fabricante para modificar sus características electroacústicas a menos que una variación suficiente se pudiera lograr modificando el molde auricular.

Claro, los potenciómetros adaptadores en auxiliares auditivos pudieran ser reemplazados por programación. Mano a mano con programación el dispositivo acústico esté habilitado para almacenar parámetros programados.

Se propone un auxiliar auditivo programable con compresión de banda de tres frecuencias que permita al usuario seleccionar

de varias respuestas en frecuencia almacenados en una memoria de sólo lectura , programable, eléctricamente borrable (EEPROM), dependiendo de las situaciones de ruido ambientales.

Se notó que el auxiliar programable es realmente un auxiliar maestro debido al amplio rango de variación electroacústica que se puede lograr en la ejecución.

La característica programable puede ser útil para asistir a nuevos usuarios de auxiliares en el ajuste para la amplificación y optimizar las adecuaciones para pérdidas auditivas variables, porque el auxiliar puede ser fácilmente reprogramado por el profesional.

Una de las ventajas de incorporar la tecnología digital dentro de los auxiliares auditivos es la habilidad de implementar respuestas en frecuencia no usuales que son virtualmente imposibles de obtener con una tecnología análoga actual.

Estas respuestas pueden incluir pequeñas variaciones en la ganancia en frecuencias particulares para el propósito específico de compensación para una anomalía particular en un sistema patológico auditivo.

Para empaquetar dispositivos de procesamiento de señal digitales sofisticados dentro de un auxiliar usado en la cabeza, atractivo cosméticamente, se necesitan considerables

fondos para mejorar la actual tecnología de empaque de circuitos. Este requerimiento incluye la habilidad de integrar en un chip simple tanto el circuito analógico como el digital CMOS (complementary metal oxide semiconductor) que ejecutará adecuadamente con baterías disponibles de 1.3 volts para auxiliares auditivos, así como la habilidad de empaquetar los componentes externos discretos necesarios, tales como capacitores en un volumen microminiatura.

Los circuitos o microprocesadores CMOS que trabajarán cuando las baterías estén por terminarse (1 volt) se pueden producir mediante aplicaciones especiales de procesamiento de señal, poco suficiente para adecuarse en auxiliares usados en la cabeza.

El chip ZNB CMOS que tiene un voltaje multiplicador, es un ejemplo de esto. Otra alternativa podría ser el desarrollar nuevas baterías subminiatura de mayor voltaje que podrían adaptarse mejor a las tecnologías de semiconductores existentes en la moda y en las restricciones de forma y tamaño de los auxiliares auditivos.

Todos estos esfuerzos implican avance en la tecnología básica de semiconductores y empaquetamiento de la batería. La industria de los auxiliares auditivos no está al mismo nivel que la investigación para desarrollar nuevas tecnologías básicas con las cuales resolver estos problemas.

Así que los desarrollos de otras industrias relacionadas, se deben aprovechar si son aplicables a las necesidades de la industria de los auxiliares auditivos.

Una vez que se ha pagado el costo de incrementar el tamaño del hardware, el filtrado digital se puede habilitar para proveer mucha más flexibilidad en el procesamiento de señales de aplicaciones con filtrado análogo.

Los algoritmos adaptativos se pueden implementar para dar forma a la respuesta en frecuencia automáticamente para compensación por cambios en el ruido ambiental y el rechazo acústico de la oscilación de realimentación.

Adicionalmente, el almacenamiento digital de las respuestas en frecuencia habilitarán al usuario para seleccionar manualmente docenas de formas de respuestas en frecuencia para la demanda de diversas situaciones para oír.

IV.- DISEÑO DEL PROTOTIPO.

Iva.- Variables a registrar.

El primer indicador que fue utilizado por el hombre para darse cuenta del grado de sordera de un semejante, fue la palabra, se distinguió la voz cuchicheada de la normal y de la gritada y así se tomo en cuenta lo anterior para medir la distancia a la cual las palabras eran percibidas.

A partir de la medición de los fonemas mediante aparatos electrónicos, lo anterior dejo de tener importancia, ya que además de conocer el umbral mínimo de audición se manejaba una serie de instrumentos, que hoy en día se encuentran relegados en su mayor parte, así desde el momento que se intento medir la audición para determinar el grado de agudeza o de pérdida auditiva para ser visualizada en forma gráfica para facilitar la comprensión del problema, se utilizó el plano cartesiano.

Si se toma en cuenta que la percepción auditiva es un fenómeno psíquico de recepción orgánica y representación mental, en tanto que la vibración sonora es una energía completamente física, siendo característica del sonido, la intensidad y la frecuencia.

La intensidad es la expresión de la amplitud de las vibraciones de las moléculas, en el medio a través del cual el

sonido se propaga; la frecuencia es la expresión de la rapidez con la cual se produce dicha vibración y se puede medir en ciclos por segundo. Así pues las variables a registrar son:

INTENSIDAD Y FRECUENCIA

La audiometría calcula las pérdidas auditivas y determina el carácter de éstas con relación a las vibraciones acústicas, es ante todo necesario definir el sonido, y a continuación adoptar unidades de medición válidas.

Todos los ruidos de la vida corriente están constituidos por una reunión más o menos compleja de sonidos puros. El sonido es físicamente una conmoción o sacudida elástica de los elementos del medio en que existe, siendo este medio un gas (atmósfera), un líquido o un sólido, lo que equivale a decir que consiste en un movimiento oscilante de partículas materiales alrededor de su posición normal de equilibrio o reposo.

Este movimiento oscilante es elástico, y puede compararse, a este respecto, con el de la superficie del agua ondulada a consecuencia de choques regulares.

Se trata, pues, de una onda sinusoidal que en el plano fisiológico se traduce por dos importantes cualidades sensoriales:

- La altura, que traduce la frecuencia de las vibraciones (vibraciones dobles, V.D., o ciclo, C/seg. o hertz);
- El tono (intensidad-sensación), que es función de la intensidad física, es decir, de la amplitud de las vibraciones.

Se puede, pues, determinar un sonido puro mediante un punto llevado sobre una gráfica cuyas coordenadas correspondan: a la frecuencia en abscisas y a la intensidad en ordenadas; pero esto supone la utilización de unidades que importa ahora estudiar para estos parámetros. Para dar un carácter lo más objetivo posible a los aumentos de sensación auditiva en altura y en intensidad, se han escogido, pues, unidades logarítmicas:

- La octava, para las frecuencias.
- El decibel, para la intensidad.

Unidad de altura (frecuencias). La unidad física de altura es la vibración doble (V.D), o ciclo o período por segundo o hert, es decir, la frecuencia. La unidad audiométrica escogida es la octava, que indica bien los aumentos de sensación de altura del oído humano. Según la ley de Weber, la octava está unida a la V.D/seg. por una relación logarítmica; se puede decir, en efecto, que la sensación de altura crece como el logaritmo (de base dos) de la frecuencia.

Ejemplo: 64 128 256 512 etc.
o sea : 2^6 2^7 2^8 2^9 etc.

En la práctica, las octavas de la serie se escogen como punto de investigación.

Unidad de intensidad. La unidad de intensidad física es el Watt acústico/cm'.

La unidad audiométrica escogida es el decibel, que indica bastante bien el crecimiento de la sonoridad o sensación de intensidad sonora del oído humano. Responde igualmente a la ley de Weber-Fechner, puesto que el decibel es proporcional al logaritmo de la intensidad en watts/cm'.

Todas las mediciones se efectúan por comparación con una intensidad llamada, arbitrariamente, cero decibel. 0 dB corresponde a 10^{-16} watts/cm'. Es aproximadamente la más débil intensidad sonora que puede percibir el oído humano para la frecuencia 1024. Fisiológicamente se puede decir que el decibel es aproximadamente la más pequeña diferencia de intensidad perceptible por el oído humano a 20 dB. por encima del umbral mínimo. Para dar una idea del decibel y del aumento de la intensidad de los ruidos de la vida corriente, citaremos algunos ejemplos de nivel sonoro: la conversación: 50 dB.; el ferrocarril metropolitano, 80 dB.; el avión, alrededor de 100 dB., etc.

IVb.- Características y selección de cada uno de los transductores.

AUDIFONOS: DEFINICION.- Aparato pequeño por lo común electromecánico, que mejora la audición de los duros de oído o con problemas auditivos, existen varios tipos:

CONDUCCION DE AIRE.- Consiste en un amplificador y un transmisor electrónico que obran sobre el canal del oído.

CONDUCCION POR EL HUESO.- Amplifica y transmite las ondas sonoras a través del hueso temporal.

Además dentro del grupo de reproductores de sonido, los audífonos cubren la parte más sencilla, aunque no por ello más importante. Su forma de trabajo resulta similar a la del altavoz en todos los sentidos, aunque, en ocasiones, su aplicación se dirige a sustituir a éstos.

Un audífono es un dispositivo capaz de convertir en ondas sonoras una variación de corriente, con la particularidad de ser aplicado directamente al oído o mediante una abrazadera.

AUDIFONOS MAGNETICOS:

Basado en el principio del electroimán, estos dispositivos recogen la corriente y la hacen circular por las bobinas de un

electroimán, de manera que, éste atraerá a una lámina más o menos, según la intensidad que pasa por las bobinas, reproduciendo de esta manera los sonidos.

La lámina vibrante del auricular comprime el aire existente en sus proximidades, dando lugar a las ondas sonoras como las que captó en su momento el micrófono.

El audífono de tipo magnético suele estar formado por un núcleo de imán o núcleo ferromagnético en forma de herradura, al que se incorporan dos pequeñas bobinas con expansiones polares. Las bobinas se disponen en serie y por ellas circula la corriente recogida por el receptor.

Para cada valor de la corriente tendrá lugar una magnetización distinta, y las líneas de fuerza del núcleo magnético, tenderán a cerrarse sobre la armadura y la lámina metálica colocada sobre las expansiones polares.

En cada semiciclo de la corriente tendrá lugar una inversión del sentido de atracción, dando lugar a la vibración con mayor o menor amplitud y frecuencia, con lo que se consigue una reproducción de la mayor parte de la gama sonora (figura IVb.1).

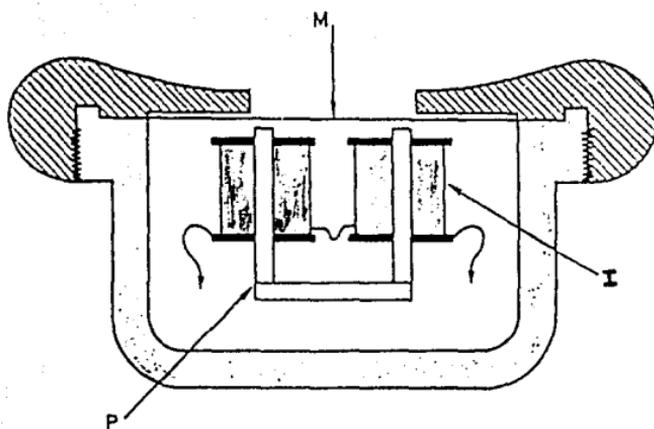


Figura IVb.1 Audifono magnético, el diafragma M se ve atraído por la influencia del electroimán interno P.

Este modelo de audifono ha sido el más utilizado durante muchos años, ya que, sobre él se ha basado la escucha telefónica que era en donde estaba centrada la mayor cantidad de aplicaciones.

Ha sido la exigencia de reproducir el sonido con mayor fidelidad, la que ha provocado la aparición de nuevos tipos de audifonos capaces de conseguir una óptima respuesta para todas las frecuencias audibles, ya que, si bien ésta es buena para las bajas frecuencias, las altas encuentran más dificultades en su reproducción.

Los audífonos magnéticos también son conocidos como audífonos dinámicos y en la práctica es frecuente sustituir las dos bobinas en serie por una sola, colocada sobre un núcleo de imán permanente (figura IVb.2).

El imán permanente evita que la membrana sea atraída dos veces en cada ciclo y que solamente siga las inflexiones una vez, de no actuar el imán permanente aparecerían sonidos con una frecuencia doble de la original.

La perfecta reproducción del sonido requiere utilizar una bobina amplificadora sujeta a un diafragma de poco peso y gran rigidez. Esta bobina está suspendida en un campo magnético intenso.

Han de poseer una forma anatómica de manera que tenga lugar una menor dispersión del sonido. Así, los modelos de más calidad poseen una almohadilla flexible que proporciona un cierre perfecto alrededor del oído, y los más sencillos una ligera curvatura.

La perfecta adaptación consigue un resultado óptimo en la respuesta de notas graves.

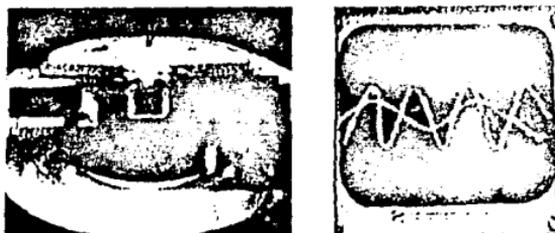


Figura IVb.2 Audifono dinámico de gran sensibilidad. La bobina aislada se mueve reproduciendo el sonido con gran fidelidad. En la parte inferior se puede ver la almohadilla anatómica que mejora la respuesta en graves.

Los audifonos dinámicos son de dos tipos básicos, el de tipo cerrado recubierto por la almohadilla acolchada y el de alta velocidad. Estos modelos utilizan almohadillas abiertas acústicamente que permiten participar de los sonidos externos (figura IVb.3).

Los modelos de KOSS contienen ventilaciones en los audifonos para que el sonido sea más nítido y preciso, consiguiendo de este modo agudos naturales y suaves, al tiempo que bajos con potencia audible. Para ello disponen de un imán de un tipo especial de cerámica con muy poco peso.

El ajuste de respuesta acústica ya viene dado desde fábrica y cubre todas la frecuencias sonoras.

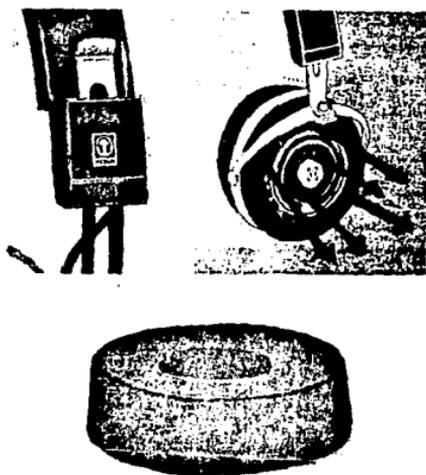


Figura IVb.3 Los modelos de altavoces dinámicos pueden ser de alta velocidad con las almohadillas abiertas acústicamente.

AUDIFONOS PIEZOELECTRICOS:

Un cristal piezoeléctrico puede trabajar de dos formas diferentes: proporcionando una corriente variable en función de la presión mecánica ejercida por las ondas sonoras, o dando lugar a deformaciones en uno y otro sentido, cuando entre sus caras opuestas se le aplica una tensión variable.

La figura IVb.4 muestra de forma esquemática un audifono de este tipo.

Las caras que reciben la corriente variable procedente de la salida del receptor hacen que el cristal se deforme arrastrando consigo la fina membrana que entrega el sonido.

El diafragma puede ser metálico o de plástico, pero, en cualquier caso, debe mantener su rigidez y ser liviano para que pueda responder a la mínima excitación.

Un audifono de este tipo debe estar perfectamente calibrado porque las reducidas dimensiones, comparadas, con altavoces que siguen este mismo principio, precisan de una mayor fiabilidad en la respuesta de cada una de las secciones.

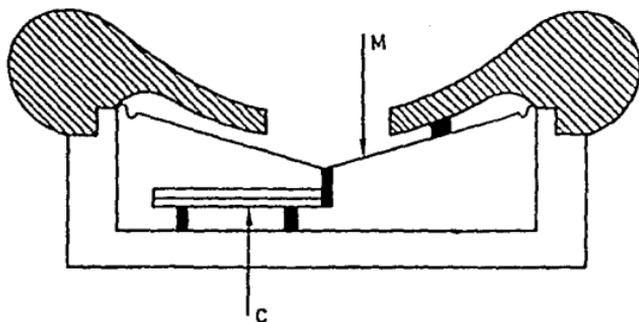


Figura IVb.4 Audifono de cristal piezoeléctrico. La vibración del cristal C se transmite a la membrana M.

AUDIFONOS DE ELECTRET:

A diferencia de los micrófonos de los restantes tipos, que debían tener un tamaño mínimo considerable, los de electret son de dimensiones más reducidas.

Trasladando este principio transductor a la inversa, resulta muy sencillo obtener audífonos de electret porque de entrada ya se consigue el tamaño reducido.

La cápsula de electret está formada por una fina lámina de poliéster, poliuretano o similares con un espesor de pocas micras.

Pueden reproducir perfectamente toda la banda sonora, incluso las frecuencias ultrasónicas, proporcionando una respuesta prácticamente plana en todo el intervalo. Similares a este tipo se encuentran los audífonos de condensador aunque no son tan empleados debido a que precisan una fuente auxiliar de polarización y el tipo electret evita el inconveniente de alojar una pila dentro del casco o recoger la tensión adecuada desde el equipo al que van incorporados.

AUDIFONOS ELECTROSTATICOS.

Aunque predominen los audífonos dinámicos y comienzan a extenderse los de electret y piezoeléctrico, los electrostáticos dan lugar a una gran fiabilidad en la respuesta con una calidad sonora muy importante.

En la reproducción electrostática del sonido, el diafragma conductor está formado por una lámina muy delgada suspendida entre dos placas metálicas en forma de rejilla o láminas

perforadas que permiten el paso de sonidos a su través, al tiempo que actúan como conductores de la corriente eléctrica (figura IVb.5).

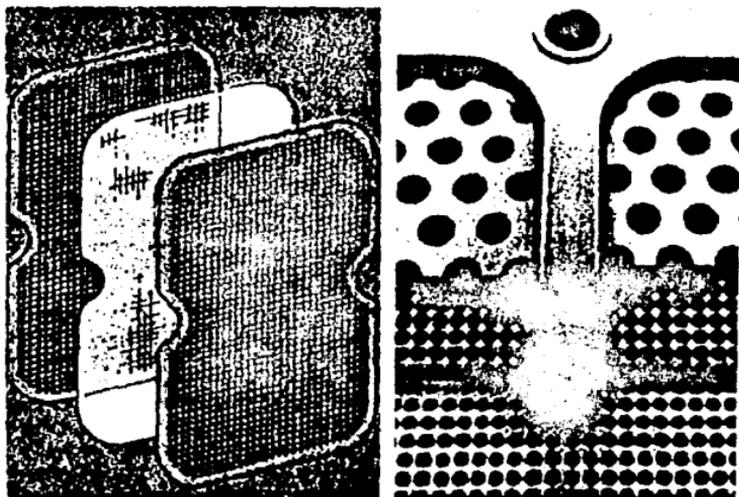


Figura IVb.5 Detalle de actuación de los audífonos electrostáticos. El diafragma queda dispuesto entre dos electrodos en forma de rejilla conectados a la salida de audio.

El diafragma posee un nivel adecuado de tensión y una pequeña corriente continua mientras las placas son conductoras. La carga existente en el diafragma establece un potencial de referencia enfrentando al que poseen las placas recorridas por la señal de baja frecuencia. Esta lámina vibrante se mueve

sincronizada con la señal procedente de la etapa final del receptor, proporcionando una respuesta de gran rendimiento y baja distorsión.

AUDIFONOS ESTEREOFONICOS.

El audífono aislado resulta de gran utilidad en múltiples ocasiones, sobre todo cuando se pretende conseguir una captación sonora procedente de un equipo, al tiempo que no se renuncia a recoger las impresiones sonoras externas al mismo. Esta aplicación es típica en los audífonos de tipo telefónico.

Estos modelos suelen estar acoplados a un fleje metálico para sujetarlos sobre la cabeza y dejar las manos libres al usuario para manipular mandos y controles. El empleo de audífonos por parte de los melómanos ha extendido el campo de aplicaciones de los reproductores sonoros, al tiempo que se han sucedido continuamente las mejoras en la calidad de la respuesta.

Ya no es suficiente escuchar un sonido de modo más o menos inteligible como exigía una conversación telefónica o una recepción de una estación de escucha de radioaficionado, la alta fidelidad ha exigido a los audífonos una respuesta que no desmerezca de la proporcionada por los altavoces.

Así se han desarrollado los distintos tipos de transductores de igual calidad que la conseguida en los micrófonos

captadores de sonido. La incorporación del sonido estereofónico o, en su defecto, la audición por los dos oídos de un sonido proveniente de un único canal, exige la utilización de los audifonos dobles. Estos audifonos van provistos siempre del fleje o abrazadera con una doble misión: sujetar las dos cápsulas y comprimir éstas sobre los oídos con una presión adecuada que asegure su inmovilidad y una recepción total del sonido, excepto en algunos modelos como los de alta respuesta citados antes que emiten sonidos en las proximidades, no limitándose exclusivamente a un único usuario (figura IVb.6).

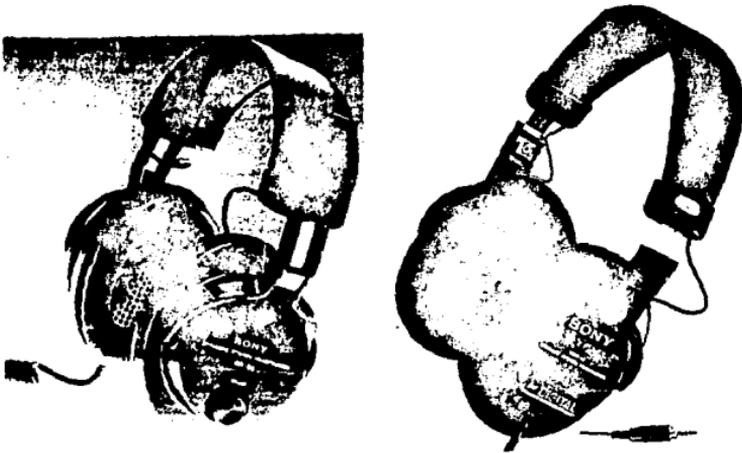


Figura IVb.6 Audifono estereofónico con cápsulas dinámicas. En primer término se observa el jack de conexión a los equipos.

Para aplicaciones en equipos portátiles, no es recomendable emplear los costosos cascos de tipo profesional o para aplicaciones de escucha de alta fidelidad, puede ser suficiente emplear los tipo miniatura con unas pequeñas almohadillas (Figura IVb.7).

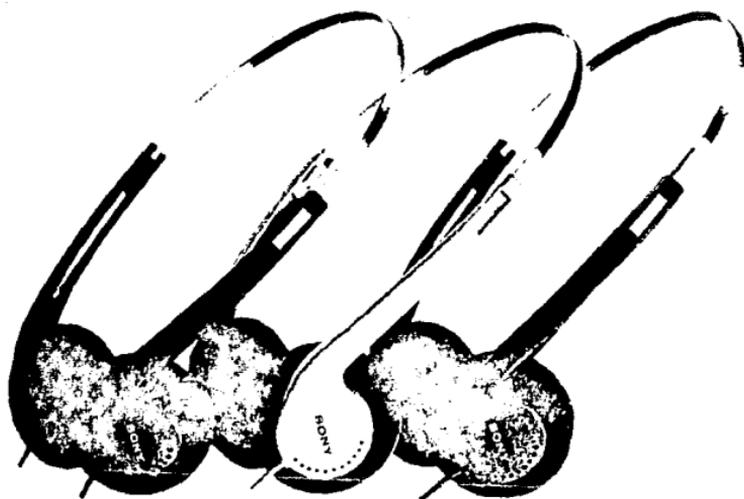


Figura IVb.7 El reducido tamaño y peso de estos audífonos estereofónicos los hace idóneos para uso continuo, portátiles, sin que ofrezcan un rendimiento acústico tan elevado como el modelo de la figura anterior.

Los audifonos permiten la audición de música o la recepción de sonido anulando la actuación de las salidas de altavoz de los equipos. Para ello, en todos los audifonos se dispone de los jack adecuados, uno o más que permiten conmutar la señal de salida llevándola al audifono en lugar de los altavoces. La clavija asociada al audifono es la que determina la conmutación altavoz/audifono.

La gran ventaja de los audifonos es la escucha sin afectar a otras personas que están a nuestro lado, tanto con los sencillos audifonos monoaurales que se sujetan por presión dentro del pabellón del oído, audifonos miniatura, como en los sofisticados audifonos que no precisan cables ni jack porque efectúan la conmutación mediante rayos infrarrojos o técnicas similares.

Los transductores de salida para los auxiliares auditivos son de dos clases generales:

- 1.- De conducción aérea
- 2.- De conducción ósea

AUDIFONOS DE CONDUCCION AEREA

Todos los audifonos de conducción aérea para auxiliares auditivos individuales llevados en el tórax, son colocados en el oído. Están sostenidos por un molde auricular plástico.

Más pequeños que éstos, son los tipos contruidos en los auxiliares auditivos tipo lente y en otros auxiliares pequeños para ser llevados detrás de la oreja, el sonido es llevado del audifono al conducto auditivo, por medio de un tubo de plástico transparente, que termina en el molde auricular. Estos audifonos minimos representan una de las más difíciles tareas de la ingeniería electroacústica, en el auxiliar auditivo.

Estos audifonos deben transformar eficientemente la energía eléctrica en sonido, y al mismo tiempo deben evitar resonancia mecánica excesiva que daría mucho énfasis a una frecuencia.

Todo esto es difícil de alcanzar en un tamaño pequeño, pero cada vez se está teniendo más éxito en ello. Los audifonos con las mejores características acústicas, tales como los usados en audiómetros y en sistemas de sonido profesionales son muy grandes y por tanto poco prácticos para auxiliares auditivos individuales. Sin embargo se incluyen en muchos auxiliares portátiles y de grupo.

El tipo más común de audifono utilizado en los auxiliares auditivos de mayor tamaño portados sobre el cuerpo es el audifono magnético de hierro móvil (Figura IVb.8).

El audifono magnético de armadura balanceada que se usa en muchos auxiliares en miniatura usados en la cabeza es

físicamente bastante similar al micrófono magnético de armadura balanceada.

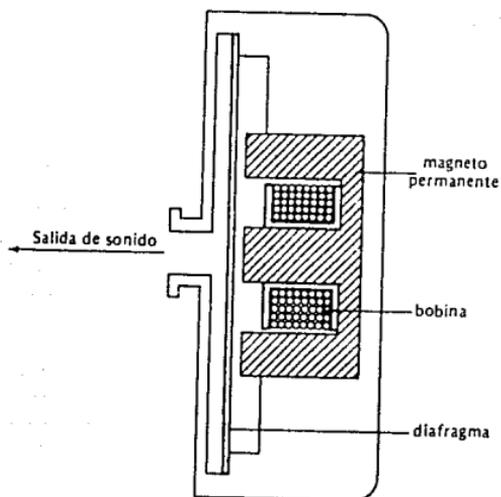


Figura IVb.8 Diagrama de un receptor magnético de hierro en movimiento.

VIBRADORES DE CONDUCCION OSEA.

El tipo más común de vibrador de conducción ósea es magnético.

Está diseñado para hacer vibrar su caja en lugar de originar ondas sonoras en el aire (figura IVb.9). Su diafragma está rígidamente unido a una caja plástica, cuya forma se adapta confortablemente al hueso mastoide detrás de la oreja. El sistema magnético está sostenido por el borde del diafragma. La atracción del magneto varía con los cambios en el flujo de la corriente eléctrica a través de la bobina, y ambos, magneto y caja se mueven uno en relación al otro. La inercia del magneto es considerable, y por lo tanto, la caja y con ella el hueso mastoides, vibran en forma apreciable. La caja, aunque se mueve menos que el diafragma de un audífono de conducción aérea, se mueve con fuerza considerable, lo que le permite iniciar una vibración adecuada en el cráneo.

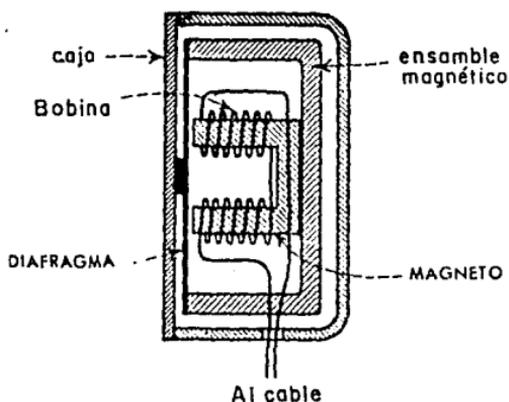


Figura IVb.9 . Esquema de un vibrador de conducción ósea.

El vibrador es sostenido en contacto estrecho contra la mastoides por medio de un cintillo flexible, como lo muestran las figuras IVb.10 y IVb.11 .



Figura IVb.10 Vibrador de conducción ósea con su cintillo elástico para la cabeza.

Debido en parte a la manera en la cual la piel y el hueso transmiten el sonido, es difícil diseñar un vibrador de conducción ósea que haga llegar altas frecuencias al oído interno tan eficientes como lo hace con las bajas frecuencias; pero su área es comparable al área de un receptor común de conducción aérea.



Figura IVb.11 Vibrador de conducción ósea en su lugar, detrás de la oreja.

En base a lo anterior debemos de seleccionar los audífonos adecuados para la vía aérea y la vía ósea, pero se deben de tomar en cuenta otros factores como son:

	REQUERIDO	UTILIZADO
Respuesta en frecuencia:	20 a 20k Hz.	5 a 30k Hz.
Potencia de salida:	100 mW.	1 W.
Impedancia:	8 Ω	8 Ω
Tipo:	Campo cerrado	Dinámico de campo cerrado.

El idóneo resulta ser un SONY modelo MDR-V7 (ver anexo B).

IVc.- Convertidores digital-analógico

A. INTRODUCCION

Un conversor digital-analógico (DAC) transfiere información expresada en forma digital a una forma analógica. Este debe proporcionar una salida analógica (A) proporcional a la magnitud expresada por la entrada digital (D).

$$A = kD \dots\dots\dots \text{Ec .1}$$

La salida analógica puede ser un voltaje o una corriente. La entrada digital puede ser cualquier código digital, el código más común es el binario, aunque puede usarse otro. Si consideramos el código binario, un número se expresa con dos dígitos: 0,1 y notación posicional.

Generalizando lo anterior, puede expresarse la entrada D, en la siguiente forma, para un número binario de "n" dígitos.

$$D = a_1 2^{n-1} + a_2 2^{n-2} + \dots + a_{n-1} 2^1 + a_n 2^0 \dots\dots \text{Ec.2}$$

donde: a = son los dígitos en la entrada
 n = número de dígitos en la entrada

La ecuación 2 puede expresarse:

$$D = 2^n(a_1 x 2^{-1} + a_2 x 2^{-2} + \dots + a_{n-1} 2^{1-n} + a_n 2^{-n}) \dots \text{Ec. 3}$$

La salida analógica del DAC, según las ecuaciones 1 y 3, será entonces:

$$A = kD = 2^n k [a_1/2 + a_2/4 + \dots + a_{n-1}/2^{n-1} + a_n/2^n] \quad \dots \text{Ec. 4}$$

Un número binario con "n" dígitos, se conoce como "palabra de longitud n", y esta puede expresar números que, en términos decimales, van desde cero hasta $(2^n - 1)$. Cada uno de estos números deberá corresponder a un nivel de la señal analógica de la salida, y la precisión con que pueda obtenerse ésta, será la medida fundamental de la calidad del DAC.

Esta ecuación indica también que cada dígito contribuye a la salida analógica con un "peso" que depende de su posición. Se llamará Dígito Más Significativo (MSB) al que tiene mayor peso. Este es $a_1/2$. El Dígito Menos Significativo (LSB) será el que tiene menos peso, y será $a_n/2^n$.

Cuando la ecuación 4 es aplicada para el sistema binario y los coeficientes (a) son unos, nótese que la suma del paréntesis tiende a la unidad. Por lo que la máxima salida analógica es el factor $2^n k$.

La salida analógica dependerá de la suma de las contribuciones de cada dígito; El sumador realiza esta condición, con lo que se implementa la expresión del paréntesis de la ecuación 4. Por último, la suma de las contribuciones de los dígitos

(que como se consideró, tienden a la unidad) es multiplicada por el factor: 2^n ; esta función la realiza la referencia, ilustrada en la figura IVc.1. Esta define la magnitud de la salida analógica.

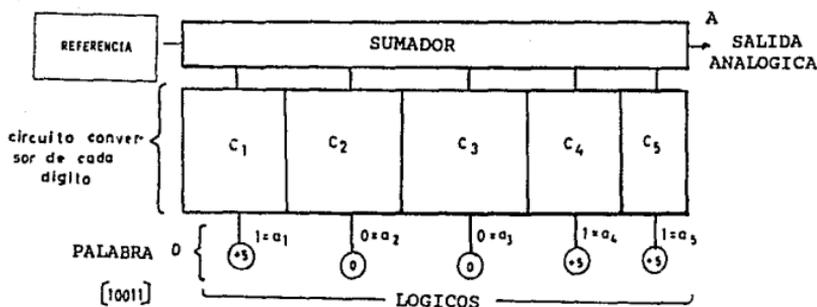


Figura IVc.1

Cada parte de la ecuación 2, corresponde a un bloque funcional del DAC. La implementación física de estos bloques puede realizarse en varias formas; de las cuales se expondrán las más usadas.

B. TIPOS

Para considerar la implementación del DAC, es necesario distinguir 2 formas de presentación en la entrada digital:

1. SERIE.
2. PARALELO.

1. SERIE

Es cuando se presenta como una sucesión de dígitos en el tiempo. En este caso no puede usarse una palabra digital en que cada dígito además de su valor, tiene un peso debido a su posición; ya que siendo una sucesión de pulsos en el tiempo no puede hablarse de posición. Lo que importa es el número de pulsos o dígitos por unidad de tiempo. Aunque es más sencillo y barato, tiene el inconveniente de tener graves limitaciones en cuanto a precisión. Un posible circuito para esta función se ilustra en la figura Ivc.2.

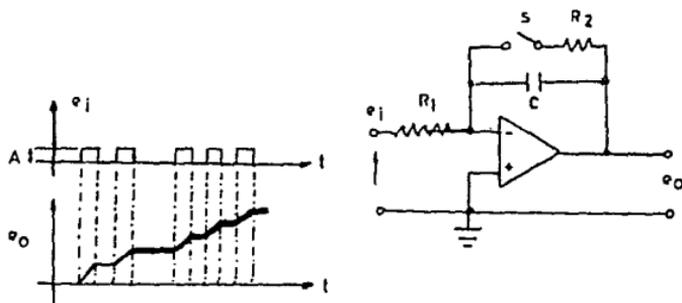


Figura Ivc.2

Mientras el conmutador S permanezca abierto, opera el integrador. El conmutador puede ser implementado con una compuerta. Si los pulsos de la entrada tienen una anchura y amplitud constante, el voltaje de salida (e_o) puede expresarse:

$$e_o = - N/R_1C \int_0^t e_i dt = - [At/R_1C]N \dots\dots\dots \text{Ec. 5}$$

donde:

- N = número de pulsos en el intervalo de integración.
- A = amplitud de los pulsos.
- t = intervalo de integración.

La constante de proporcionalidad entre el número de pulsos que entran (N) y la salida analógica (e_o) será:

$$K = At/R_1C$$

La precisión de este tipo de DAC dependerá principalmente de:

- La igualdad de anchura y amplitud de los pulsos de entrada.
- Los voltajes y corrientes residuales del operacional y su corrimiento con la temperatura.
- Las fugas del condensador debidas al imperfecto aislamiento del mismo y a la resistencia no infinita de la compuerta usada como conmutador.
- La dependencia de la temperatura de las resistencias y condensador.
- La precisión del intervalo de integración.

2. PARALELO

Es cuando los dígitos que componen a una palabra digital se presenta simultáneamente a la entrada del DAC. La entrada consiste de "n" digitos presentados simultáneamente. Estos digitos pueden ser "1" o "0", y eléctricamente están representados por 2 niveles de voltaje; usualmente se representa el "0" con un nivel de cero volts y el "1" con un nivel positivo. Un diagrama a bloques para este tipo de convertidores se muestra en la figura Ivc.3.

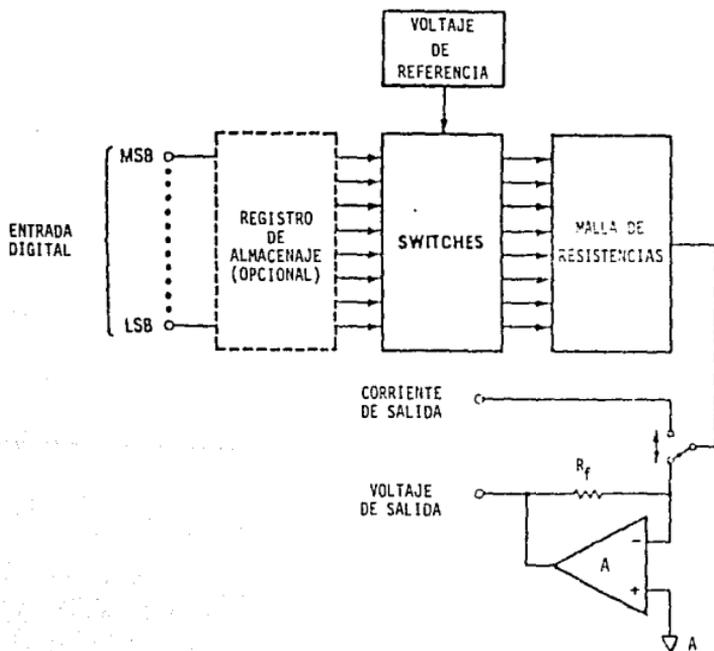


Figura Ivc.3

Una de las partes fundamentales del DAC son el arreglo de interruptores y la malla de resistencias. El arreglo de interruptores consiste en un conmutador para cada "bit" de resolución; esto es "n" interruptores para "n" bits de resolución.

De igual forma serán "n" entradas para la malla de resistencias. Como parte complementaria se encuentra un amplificador (buffer) y un voltaje de referencia.

El convertidor puede ser usado con salida de voltaje o corriente. Algunos convertidores pueden incluir una memoria de registros, aunque esto no es general.

Analizaremos dos de los circuitos más comunes en el mercado, aunque es posible encontrar variantes de estos y otras configuraciones. Las configuraciones son las siguientes:

- a. DE RESISTENCIAS PONDERADAS.
- b. DE RESISTENCIAS $R - 2R$.

b. DE RESISTENCIAS PONDERADAS

El circuito conversor, que proporciona una señal proporcional al valor y posición del dígito, puede ser implementado con un circuito como el de la figura IVc.4.

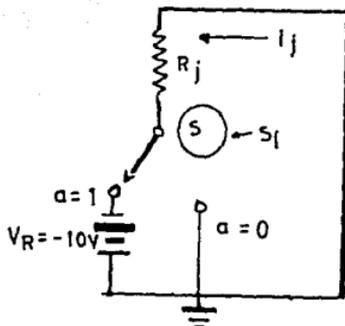


Figura IVc.4

Cuando el valor del dígito es cero, el conmutador S se conecta a tierra, y por lo tanto la señal eléctrica de corriente es nula ($i = 0$). Cuando el valor del dígito es uno, el conmutador S se conecta a la batería V_r , y por lo tanto la señal de corriente tendrá un valor que depende de la magnitud de la resistencia.

$$i_j = V_R/R_j$$

Para lograr que la señal eléctrica tenga una magnitud que dependa de la posición del dígito, basta dimensionar la resistencia de acuerdo a la posición o peso del dígito que

entra en el circuito. Es decir, el valor de la resistencia se irá doblando para cada dígito sucesivo, para lograr que la señal del circuito conversor, cumpla con la ecuación 4.

La suma de la contribución de cada dígito, se podrá realizar conectando en paralelo los circuitos conversores, para sumar sus corrientes. La corriente total será la salida analógica. Lo anterior se ilustra en la figura IVC.5.

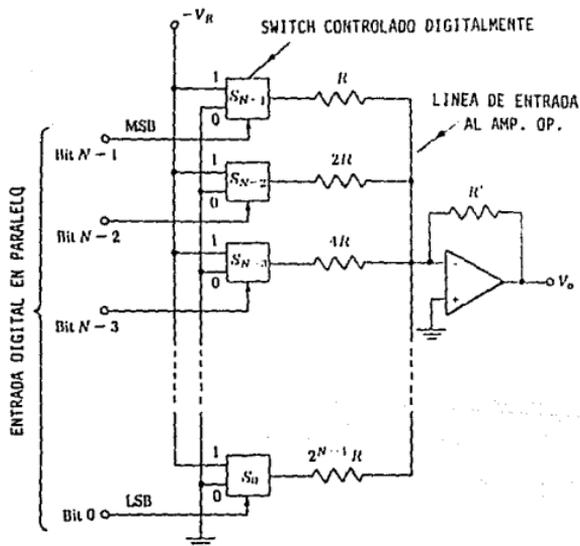


Figura IVC.5

Dicha corriente será:

$$i_T = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$

$$i_T = i_R [a_1/2 + a_2/4 + a_3/8 + \dots + a_n/2^n] \dots \dots \dots \text{Ec. 6}$$

Donde i_R puede expresarse en función de los parámetros de circuito.

$$i_R = 2V_R/R_1 \dots \dots \dots \text{Ec. 7}$$

Puede verse la correspondencia entre las ecs. 4 y 7.

$$A = i_T = i_R \sum_1^n a_j/2^j \dots \dots \dots \text{Ec. 8}$$

$$2^n k = 2V_R/R_1; \text{ o sea } k = 2V_R/2^n R_1 = V_R/2^{n-1} R_1 \dots \dots \dots \text{Ec. 9}$$

La ecuación 8 expresa la magnitud de la salida analógica, cuyo valor máximo es la unidad y se tendría cuando todos los dígitos fueran uno ($a_1 = a_2 = \dots = a_n = 1$), lo que corresponde al máximo número que puede expresar la palabra binaria.

La ecuación 9 expresa el factor de proporción entre el número binario de entrada y la magnitud analógica de la salida.

Si se desea obtener una señal analógica de voltaje, habrá que usar un convertidor de corriente a voltaje, que se ilustra en la figura IVC.6

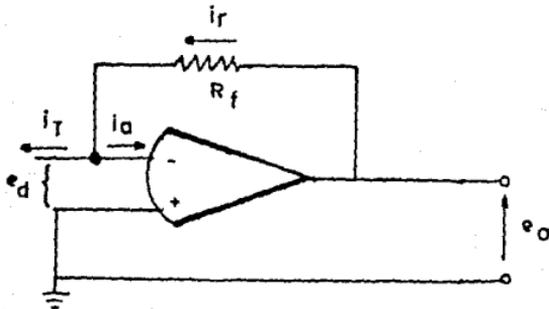


Figura IVc.6

Como $i_r = i_a + i_r$, y la corriente consumida por el amplificador operacional es idealmente, nula:

$$i_r = i_r$$

Cerrando una malla de tierra a la entrada negativa, de ahí a la salida y nuevamente a tierra, se tiene

$$e_d + R_f i_r - e_o = 0$$

y como $e_o = 0$

$$e_o = R_f i_r = R_f i_r \dots \dots \dots \text{Ec. 10}$$

añadiendolo al circuito antes considerado, se tendrá:

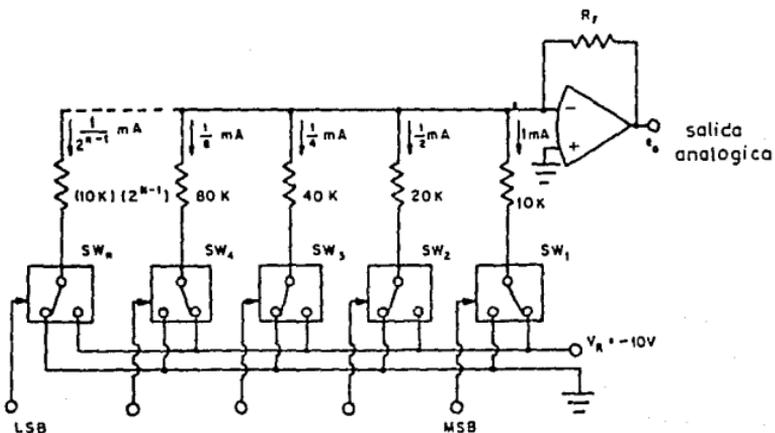


Figura IVc.7

La expresión que describe su operación será; de las ecuaciones 6 y 10.

$$A = e_o = R_f i_t = R_f i_R [a_1/2 + a_2/4 + \dots + a_n/2^n] \dots \text{Ec. 11}$$

Identificando el factor de proporción

$$K = R_f i_R / 2^n = R_f V_R / 2^{n-1} R_1 \dots \text{Ec. 12}$$

Esto permite expresar la ecuación 11 en función de los parámetros del circuito.

$$A = 2R_f V_R / R_1 [a_1/2 + a_2/4 + \dots + a_n/2^n] \dots \text{Ec. 13}$$

La ecuación 13 define el comportamiento de un DAC de resistencias ponderadas y su representación gráfica se muestra en la figura 8.

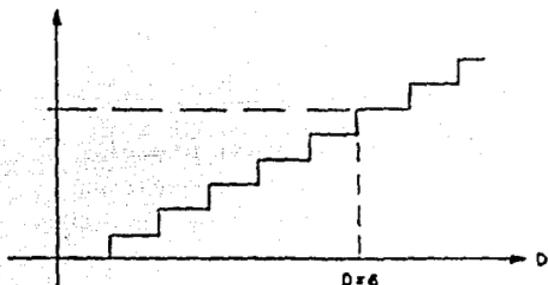


Figura IVc.8

c. DE RESISTENCIAS R - 2R

Como se analizó en el inciso anterior, el sistema de resistencias ponderadas tiene como desventaja usar variados valores de resistencias, lo que resulta costoso por las características que estas deben tener.

Un sistema que sólo usa 2 valores de resistencia, y cuya precisión depende de la relación de valores entre éstas, más que de su valor individual, se presenta en la figura 9.

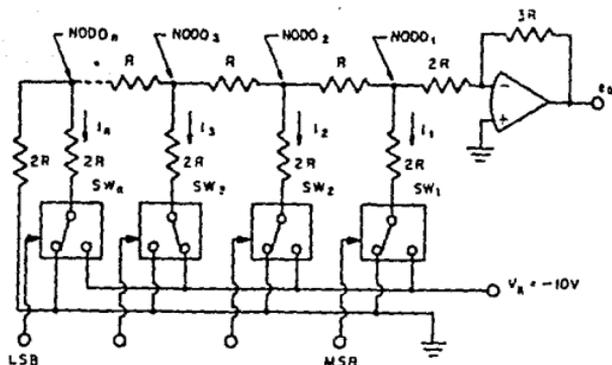


Figura IVc.9

Esta característica ofrece la facilidad de ajustar dicha relación con potenciómetros preajustables.

Para analizar su funcionamiento, se considerará cada uno de los dígitos por separado, haciendo uso del principio de superposición, el que permitirá considerar una sola fuente por vez, sustituyendo las demás por su impedancia interna, que idealmente es nula. Así pues, se considerará que los demás dígitos están conectados a tierra. Después, la suma de la contribución de cada dígito, dará el resultado global.

Obsérvese que la impedancia vista por cada nodo hacia la izquierda es para todos igual a $2R$.

Para el nodo n $R_{eq}(n) = 2R$

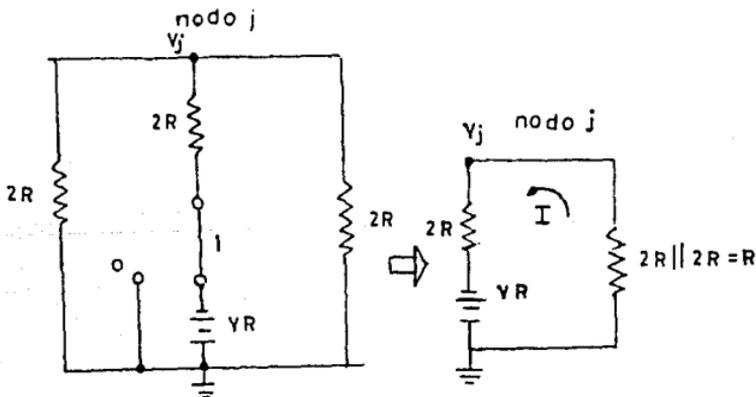
.
.
.

para el nodo 3 $R_{eq}(3) = [R_{eq}(4) // 2R] + R = 2R$

para el nodo 2 $R_{eq}(2) = [R_{eq}(3) // 2R] + R = 2R$

para el nodo 1 $R_{eq}(1) = [R_{eq}(2) // 2R] + R = 2R$

Como la entrada negativa y la positiva poseen una diferencia de voltaje despreciable, puede considerarse una tierra virtual, por tanto, la resistencia vista por cualquier nodo hacia la derecha, resulta como en el caso anterior igual a $2R$ para todos los nodos, por un razonamiento similar al antes considerado. Un nodo cualquiera tiene el siguiente circuito equivalente



El voltaje en el nodo j será:

$$V_R = I(2R + R) = 3RI$$

$$I = V_R/3R$$

$$V_j = RI = RV_R/3R = V_R/3 \dots\dots\dots \text{Ec. 14}$$

para el nodo 1, se tendrá $V_{11} = V_R/3$, como contribución del dígito 1.

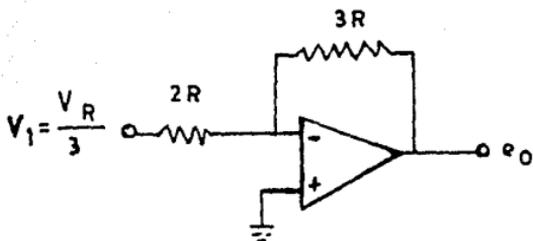


Figura IVc.10.

por tanto:

$$e_{o1} = -(3R/2R)V_{11} = -3R/2R \times V_R/3 = -V_R/2 \dots\dots\dots \text{Ec. 15}$$

Las contribuciones de los demás nodos se referirán al nodo 1 calculando el voltaje que producen en éste para el nodo 2.

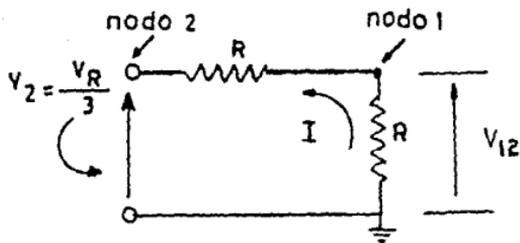
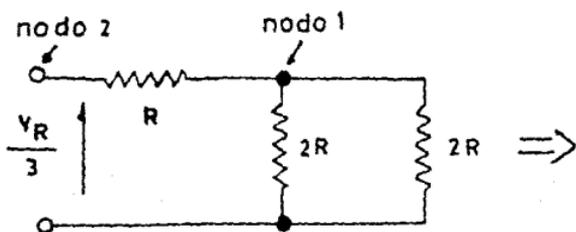


Figura IVc.11

El voltaje que produce en el nodo 1, el voltaje del nodo 2 (V_2) se simboliza V_{12} , tiene un valor.

$$V_2 = I(R + R); I = V_2/2R$$

como:

$$V_{12} = RI = RV_2/2R = V_2/2 \dots\dots\dots \text{Ec. 16}$$

Se tendrá que la contribución del 2o. dígito, observando la figura 11 será:

$$V_{12} = V_2/2 = V_R/3 \times 2 = V_R/6 \dots\dots\dots \text{Ec. 17.}$$

por tanto, la salida correspondiente será

$$e_{o2} = -(3R/2R)V_{12} = V_R/4 \dots\dots\dots \text{Ec.18.}$$

Debe observarse que los resultados para otros nodos siguen el mismo razonamiento. Del nodo j al nodo $j-1$ se tendrá siempre.

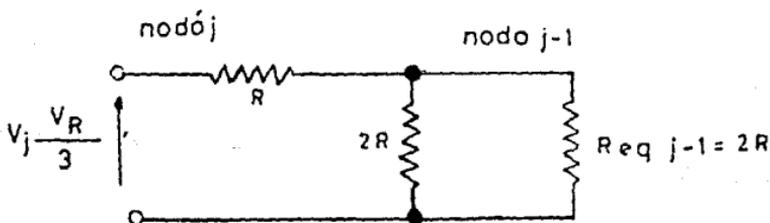


Figura IVc.12

Esto implica que la contribución del nodo j al $j-1$ será, como lo expresa la ecuación 16, la mitad de V_j , es decir

$$V_{j-1,j} = V_j/2 \dots\dots\dots \text{Ec. 19}$$

Cada vez que se pasa al nodo siguiente se repite la situación. Así, el nodo 3 tiene un voltaje $V_3 = V_R/3$; su contribución al nodo 2, será: $V_{2,3} = V_R/2 \times 3 = V_R/6$ y de ahí al nodo 1, será: $V_{1,3} = V_{2,3}/2 = V_R/2 \times 2 \times 3 = V_R/12$

En general, aplicando la ecuación 19 en forma repetitiva:

$$V_{1,j} = V_j/2^{j-1} = V_R/3 \times 2^{j-1} \dots\dots\dots \text{Ec. 20}$$

por tanto, la salida correspondiente será:

$$e_{oj} = -(3R/2R) V_{1,j} = -3R/2R \times V_R/3 \times 2^{j-1}$$

$$e_{oj} = -V_R/2^j \dots\dots\dots \text{Ec. 21}$$

La salida total del conversor $R - 2R$, será considerando el valor de cada dígito con el coeficiente "a" de 0 o 1

$$A = -V_R [a_1/2 + a_2/4 + \dots + a_n/2^n] \dots\dots\dots \text{Ec. 22}$$

Comparando esta ecuación con la ecuación 4 se tiene:

$$2^nk = V_R, \text{ luego } k = V_R/2^n \dots\dots\dots \text{Ec. 23}$$

que define el voltaje de salida correspondiente al LSB.

C. CARACTERISTICAS

Para poder definir la calidad de un DAC es necesario definir los principales parámetros. A continuación se presentan brevemente:

PRECISION (Accuracy): Es el porcentaje de error (suma de todos los errores) que presenta el DAC, a plena escala, en su magnitud de salida analógica.

TIEMPO DE CONVERSION (Conversion time): El tiempo requerido para una medición completa del DAC.

TIEMPO DE ESTABLECIMIENTO: La operación del DAC no es instantánea, pues esta limitada por los tiempos de conmutación de los circuitos usados en la compuerta, la razón de cambio de voltaje del operacional (slew-rate), etc. Se mide el tiempo requerido para un cambio de plena escala (cero a máximo) o bien a un cierto porcentaje de ella (usualmente al porcentaje representativo del LSB).

ERROR A PLENA ESCALA (Full-scale error): Es la desviación de la salida real a plena escala cuando el voltaje de referencia especificado es aplicado.

MONOTONICIDAD (monotonocity): El incremento en la salida de un DAC debido al incremento en el código digital en la entrada.

LINEALIDAD DIFERENCIAL: Este parámetro describe la variación en el tamaño figura IVc.13 en los escalones adyacentes. Teóricamente entre los escalones debería tener una diferencia de la magnitud del LSB, que equivale al factor de proporcionalidad K . Una no-linealidad diferencial mayor de $1/2$ LSB, no permitiría distinguir en la salida analógica, cambios de una unidad en la entrada digital.

LINEALIDAD ABSOLUTA: En la figura 3, puede trazarse una recta ideal, que pasaría por los ángulos superiores de la escalera. El ajuste de un DAC, usualmente por la ganancia del amplificador operacional, cambia la pendiente de dicha recta. Si una vez ajustada la línea que une los ángulos superiores no coincide con la recta ideal más que en sus extremos, se tiene una no linealidad.

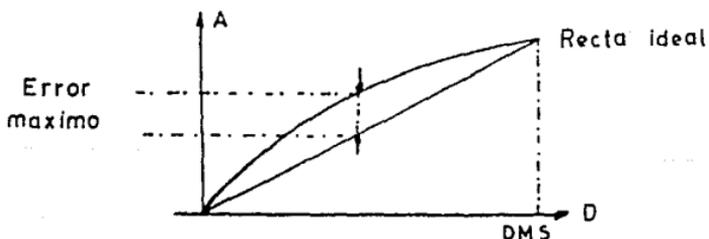


Figura IVc.13

La máxima diferencia entre ambas se mide en porcentaje del LSB y no debe exceder de $\pm 50\%$ LSB. Esto significa que la suma algebraica acumulada de las no-linealidades diferenciales (positivas y negativas) no debe exceder de $\pm 50\%$ LSB, por lo que debe esperarse que sean mucho menores.

SENSIBILIDAD A LA FUENTE DE ALIMENTACION: Al variar la fuente de alimentación, naturalmente variará la salida analógica del DAC. Este cambio se expresa con el cambio de la salida para un cambio del 1% del valor nominal de la fuente. Como norma, se considera que un cambio del 3% en la fuente, no debe variar la salida del DAC en más de $\pm 1/2$ LSB.

ESTABILIDAD TERMICA: Se refiere a la inmunidad del DAC a los cambios en temperatura y se mide por el Coeficiente de Temperatura, que se expresa por el número de microvoltios que cambia la salida por 1° C de incremento de temperatura.

RESOLUCION: Se refiere a la longitud de la palabra que puede manejar el DAC; o sea, el número de dígitos (bits) del número binario cuyo LSB puede distinguirse en la salida analógica. La tabla IVc.1 presenta, para diferentes rangos del DAC (voltaje de salida a plena escala), la magnitud de salida analógica correspondiente a $1/2$ LSB, que es la que debe distinguirse, para diversas resoluciones.

Resolución	Rango de Salida		
	20V	10V	5V
8 bits	39.06mV	19.53mV	9.77mV
10 bits	9.77mV	4.88mV	2.44mV
12 bits	2.44mV	1.22mV	6 10µV
14 bits	6 10µV	305µV	153 µV
16 bits	153 µV	76µV	38 µV

Tabla IVc.1

D. SELECCION

1. ANALISIS

a. ANALISIS DEL DAC DE RESISTENCIAS PONDERADAS

La linealidad diferencial y absoluta depende de la precisión de las resistencias. Como éstas son de valores diferentes, resulta costoso el obtener resistencias de un rango amplio de valores con tolerancias adecuadas (del orden de 0.05%, siendo más críticas las de dígitos más significativos), así como los voltajes residuales de las compuertas.

La precisión absoluta depende, en general, de la precisión de todos los componentes; en particular de la fuente de referencia (típicamente se requiere $\pm 0,01\%$ en la fuente para una precisión de 0.05% del convertidor) y de que posea un

rizo bajo (bastante menor que el voltaje dado por el LSB) y una baja impedancia de salida, pues ésta se suma con la resistencia del conmutador de la compuerta y hace inexacto a V_r en la ecuación 13. La fuente que alimenta a los operacionales requiere estabilidad del orden de 1%.

Asimismo los voltajes residuales y resistencias en conducción y no conducción en las compuertas, resultan en desmejoría de la precisión del DAC; el voltaje residual del amplificador operacional (offset-voltaje) da el mismo resultado. La estabilidad térmica dependerá principalmente del corrimiento térmico del voltaje residual del operacional y el coeficiente de temperatura de las resistencias.

La resolución es función de la precisión, pues esta limitada por la menor magnitud de voltaje de salida que puede manejarse, y que deberá ser menor que 1/2 LSB.

Por último el tiempo de establecimiento dependerá de los tiempos de conmutación en la compuerta y la rapidez de crecimiento de voltaje del amplificador operacional (slew-rate).

b. ANALISIS DEL DAC R - 2R

La diferencia con el de resistencias ponderadas radica en la malla de resistencias que requiere como puede apreciarse

del análisis, precisión en la relación de sus valores más que en los valores en sí, y sólo usa 2 valores diferentes, resulta más económico este tipo; por lo demás, depende al igual que el anterior de las características de sus componentes: fuente, compuerta, amplificador operacional, etc y las consideraciones expuestas en cuanto a ello en el caso anterior, son válidas aquí.

2. PARAMETROS REQUERIDOS

Los valores, de los parámetros considerados importantes para la selección del DAC a utilizar en el diseño son los siguientes:

RESOLUCION: 8 bits

TIEMPO DE CONVERSION: inferior a 500 microsegundos (1/20 kHz.)

POLARIZACION: 5 voltios

COMPATIBILIDAD CON MICROPROCESADORES

3. SELECCION

Los parametros seleccionados fueron los siguientes:

RESOLUCION: 8 bits.

TIEMPO DE CONVERSION: 200 ns.

POLARIZACION: 5 V.

COMPATIBILIDAD CON MICROPROCESADORES y entrada de "ENABLE" lo

que nos permite un completo control sobre el convertidor desde el microprocesador, esto hace al convertidor digital-analógico de MOTOROLA número MC-6890, el más indicado para los requerimientos del audiómetro.

En la figura IVc.14 encontraremos el diagrama de bloques del convertidor.

En el anexo B encontraremos la hoja de características técnicas generales del convertidor para más información.

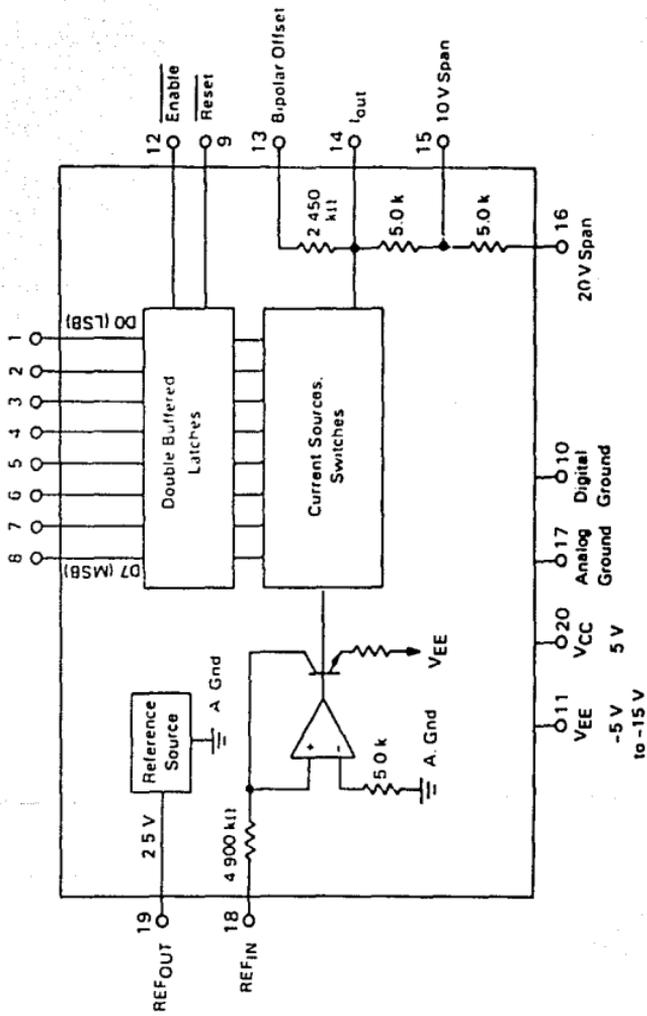


Figura Ivc.14 Diagrama de bloques del convertidor digital-analógico.

IVd.- Principio de operación y características del M.C.U.

Características:

El MC68705R3 es un microcomputador en un chip de la familia de semiconductores MOTOROLA MC6805 y está compuesto por:

Arquitectura de 8 bits

Una unidad central de proceso ("CPU")

Un generador de reloj

3776 bytes de memoria "EPROM"

192 bytes de memoria "ROM"

112 bytes en memoria "RAM"

Tres puertos paralelos (con ocho líneas de entrada y/o salida)

Un puerto analógico con cuatro entradas multiplexadas

Un convertidor analógico digital

Un "Timer"

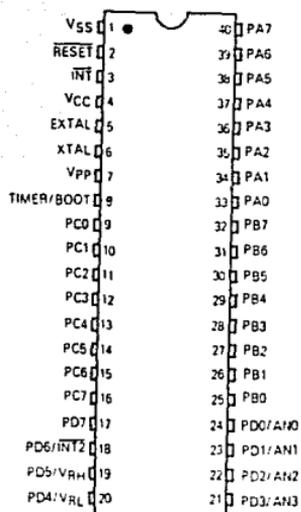


Figura IVd.1 Diagrama del "CHIP" de acuerdo a sus "pins".

Su serie de instrucciones es similar al de la familia MC6800. Es capaz de manejar cuatro tipos de interrupción, dos externas, una desde el "timer" y otra por "software". Tiene diez modos de direccionamiento, y todos pueden ser aplicados sobre cualquier dirección y tipo de memoria y/o puertos.

Descripción:

La arquitectura del MC68705R3, se muestra en la figura siguiente, ofrece en un mismo circuito, prácticamente todos los elementos necesarios para el procesamiento y control de las variables involucradas para la implementación del audiómetro.

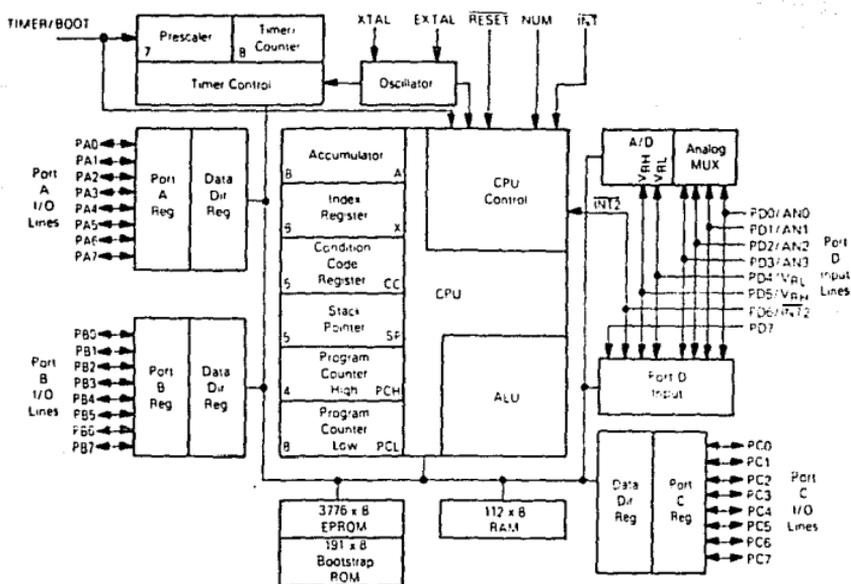


Figura IVd.2 Diagrama de bloques del microcomputador HMOS

MC68705R3.

Unidad Central de Proceso ("CPU")

La unidad central de proceso es un CPU-M6805 implementado independientemente de la memoria y los dispositivos de entrada-salida. Contiene una unidad lógica aritmética de 8 bits, cuenta con cinco registros:

ACUMULADOR (A).- Es un registro de 8 bits de propósito general usado para contener operandos y resultados de las operaciones aritméticas o la manipulación de los datos.

REGISTRO DE INDICES.- Es un registro de 8 bits usado para el modo de direccionamiento indexado. Contiene un valor de 8 bits que puede ser sumado al valor de una instrucción para crear el valor efectivo de una dirección. También puede ser utilizado para la manipulación de datos usando instrucciones de lectura, escritura y modificación.

CONTADOR DE PROGRAMA (PC).- Es un registro de 12 bits que contiene la dirección de memoria de la siguiente instrucción que será requerida y ejecutada por el CPU. Normalmente, contiene la instrucción siguiente del programa en proceso, sin embargo, este puede ser alterado por interrupciones o por ciertas instrucciones.

APUNTADOR DE PILA O "STACK" (SP).- Es un registro de 12 bits que contiene la dirección de la siguiente localidad

vacía del "stack". Durante un arranque del MCU o la ejecución de la instrucción "RESET STACK POINT (RSP)", este apuntador es puesto en la localidad \$07F y es decrementado conforme se vayan poniendo datos en el "stack", y es decrementado según se vayan sacando. Los siete bits más significativos del apuntador de programa permanecen puestos en 0000011. Las subrutinas e interrupciones pueden ser anidadas hacia abajo a partir de la localidad \$061 (31 bytes máximo), lo cual permite al programador usar hasta 15 niveles de llamadas a subrutinas (sin tener interrupciones en el stack).

REGISTRO DE CODIGO DE CONDICION (CC).- Es un registro de 5 bits de los cuales cuatro son usados para indicar el resultado de la instrucción ejecutada. Estos bits pueden ser individualmente consultados por un programa y tomar una acción específica como resultado de dicho estado. Cada uno de estos bits se especifica a continuación:

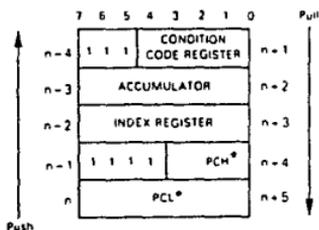
Acarreo Medio (H).- Se enciende durante las operaciones de suma (ADD), y de suma y acarrea (ADC) para indicar que un acarreo ocurrió entre los bits 3 y 4.

Interrupción (I).- Cuando este bit se enciende, el "timer" y una interrupción externa (INT) están enmascaradas (deshabilitadas). Si una interrupción ocurre mientras este bit está encendido, la interrupción es asegurada internamente y retenida hasta que el bit I es borrado.

Negativo (N).- Cuando este bit es encendido, significa que el resultado de la última operación aritmética, lógica o manejo de dato fue negativa (el bit 7 en el resultado es un "uno" lógico).

Cero (Z).- Cuando este bit está encendido, indica que el resultado de la última operación aritmética, lógica o manejo de dato fue cero.

Acarreo (C).- Cuando este bit está encendido, indica que ocurrió un acarreo fuera de los 8 bits del ALU durante la última operación aritmética.



*For subroutine calls, only PCL and PCH are stacked

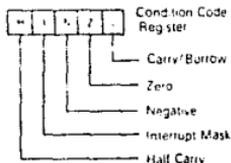
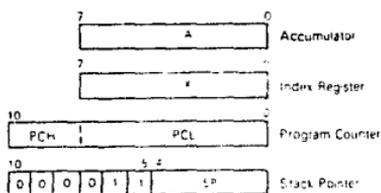


Figura IVd.3 Stack de interrupciones y registro del CPU.

Memoria

El "MCU" es capaz de direccionar 4096 localidades de memoria, de las cuales 3776 son de memoria "EPROM" programable por el usuario, 191 pertenecen al "bootstrap" en la memoria ROM, 112 de memoria "RAM", 16 son registros de control y datos de los puertos, y una para habilitar la opción de sustituir la memoria "EPROM" por memoria "ROM". El bootstrap grabado en memoria ROM desde su fabricación, permite transferir desde un dispositivo externo, la información que será grabada en la memoria "EPROM".

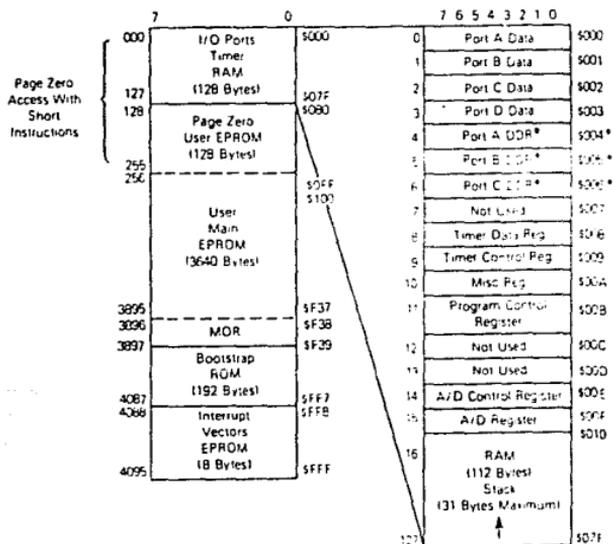


Figura IVd.4 Mapa de memoria del MCU.

Oscilador:

El MC68705 tiene un generador interno de reloj, el cual puede ser utilizado colocando un puente entre las patas "XTAL" y "EXTAL" del circuito, o bien colocando una resistencia de 10 a 55, entre "Vcc" y la pata "XTAL"; no obstante se recomienda utilizar un cristal con el propósito de contar con un sistema de reloj más estable.

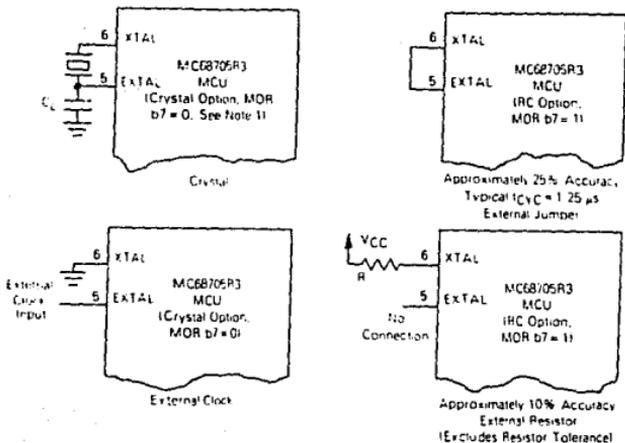


Figura IVd.6 Opciones para generar el reloj.

Puerto:

Los puertos proporcionan 32 bit de comunicación de los cuales ocho líneas son sólo entradas (puerto "D") y las otras 24 pueden ser programados como salidas, como entradas o una combinación de entrada-salida, sin importar el orden de éstas. Las líneas son totalmente compatibles con los niveles TTL. Además, las líneas del puerto "A" son compatibles con niveles "CMOS" cuando se utilizan como salidas y las líneas de los puertos "B", "C" y "D" son compatibles con niveles "CMOS" cuando son utilizados como entradas.

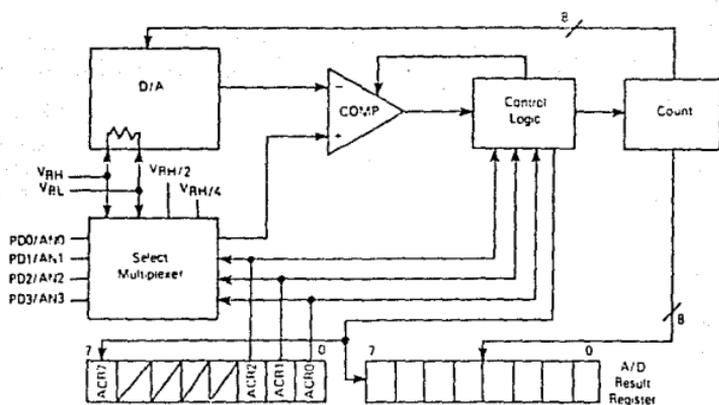
El puerto "D" contiene sólo líneas de entrada las cuales, pueden ser utilizadas como ocho líneas de entrada digital o como cuatro líneas multiplexadas de entrada analógica.

Convertidor analógico-digital:

El convertidor analógico-digital de ocho bits, implementado en el "MCU", realiza la conversión de las cuatro señales analógicas que entran por el puerto "D", utilizando la técnica de aproximaciones sucesivas.

Este convertidor funciona en forma continua, utilizando 30 ciclos de máquina para realizar una conversión. Cuando la conversión ha sido concluida, el valor digital es colocado en el registro de resultados (ARR) y se enciende la bandera de

conversión completa; volviendo a tomar otra muestra de la señal analógica e iniciando la siguiente conversión.



- A/D INPUT MUX SELECTION

A/D Control Register			Input Selected
ACR2	ACR1	ACR0	
0	0	0	AN0
0	0	1	AN1
0	1	0	AN2
0	1	1	AN3
1	0	0	VRH*
1	0	1	VRL*
1	1	0	VRH/4*
1	1	1	VRH/24

* Internal (Calibration) levels

Figura IVd.7 Diagrama de bloques del convertidor A/D.

IVe. Selección y características del teclado

Los periféricos de entrada formados a base de pulsadores se les llama teclados. Cada botón pulsador es un carácter determinado, una función o una instrucción.

Cada tecla controla un switch o interruptor simple que está abierto mientras no se oprime y se cierra en caso contrario.

Los interruptores mecánicos son preferibles básicamente por su precio. Se pueden lograr configuraciones de contactos actúa directamente sobre los contactos.

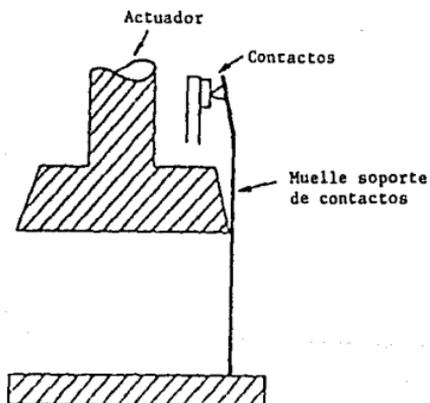


Figura IVe.1 Pulsador mecánico.

PULSADORES MECANICOS DE LAMINA FLEXIBLE

Básicamente funciona por la deflexión de un diafragma flexible y está formado por una serie de láminas sobrepuestas. El diafragma en su cara inferior es conductor por lo que establece contacto a través de aberturas que separan a material dieléctrico.

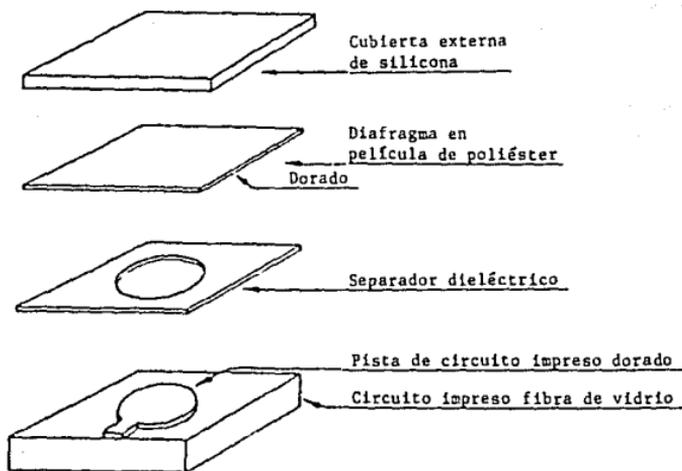


Figura IVe.2 Pulsador de lámina flexible.

Los contactos se protegen contra contaminantes del medio gracias a una cubierta de silicón o a láminas flexibles de silicón conductor, que vienen haciendo las funciones de la cubierta protectora y el diafragma con cara inferior conductora. El sustrato se puede sustituir algunas veces por una base serigrafiada de tinta conductora.

PULSADORES MECANICOS DE BOVEDILLAS

Por medio de unos discos metálicos embutidos en forma de casquete esférico, estos pulsadores pasan a una condición inadvertida cuando son oprimidos, estableciendo contacto. Se puede saber que su operación es correcta porque al ser pulsados emiten un chasquido audible.

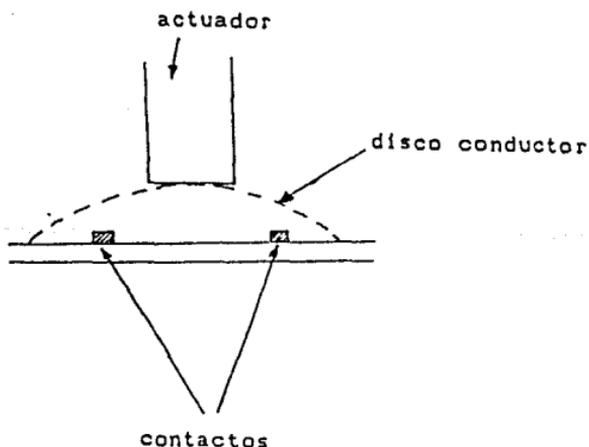


Figura IVe.3 Pulsador de bovedilla.

PULSADORES REED

Sus contactos están inmersos en una atmósfera hermética, están sellados por una cápsula de vidrio. Un pequeño imán permanente cierra los contactos cuando se pulsa la tecla; por la acción indirecta sobre los contactos, no se transmiten sobrecargas mecánicas que provoquen fatiga ni desgastes prematuros. Esto aunado a la hermeticidad del encapsulado que impide la contaminación de los contactos, este tipo de pulsadores ofrecen una vida útil como cinco veces superior al pulsador mecánico clásico.

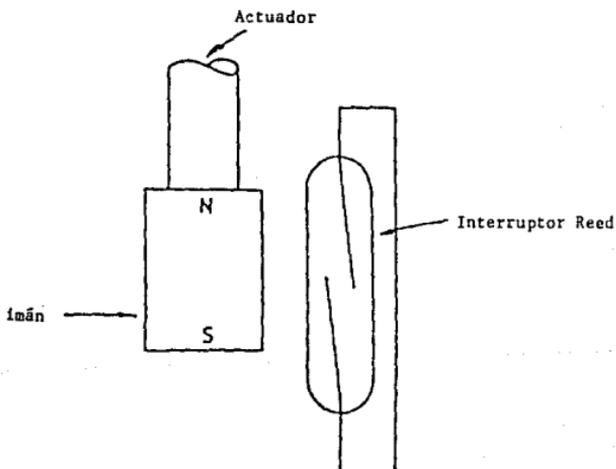


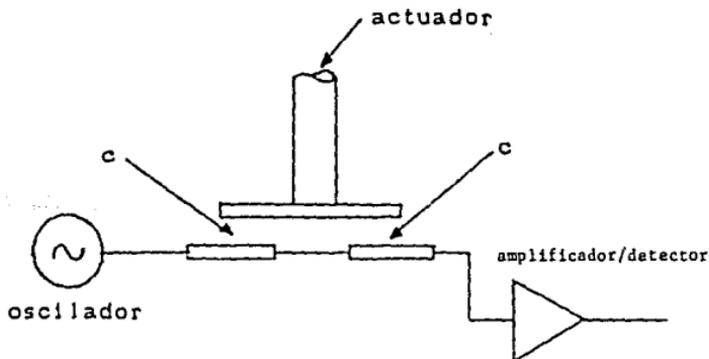
Figura IVe.4 Pulsador de láminas Reed.

PULSADORES CAPACITIVOS

Debido a un cambio en la capacitancia de un condensador este tipo de pulsadores entrega una salida.

Dos superficies vecinas sobre el mismo circuito impreso se emplean cuando una de ellas está excitada por una señal alterna de oscilador, una fracción de la señal alterna aparece en la salida cuando se aproxima paralelamente una placa conductora sobre ambas superficies.

Una vez que se obtiene la señal de salida del pulsador, se debe amplificar y convertir a niveles lógicos. Una variante es los pulsadores que utilizan contactos sensitivos sin elemento móvil. Otros diseños emplean metálicas cóncavas como elementos de acoplamiento.



C = capacitancia entre placas

Figura IVe.5 Pulsador capacitivo.

Los pulsadores capacitivos ofrecen la elevada fiabilidad de los interruptores sin contactos móviles. Dados los bajos niveles de la señal entregados por estos pulsadores, se presenta una acusada sensibilidad a interferencias y serios condicionamientos en: la estructura metálica del soporte; el trazado de pistas en el circuito impreso y la electrónica de amplificación, detección y conversión.

Por todo ello sólo aparecen disponibles formando parte de los teclados completos producidos por fabricantes especializados.

PULSADORES DE NUCLEOS MAGNETICOS

El elemento conmutador en este tipo de dispositivos, es un núcleo toroidal de ferrita, empleado como transformador.

El núcleo es atravesado normalmente por dos hilos: uno energizado a alta frecuencia que se emplea como primario; el segundo como secundario.

El acoplamiento es muy bajo en la posición normal del pulsador, donde el núcleo está saturado por el campo del imán permanente, la depresión de la tecla desplaza el imán, eliminando la saturación del núcleo y generando una salida. Esta última es amplificada, rectificadora y transferida a niveles lógicos.

Su fiabilidad es comparable a la de los pulsadores capacitivos, presentando igual que ellos una elevada criticidad en el trazado de las pistas del circuito impreso, por lo que generalmente se ofrece como parte integrante de un conjunto completo.

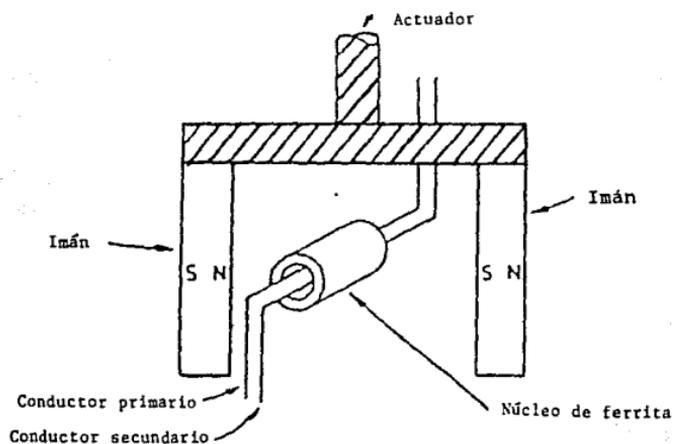


Figura IVe.6 Pulsador de núcleo magnético.

PULSADORES DE EFECTO HALL

Estos pulsadores están formados por una pastilla semiconductorá recorrida por una corriente continua y un

campo magnético perpendicular a ella, que provoca una deformación de las líneas equipotenciales sobre la superficie del semiconductor, apareciendo una tensión de salida proporcional al producto de la corriente de polarización por la intensidad del campo magnético aplicado.

La conmutación se obtiene al aproximar un imán permanentemente al sensor, que desarrolla una tensión de salida que es amplificada y convertida en digital.

Generalmente el conjunto formado por: el sensor, amplificador, disparador Schmitt, monoestable opcional, forma un circuito integrado monolítico, asociado a cada pulsador.

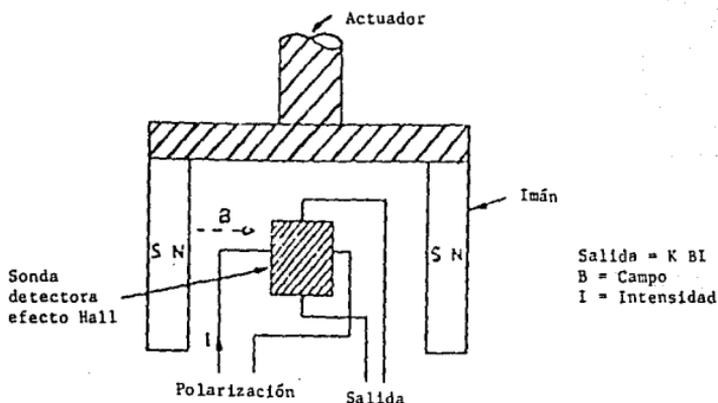


Figura IVe.7 Pulsador de efecto Hall.

Dada la ausencia de contactos, la baja impedancia de todas las señales de interconexión y la insensibilidad a polvo, suciedad y contaminantes, este tipo de pulsadores ofrece la mayor fiabilidad (esencialmente duración infinita), sólo limitada por el desgaste del elemento móvil y resorte de retorno. Este último en algunos casos, es sustituido por un sistema magnético de retorno, que proporciona simultáneamente una realimentación al tacto.

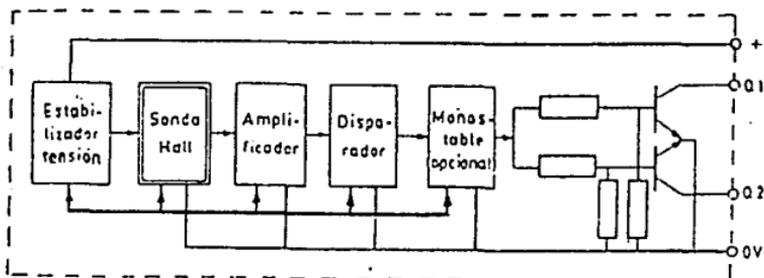


Figura IVa.8 Esquema a bloques del detector Hall.

TECLAS

El elemento unitario componente de un teclado, es el formado por el subconjunto: pulsador más tecla, que a menudo es denominado simplemente tecla.

La tecla o capuchón, aún cuando no cumple ninguna función eléctrica, es absolutamente indispensable, con el fin de identificar claramente cada pulsador, así como para ofrecer una adecuada superficie de actuación para las características fisiológicas de manos y dedos del operador.

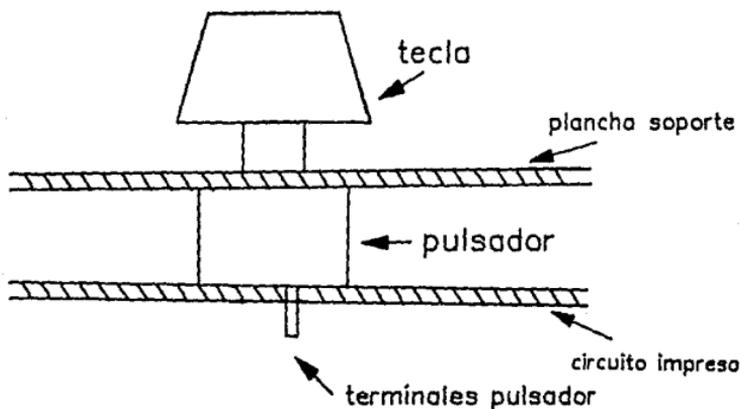


Figura IVe.9 Conjunto pulsador más tecla.

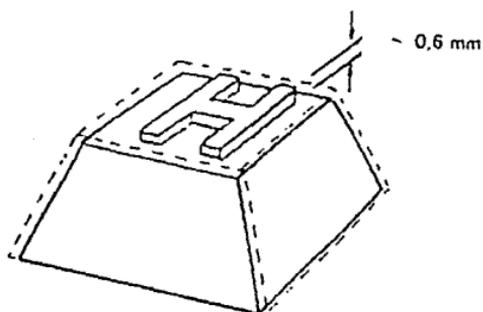


Figura IVe.10 Primera fase de una tecla de doble inyección.

ROTULACION

Con el fin de obtener una correcta identificación de cada uno de los distintos pulsadores que componen un teclado, es preciso rotular con los grafismos apropiados cada una de las teclas.

Para ligar a una tecla su correspondiente grafismo se utilizan distintas técnicas, siendo las más usuales:

- serigrafía
- pantografiado
- doble inyección
- empleo de teclas
- transparentes rotulables.

CODIFICACION

Como señales de salida de un teclado, pueden utilizarse las conexiones correspondientes a todos y cada uno de los distintos conjuntos tecla-pulsador que lo constituyen.

Esto puede ser válido para teclados simples formados por un reducido número de teclas; pero la dificultad va en aumento si el número total de teclas supera ciertos umbrales.

Evidentemente se han buscado soluciones mucho más efectivas que han sido centradas en la codificación de los datos de salida.

Esta codificación consiste en numerar de forma binaria cada uno de los distintos códigos emitidos por el teclado, de tal modo que el número total de bits precisos para expresar cualquier código no supera los umbrales de maniobrabilidad.

La codificación más usual para teclados numéricos reducidos es la hexadecimal (o su subconjunto BCD si nos limitamos a dígitos decimales); en el caso de los teclados alfanuméricos, se amplía la codificación, siendo el código más usual el ASCII de 6 a 7 bits según sea reducido o completo, o bien el EBCDIC de 8 bits.

CODIFICACION POR MICROPROCESADOR

Una técnica que se está expandiendo fuertemente consiste en la utilización de microprocesadores como elementos de lógica activa en la codificación de teclados.

Esta técnica permite, con un mínimo de componentes, realizar funciones que hasta el presente raramente eran llevadas a cabo directamente por el teclado como periférico.

Entre estas funciones cabe mencionar:

Exploración secuencial; protección contra pulsaciones simultáneas; transcodificación; modos múltiples; selecciones de modo complejo; salidas en paralelo o en serie; memoria FIFO

en caso de pulsación más rápida que el posible acceso por parte de la CPU; autorepetición en teclas seleccionadas (se denomina autorepetición al hecho de que si se mantiene oprimida una tecla pasando un tiempo prudencial), entre 0.5 a 1 seg., se repiten las validaciones del código asociado a un ritmo aproximado de 10 Hz; repetición por tecla REPITE independientemente de ciertas teclas o funciones; autorización o inhibición total o parcial del teclado; generación de señal audible para realimentación acústica; paridad; detección de errores de operación, etc.

SELECCION DEL TECLADO

De acuerdo a las características requeridas para introducir las variables necesarias para realizar pruebas audiométricas, se eligió un teclado con pulsadores de membrana, por ser completamente impermeable y sellado, para evitar problemas de falsos contactos, corrosión y cortos circuitos, ocasionados por acumulación de materiales contaminantes del ambiente.

En la siguiente figura se muestra la distribución en el teclado, de las funciones por realizar, al igual que el diagrama eléctrico del teclado a emplear.

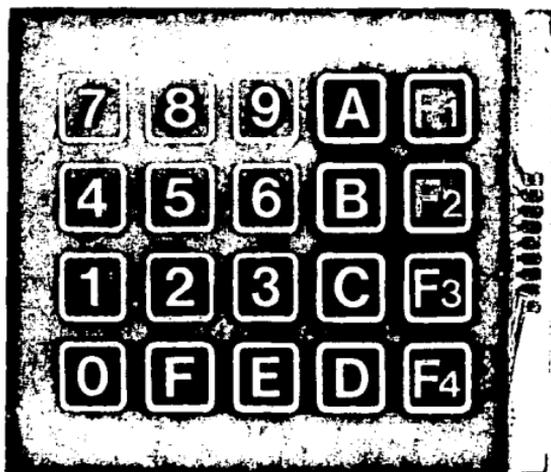


Figura IVe.11 Distribución de teclas.

SISTEMAS DE VISUALIZACION

MANEJADORES DE DISPLAY

MANEJADOR DE DISPLAY DE 7 SEGMENTOS CON INTERFASE SERIAL
MC14499.

Este dispositivo provee comunicación con microprocesadores y computadores CMOS. Maneja las formas de salida NPN, lo cual permite interconectarlo a un cátodo común de un LCD a través de resistencias externas en serie.

Características:

- Manejador en un IC de segmentos de alta corriente.
- Niveles de entrada de MPU compatibles con CMOS.
- Amplio rango de operación de voltaje : 4.5 a 6.5 V
- Maneja cuatro caracteres con puntos decimales.

MANEJADOR DE CRISTALES LÍQUIDOS DE BCD A 7 SEGMENTOS MC14543B

Este circuito está diseñado para usarse con cristales líquidos, y es construido con dispositivos de tipo mejorado MOS.

El circuito provee la función de un almacenamiento de 4 bits y un manejador de BCD a 7 segmentos. El dispositivo tiene la capacidad de invertir los niveles lógicos de la combinación de salida.

Características:

- Corriente de circuito 5 nA.
- Rango de voltaje de 3 a 18 V.
- Capacidad de manejar directamente el LCD.
- Almacenamiento de códigos.

Existen algunos otros tipos de manejadores de display, pero para nuestros propósitos el que nos interesa es el manejador

de LCDS de entrada serial multiplexada MC145000.

MC145000

Este dispositivo está diseñado para manejar cristales líquidos de displays en una configuración multiplexada por cuatro. El MC145000 puede manejar hasta 48 segmentos LCD o 6 de 7 segmentos más caracteres de punto decimal. Las conexiones de hardware requerido se muestran en la siguiente figura. Los datos para cada caracter deben de ser traducidos a un formato que corresponda al display deseado.

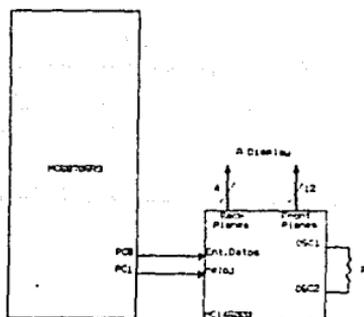


Figura IVe.12 Diagrama esquemático de las interfases del
manejador LCD MC145000.

Enseguida se provee un lista del formato correspondiente en código hexadecimal para cada posible caracter del display.

Después de que la traducción del formato está completa, los datos son introducidos en serie dentro del manejador LCD MC145000.

Cada segmento de caracter de 7 segmentos más punto decimal es representado por un bit de un byte. Como se muestra en la figura, un 1 lógico en algún bit activará el segmento o punto decimal correspondiente.

Características:

- Interfase directa a microprocesadores CMOS.
- Puerto de datos serial, reloj externo.
- Multiplexación por cuatro.
- Maneja componentes de CD menores a 50 mV.
- Maneja 48 segmentos LCD.
- Rango de voltaje aplicado de 3V a 6V.
- Almacena datos de entrada.

CARACTER DE DISPLAY

FORMATO HEXADECIMAL

0	D7
1	06
2	E3
3	A7
4	36
5	B5
6	F5
7	07
8	F7
9	B7
A	77
b	F4
c	D1
d	E6
E	F1
F	71
P	73
Y	B6
H	76
U	D6
L	D0
espacio	00
-	20
=	A0
n	64
r	60
grados	33

MANEJADOR ICM7211

Estos dispositivos están configurados para manejar displays LCD's con 28 segmentos de salida, con oscilador RC, divisor de cadena y "backplane driver". El segmento y el manejador de display consisten ambos de un invertidor CMOS, con los dispositivos de canal N y P radiados para proveer resistencias idénticas, y así, tiempos iguales de caída y de subida. Esto elimina cualquier componente de DC, el cual podría surgir de tener tiempos distintos de caída y elevación, esto asegura una duración máxima en la vida del display. Los dispositivos

de salida de backplane se pueden deshabilitar conectando la entrada del oscilador (pin 36) a Vss. Esto permite al segmento 28 sincronizarse directamente a una señal de entrada a la terminal BP (pin 5).

De esta manera varios dispositivos esclavos, se pueden conectar en cascada a la salida del backplane de un dispositivo maestro, o el backplane se puede derivar de una fuente externa. Esto permite el uso de displays con características en multiples de cuatro y un backplane simple. Un dispositivo esclavo representa una carga de aproximadamente 200 pF (comparable con un segmento adicional). Así, la limitación del número de dispositivos que pueden ser manejador por un dispositivo manejador de backplane maestro es la carga adicional representada por el backplane más largo de displays de más de cuatro dígitos. Una buena regla para minimizar la potencia de consumo es mantener los tiempos de backplane de elevación y caída menores a 5 microsegundos.

El manejador de salida de backplane debería manejar el backplane a un display de 16 caracteres de media pulgada. Se recomienda en caso de manejar más de cuatro esclavos juntos, que la señal de backplane sea derivada externamente en todos los dispositivos ICM7211. La señal externa debería ser capaz de manejar cargas capacitivas muy largas con pequeñas elevaciones (1-2 μ s) en tiempos de elevación y caída. La frecuencia máxima para una señal de backplane debería ser

cerca de los 150 Hz aunque esto puede ser muy rápido para la respuesta óptima de un display a bajas temperaturas de display, dependiendo del display usado.

El oscilador integrado está diseñado para trabajar a aproximadamente 19 kHz en niveles de potencia de microamperes. La frecuencia del oscilador se divide por 128 para obtener la frecuencia de backplane, que será aproximadamente 150 Hz; el oscilador de frecuencias se puede reducir conectando un capacitor externo entre el oscilador y la terminal Vdd.

Características:

- 4 dígitos no multiplexados de 7 segmentos de LCD con "backplane driver"
- Un oscilador RC para generar frecuencias de "backplane".
- La entrada-salida de "backplane" permite sincronización simple de dispositivos esclavos a un maestro.
- Los dispositivos ICM7211 proveen selección de entradas por dígitos separados para aceptar entradas multiplexadas BCD (compatible con Siliconix DF411).
- Los dispositivos ICM7211 proveen datos y direcciones de dígitos controlados por la selección de entradas en el chip para garantizar una interfase directa al procesador de alta velocidad.
- Decodifican binario a hexadecimal.

Valores Máximos

Potencia de disipación	.5 W @70 °C
Suministro de Voltaje	($V_{dd} - V_{ss}$) 6.5 V
Voltaje de entrada	$V_{ss}-0.3V$ a $V_{dd}+0.3V$
Rango de temperatura de operación	-40 °C a 85 °C
Rango de temperatura de almacenamiento	-55 °C a 125 °C
Temperatura "lead" (soldering 10 seg)	300 °C

Características Eléctricas

$V_{dd} = 5V \pm 10\%$, $T_a = 25$ °C, $V_{ss} = 0V$ mientras no se especifique otro valor.

Símbolo	Parámetro	Condiciones	Min	Typ	Max
Unit		Prueba			
V_{supply}	$V_{dd} - V_{ss}$	3	5	6	V
I_{dd}	Corriente de operación	Cto pba		10	50
A					
I_{osc1}	Corriente de entrada del oscilador	Pin 36		2	10
t_R, t_f	Segmento Rise/Fall Time	CL=200pF		0.5	
t_R, t_f	Backplane Rise/Fall Time	CL=5000pF		1.5	
f_{osc}	Frecuencia de oscilación	Pin 36		19	
f_{sp}	Backplane Frequency	Pin 36		150	

Características de Entrada

Simbolo	Parámetro	Condiciones	Min	Typ	Max
		Prueba			
V_{IH}	Voltaje lógico "1"		4		
V_{IL}	Voltaje lógico "0"			1	
I_{ILK}	Corriente de fuga	pins 27-34	.01	1	
C_{IN}	Capacitancia de entrada	pins 27-34		5	
IBPLK	Brightness input leakage	pin 5, 36 a V_{EE}	.01	1	
CBPI	Brightness In capacitance	Todos disp.		200	

Características AC- Configuración Multiplexada

t_{WH}	Pulso para selec. digito	1
t_{DS}	Data Setup Time	500
t_{DH}	Data Hold Time	200
t_{IDS}	Inter-Digit-Select Time	2

Características AC- Interfase con el microprocesador

t_{M}	Pulso de selección del chip	200
t_{DS}	Data Setup Time	100
t_{DH}	Data Hold Time	10
t_{ICS}	Inter chip Select-time	2

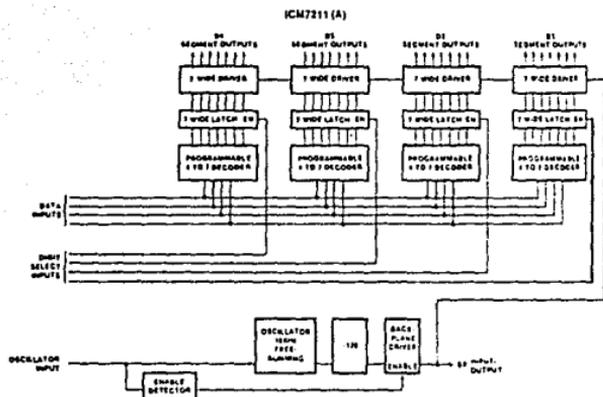


Figura IVe.13 Manejador de display seleccionado ICM7211

INDICADORES

Con el uso creciente de instrumentos digitales en la vida común del hombre, han aparecido en los últimos años dispositivos

indicadores alfanuméricos de distintas tecnologías. Debido a la variedad de éstas, es necesario conocer sus principales características a fin de hacer una elección adecuada del indicador para un problema de instrumentación específico.

En los siguientes párrafos se describirán los tipos más sobresalientes de indicadores.

INDICADORES DE DESCARGA EN GAS

Dentro de este tipo de indicadores se puede clasificar a uno de los más antiguos y populares: el Nixie.

El Nixie es un tubo que contiene 10 cátodos metálicos (fríos), los cuales tienen la forma de los números del 0 al 9. Los cátodos están aislados uno de otro y están acomodados uno detrás de otro. El ánodo que es común a todos los cátodos está formado por una malla fina, imperceptible cuando el tubo está en operación. El tubo está lleno de gas neón con pequeñas cantidades de mercurio.

Cuando se aplica una tensión de alrededor de 170 V entre el ánodo y uno de los cátodos, el gas en la vecindad de ese cátodo se ioniza, emite luz de color naranja dando la apariencia de que el cátodo está encendido. El Nixie puede usarse en sistemas de excitación a tiempo compartido (multiplex) o en excitación continua.

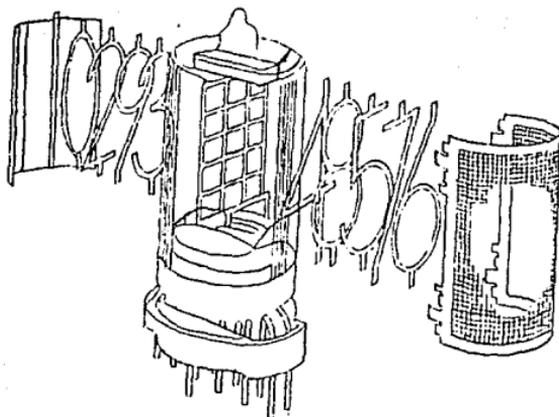


Figura IVe.14 Tubo indicador Nixie.

Un tipo de indicador multicaracter derivado del Nixie lo constituyen los blocks de planos indicadores como el Planamex.

Estos indicadores planos de descarga en gas utilizan mismo principio que el Nixie para producir caracteres luminosos. Los caracteres son formados por siete segmentos de recta. La constitución de un indicador plano de este tipo se muestra en la siguiente figura.

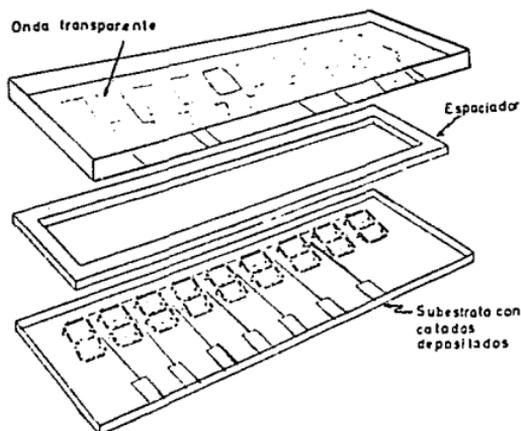


Figura IVe.15 Indicador plano de descarga en gas multicaracter.

Los cátodos son películas metálicas depositadas en una base plana. Los cátodos que corresponden a un segmento determinado en todos los caracteres están conectados eléctricamente entre sí. Cada caracter tiene un ánodo separado, el cual está formado por un depósito fino y transparente de óxido de estaño (conductor en la cara interna de la placa frontal del

indicador). Un espaciador separa la base y la placa frontal. Una atmósfera de neón con una pequeña cantidad de mercurio llena el interior del indicador. Cuando se aplica una tensión de unos 170V entre un ánodo y el cátodo que corresponde, el gas en la vecindad del cátodo se ioniza emitiendo luz.

Este tipo de indicador está diseñado para trabajar los caracteres en tiempo compartido. Los caracteres aparentan estar encendidos continuamente cuando la frecuencia de conmutación es mayor que 80 Hz. La posición de un caracter se selecciona excitando el ánodo correspondiente con una tensión positiva. Al mismo tiempo, los cátodos (segmentos) apropiados se llevan a potencial cero, lo que provoca ionización iniciando la descarga alrededor de los cátodos seleccionados. Aunque los cátodos para segmentos similares (otros caracteres también) son llevados a cero tensión, no habrá descarga alrededor de ellas porque los otros ánodos son mantenidos a una tensión menor que la de sostenimiento. Así es que cada par ánodo-cátodo puede considerarse como un dispositivo a umbral en una matriz X-Y.

INDICADORES CON DIODOS EMISORES DE LUZ

Los diodos emisores de luz (led's) son semiconductores que emiten luz cuando se les aplica una corriente que produce una recombinación entre electrones y huecos cerca de la unión p-n. Los materiales semiconductores más empleados para la elaboración de un LED son: GaP y Ga AsP.

Para producir caracteres numéricos se emplean 7 segmentos o arreglos de puntos de 3 x 5, mientras para producir eltras deben emplearse 14 segmentos o arreglos de puntos de 5 x 7. Ver la siguiente figura.

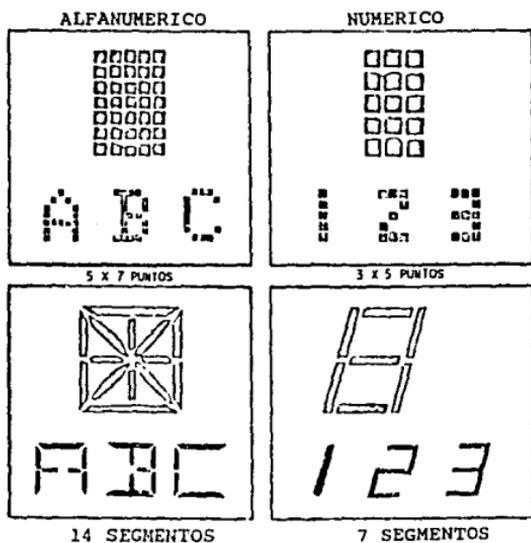


Figura IVe.16 Ejemplos de formación de caracteres con segmentos y puntos.

Los indicadores con LED se fabrican generalmente para caracteres numéricos con 7 segmentos y para caracteres alfanuméricos con arreglos de puntos de 5x7.

Los materiales empleados en la fabricación de este tipo de indicadores es cero. Por lo que los caracteres con LED son por lo general de pequeñas dimensiones.

Sin embargo, sus pequeñas dimensiones, los hacen adecuados para equipo portátil. La mayor parte de los LED's emiten luz roja, aunque existen algunos que emiten luz verde y amarilla. Los LED's tienen un umbral de conducción bien definido lo cual hace que los indicadores que se forman con ellos sean apropiados para trabajar en tiempo compartido.

El umbral de conducción de un LED está alrededor de 1.7V, lo que los hace compatibles con la mayoría de los circuitos lógicos integrados.

INDICADORES DE FILAMENTO INCANDESCENTE (NUMITRON)

El factor de forma de estos indicadores varía desde los bloques rectangulares planos hasta los tubos miniatura y subminiatura.

Estos indicadores generan suficiente luz como para ser empleados bajo la luz solar directa, el espectro emitido por esa luz, es suficiente ancho, lo que permite una gran selección

de colores mediante filtros. Los filtros pueden aumentar la relación de contraste.

El brillo de los filamentos es ajustable, con controles de tensión simples, desde cero hasta un nivel que es visible en fuertes iluminaciones ambientales.

Las tensiones de operación son bajas y su disipación de potencia es moderada lo cual los hace compatibles con los decodificadores integrados.

INDICADORES DE PELICULA ELECTROLUMINISCENTE

Ciertos sólidos presentan el fenómeno de electroluminiscencia cuando se les aplica un campo eléctrico. Películas delgadas emisoras de luz de fósforos policristalinos como el ZnS:Mn son empleadas en indicadores que resultan ser insensibles a las variaciones de temperatura, choques y vibraciones.

Los indicadores hechos con ZnS:Mn pueden tener caracteres de cualquier dimensión (entre 7.5 y 250mm) y en un sólo encapsulado pueden tenerse hasta 80 caracteres.

La estructura de un indicador de película electroluminiscente se muestra en la siguiente figura.

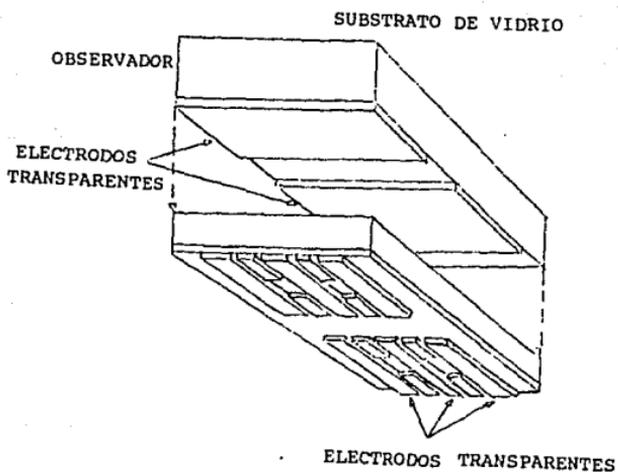


Figura IVe.17 Estructura de un indicador de película electroluminiscente.

El fósforo es la parte activa del indicador y puede estar cubierto en la cara posterior por una capa de dieléctrico absorbente de luz para proporcionar un fondo negro contra el cual la luz amarilla emitida por el fósforo puede verse aún en iluminación ambiental intensa.

Para activar un indicador de película electroluminiscente se necesita un ánodo excitador que es alimentado con una tensión directa de 20 a 30 V. El dispositivo de excitación está formado por un transistor de conmutación y un inductor que proporciona

pulsos de 650V pico a pico a 1KHz. El excitador genera pulsos que debido a la resistencia del fósforo proporcionan una indicación continua. La luz emitida alcanza su máximo en 20 o 30 microsegundos y permanece en él hasta que la excitación cesa. La duración de la persistencia es unas 100 veces mayor que la duración de la excitación, lo que significa que la película electroluminiscente tiene una memoria de 2 a 3 ms y es adecuada para trabajar en tiempo compartido.

PANTALLAS DE CRISTAL LÍQUIDO

Las pantallas de cristal líquido LCD tienen la gran ventaja de poseer una demanda más baja de potencia que las de LEDS. El consumo es típicamente del orden de los microwatts, comparado con el mismo valor de miliwatts para los LEDS. Requiere sin embargo una fuente interna o externa de luz. Están limitadas a un rango de temperatura de alrededor de 0 C a 60 C y su tiempo de vida es un aspecto que preocupa, debido a que los LCDS pueden degradarse químicamente. Las clases de LCDS que han recibido mayor interés hoy en día son las unidades de efecto de campo y las de dispersión dinámica.

Un cristal líquido es un material normalmente orgánico, que fluye como un líquido pero cuya estructura molecular tiene algunas propiedades normalmente asociadas a los sólidos. Para las unidades de dispersión luminosa, el mayor interés está en el cristal líquido nemático. Las

moléculas individuales semejan barras. La superficie conductora de óxido de indio, que es un material de este tipo es transparente y, bajo ciertas circunstancias, la luz incidente pasará y la estructura de cristal líquido aparecerá clara. Si se aplica un voltaje (para unidades comerciales el nivel está usualmente entre 6 y 20 V) a través de las superficies conductoras, se perturba el arreglo molecular, con el resultado de que las regiones se establecerán en índices diferentes de refracción.

La luz incidente es, por tanto, reflejada en direcciones diferentes en la frontera entre regiones de índices de refracción diferente (fenómeno conocido como dispersión dinámica) con el resultado de que la luz dispersa se parece a un vidrio opaco. La apariencia de opacidad ocurre solamente en donde las superficies conductoras se oponen la una con la otra y las áreas restantes aparecen translúcidas.

Un dígito en la pantalla LCD puede tener el aspecto segmentado que se muestra en la figura. El área oscura es en realidad una superficie conductora clara, conectada a las terminales de abajo para control externo. Dos marcas similares se colocan en lados opuestos de la película gruesa sellada del material de cristal líquido. Si necesitáramos el número 2, energizaríamos las terminales 8, 7, 3, 4, y 5 y solamente estas regiones aparecerían opacas mientras las otras áreas permanecerían claras.

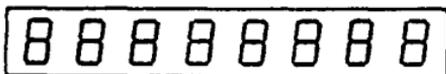


Figura IVe.18 Pantalla LCD de dígito de 8 segmentos.

Como se indicó antes, el LCD no genera su propia luz, sino que depende de una fuente interna o externa. En condiciones oscuridad sería necesario que la unidad tuviera su propia fuente de luz interna ó detrás del LCD o a un lado de éste. Durante el día ó áreas iluminadas, se puede colocar un reflector para reflejar la luz a través de la pantalla para máxima intensidad.

Para operación óptima, los fabricantes de relojes de hoy, están usando una combinación de los modos transmisivos y reflectivos que denominan transreflectivo.

El LCD de efecto de campo nemático retorcido, tiene la misma presentación de segmento y la misma capa delgada del cristal líquido encapsulado, pero su modo de operación es muy diferente.

En forma similar al LCD de dispersión dinámica, el de efecto de campo puede operarse en el modo reflectivo o transmisivo con

una fuente interna. Difiere del nemático simple en que además hay un polarizador de luz. Sólomente la componente vertical de la luz que entra puede atravesar el polarizador, de luz vertical.

En el LCD de efecto de campo, la superficie clara conductora es grabada químicamente, o sea, que se aplica una capa de película orgánica para orientar las moléculas en el cristal líquido en el plano vertical, paralelo a la celda de la pared.

La superficie conductora opuesta también se trata para garantizar que las moléculas están 90 grados fuera de fase, pero todavía están paralelas a la pared de la celda. Entre las dos paredes del cristal líquido hay un cambio general de una polarización a otra.

El polarizador del lado opuesto es también tal que sólo permite el paso de la luz incidente verticalmente polarizada. Si no hay voltaje aplicado a las superficies conductoras, la luz polarizada verticalmente entrará a la región de cristal líquido y seguirá el doblaje de 90 grados de la estructura molecular. Su polarización horizontal en el polarizador de luz vertical del lado del observador, no le permite a la luz que pase y el observador ve un patrón uniformemente oscuro a través de la pantalla completa. Cuando se aplica un voltaje de umbral (para unidades comerciales de 2 a 8 V), las moléculas con apariencia de barras se orientan con el campo (perpendicular

a la pared) y la luz pasa directamente sin el desplazamiento de 90 grados. La luz incidente vertical puede pasar directamente por la segunda rejilla polarizada verticalmente y el observador puede ver una área de luz.

Por medio de una excitación adecuada de los segmentos de cada dígito aparecerá un patrón de caracteres claros sobre fondo oscuro.

En el caso del display de tipo reflectivo de efecto de campo, la luz polarizada horizontalmente encuentra un filtro polarizado horizontalmente en el extremo opuesto al observador y pasa a través del reflector, en donde se refleja de nuevo al cristal líquido, doblada a la otra polarización vertical y regresada al observador. Si no hay voltaje aplicado, la pantalla estará alumbrada uniformemente. Cuando se aplica un voltaje se obtiene luz verticalmente incidente que encuentra en el extremo contrario al observador un filtro horizontalmente polarizado que no dejará pasar y reflejar la luz. De esta manera se obtiene un área oscura en el cristal y aparece un patrón con caracteres oscuros sobre fondo blanco.

Los LCDs de efecto de campo, se usan cuando la fuente de energía es un factor primordial pues absorben considerablemente menor potencia que los tipos de dispersión de luz (del rango de microwatts, comparados con el rango bajo de miliwatts). El costo es típicamente más alto para las unidades de efecto de

campo y su altura está limitada a alrededor de 2 pulgadas, mientras que en las unidades de dispersión de luz este valor llega hasta 8 pulgadas.

Una consideración adicional en estos dispositivos es el tiempo de encendido y apagado. Los LCDS son más lentos que los LEDS. Los LCDS tienen tiempos de respuesta típicos en el rango de 100 a 300 ms, mientras para los LEDS esta cifra está por debajo de los 100 ns. Sin embargo, hay numerosas aplicaciones, como la salida a pantalla del diseño que nos ocupa, en donde la diferencia entre 100 ns y 100 ms (1/10 de segundo) es de menor consecuencia. Para tales aplicaciones, la demanda tan baja de potencia de los LCDS es una característica atractiva. Adicionalmente, con los actuales procesos de fabricación, el tiempo de vida de las unidades LCD está creciendo sostenidamente.

Puesto que el color generado por el LCD depende de la fuente de iluminación, hay un gran rango de colores para escoger.

SELECCION DEL DISPLAY

Los LCD, de uso muy difundido actualmente, están siendo diseñados para una gran variedad de aplicaciones. Su versatilidad, facilidad de lectura y bajo consumo de potencia, hacen que sean extremadamente atractivos para aplicaciones portátiles.

Los exhibidores numéricos de pantalla de cristal líquido de la marca AND son idóneos para requerimientos de visibilidad de día y de noche, y presentan atractivas ventajas como: consumo de potencia, excelente legibilidad a la luz del sol e ideal para operación con baterías, compatibles con CMOS, rango de temperatura aceptable y muy alta confiabilidad en pleno funcionamiento.

Esta línea presenta un amplio rango de exhibidores normalizados con capacidad desde 3 1/2 dígitos hasta 8 dígitos con caracteres desde 9 mm hasta 18 mm de alto.

Los usos más comunes de estos productos son: en equipo médico, de medición de frecuencia, termómetros digitales, termostatos, relojes electrónicos, multímetros digitales, instrumentos en general, comunicación, radios, equipo automotriz y fotográfico, detectores de smog, televisiones, computación y equipo de diversión electrónica.

De la gran variedad de LCDS, se seleccionó el adecuado a las características de nuestro diseño. Presenta 4 dígitos con punto decimal y la altura del caracter es 12.7 mm, con gran ángulo de visión y su alto contraste permite fácil lectura. Tiene alta estabilidad, materiales LC resistentes a la humedad y sellado periféricamente con selladores de alta calidad, para asegurar su integridad mecánica y largo tiempo de vida.

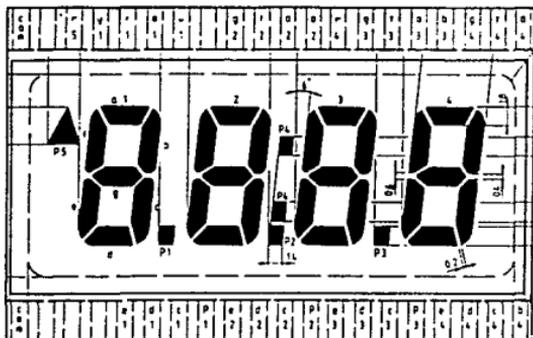


Figura IVe.19 Display seleccionado.

	LC513040-301.15/IS LC513040-301.21/IS			LC513040-301.27/IE LC513040-301.28/IE			UNITS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Operating Temperature Range	-10	-	+60	-25	-	+80	°C
Storage Temperature Range	-25	-	+70	-40	-	+90	°C
Operating Voltage, RMS	3	4.5	6	3	4.5	6	V
D.C. Component	-	-	100	-	-	100	mV
Drive Frequency	30	-	200	30	-	200	Hz
Current Consumption	-	15	30	-	10	20	nA/mm ²
Energizable Area	-	-	255.4	-	-	255.4	mm ²
Turn-on Time	-	40	-	-	40	-	ms
Turn-off Time	-	80	-	-	40	-	ms
Turn-on + Turn-off Time	-	-	250	-	-	200	ms
Expected Lifetime	100.000	-	-	100.000	-	-	nrs

Figura IVe.20 Características de operación.

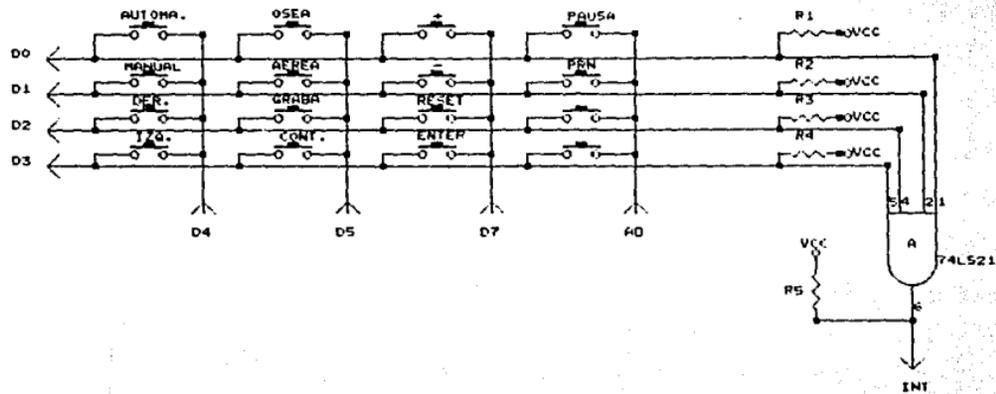
IVf. Diseño de cada una de las interfases.

MODULO DEL TECLADO Y BOTON DE INTERRUPCION.

Para la conexión del teclado se utilizan 8 bits, de los cuales 4 bits (D4,D5,D7,A0) se utilizan para sensar columnas y los otros (D0,D1,D2,D3) para sensar renglones.

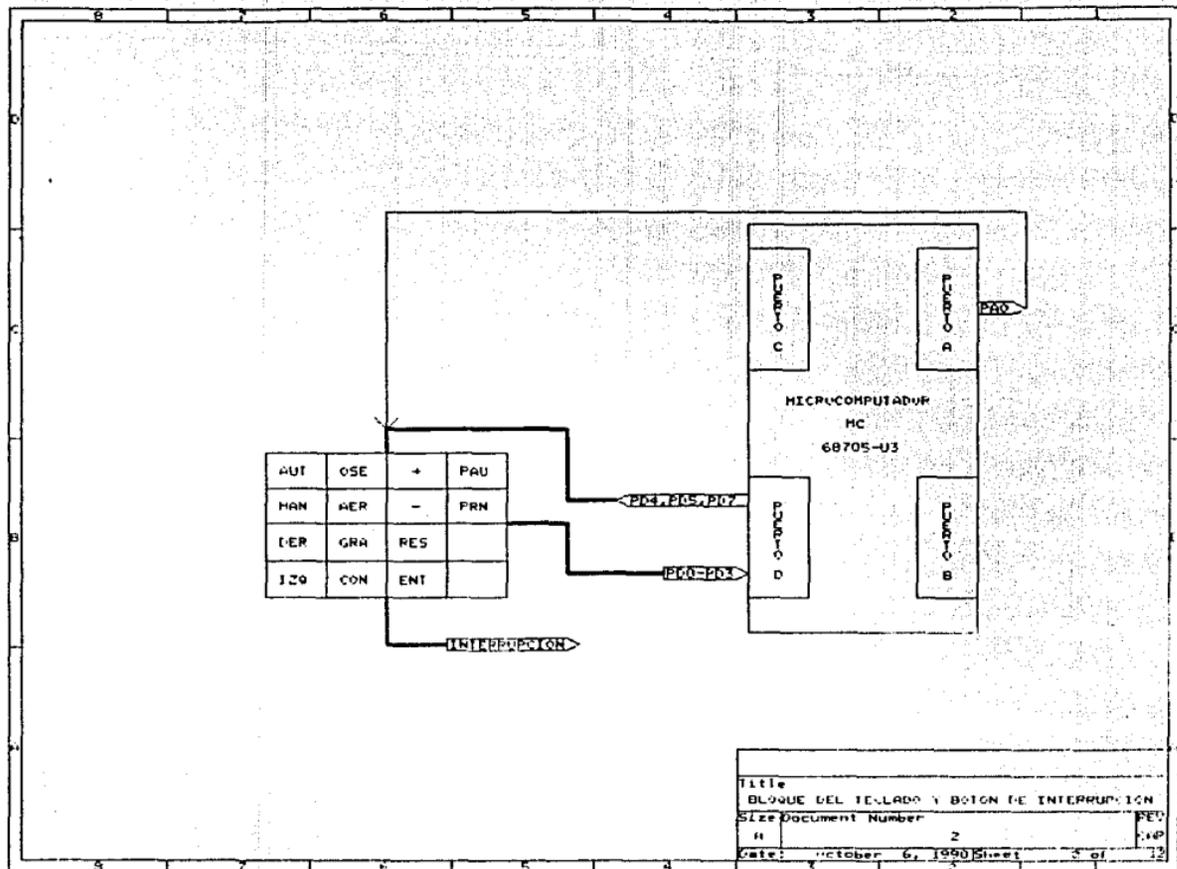
Para detectar que una tecla es presionada se realiza un barrido de derecha a izquierda en los bits de columnas. Cuando una tecla es presionada, se cierra el circuito que se tiene en cada una de las cruces entre renglones y columnas, enviando un nivel de energía 0 a la compuerta AND provocando con ésto, habilitar la interrupción INT del MCU y con esto poder interpretar el código que aparece en los bits mencionados.

A continuación se presentan los diagramas de bloques y electrónico de este módulo.



VCC=5V
R1 A RS=4.7K

Title		
CIRCUITO ELECTRICO DEL TECLADO		
Size Document Number		REV
A	1	L.AZ
Date: October 6, 1980		Sheet 1 of 12



Title
BLOQUE DEL TECLADO Y BOTON DE INTERRUPTOR

Size Document Number

2

Date: October 6, 1990 Sheet 5 of 72

REV

1.1

MODULO DE INTERFASE RS232.

Una de la funciones del dispositivo es registrar los niveles de audición en frecuencia e intensidad, esto se logra enviando una serie de tonos al paciente, el cual retroalimentará el sistema a través de un interruptor conectado al puerto D en el bit D6 y la interrupción INT2.

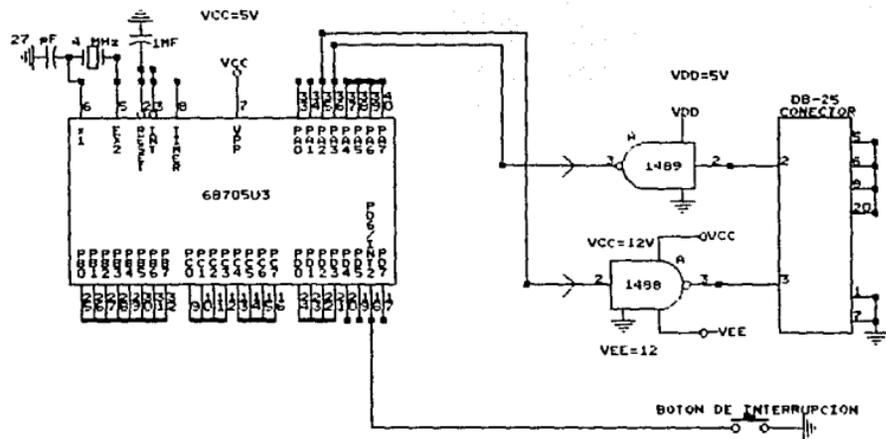
Cada vez que el paciente presiona este botón, el MCU a través de programas registra la frecuencia e intensidad en las cuales se obtuvo respuesta, estas son almacenadas en una tabla en RAM hasta que la prueba es terminada.

Para la impresión y graficación de los resultados se implementó una interfase serial RS232 conectada al puerto A en los bits A2 y A3.

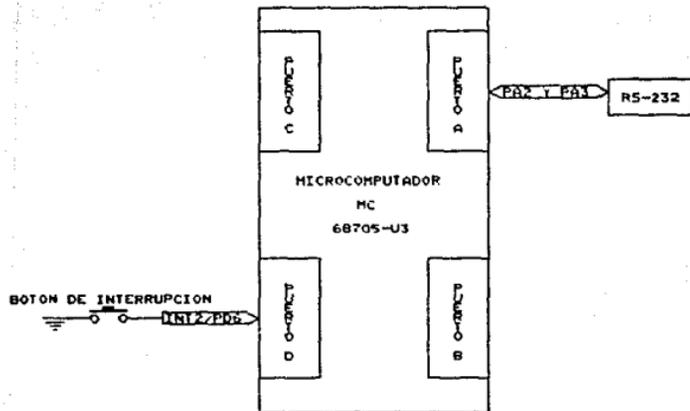
La transmisión se realiza en serie bit tras bit, utilizando un protocolo de comunicación sencillo que envía un bit de start con cierto delay, para palabras de 8 bits.

La finalidad es enviar un archivo con los datos de la tabla, para que puedan ser procesados y graficados en un computador a través de algún paquete o bien en un programa usando lenguajes de alto nivel.

A continuación se presentan sus diagramas respectivos.



Title		REV
CTO. ELEC. DEL MCU, RS-232 Y BOTON INT.		LAZ
Size Document Number		3
Date: October 6, 1990		Sheet 3 of 12



Title

DIAGRAMA A BLOQUES DEL RS232, MCU E INT.

Size Document Number

A

4

REV

CAR

Date: October 6, 1990

Sheet

4 of

12

MODULO DE CONVERSION DIGITAL ANALOGICO Y GENERACION DE RUIDO.

Una de las características más importantes de un audiómetro es la generación de señales (tonos puros) de acuerdo a la prueba específica que se esté realizando.

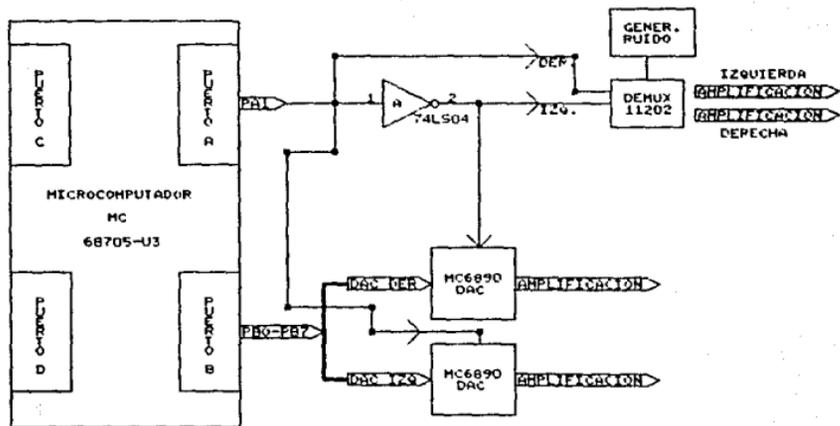
El DAC se encarga de convertir la señal digital que entrega el MCU a una señal analógica para proporcionar ésta a la etapa de amplificación.

El audiómetro diseñado selecciona y genera un conjunto de valores por medio de software, enviándolos desde el puerto B a través de los bits B0 - B7, a alguno de los dos convertidores digital-analógicos (DAC) implementados; dependiendo a que canal de los auriculares se enviará. Esta selección se realiza por medio de un bit (A1) el cual activará el DAC izquierdo o derecho según se haya indicado desde el teclado.

A su vez, este bit, por medio de un demultiplexor, selecciona el generador de ruido blanco que enviará su señal al canal contrario seleccionado, con objeto de enmascarar la señal generada por el DAC.

Esto es, si se tiene señal en el oído derecho, en el oído izquierdo se tendrá ruido blanco.

A continuación se presentan sus diagramas respectivos.



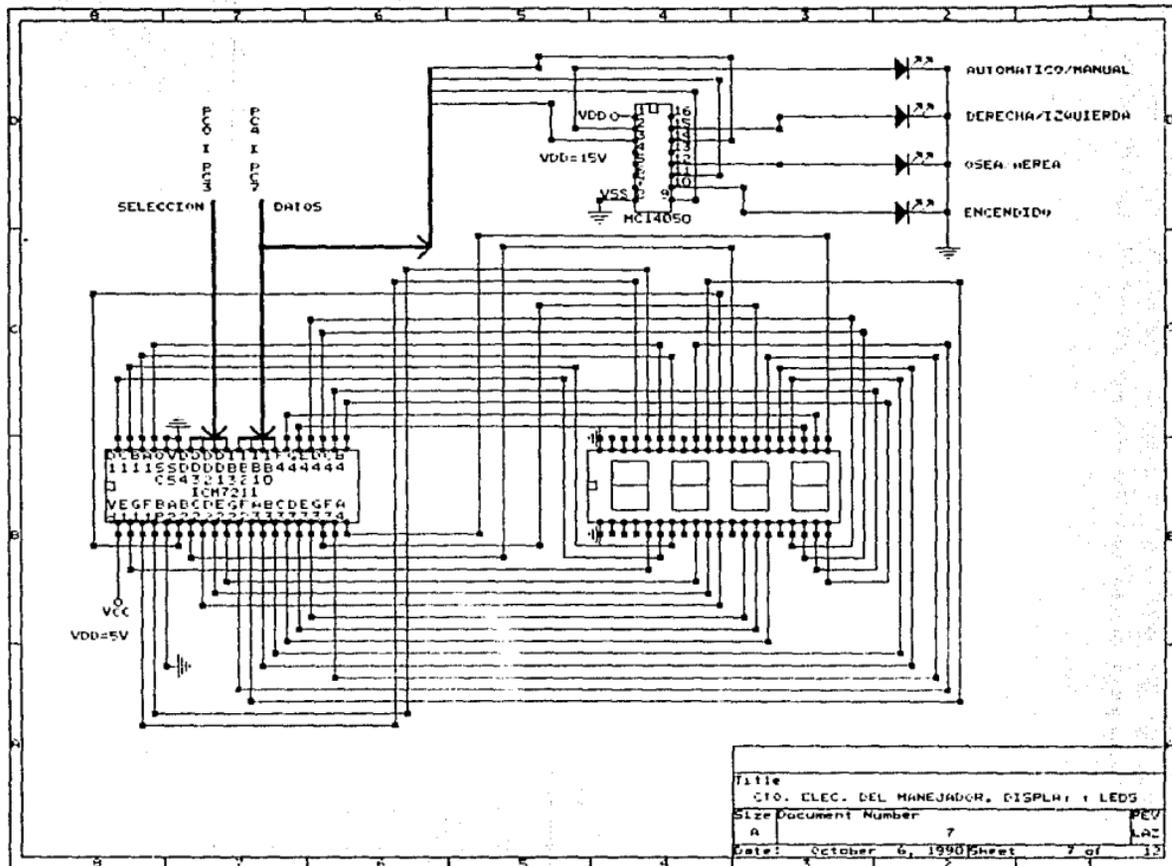
Title		BLOQUE DE SELECCION DE SEÑAL Y RUIDO
Size Document Number		A 6
Date:	October 6, 1990	Sheet 6 of 12

MODULO DE DESPLIEGUE.

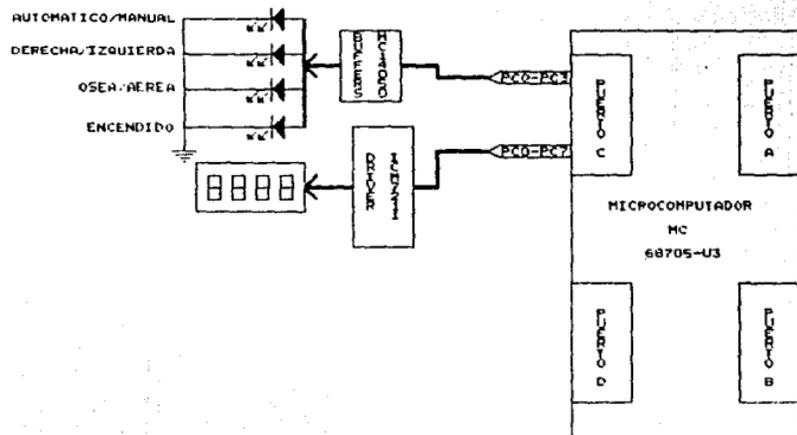
El display seleccionado es de 4 dígitos y para su manejo se ocupa todo el puerto C del MCU. Su función es desplegar la información general de la prueba, como por ejemplo frecuencia, amplitud, automático, manual, etc.

Para la conexión del display se utiliza un manejador conectado al puerto C, utilizando los 8 bits del mismo para el despliegue de los mensajes y datos, y tres de ellos (PC0 - PC3) para la habilitación de indicadores implementados con leds que indican el estado en que se encuentra la prueba, y los otros cuatro contienen el código del carácter a desplegar.

A continuación se presentan los diagramas respectivos.



Title	
C/O. ELEC. DEL MANEJADOR. DISPLAY + LEDS	
Size Document Number	REV
A	7
Date: October 6, 1990	Sheet 7 of 13



Title
BLOQUE DEL DISPLAY, MANEJADOR, LEDS

Size Document Number

A B

Date: October 6, 1980 Sheet

B of 12

REV

KAP

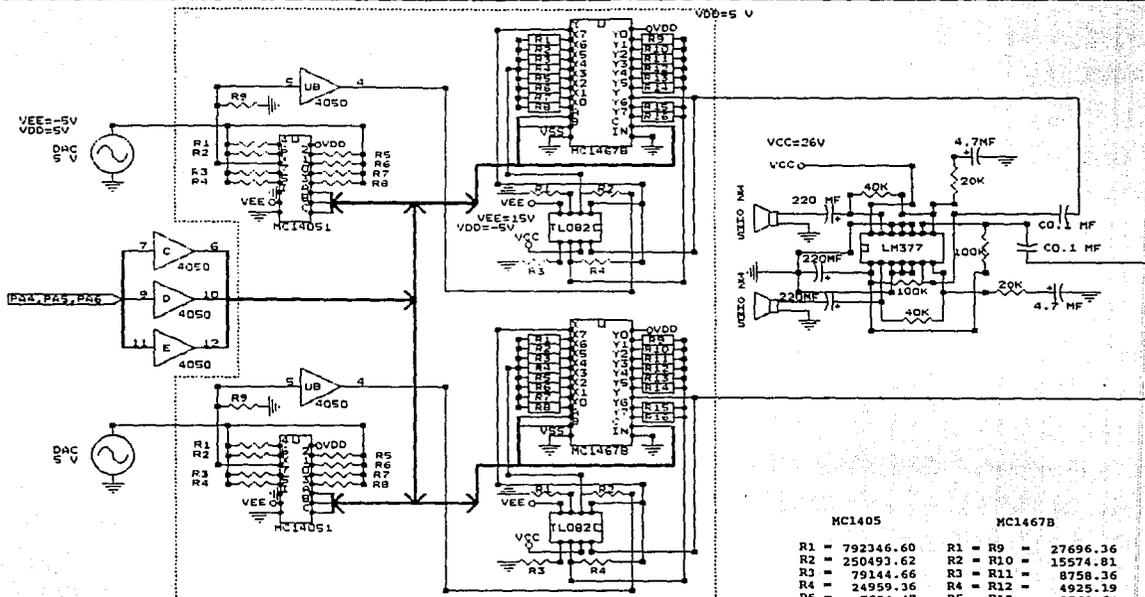
TS

MODULO DE AMPLIFICACION.

Existe una etapa de control de amplificación por medio de un multiplexor analógico que permite variar la señal de entrada al amplificador de audio, esta etapa de selección se realiza debido a la utilización de 4 bits del puerto A (PA4, PA5, PA6, PA7) para seleccionar 16 posibilidades de amplificación a través del amplificador de audio.

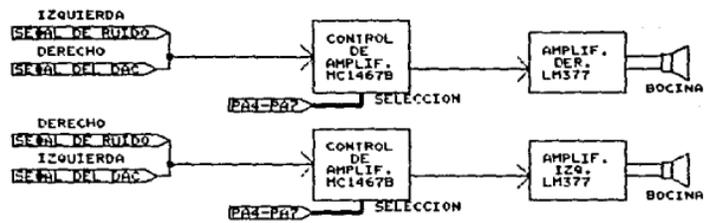
El amplificador de audio tendrá establecida una ganancia fija para poder establecer los rangos de decibeles que deben de aplicar al paciente.

A continuación se presentan también sus diagramas respectivos y un diagrama general en el que se pueden apreciar la interfase entre los módulos descritos.

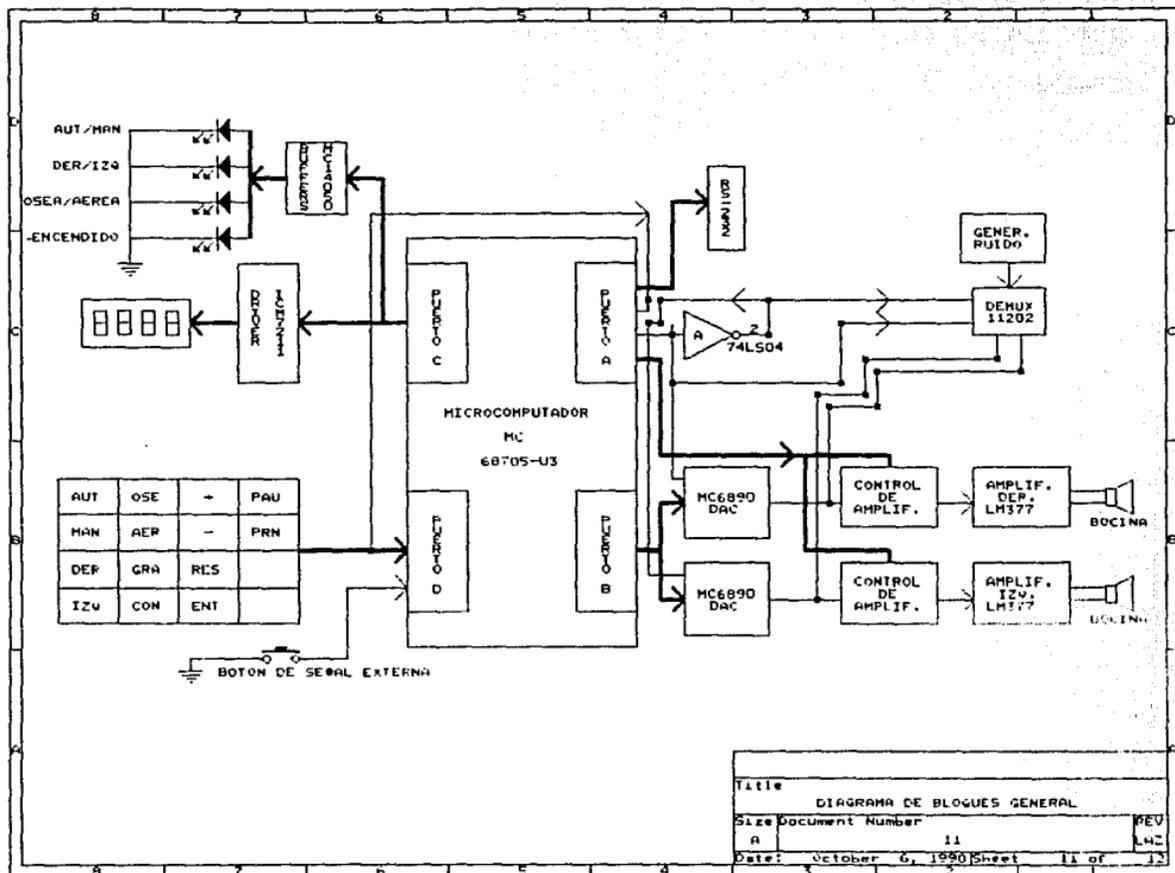


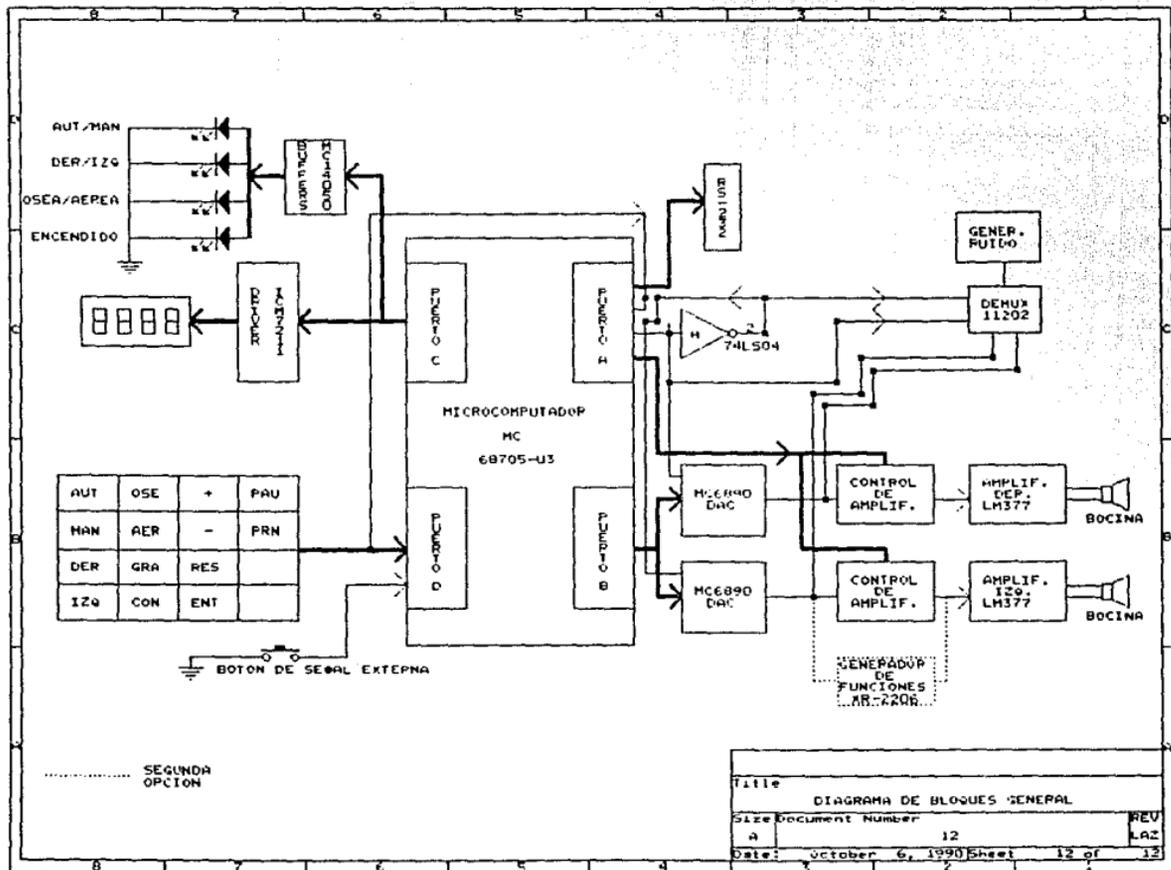
MC1405		MC1467B		TL082	
R1 =	792346.60	R1 = R9 =	27696.36	R1 = R3 =	1 KΩ
R2 =	250493.62	R2 = R10 =	15574.81	R2 = R4 =	220 Ω
R3 =	79144.66	R3 = R11 =	8758.36		
R4 =	24959.36	R4 = R12 =	4925.19		
R5 =	7824.47	R5 = R13 =	2769.64		
R6 =	2405.94	R6 = R14 =	1557.48		
R7 =	692.45	R7 = R15 =	875.84		
R8 =	150.59	R8 = R16 =	492.52		
R9 =					

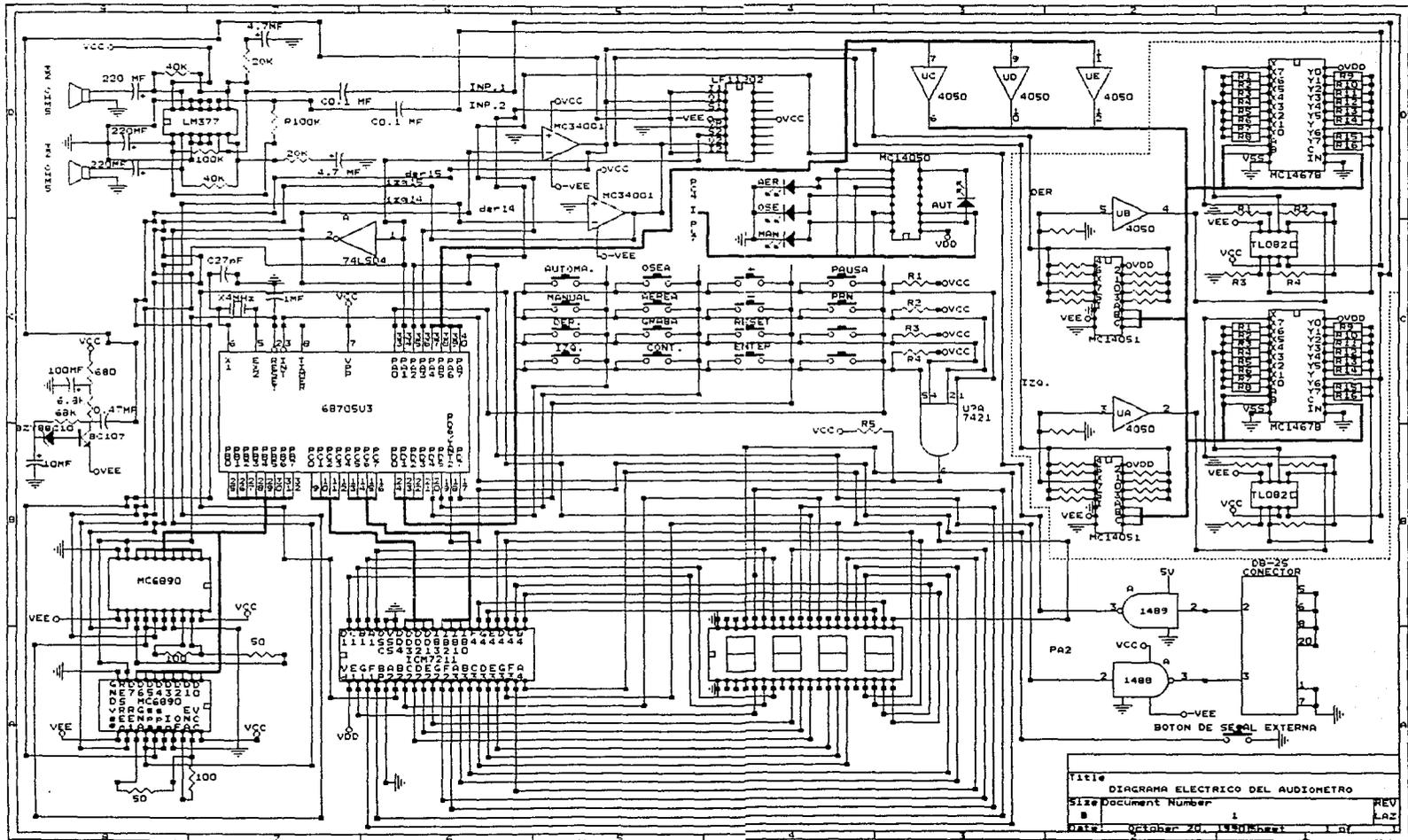
Title		
DIAG. ELEC. DE SELECCION Y AMPLIFICACION		
Size	Document Number	REV
		LAZ
Date:	October 10, 1990	3 of 12



Title		
BLOQUE DE SELECCION Y AMPLIFICACION		
Size	Document Number	REV
A	10	LAZ
Date:	October 6, 1990	Sheet 10 of 12







Title: **DIAGRAMA ELECTRICO DEL AUDIOMETRO**
 Size: Document Number: **1** REV: **LAZ**
 Date: **OCTUBER 20 1980**

IVg. Desarrollo del software necesario para el control, visualización y graficación de cada una de las variables.

```

;
;
;
;
*****
DEFINICION DE VARIABLES Y ETIQUETAS
*****
;
= 0000 PORTA EQU 0 ;Define PORTA at address 0
= 0001 PORTB EQU 1 ;Define PORTB at address 1
= 0002 PORTC EQU 2 ;Define PORTC at address 2
= 0003 PORTD EQU 3
= 0004 DDRA EQU 4 ;PORTA data direction register
= 0005 DDRB EQU 5 ;PORTB data direction register
= 0006 DDRC EQU 6 ;PORTC data direction register
= 0008 TDR EQU 8 ;timer data register
= 0009 TCR EQU 9 ;timer control register
= 000E ADCR EQU $E
= 0000 PUT EQU PORTA ;Para rutina prueba RS232
= 0010 AMPLITUD EQU $10 ;Vector con 13 amplitudes (de -10 a 110)
= 0010 STATUS EQU $1D ;Contiene status de opciones Manual,
;derecho, osea, etc.

001E ORG $1E
001E 01 A1 DB 1
001F 01 F1 DB 1
0020 01 PRINDAM DB 1 ;Indice de tabla donde graba y luego imprime A.
0021 01 PRINDFR DB 1 ;Idem para frecuencias
0022 01 INDRAM DB 1 ;Indice de tabla con las 13 amplitudes
0023 01 INDFR DB 1 ;Idem para frecuencias
= 002C QH EQU $2C ;Multiplicando parte alta
= 002D QL EQU $2D ;Multiplicando parte baja
= 002E PH EQU $2E ;Multiplicador parte alta
= 002F PL EQU $2F ;Multiplicador parte baja
= 0030 DTABL EQU $30 ;Tabla de 4 chars para enviar a display
= 0034 YEMPA EQU $34 ;Temporal para multiplicacion
= 0035 YEMPB EQU $35 ;Idem
= 0039 A EQU $39
= 003A AA EQU $3A
= 003B PRFRECUEN EQU $3B ;tabla para frecuencias
= 004A BEGIN EQU $4A ;Tabla de pba de display con 4 caracteres.
= 004E DIGIT EQU $4E ;Tabla para seleccion del digito a desplegar
= 0052 FRECUENCIA EQU $52 ;Vector con frecs. de 125 a 8
= 005A PRAMPLIT EQU $5A ;Tabla donde graba y luego trae amplitudes
= 0065 REFER EQU $65 ;Tabla con amplitudes de la señal referencia
= 006D REM EQU $6D ;Variables para rutina conversion
= 006E CENT EQU $6E
= 006F TEMP EQU $6F
= 0070 FLAGH EQU $70 ;Indica que teclas se permiten en el teclado MSB
= 0071 FLAGL EQU $71 ;Idem LSB
= 0072 DELAYS EQU $72 ;Para rutina prueba RS232
= 0077 XTEMP EQU $77 ;Idem
= 0078 COUNT EQU $78 ;Idem
= 0079 CHAR EQU $77 ;Idem
= 007A ATEMP EQU $7A ;Para rutina prueba RS232
= 007B IMPINDEX EQU $7B ;Var. temporal para guardar indice
= 007C TOTAL EQU $7C ;Contador en rutina PRINTER del numero de ptos.
= 007D INPNUM EQU $7D ;Variable temporal para despliegue
= 007E INPDIG EQU $7E ;Idem
= 007F INPCHR EQU $7F ;Idem
= 0080 AUTOM EQU $80 ;Codigo de la tecla prueba automatica
= 0081 MANUJAL EQU $81 ;Codigos de teclas
= 0082 DER EQU $82

```



```

0427 5C          INCX
0428 BF35       STX   TEMPB
042A B61F       LDA   FI
042C CD08AB     JSR   CONVIERTE ;Convierte frecuencia
042F 9F         TXA
0430 B734       STA   TEMPA
0432 44        LSRA
0433 44        LSRA
0434 44        LSRA
0435 44        LSRA
0436 AA20       ORA   #520 ;Tercer digito del display
0438 BE35       LDX   TEMPB
043A E730       STA   DTABL,X
043C 5C        INCX
043D B634       LDA   TEMPA
043F A40F       AND   #50F ;Apaga MSB
0441 AA10       ORA   #510 ;Cuarto digito del display
0443 E730       STA   DTABL,X
0445 CD03F3     JSR   DISTAB
0448 81        RTS
;
; * RUTINA DE DESPLIEGUE DE AMPLITUD ACTUAL *
;
0449 5F        DISAMP CLRX
044A A50E       LDA   #50E ;Guarda una "H" que denota amplitud
044C E730       STA   DTABL,X
044E 5C        INCX
044F BF35       STX   TEMPB
0451 391E       ROL   A1
0453 2530       BCS   MENOR ;Amplitud negativa?
0455 361E       ROR   A1
0457 B61E       LDA   A1
0459 CD08AB     JSR   CONVIERTE ;Convierte amplitud
045C BF34       STX   TEMPA
045E A100       CMP   #500
0460 2619       BNE   CENTENA
0462 A60F       LDA   #50F ;Guarda un " " blanco
0464 BE35       LDX   TEMPB ;No importa destruir A que
0466 E730       STA   DTABL,X ;contiene ceros a la izquierda
0468 5C        INCX
0469 B634       DECENA LDA   TEMPA
046B 44        LSRA
046C 44        LSRA
046D 44        LSRA
046E 44        LSRA
046F E730       STA   DTABL,X ;Tercer digito
0471 5C        INCX
0472 B634       LDA   TEMPA
0474 A40F       AND   #50F ;Apaga MSB
0476 E730       STA   DTABL,X
0478 CC0495     JMP   ADIOS
047B A40F       CENTENA AND   #5CF ;Segundo digito
047D BE35       LDX   TEMPB
047F E730       STA   DTABL,X
0481 5C        INCX
0482 CC0469     JMP   DECENA
0485 361E       MENOR ROR   A1
0487 A60A       LDA   #50A ;Guarda un "-"
0489 E730       STA   DTABL,X
048B 5C        INCX
048C A601       LDA   #501 ;Guarda un "1"
048E E730       STA   DTABL,X
0490 5C        INCX
0491 A600       LDA   #500 ;Guarda un "0"
0493 E730       STA   DTABL,X
0495 CD03F3     ADIOS JSR   DISTAB
0498 81        RTS

```


0579 A601		LDA	#501	;inicializa indice de varias frecuencias
0578 B723		STA	INDFR	
0570 A6F0		LDA	#5F0	;Carga un -10
057F B71E		STA	A1	;inicializa Amplitud
0581 A601		LDA	#501	;Carga un 125 (un 01)
0583 B71F		STA	F1	
0585 AE00		LDX	#500	
0587 A602		LDA	#502	
0589 E710		STA	STATUS,X	;Carga la bandera de STATUS
0588 A66A		LDA	#58A	;Carga una "A"
058D E730		STA	DTABL,X	
058F 5C		IMCX		
0590 A600		LDA	#500	;Carga un BLANCO
0592 E730		STA	DTABL,X	
0594 5C		IMCX		
0595 A626		LDA	#526	;Carga una "6"
0597 E730		STA	DTABL,X	
0599 5C		IMCX		
059A A619		LDA	#519	;Carga una "9"
059C E730		STA	DTABL,X	
059E CD03F3		JSR	DISTAB	;Despliega mensaje A 69
05A1 A6C0		LDA	#5C0	;Carga primer byte de FLAG
05A3 B770		STA	FLAGH	
05A5 A620		LDA	#520	;Carga segundo byte de FLAG
05A7 B771		STA	FLAGL	
05A9 CD05AC		JSR	TECLA	
0000		END		
05AC B603	TECLA	LDA	PORTD	
05AE A440		AND	#540	
05B0 1100		BCLR	0,PORTA	
05B2 B703		STA	PORTD	
05B4 1104		BCLR	0,DDRA	
05B6 90	STOP	MOP		
05B7 2FFD		B1H	STOP	
05B9 1100	KEYSCN	BCLR	0,PORTA	
05BB B603		LDA	PORTD	
05BD A477		AND	#577	
05BF AA37		ORA	#537	
05C1 B703		STA	PORTD	
05C3 2E2C	REP1T	B1L	G0T1T	
05C5 3803		LSL	PORTD	
05C7 DC0005		BRSET	6,PORTD,UNO	
05CA 1100		BCLR	0,PORTA	
05CC CC0501		JMP	DOS	
05CF 1000	UNO	BSET	0,PORTA	
05D1 0E0305	DOS	BRSET	7,PORTD,TRES	
05D4 1D03		BCLR	6,PORTD	
05D6 CC050B		JMP	CUATRO	
05D9 1C03	TRES	BSET	6,PORTD	
05DB 000005	CUATRO	BRSET	0,PORTA,CINCO	
05DE 1F03		BCLR	7,PORTD	
05E0 CC05E5		JMP	SEIS	
05E3 1E03	CINCO	BSET	7,PORTD	
05E5 2405	SEIS	BCC	SIETE	
05E7 1000		BSET	0,PORTA	
05E9 CC05EE		JMP	OCHO	
05EC 1103	SIETE	BCLR	0,PORTD	
05EE 2503	OCHO	BCC	REP1T	
05F0 B0	RETURN	RTI		
05F1 B603	G0T1T	LDA	PORTD	
05F3 0E0005		BRSET	7,PORTA,UNQ1	
05F6 1000		BCLR	6,PORTA	
05F8 CC05FD		JMP	DOS1	
05FB 1C03	UNQ1	BSET	6,PORTD	
05FD 000005	DOS1	BRSET	0,PORTA,TRES1	
0600 1F03		BCLR	7,PORTD	
0602 CC0607		JMP	CUATRO1	
0605 1E03	TRES1	BSET	7,PORTD	
0607 AD12	CUATRO1	BSR	DBOUNC	

0609 2FES		BIN	RETURN
0608 2EFE	RELEASES	BIL	RELEASES
0600 ADOC		BSR	DBOUNC
060F 2EFA		BIL	RELEASES
0611 8603		LDA	PORTD
0613 A440		AND	#540
0615 1100		BCLR	O,PORTA
0617 8703		STA	PORTD
0619 2006		BRB	DECODE
0618 AFFF	DBOUNC	LDX	#5FF
0610 5A	AGAIN	DECX	
061E 26FD		BNE	AGAIN
0620 81		RTS	
0621 8180	DECODE	CMP	AUTOM
0623 2737		BEQ	RAUTOM
0625 8181		CMP	MANUAL
0627 2739		BEQ	RMANUAL
0629 8182		CMP	DER
0628 2738		BEQ	RDER
0620 8183		CMP	I2Q
062F 2730		BEQ	RIZQ
0631 8184		CMP	OSEA
0633 273F		BEQ	ROSEA
0635 8185		CMP	AEREA
0637 2741		BEQ	RAEREA
0639 8186		CMP	GRABA
0638 2743		BEQ	RGRABA
0630 8187		CMP	ENTER
063F 2748		BEQ	RENTER
0641 8188		CMP	MAS
0643 2740		BEQ	RMAS
0645 8189		CMP	MENOS
0647 274F		BEQ	RMENOS
0649 818A		CMP	RESET
064B 2751		BEQ	RRESET
0640 8188		CMP	PAUSA
064F 2753		BEQ	RPAUSA
0651 818C		CMP	PRN
0653 2755		BEQ	RPRN
0655 818D		CMP	CONT
0657 272D		BEQ	RCONT
0659 CC05AC		JMP	TECLA
065C CD0680	RAUTOM	JSR	AUTOMR
065F CC05AC		JMP	TECLA
0662 CD06E0	RMANUAL	JSR	MANUALR
0665 CC05AC		JMP	TECLA
0668 CD0710	RDER	JSR	DERR
0668 CC05AC		JMP	TECLA
066E CD0730	RIZQ	JSR	I2QR
0671 CC05AC		JMP	TECLA
0674 CD07B0	ROSEA	JSR	OSEAR
0677 CC05AC		JMP	TECLA
067A CD0750	RAEREA	JSR	AEREAR
067D CC05AC		JMP	TECLA
0680 CD0850	RGRABA	JSR	GRABAR
0683 CC05AC		JMP	TECLA
0686 CD0893	RCONT	JSR	CONTR
0689 CC05AC		JMP	TECLA
068C CD0803	RENTER	JSR	ENTERR
068F CC05AC		JMP	TECLA
0692 CD0799	RMAS	JSR	MASR
0695 CC05AC		JMP	TECLA
0698 CD07C0	RMENOS	JSR	MENOSR
069B CC05AC		JMP	TECLA
069E CD08E7	RRESET	JSR	RESETR
06A1 CC05AC		JMP	TECLA
06A4 CD08C6	RPAUSA	JSR	PAUSAR
06A7 CC05AC		JMP	TECLA
06AA CD07E7	RPRN	JSR	PRNR


```

076C A603          LDA    #503
076E E730          STA    DTABL,X
0770 5C            INCX
0771 A60F          LDA    #50F
0773 E730          STA    DTABL,X
0775 5C            INCX
0776 A60F          LDA    #50F
0778 E730          STA    DTABL,X
077A CD03F3       JSR    DISTAB ;Despliega 'L3' que implica OIDO
077D CC05AC       JMP    TECLA
;
; *****
;          RUTINA TECLA OSEA
; *****
;
; *
; *
; * Indica en una variable el tipo
; * de conduccion que se trata y
; * cuales seran las siguientes te-
; * cias que permitira leer.
; *****
0780 A60C       OSEAR  LDA    #50C ;Primer byte de FLAG
0782 B170       CMP    FLAGH ;Compara contenido de FLAG
0784 2610       BNE    RET6
0786 A620       LDA    #520
0788 B171       CMP    FLAGL ;Compara contenido 2o. byte
078A 260A       BNE    RET6
078C 171D       BCLR   3,STATUS ;Almacena tipo de prueba
078E A630       LDA    #530
0790 B770       STA    FLAGH ;Actualiza FLAG
0792 A620       LDA    #520
0794 B771       STA    FLAGL
0796 CC05AC       JMP    TECLA
;
; *****
;          RUTINA TECLA +
; *****
;
; *
; *
; * Selecciona la siguiente frecuencia
; * o la siguiente amplitud de acuerdo
; * al estandar ANSI 69, validando que
; * no exceda los limites superiores.
; *****
0799 A601       MASR   LDA    #501 ;Primer byte de FLAG
079B B170       CMP    FLAGH ;Compara contenido de FLAG
079D 261E       BNE    RET7
079F A6E0       LDA    #5E0
07A1 B171       CMP    FLAGL ;Compara contenido 2o. byte
07A3 2618       BNE    RET7
07A5 021DDC     BRSET  1,STATUS,FREQ ;Es frecuencia?
07A8 A66E       LDA    #56E ;Entonces es amplitud
07AA B11E       CMP    A1 ;Es la mayor amplitud?
07AC 270F       BEQ    RET7
07AE CD08EE     JSR    INCR ;Incrementa amplitud
07B1 CC07B0     JMP    RET7
07B4 A650       FREQ   LDA    #80 ;Carga frecuencia
07B6 B11F       CMP    F1
07B8 2703       BEQ    RET7 ;Es la mayor frecuencia
07BA CD08EE     JSR    INCR ;Incrementa frecuencia
07BD CC05AC       JMP    TECLA
;
; *****
;          RUTINA TECLA -
; *****
;
; *
; *
; * Selecciona la anterior frecuencia
; * o la anterior amplitud de acuerdo
; * al estandar ANSI 69, validando que
; * no exceda los limites inferiores.
; *****
07C0 A601       MEMOSR LDA    #501 ;Primer byte de FLAG
07C2 B170       CMP    FLAGH ;Compara contenido de FLAG
07C4 261E       BNE    RETB
07C6 A6E0       LDA    #5E0
07C8 B171       CMP    FLAGL ;Compara contenido 2o. byte
07CA 2618       BNE    RETB

```



```

08A7 8171      CMP     FLAGL
08A9 2618      BNE     RET12
08AB C0D97A    JMP     AUTOMX
08AE 051D08    OPCION1 BRCLR  2,STATUS,MANUAL4 ;Es Manual?
08B1 A600      LDA     #000
08B3 8770      STA     FLAGH           ;Actualiza FLAG
08B5 A638      LDA     #38
08B7 8771      STA     FLAGL
08B9 C0D9E4    JMP     CONTINUA
08BC 4F        MANUAL4 CLRRA
08BD 8770      STA     FLAGH
08BF A6E0      LDA     #E0
08C1 8771      STA     FLAGL           ;Para que permita modificar
08C3 C0D5AC    RET12  JMP     TECLA       ;amplitud y frecuencia
;
;          *          RUTINA TECLA PAUSA          *
;
;          * En la rutina automatica esta tecla *
;          * permite detenerla para comodidad *
;          * del examinador.                  *
;
08C6 A600      PAUSAR LDA     #000           ;Primer byte de FLAG
08C8 8170      CMP     FLAGH           ;Compara contenido de FLAG
08CA 261A      BNE     RET13
08CC A638      LDA     #38
08CE 8171      CMP     FLAGL           ;Compara contenido 2o. byte
08D0 2614      BNE     RET13
08D2 081D0C    BRSET  4,STATUS,PAUSADO;Esta pausado?
08D5 1B10      BSET   4,STATUS
08D7 A6FF      LDA     #FF
08D9 4A        REPITE  DECA           ;Delay para pausar
08DB A100      CMP     #000
08DD 26FB      BNE     REPITE
08DF C0D8E6    JMP     RET13
08E1 1910      PAUSADO BCLR  4,STATUS
08E3 C0D97A    JMP     AUTOMX
08E6 81      RET13  RTS
;
;          *          RUTINA TECLA RESET          *
;
;          * Inicializa todos los valores para *
;          * comenzar la prueba desde el prin *
;          * cipio.                            *
;
08E7 A600      RESETR LDA     #000
08E9 5F        CLRX
08EB 4F        CLRRA
08ED C0D52B    JMP     RUTINI
;
;          *          RUTINA INCREMENTA Y ACTUALIZA *
;
08EE 021D0C    INCR   BRSET  1,STATUS,FR1 ;Es frecuencia?
08F1 BE22      LOK    INDRAM           ;Carga indice de amplitud
08F3 5C        INCX
08F4 E610      LDA     AMPLITUD,X
08F6 B71E      STA     AI             ;Actualiza nueva amplitud
08F8 BF22      STX    INDRAM         ;Regresa indice incrementado
08FA C0D9DA    FR1    JMP     RET14
08FC BE23      LDX    INDFR           ;Carga indice frecuencia
08FF 5C        INCX           ;Avanza una frecuencia
0900 E652      LDA     FRECUENCIA,X
0902 B71F      STA     FI             ;Actualiza nueva frecuencia
0904 BF23      STX    INDFR         ;Regresa nuevo indice
0906 A6FF      LDA     #FF
0908 B73A      STA     AA
090A 81      RET14  RTS

```



```

0964 CD0410 JSR DISFREC ;Despliega frecuencia
0967 CD0449 JSR DISAMP
096A CC05AC JMP TECLA
;
; *****
; RUTINA PRUEBA AUTOMATICA
;
; * Envía la señal de acuerdo a los
; * valores que selecciona el examinador
; * de frecuencia y amplitud, sensa si
; * es escuchada por el paciente, en cuyo
; * caso permite que el operador grave o
; * no las variables de referencia de la
; * señal escuchada para despues poder
; * imprimir tales valores. Antes de to-
; * mar en cuenta si la señal fue escu-
; * chada, envía la señal a amplitud me-
; * nor y la va aumentando para comprobar
; * si escucha dos veces a la misma ampli-
; * tud y no se trata de una mala inter-
; * pretacion del paciente. En forma au-
; * tomatica, pasa a la siguiente frecuen-
; * cia para continuar la prueba.
; *****
096D CC09A1 RUTAUTOM JMP SENIAL ;Envía señal / delay
0970 4F INT CLRRA ;Inicializa bandera
0971 B770 STA FLAGH
0973 A638 LDA #538
0975 B771 STA FLAGL
0977 CC05AC JMP TECLA ;Se va a ver si hay pausa
097A 83 SWI ;BIL INT2 Escucho?
097B CD0410 JSR DISFREC ;Despliega frec normal. No oyó
097E AE64 LDX #100 ;Delay
0980 5A DEL DECCX
0981 2AFD BPL DEL
0983 CD0449 JSR DISAMP ;Despliega la amplitud
0986 B61E LDA A1
0988 A16E CMP #56E ;Es A<110 ?
098A 2B32 BMI INCRE
098C B6 LDA F1 ;F=8X ?
098E A150 CMP #80
0990 270C BEQ FINAL
0992 B61E LDA A1 ;A=A1
0994 B739 STA A
0996 1210 BSET 1,STATUS
0998 CD08EE JSR INCR ;F=F+
099B CC096D JMP RUTAUTOM
099E 4F FINAL CLRRA
099F 5F CLRAX
09A0 E730 STA DTABL,X ;Guarde una "I"
09A2 5C INCX
09A3 A609 LDA #509 ;Guarde una "9"
09A5 E730 STA DTABL,X
09A7 5C INCX
09A8 A609 LDA #509 ;Guarde una "9"
09AA E730 STA DTABL,X
09AC 5C INCX
09AD A609 LDA #509
09AF E730 STA DTABL,X ;Guarda un "9"
09B1 CD03F3 JSR DISTAB ;Despliega "1999" o "PRN?"
09B4 4F CLRRA
09B5 B770 STA FLAGH
09B7 A628 LDA #528
09B9 C70071 STA FLAGL
09BC CC0621 JMP DECCDE ;Va a esperar la tecla PRN
09BF 131D INCRE BCLR 1,STATUS
09C1 CD08EE JSR INCR ;A=A+
09C4 CC096D JMP RUTAUTOM
09C7 B6 ANOESAA LDA A ;A ↔ AA
09C9 B73A STA AA ;AA=A

```

```

09CB B6          LDA      A1
09CD A1FD        CMP      #5FO          ;A=10 ?
09CF 26C2        BNE      NOESCUCHA
09D1 CC0960      JMP      RUTAUTOM
09D4 131D        NOESCUCHA BCLR     1,STATUS
09D6 B6          LDA      A
09D8 A1          CMP      #500          ;A=0?
09DA 2702        BEQ      DEC1
09DC CD09C8      JSR      DECR          ;A=A-
09DF CD0908      JSR      DECR          ;A=A-
09E2 CC0960      JMP      RUTAUTOM
09E5 121D        CONTINUA BSET     1,STATUS
09E7 CD08EE      JSR      INCR          ;F=F+
09EA CC0960      JMP      RUTAUTOM
;
; *****
; * RUTINA DE SERVICIO A INTERRUPCION INT2 PUERTO D *
; *
; * Cuando el paciente escucha la senal, se activa
; * esta rutina que le permite al operador que grabe
; * los parametros de frecuencia y amplitud si lo
; * desea y envia al display en forma intermitente
; * esos valores.
; *****
;
0970              ORG      $970          ;No mover esta direccion
0970 CD0499      INT2   JSR      INTERMIT          ;Despliega intermitente A y F
0973 051D09      BRCLR   2,STATUS,MANUAL2;Es manual?
0976 B639        LDA      A
0978 B13A        CMP      AA              ;Es A=AA?
097A 2703        BEQ      MANUAL2
097C CC09C6      JMP      ANOESAA          ;Regresa a rutina automatica
097F 5F          MANUAL2 CLRX
0980 A60C        LDA      #40C            ;Carga una "H"
0982 E730        STA      DTABL,X
0984 5C          INCX
0985 A609        LDA      #409            ;Carga un "9"
0987 E730        STA      DTABL,X
0989 5C          INCX
098A A609        LDA      #409            ;Carga un "9"
098C E730        STA      DTABL,X
098E 5C          INCX
098F A609        LDA      #409            ;Carga un "9"
0991 E730        STA      DTABL,X
0993 CD03F3      JSR      DISTAB          ;"Graba?"
0996 A602        LDA      #402
0998 B770        STA      FLAGH
099A A624        LDA      #424
099C B771        STA      FLAGL
099E CC05AC      JMP      TECLA
;
; *****
; * RUTINA DE ENVIO DE SERAL *
; *
; * Selecciona la senal adecuada de acuerdo
; * a la frecuencia que se esta manejando
; * y cede al control a la rutina correspon
; * diente que se encargara de enviar la
; * senal al puerto B que alimenta al DAC
; * Por medio de un bit se habilita el ena
; * ble del DAC de acuerdo si se selecciono
; * oido izquierdo o derecho.
; *****
;
09A1 5F          SENIAL CLRX
09A2 A6FF        LDA      #5FF
09A4 B705        STA      DORB          ;Iniciatiza puerto B como salida
09A6 B622        LDA      INDAM          ;Aqui selecciona el arreglo
09A8 A40F        AND      #50F          ;de resistencias de acuerdo
09AA B735        STA      TEMPB          ;al indice para variar
09AC B600        LDA      PORTA          ;amplitud
09AE BA35        ORA      TEMPB
09B0 B700        STA      PORTA

```

```

0982 BE23          LDX  INDR
0984 001005        BRSET 0,STATUS,DERE ;Es oido derecho?
0987 1300          BCLR 1,PORTA ;Es izquierdo
;Envia un 0 en bit 1 de puerto A

0989 CC098E        JMP  SELECC
099C 1200          DERE  BSET 1,PORTA ;Envia 1 en bit 1 de puerto A
;Para seleccionar DAC

099E A301          SELECC CPX  #1
09C0 CC09EA        JMP  ENVIA125
09C3 A302          CPX  #2
09C5 CC0A06        JMP  ENVIA250
09C8 A303          CPX  #3
09CA CC0A10        JMP  ENVIA500
09CD A304          CPX  #4
09CF CC0A34        JMP  ENVIA1K
09D2 A305          CPX  #5
09D4 CC0A48        JMP  ENVIA2K
09D7 A306          CPX  #6
09D9 CC0A62        JMP  ENVIA4K
09DC A307          CPX  #7
09DE CC0B37        JMP  ENVIA8K
09E1 0510D3        ADELANTE BRCLR 2,STATUS,MANUAL3 ;Es manual?
09E4 CC0970        JMP  INT
09E7 CC095A        JMP  SIGUE
;*****
; SERIAL DE 125 HZ
;*****

09EA A605          ENVIA125 LDA  #5
09EC B734          LOOP0125 STA  TEMPA
09EE 5F            CLRX
09EF E690          LOOP1125 LDA  SEM125,X ;Envia la se al
09F1 B701          STA  PORTB ;de 256 valores
09F3 90            NOP
09F4 90            NOP
09F5 90            NOP
09F6 90            NOP
09F7 90            NOP
09F8 90            NOP
09F9 5C            INCX
09FA A3FF          CPX  #5FF
09FC 26F1          BNE  LOOP1125
09FE B634          LDA  TEMPA
0A00 4A            DECA
0A01 2AE9          BPL  LOOP0125
0A03 CC09E1        JMP  ADELANTE
;*****
; SERIAL DE 250 HZ
;*****

0A06 A605          ENVIA250 LDA  #5
0A08 B734          LOOP0250 STA  TEMPA
0A0A 5F            CLRX
0A0B D60191        LOOP1250 LDA  SEM250,X ;Envia la se al
0A0E B701          STA  PORTB ;de 200 puntos
0A10 5C            INCX
0A11 A3CB          CPX  #200
0A13 26F6          BNE  LOOP1250
0A15 B634          LDA  TEMPA
0A17 4A            DECA
0A18 2AEE          BPL  LOOP0250
0A1A CC09E1        JMP  ADELANTE
;*****
; SERIAL DE 500 HZ
;*****

0A1D A605          ENVIA500 LDA  #5
0A1F B734          LOOP0500 STA  TEMPA
0A21 5F            CLRX
0A22 D6025B        LOOP1500 LDA  SEM500,X ;Envia la se al
0A25 B701          STA  PORTB ;de 100 valores
0A27 5C            INCX

```

```

0A28 A364          CPX      #100
0A2A 26F6          BNE      LOOP1500
0A2C B634          LDA      TEMP4
0A2E 4A            DECA
0A2F 2AEE          BPL      LOOP0500
0A31 CC09E1       JMP      ADELANTE

;*****
; SERIAL DE 1 K HZ
;*****

0A34 A605          ENVIATK LDA      #5
0A36 B734          LOOP01K STA      TEMP4
0A38 5F            CLRX
0A39 D602C0        LOOP11K LDA      SEN1K,X      ;Envia la se al
0A3C B701          STA      PORTB           ;de 50 valores
0A3E 5C            INCX
0A3F A332          CPX      #50
0A41 26F6          BNE      LOOP11K
0A43 B634          LDA      TEMP4
0A45 4A            DECA
0A46 2AEE          BPL      LOOP01K
0A48 CC09E1       JMP      ADELANTE

;*****
; SERIAL DE 2 K HZ
;*****

0A4B A605          ENVIATK LDA      #5
0A4D B734          LOOP02K STA      TEMP4
0A4F 5F            CLRX
0A50 D602F3        LOOP12K LDA      SEN2K,X      ;Envia la se al
0A53 B701          STA      PORTB           ;de 25 valores
0A55 5C            INCX
0A56 A319          CPX      #25
0A58 26F6          BNE      LOOP12K
0A5A B634          LDA      TEMP4
0A5C 4A            DECA
0A5D 2AEE          BPL      LOOP02K
0A5F CC09E1       JMP      ADELANTE

;*****
; SERIAL DE 4K HZ
;*****

0A62 A605          ENVIATK LDA      #5
0A64 B734          LOOP04K STA      TEMP4
0A66 A680          LDA      #A0
0A68 B701          STA      PORTB
0A6A A690          LDA      #90
0A6C B701          STA      PORTB
0A6E A69F          LDA      #9F
0A70 B701          STA      PORTB
0A72 A6AF          LDA      #AF
0A74 B701          STA      PORTB
0A76 A680          LDA      #80
0A78 B701          STA      PORTB
0A7A A6CB          LDA      #CB
0A7C B701          STA      PORTB
0A7E A607          LDA      #07
0A80 B701          STA      PORTB
0A82 A6E2          LDA      #E2
0A84 B701          STA      PORTB
0A86 A6EC          LDA      #EC
0A88 B701          STA      PORTB
0A8A A6F3          LDA      #F3
0A8C B701          STA      PORTB
0A8E A6F9          LDA      #F9
0A90 B701          STA      PORTB
0A92 A6FD          LDA      #FD
0A94 B701          STA      PORTB
0A96 A6FF          LDA      #FF
0A98 B701          STA      PORTB
0A9A A6FF          LDA      #FF

```

QAPC 8701	STA	PORTB
QAPE A6FD	LDA	#5FD
QAAD 8701	STA	PORTB
QAAZ A6F9	LDA	#8F9
QAAC 8701	STA	PORTB
QAAG A6F3	LDA	#8F3
QAAB 8701	STA	PORTB
QAAA A6EC	LDA	#8EC
QAAC 8701	STA	PORTB
QAAG A6E2	LDA	#8E2
QA9D 8701	STA	PORTB
QA82 A6D7	LDA	#8D7
QA84 8701	STA	PORTB
QA85 A6C8	LDA	#8C8
QA83 8701	STA	PORTB
QA8A A68D	LDA	#88D
QA8C 8701	STA	PORTB
QA8E A6AF	LDA	#8AF
QA8D 8701	STA	PORTB
QA82 A69F	LDA	#89F
QA84 8701	STA	PORTB
QA86 A690	LDA	#890
QA8B 8701	STA	PORTB
QA8A A650	LDA	#850
QA8C 8701	STA	PORTB
QA8E A66F	LDA	#86F
QA8D 8701	STA	PORTB
QA82 A660	LDA	#860
QA84 8701	STA	PORTB
QA86 A650	LDA	#850
QA8B 8701	STA	PORTB
QA8A A642	LDA	#842
QA8C 8701	STA	PORTB
QA8E A634	LDA	#834
QA8D 8701	STA	PORTB
QA82 A628	LDA	#828
QA84 8701	STA	PORTB
QA86 A61D	LDA	#81D
QA8B 8701	STA	PORTB
QA8A A613	LDA	#813
QA8C 8701	STA	PORTB
QA8E A60C	LDA	#80C
QA8D 8701	STA	PORTB
QA82 A606	LDA	#806
QA84 8701	STA	PORTB
QA86 A602	LDA	#802
QA8B 8701	STA	PORTB
QA8A A600	LDA	#800
QA8C 8701	STA	PORTB
QA8E A600	LDA	#800
QA8D 8701	STA	PORTB
QA82 A602	LDA	#802
QA84 8701	STA	PORTB
QA86 A606	LDA	#806
QA8B 8701	STA	PORTB
QA8A A60C	LDA	#80C
QA8C 8701	STA	PORTB
QA8E A613	LDA	#813
QA8D 8701	STA	PORTB
QA82 A610	LDA	#810
QA84 8701	STA	PORTB
QA86 A628	LDA	#828
QA8B 8701	STA	PORTB
QA8A A634	LDA	#834
QA8C 8701	STA	PORTB
QA8E A642	LDA	#842
QA8D 8701	STA	PORTB
QA82 A650	LDA	#850
QA84 8701	STA	PORTB

```

0826 A660          LDA    #560
0828 B701          STA    PORTB
082A A66F          LDA    #56F
082C B701          STA    PORTB
082E 4A           DECA
082F 2803          BMI    RETOR
0831 CC0A64        JMP    LOOP04K
0834 CC09E1        JMP    ADELANTE

RETOR
:*****
: SERIAL DE BK NZ
:*****

0837 A605          ENVIABK LDA    #5
0839 B734          LOOP04K STA    TEMPA ;Envia la se al de 25 puntos
083B 5F           CLRX
083C A680          LDA    #580
083E B701          STA    PORTB
0840 A6A1          LDA    #5A1
0842 B701          STA    PORTB
0844 A6C0          LDA    #5C0
0846 B701          STA    PORTB
0848 A6DA          LDA    #5DA
084A B701          STA    PORTB
084C A6EE          LDA    #5EE
084E B701          STA    PORTB
0850 A6FB          LDA    #5FB
0852 B701          STA    PORTB
0854 A6FF          LDA    #5FF
0856 B701          STA    PORTB
0858 A6FB          LDA    #5FB
085A B701          STA    PORTB
085C A6EE          LDA    #5EE
085E B701          STA    PORTB
0860 A6DA          LDA    #5DA
0862 B701          STA    PORTB
0864 A6C0          LDA    #5C0
0866 B701          STA    PORTB
0868 A6A1          LDA    #5A1
086A B701          STA    PORTB
086C A680          LDA    #580
086E B701          STA    PORTB
0870 A65E          LDA    #55E
0872 B701          STA    PORTB
0874 A640          LDA    #540
0876 B701          STA    PORTB
0878 A625          LDA    #525
087A B701          STA    PORTB
087C A611          LDA    #511
087E B701          STA    PORTB
0880 A604          LDA    #504
0882 B701          STA    PORTB
0884 A630          LDA    #500
0886 B701          STA    PORTB
0888 A604          LDA    #504
088A B701          STA    PORTB
088C A611          LDA    #511
088E B701          STA    PORTB
0890 A625          LDA    #525
0892 B701          STA    PORTB
0894 A640          LDA    #540
0896 B701          STA    PORTB
0898 A65E          LDA    #55E
089A B701          STA    PORTB
089C A680          LDA    #580
089E B701          STA    PORTB
08A0 B634          LDA    TEMPA
08A2 4A           DECA
08A3 2A94          BPL    LOOP0BK
08A5 CC09E1        JMP    ADELANTE

```

```

; *****
; *  RUTINA DE CONVERSION  DE HEXADECIMAL A BCD *
; *
; *  Permite desplegar en BCD las amplitudes que
; *  se estan manejando en la prueba.
; *****
08A5 AEFF      CONVIERTE      LDX      #5FF
08A6 99        SEC
08A8 9D        D100          NOP
08AC 5C        INCX
08AD A064      SUB          #100
08AF 24FA      BCC          D100
08B1 AB64      ADD          #100
08B3 876D      STA          REN
08B5 9F        TXA
08B6 B76E      STA          CENT
08B8 B66D      LDA          REN
08BA AEFF      LDX          #5FF
08BC 99        SEC
08BD 9D        D10          NOP
08BE 5C        INCX
08BF A00A      SUB          #10
08C1 24FA      BCC          D10
08C3 AB0A      ADD          #10
08C5 B76F      STA          TEMP
08C7 9F        TXA
08C8 48        LSLA
08C9 48        LSLA
08CA 48        LSLA
08CB 48        LSLA
08CC BA6F      ORA          TEMP
08CE 97        TAX
08CF B66E      LDA          CENT
08D1 81        RTS

```

---Symbol Table---

A	0039
AA	003A
ADCR	000E
ADELANTE	09E1
ADIOS	0495
AEREA	0085
AEREAR	0750
AGAIN	0610
AI	001E
AMPLITUD	0010
AMOSAA	09C6
ATEMP	007A
AUTOM	0080
AUTOM1	0826
AUTOMR	0680
AUTOMX	097A
AUTOPBA	0330
BEGIN	004A
CENT	006E
CENTENA	047B
CHAR	0079
CINCO	05E3
COMP	0341
CONT	0080
CONTINUA	09E4
CONTR	0893
CONVIERT	08AB
COUNT	007B
CUATRO	05DB
CUATRO1	0607
D10	08BD
D100	08AB
DBOUNC	061B
DDRA	0004
DDRB	0005
DDRC	0006
DEC1	090E
DECENA	0469
DECODE	0621
DECR	090B
DEL	09B0
DEL2	03E4
DEL3	03E2
DELAY	030B
DELAYS	0072
DER	0082
DERE	09BC
DERR	0710
DESPL	0510
DIGIT	004E
DYSAMP	0449
DYSFREQ	0410
DYSTAB	03F3
DOS	05D1
DOS1	05FD
DTABL	0030
ENTER	0087
ENTERR	0803

TEC 6805 Cross Assembler Version 1.0

ENVIA125	09EA
ENVIA1K	0A34
ENVIA250	0A06
ENVIA2K	0A48
ENVIA4K	0A62
ENVIA500	0A1D
ENVIA8K	0837
ERROR	0378
F1	001F
FILL	0338
FILLR	0336
FINAL	099E
FLAGH	0070
FLAGL	0071
FR1	08FD
FR2	091A
FRECUENCIA	0A052
FREQ	0784
FREQ1	07DB
FREQ2	0853
G0I1T	05F1
GRABA	0086
GRABAF	0869
GRABAR	085D
IMPRES	0532
IMPRI	07FF
INCR	08EE
INCRE	098E
INDAM	0022
INDFR	0023
INT	0970
INT2	0970
INTERMIT	0499
IZO	0083
IZOR	0730
KEYSCN	0589
LETRA	051E
LOOP	03F8
LOOP0125	09EC
LOOP01K	0A36
LOOP0250	0A08
LOOP02K	0A40
LOOP04K	0A64
LOOP0500	0A1F
LOOP08K	0839
LOOP1	0401
LOOP1125	09EF
LOOP11K	0A39
LOOP1250	0A08
LOOP12K	0A50
LOOP1500	0A22
MANUAL	0681
MANUAL1	088D
MANUAL2	097F
MANUAL3	09E7
MANUAL4	088C
MANUALR	06ED
MAS	0088

TEC 6805 Cross Assembler Version 1.0

MASR	0799
MEMOR	0485
MENOS	0089
MEMOSR	07C0
MOESCUCNA	0903
OCHO	05EE
OCHOS	0514
OPCION1	08AE
OPCION2	089F
OSEA	0084
OSEAR	0780
OTRO	04C5
OTRO1	04A1
PAUSA	0088
PAUSADO	08E1
PAUSAR	08C6
PBA	04E2
PH	002E
PL	002F
PORTA	0000
PORTB	0001
PORTC	0002
PORTD	0003
PRAMPILT	005A
PRFRECUEN	003B
PRINDAM	0020
PRINDFR	0021
PRINTER	0924
PRM	008C
PRNR	07E7
RUT	0000
RUTC	03A9
RUTC2	0389
RUTC3	038F
RUTC4	03C3
RUTC5	0387
QH	002C
QL	002D
RAEREA	067A
RAUTOM	065C
RCONT	0666
RDER	0666
RDT	0371
REFER	0065
REGRES	0365
RELEAS	0608
REM	0060
RENER	068C
REP11	05C3
REP1E	0809
RESET	008A
RESETR	08E7
RET1	0600
RET10	085C
RET11	0890
RET12	08C3
RET13	08E6
RET14	090A

TEC 6805 Cross Assembler Version 1.0

RET15	0923
RET2	0700
RET3	0720
RET4	0740
RET5	0770
RET6	0796
RET7	0780
RET8	07E4
RET9	0802
RETRM	0834
RETURN	05F0
RCRABA	0680
R120	066E
RMANUAL	0662
RNAS	0692
RMEWOS	0698
ROSEA	0674
RPAUSA	06A4
RPRM	06AA
RRESE1	069E
RS232	0392
RUTAUTOM	0960
RUTIM1	0528
RUTMANUAL	0955
SEGUNDO	07F3
SE15	05E5
SELECC	098E
SEM125	0090
SEM1K	02C0
SEM250	0191
SEM2K	02F3
SEM4K	030C
SEM500	0258
SEM1AL	09A1
S1ETE	05EC
S1GJE	095A
STATUS	0010
STOP	0586
TCR	0009
TR	0008
TECLA	05AC
TEMP	006F
TEMPA	0034
TEMPB	0035
TEST2	0334
TESTIM	035A
TIMER	034E
TMPCHR	007F
TMPDIG	007E
TMPINDEX	007B
TMPNUM	007D
TOTAL	007C
TRES	0509
TRES1	0605
UNO	05CF
UNO1	05FB
XTEMP	0077

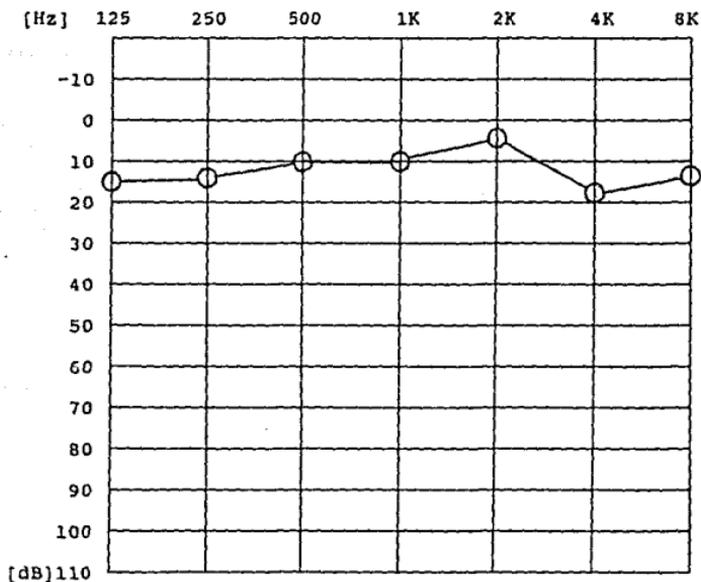
GRAFICACION DE VARIABLES (FRECUENCIA - INTENSIDAD)

Para la graficación de las variables se realizó una prueba audiológica simulada comparada con una real obteniendo los mismos resultados que a continuación se presentan.

La siguiente gráfica representa el nivel de audición del oído derecho del paciente.

ESTUDIO AUDIOLÓGICO

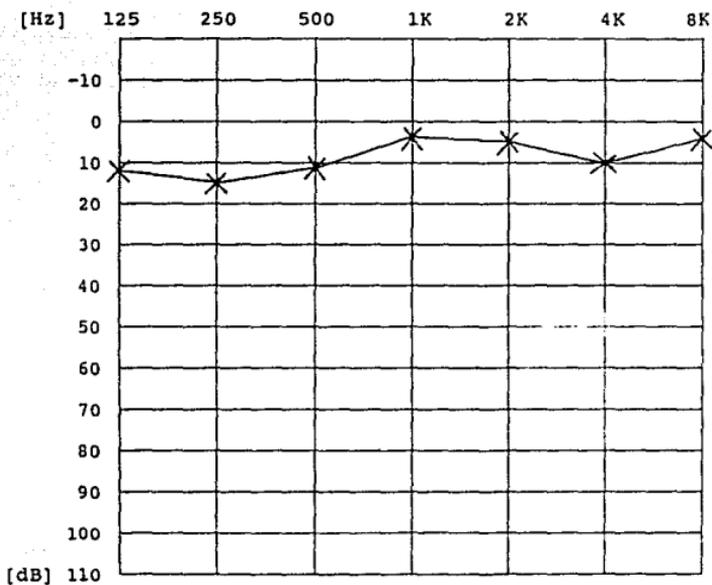
NORMA ANSI 69



La siguiente gráfica corresponde a la prueba del oído izquierdo.

ESTUDIO AUDIOLÓGICO

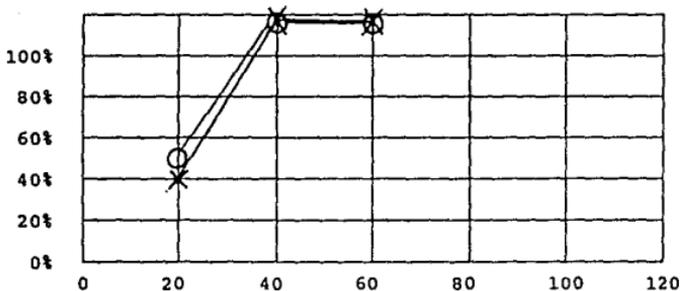
NORMA ANSI 69



Interpretando las gráficas podemos concluir que el paciente tiene un nivel de audición estable dentro del umbral de intensidad comprendido entre 10 y 20 dB.

Lo cual indica que el paciente no tiene problemas audiológicos en transmisión aérea. La prueba verbal no se encuentra contemplada dentro del diseño actual, sin embargo el dispositivo tiene la capacidad de crecimiento en forma modular, de tal forma que puede implementarse un módulo para realizar esta prueba. La siguiente gráfica complementa el resultado de la prueba real.

ESTUDIO AUDIOLÓGICO



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Para el diseño de circuito electrónico, se recurrió a normas ya establecidas por los organismos pertenecientes al sector salud, para seleccionar los distintos componentes que lo conformarían, se considera de suma importancia el poder implementarlo con un costo relativamente bajo en comparación con los dispositivos (audiómetros) de importación, buscando también la forma de incorporar nuevos componentes (crecimiento) para obtener la posibilidad de mantenerlo actualizado con la nuevos elementos técnicos que se desarrollen en el ambito tecnológico y posteriormente estos puedan ser incorporados con la adecuación de los mismos al diseño original.

Las ventajas que posee el diseño propuesto, es la utilización de un microcomputador (MCU), el cual presente características que se consideren las adecuadas para obtener resultados óptimos.

- Utilización de alta tecnología.
- Funcionamiento más amigable.
- Desarrollo de hardware a bajo costo con dispositivos accesibles en nuestro mercado.
- Implementación de software.
- Capacidad de crecimiento capaz de soportar incremento en la incorporación de nuevos elementos.
- Se ajusta a las necesidades actuales en el medio hospitalario nacional.

- Portatil.
- Bajo consumo y peso.
- Manejo sencillo y rápido.

Lo anterior nos marca la pauta a seguir ya que finalmente el diseño propuesto ofrece perspectivas para optimizar los recursos que ofrece el diseño propuesto capaz de auxiliar en forma más eficaz a los medicos especialistas, asi como dar las pautas para una mejor utilización en el campo médico con la participación interdisciplinaria de profesionales ingenieros y médicos.

A P E N D I C E S

GLOSARIO DE TERMINOS MEDICOS

A N E X O A

GLOSARIO DE TERMINOS MEDICOS

- absceso.- (del latín abscessus, de abscedere, alejar) colección de pus.
- acúfeno.- es la percepción subjetiva de ruidos localizados en un oído.
- adenocarcinoma broncogeno.- glándula cancerosa en los bronquios.
- adenocarcinoma prostático.- (del griego aden, glándula, y carcinoma) glándula cancerosa en la próstata.
- aerotitis.- enfermedad causada por la brusca disminución de altitud durante el vuelo y también en el buceo.
- afasia.- (del griego aphasia; de a, privado, y phasis, palabra) pérdida completa o incompleta de la facultad de expresar el pensamiento por signos.
- agnosia.- más empleado.
- albinismo.- (del latín albus, blanco) anomalía congénita caracterizada por la falta de pigmento.
- alérgeno.- (del griego allon, otro, y gennao, yo engendro) sustancia que se supone existente en los materiales infecciosos.
- alergia.- (del griego allon, otro, ergon, trabajo) hipersensibilidad natural producida por sustancias en un organismo.
- amaurótica.- (del latín amaurus, obscurearse) quien pierde parcial o totalmente la visión, generalmente transitoria.
- amiloidosis.- (del griego amydon, almidón, y eidos, parecido) degeneración de los tejidos dando semejanza al almidón.
- anacusia.- sordera total
- analgésico.- (de analgesia) medicamento destinado a suprimir el dolor.
- anatómica.- (del griego ana, a través, y temno, yo secciono) que por medio de la disección se estudia la estructura de los cuerpos animados y de las relaciones de los diferentes órganos.
- anatomopatológicas.- que por medio de la disección se estudian las enfermedades de los cuerpos animados.
- anhidrótico.- que suprime o disminuye la secreción sudoral.
- anoxia.- ausencia de oxígeno en la sangre.

- antígeno.- (del griego anti, contra y gennao, yo engendro) toda sustancia introducida en el medio interior de un organismo, capaz de provocar la formación, por el organismo mismo, de elementos nuevos susceptibles de neutralizar la acción del antígeno.
- antipruriginosa.- (del griego anti, contra y del latín prurire, picar) que tiene eficacia contra la picazón.
- antipruríticas.- (del griego anti, contra y del latín pruritus, picazón) que tiene eficacia contra la picazón; sinónimo de antipruriginosa
- antisépticos.- (del griego anti, contra y sepsis, putrefacción) todo producto químico que detiene la putrefacción y la infección y destruye los gérmenes microbianos.
- aplasia.- (del griego a, privar, plasis, de plasso, modelar, formar) disminución de una parte constitutiva de un órgano.
- arteriosclerosis.- (del griego arteria, arteria, y sklerosis, endurecimiento.) endurecimiento de las arterias.
- ataxia.- (del griego ataxia, desorden) irregularidad, perturbación de las funciones del sistema nervioso.
- atresia.- (del griego a, privar, y tresis, perforación) malformación de una abertura natural
- atrofia.- (del griego a, privar, y trophe, alimento) disminución de volumen de un órgano a consecuencia de la insuficiencia de su nutrición.
- audiometría.- (del latín audire, oír, metron, medida) medida de la audición.
- audiómetro.- (del latín audire, oír, metron, medida) instrumento para medir la agudeza del oído.
- autofonía.- consiste en escuchar la propia respiración.
- autosómica recesiva.- enfermedad genética codificada en los cromosomas y puede o no manifestarse a través de los años.
- autosómica.- referida a los cromosomas no sexuales
- autosómico dominante.- enfermedad genética codificada en los cromosomas y ésta siempre se manifiesta.
- barotrauma.- sinónimo de aerotitis.
- cacofónica.- (del griego kakos, mal, y phone, voz, sonido.) sonidos sin armonía.
- carcinoma renal.- (del griego karkinos, cangrejo, y del sufijo oma, que significa tumor) tumor canceroso que tiene relación con el riñón.

- carcinoma gastrointestinal.- (del griego karkinos, cangrejo, y del sufijo oma, que significa tumor) tumor canceroso en el sistema digestivo.
- carcinoma.- (del griego karkinos, cangrejo, y del sufijo oma, que significa tumor) tumor canceroso.
- cardiopatía.- (del griego kardia, corazón, y pathos, enfermedad) nombre de toda enfermedad que afecta el corazón.
- cefalea.- (del griego kephale, cabeza) dolor de cabeza sordo, continuo o intermitente, que se exagera o no bajo la influencia de causas exteriores.
- cerumen.- (del latín cera. cera) producto de secreción de las glándulas de la pared del conducto auditivo externo, de color amarillento.
- cerumenolítico.- que estimula la secreción de cerumen.
- colesteatoma.- (del griego chole, bilis, steato), convertir en grasa, y del sufijo oma, que indica tumor) tumor cerebral con la apariencia brillante del nácar. Se observa también a nivel de la caja del tímpano.
- congénita.- (del latín cumm, con y genitus, engendrado) que existe en el momento del nacimiento.
- cretinismo endémico.- (del latín creta, creta, en atención al tinte de estos enfermos) insuficiencia en el desarrollo intelectual con degeneración mental, con coloración blanca cérea de la piel y esta limitada a una región periódica o permanentemente.
- dermatitis.- (del griego derma, dermatos, piel, y del sufijo itis, inflamación) inflamación de la piel en todo su espesor.
- dermatosis.- (del griego derma, dermatos, piel) nombre genérico de las afecciones cutáneas.
- disacusia.- pérdida parcial de la capacidad auditiva.
- disfunción.- (del griego dys, difícil, y del latín fungor, cumplir con) mal funcionamiento.
- disgresión.- (del latín disgregare, separar.) apartar las partes de un todo.
- disostosis.- (del griego dys, difícil y osteon, hueso) formación de huesos defectuosa.
- displacia.- (del griego dys, difícil, y plassein, formar) formación defectuosa.
- diuresis.- (del griego dia, a través, y ouron, orina) secreción urinaria.

diuréticos.- (del griego dia, a través, y ouron, orina) que facilita o aumenta la secreción urinaria.

eccema.- (del griego ekzein, hacer ebullición hacia afuera.) afección cutánea, caracterizada por una erupción de pequeñas vesículas muy próximas entre sí. Sinónimo de eczema.

eccematosa.- que es de la naturaleza del eccema.

ectodérmica.- (del griego ektos, a fuera, y derma, piel) que forma el revestimiento cutáneo, los órganos de los sentidos y el sistema nervioso.

electrofisiología.- (del griego elektron, ámbar amarillo, y de fisiología) estudio de los fenómenos eléctricos que se producen en el organismo animal, así como los debidos a la acción sobre el mismo de las excitaciones eléctricas.

endocrinas.- (del griego endon, adentro, y krino, yo segrego) que tiene relación con la secreción interna de una glándula.

endolinfática.- (del griego endon, adentro, y del latin linpha, linfa) líquido claro que se encuentra en el laberinto del oído interno.

epidermis.- membrana que cubre la superficie de todos los cuerpos organizados.

eritroblastosis.- (del griego erythros, rojo, y blastos, germen) presencia en la sangre de células que se encuentran normalmente en la médula ósea roja.

escara.- (del griego eschara, foco) foco de mortificación de los tejidos, procedente ya sea de un agente externo, ya de trastornos circulatorios.

esclerosis.- (del griego skleros, duro) alteración de un tejido o de un órgano, caracterizada por la formación de producciones fibrosas que reemplazan los elementos anatómicos constitucionales normales.

escoliosis.- (del griego skolios, tortuoso) deformación del raquis con inclinación lateral de la columna vertebral.

esplenomegalia.- (del griego splen, splenos, bazo, y megale, grande) aumento considerable de volumen del bazo.

estenosis.- (del griego stenos, estrechamiento) estrechez de un órgano.

etiología.- (del griego aitia, causa, y logos, estudio) estudio de las causas de las enfermedades.

exacerbación.- sinónimo de irritación.

- exoftalmia.- (del griego exo, fuera de, ophthalmos, ojo) salida del globo ocular fuera de la órbita.
- exóstosis.- (del griego exo, fuera de, y osteon, hueso) proliferación ósea que deforma al hueso afectado.
- exudado.- (del latín ex, fuera de, y sudare, sudar) salida fuera de los vasos sanguíneos y linfáticos de elementos solubles.
- fase inactiva.- infección sin salida de secreción.
- fase activa.- infección con salida de secreción.
- fibrosarcoma.- (del latín fibra, del griego sarx, sarkos, carne, y del sufijo oma, tumor) tumor formado por tejido conjuntivo fibroso y tejido muscular estriado.
- fístula.- (del latín fistula, conducto) llaga en forma de conducto estrecho con un orificio o con dos, que no tiene tendencia a la cicatrización y deja salir pus.
- fofas.- esponjosas, blandas.
- foliculo.- glándula en forma de saquito.
- forúnculo (del latín forunculum, ladronzuelo).- inflamación de un foliculo pilosebáceo.
- fotofobia.- (del griego phos, photos, luz, y phobos, miedo) miedo a la luz.
- furunculosis .- enfermedad caracterizada por la existencia de numerosos furúnculos que recidivan por largo tiempo.
- hemangioma.- (del griego haima, sangre, eangeion, vaso, y del sufijo oma, tumor) tumorcito de la piel, que forma una pequeña mancha punteada de un rojo vivo o rojo violáceo.
- hematoma.- (del griego haimatoyn, llenar de sangre) depósito de sangre sin límites precisos, resultante de la rotura de un vaso sanguíneo.
- hemiplejía.- (del griego hemi, mitad, y plessein, golpear) abolición total de la motilidad voluntaria en la mitad del cuerpo.
- hemotímpano.- derrame de sangre en el tímpano.
- hepatomegalia.- (del griego hepar, hepato, hígado, y megas, megalos, grande) aumento de volumen del hígado.
- heterocromía.- (del griego heteros, otro, y chroma, color) coloración diferente. Se dice para el iris de diferente color.
- hialino.- (del griego hyalos, vidrio) que tiene transparencia del vidrio.

- hidropesía.- (del griego hydor, agua, y ops, idea de colección) derrame de líquido con apariencia de suero en la cavidad del peritoneo.
- hipertermia.- (del griego hyper, exceso, y thermos, calor) estado del organismo caracterizado por una sobre elevación del calor fisiológico normal.
- hipoacusia.- (del griego hypo, menos, por debajo, y akouo, yo oigo) disminución de la agudeza del oído.
- hipoglucemia.- disminución de la cantidad normal de azúcar en la sangre.
- hipogonadismo.- deficiencia de la actividad genital, debida a la insuficiente secreción de las gónadas.
- hiposódica.- poca cantidad de sal.
- ictericia.- (del griego ikteros, amarillez) enfermedad del hígado caracterizada por la coloración amarilla de los tegumentos debida a la retención y a la reabsorción intrahepática de los pigmentos biliares.
- ictiosis.- (del griego ichthys, pez) enfermedad cutánea hereditaria caracterizada por una descamación incesante de la epidermis, bajo la forma de escamas.
- idiopática.- que se refiere a las enfermedades que tienen carácter propio y no procede de otra.
- instilarse.- (del latín, in, y stilla, gota) hacer caer un líquido gota a gota.
- isquemia.- (del griego ischein, detener, y haima, sangre) llegada insuficiente o detención de sangre arterial en un tejido o un órgano.
- laberintitis.- (de laberinto, y del sufijo itis, inflamación) lesión del laberinto.
- laceraciones.- acción de lastimar o magullar.
- liminal.- que concierne al comienzo de alguna cosa.
- linfáticos.- (del latín lymphaticus) que tiene relación con la linfa.
- lípidos.- nombre dado a las sustancias orgánicas comúnmente llamadas grasas.
- lipidosis.- estado patológico de engrasamiento de un órgano.
- luxados.- (del latín luxare, dislocar) desplazamiento de las superficies articulares de los huesos que forman una articulación.

- mastoiditis.- (del griego mastos, mama, eidos, forma, y el sufijo itis, inflamación) inflamación de las células óseas de la apófisis mastoides.
- melanoma.- (del griego melas, melanos, negro, y el sufijo oma, que indica tumor) tumor canceroso de coloración.
- meningitis.- (del griego meninx, membrana, del sufijo itis, inflamación) inflamación de las meninges.
- mesodérmico.- que se refiere a la hoja embrionaria que se encuentra entre el endodermo y el ectodermo.
- metabólica.- (del griego metabole, cambio) que no percibe lo seres y las cosas del exterior bajo su aspecto real.
- metástasis.- (del griego methistemi, yo cambio de lugar) transporte de una enfermedad de un órgano a otro.
- micósica.- (del griego mykes, hongo) que pertenece a las enfermedades ocasionadas por un hongo parásito.
- mioclonía.- (del griego mys, myos, músculo, y klonos, contracción) síndrome caracterizado por contracciones musculares bruscas involuntarias.
- miringitis.- (del latín miringa, membrana del tímpano, y del sufijo itis, inflamación) inflamación aguda o crónica del tímpano.
- narcóticos.- (del griego narkosis, entorpecimiento) que tiene la facultad de producir el sueño.
- necrosis.- (del griego nekros, muerto) mortificación de un tejido.
- necrótico.- (del griego nekros, muerto) que tiene relación con la mortificación de un tejido.
- nefritis.- (del griego nephros, riñón y del sufijo itis, inflamación) inflamación aguda o crónica del riñón.
- neonato.- recién nacido.
- neoplasias.- (del griego neos, nuevo, y plassein, formar) producción de un tejido nuevo, lo más a menudo de origen maligno.
- neural.- relativo al nervio.
- neurinoma.- (del griego neuron, nervio, y oma, tumor) tumor nervioso.
- neurodermatitis.- (del griego neuron, nervio, derma, piel, y el sufijo itis, inflamación) toda afección cutánea caracterizada por prurito.

- neurofibromatosis.- (del griego neuron, nervio, y fibromatosis) enfermedad caracterizada por la presencia de pequeños tumores de la piel en número considerable.
- neurólogos.- (del griego neuron, nervio y logos, estudio) que tiene relación con la parte de la anatomía descriptiva, que estudia el sistema nervioso central y periférico.
- neuropatía.- (del griego neuron, nervio y pathos, enfermedad) toda afección localizada en el sistema nervioso u ocasionada por deficiencia del mismo.
- nistagmo.- (del griego nystagmos, yo guiño los párpados) trastorno funcional del ojo, caracterizado por movimientos de lateralidad ya sin fuerza, ya ondulatorios o sin ritmo.
- nódulo.- (del latín nodulus, nodo pequeño) pequeña nodosidad.
- occipucio.- parte infero-posterior de la cara.
- oclusión.- (del latín occludere, cerrar) obstrucción de un orificio natural por una agente exterior.
- osificación.- (del griego ostion, hueso y del latín facere, hacer) estado de un tejido cuyas células productora de sustancia ósea, que se encuentra en la medula de los huesos, aumentan hasta tal punto que toma la consistencia de la forma del hueso.
- osteítis.- (del griego óstion, hueso, y del sufijo itis inflamación) inflamación del hueso.
- osteoma.- (del griego osteon, hueso y del sufijo oma, tumor) nueva formación ósea que sobreviene en un músculo, lo más a menudo a consecuencia de un traumatismo.
- osteomielitis.- (del griego osteon, hueso, myelos, medula, y del sufijo itis, inflamación) inflamación de la medula ósea.
- otalgia.- (del griego ous, otos, oído y algos, dolor) dolor de oído.
- óticos.- que tiene relación con el oído.
- otitis.- (del griego ous, otos, oído y del sufijo itis, inflamación) toda inflamación aguda o crónica del oído.
- otoesclerosis.- (del griego ous, otos, oído, y skleros, duro) alteración de algún tejido del oído caracterizada por una osificación del laberinto, y que se manifiesta por sordera y vértigos.
- otología.- (del griego ous, otos, oído y logos, estudio) estudio de las enfermedades del oído.
- otólogo.- estudioso del oído.

- otomicosis.- (del griego ous, otos, oído y mikes, hongo).-
afección parasitaria debida a un hongo y localizada en el
conducto auditivo externo.
- otorragia .- (del griego ous, otos, oído, y rage, rotura)
hemorragia por el conducto auditivo.
- otorrea.- (del griego ous, otos, oído y rheo, yo flujo) flujo
por el oído, generalmente purulento.
- otosclerosis.- (del griego ous, otos, oído, y skleros, duro)
esclerosis del oído caracterizada por una osificación del
laberinto, y que se manifiesta por sordera y vértigos.
- otoscopia.- (del griego ous, otos, oído, y eskopein, examinar)
examen del conducto auditivo y de la membrana del tímpano.
- paracentesis.- (del griego para, a través, y kenteo, yo pincho)
punción en un cavidad llena de líquido para hacer su
evacuación.
- paracusia.- (del griego parakono, oír falsamente) falsa
percepción de las impresiones acústicas o sea percepción de
los sonidos más bajos o más altos, más intensos o más
débiles de lo que son en realidad.
- parotiditis.- inflamación de las parótidas, paperas.
- patología.- (del griego pathos, enfermedad, y logos, estudio)
parte de la Medicina que estudia las enfermedades.
- pedículo.- (del latín pediculus, pie pequeño) trayecto
membranoso, fibroso o vascular, más o menos voluminoso, que
une un tumor al órgano o tejido de que depende.
- penitis.- (del latín penis, pene y del sufijo itis, que indica
inflamación) inflamación y total del pene.
- periasteritis.- inflamación externa de las arterias.
- periauricular.- (del griego peri, alrededor y del latín
auricularis, perteneciente al oído) afección cercana o
alrededor del oído.
- pericondrio.- membrana fibrosa que rodea el cartilago.
- pericondritis.- (del griego peri, alrededor, chondros,
cartilago, y del sufijo itis, inflamación) inflamación del
pericondrio.
- perilinfático.- afección cercana o alrededor de la linfa.
- pigmentosa.- que posee una coloración propia que comunica a los
tejidos en los cuales permanece.

- policondritis.- (del griego polys, muchos, chondros, cartilago, y del sufijo itis, inflamación) inflamación múltiple de tejidos cartilaginosos.
- polineuropatía.- (del griego polys, muchos, neuron, nervio, y pathos, enfermedad) afección localizada en varios puntos del sistema nervioso u ocasionada por deficiencia del mismo.
- pontocerebeloso.- (del latín pons, puente, y cerebellum, cerebelo) que tiene relación con la protuberancia y el cerebelo.
- posauricular (del latín post, detrás, después y auricularis, relativo al oído) detrás del oído.
- preauricular.- (del latín prae, antes, y auricularis, relativo al oído) antes del oído.
- presbiacusia.- disminución de la agudeza auditiva al avanzar la edad.
- profilaxis.- (del griego prophylaxis, de prophylassein, preservar) estudio de las condiciones y las precauciones propias para evitar las enfermedades.
- protésica.- (del griego protithemi, poner en su sitio) que tiene por objeto reemplazar por aparatos todo o parte de un órgano separado quirúrgicamente.
- prótesis.- (del griego protithemi, poner en su sitio) parte de la Terapéutica Quirúrgica que tiene por objeto reemplazar todo o parte de un órgano.
- protrusión.- del latín pro, delante, y trudere, empujar) empujar anormalmente un órgano hacia adelante.
- prurito.- (del latín pruritus, picazón) necesidad imperiosa de rascarse bajo la influencia de una picazón de la piel o de las mucosas.
- psicogena.- (del griego psyche, espíritu y gennao, yo engendro) que tiene relación con el proceso que conduce a un estado mental particular.
- purulento.- (del latín putridus, pútrido, y facere, hacer) que es o puede causar putrefacción.
- quimioterapéuticos.- que se refiere a los tratamientos a base de productos derivados de la química.
- quiste.- (del griego kystis, vejiga) tumor de contenido líquido, semilíquido o pastoso.
- retinitis.- (del latín rete, red y del sufijo itis, inflamación) degeneración de la retina, de causa variable.

- retroauricular.- (del latín retro, atrás y auricularis, relativo al oído) detrás del oído.
- retrococlear.- que se encuentra detrás de la coclea.
- retrolaberintica.- que se encuentra detrás del laberinto.
- sabañón.- placa roja violácea que se desarrolla bajo la acción del frío.
- síndrome.- (del griego syndrome, curso afluencia) conjunto de síntomas que se refieren en general a un mismo grupo de enfermedades, pero insuficientes para establecer el diagnóstico de una enfermedad.
- sinóstosis.- (del griego syn, con y osteon, hueso) soldadura de huesos que impide los movimientos fisiológicos normales del segmento del miembro afecto.
- sinusitis.- (del latín sinus, seno y del sufijo itis, inflamación) inflamación de un seno.
- supraliminar.- que concierne a lo que esta sobre el comienzo de alguna cosa.
- supurativa.- (del latín suppurare, supurar) Que secreta pus.
- tinnitus.- ruidos en el oído semejantes a un silbido.
- tofo.- (del griego tophos, piedra porosa) producción bajo la forma de urato sódico, de urato y de fosfato cálcico, que se desarrolla en el tejido celular subcutáneo.
- torticollis.- (del latín tortum, torcido y collum, cuello) actitud viciosa de la cabeza cualesquiera que sean su origen y duración.
- torunda.- tapón de algodón y gasa empleado en las operaciones quirúrgicas.
- trasudación.- (del latín trans, más allá y sudare, sudar) fenómeno fisiológico en el cual pasa serosidad a través de los vasos.
- traumatismo.- (del latín trauma, herida) toda lesión debida a la acción de un agente exterior.
- tromboflebitis.- (del griego thrombos, trombosis, y flebitis) trombosis de una varice inflamada.
- trombosis.- (del griego thrombosis, acción de coagular) obstrucción de un vaso por un coágulo sanguíneo.
- tubárica.- (del latín tuba, trompa) que se refiere a las trompas.
- túbulos.- con forma de tubos.

urticaria.- (del latín urtica, ortiga, en sentido figurado comezón) erupción caracterizada por la producción más o menos rápida de elevaciones rojas, a veces blancas, análogas a las producidas por el contacto con las ortigas y que se acompañan con picazones.

varice.- (del latín varix, varice) dilatación permanente de las venas.

vasodilatadora.- (del latín vas, vaso y dilatare, dilatar) que produce la dilatación del calibre de los vasos.

vesiculosa.- (del latín vesícula) que tiene una elevación de la epidermis de forma alargada, terminada en punta como consecuencia del desarrollo de serosidad.

HOJAS TECNICAS

A N E X O B

TABLA COMPARATIVA ENTRE M.C.U. DE DIFERENTES FABRICANTES.

AMERICAN MICROSYSTEMS	PAL. VEL			RAM bytes	ROM bytes	E/S	CARACTERISTICAS IMPORTANTES
	TEC.	bits	/1500				
528211	NMOS	16	0	256	512	8	PROCESADOR DIGITAL DE SEÑALES
APPLIED MICROCIRCUITS							
AMCC1259	CMOS	4	30	32	136	54	
FAIRCHILD							
F38E70-2	CMOS	8	2	64	2K	32	
FUJITSU							
MB8841	NMOS	4	8	128	2K	32	
MB8844	NMOS	4	8	128	2K	23	
MB8851	CMOS	4	2	128	2K	37	CON UNA LINEA SERIE
MB8853	CMOS	4	2	64	1K	37	
MB88401	NMOS	4	8	192	4K	36	
MB88411	NMOS	4	8	192	4K	33	CON CONVERTIDOR A/D
MB88413	NMOS	4	8	192	2K	33	CON CONVERTIDOR A/D
MB88500	CMOS	4	8	192	4K	36	
MB88504	CMOS	4	8	192	4K	36	
MBL6801	NMOS	8	2	128	2K	31	COMPATIBLE CON EL MC6801
MBL6801W	NMOS	8	2	192	4K	31	VERSION MEJORADA DEL 6801
MBL8049	NMOS	8	1	128	2K	27	COMPATIBLE CON EL 8049
MBL80C49	CMOS	8	1	128	2K	27	VERSION CMOS DEL 8049
GENERAL INSTRUMENT							
PIC1650	NMOS	8	4	32	512	32	
PIC1650XT	NMOS	8	4	32	512	32	
PIC1654	NMOS	8	2	32	512	12	
PIC1655	NMOS	8	4	32	512	20	

PIC1655XT	NMOS	8	4	32	512	20	
PIC16C55	CMOS	8	5	32	512	20	
PIC656	NMOS	8	4	32	512	20	
PIC1670	NMOS	8	1	64	1K	32	
GTE MICROCIRCUITS							
G65C150	CMOS	8	2	64	2K	27	INCLUYE GENERADOR DE ONDA SENOIDAL
HD6301V	CMOS	8	2	128	4K	29	
HD63L05F	CMOS	8	2	96	377 2	20	INCLUYE A/D Y LCD
HITACHI							
HMCS42	PMOS	4	10	32	512	22	
HMCS42C	CMOS	4	10	32	512	22	
HMCS43	PMOS	4	10	80	1K	32	INCLUYE TEMPORIZADOR Y PUERTO DE 50 V
HMCS43C	CMOS	4	10	80	1K	32	
HMCS44A	PMOS	4	10	160	2K	32	
HMCS44C	CMOS	4	10	160	2K	32	
HMCS45A	PMOS	4	10	160	2K	44	
HMCS45C	CMOS	4	10	160	2K	44	
HMCS46C	CMOS	4	10	160	4K	32	
HMCS47C	CMOS	4	10	160	4K	44	
HD44790	CMOS	4	10	128	2K	32	INCLUYE DRIVER LCD
HD6801S	NMOS	8	2	128	2K	29	INCLUYE UART Y UN TEMPORIZADOR
HD6801V	NMOS	8	2	128	4K	29	IDEM.
HD6805S	NMOS	8	2	64	110 0	20	
HD6805U	NMOS	8	2	96	205 6	32	
HD6805V	NMOS	8	2	96	384 8	29	
HD6805W	NMOS	8	2	96	384 8	29	INCLUYE CONVERTIDOR A/D

INTEL							
8020H	NMOS	4	8	64	1K	13	
8021H	NMOS	4	8	64	1K	21	
8022	NMOS	4	8	64	2K	21	CON CONVERTIDOR A/D
8048	NMOS	8	2	64	1K	27	
8748	NMOS	8	2	64	1K	27	VERSION EPROM DEL 8048
80C48	CMOS	8	1	64	1K	27	VERSION CMOS DEL 8048
8049H	NMOS	8	1	128	2K	27	
8749H	HMOS	8	1	128	2K	27	VERSION EPROM DEL 8049
80C49	CMOS	8	1	128	2K	27	VERSION CMOS DEL 8049
8051	NMOS	8	1	128	4K	32	CON 1 LINEA SERIE, 2 TEMP. DE 16 B.
8751	NMOS	8	1	128	4K	32	VERSION EPROM DEL 8051
80C51	CMOS	8	1	1287	4K	32	VERSION CMOS
8041	NMOS	8	3	64	1K	18	
8741	NMOS	8	3	64	1K	18	VERSION EPROM DEL 8041
8096	NMOS	16	1	116	4K	48	CON 8 CANALES A/D Y TEMPORIZADORES
2920	NMOS	25	1	40	192	12	VERSION EPROM DEL 2921
2921	NMOS	25	0	40	192	12	CON 4 ENTR. Y 8 SAL. ANALOG.
ITT SEMICONDUCTORS							
SAA6000	CMOS	4	61	96	226 8	51	CON DRIVER LCD
MATRA-HARRIS							
HM8048H	NMOS	8	2	64	1K	27	
HM80C48	CMOS	8	1	64	1K	27	

HM8051H	NMOS	8	1	128	4K	32	
MATSUSHITA							
MN1400	NMOS	4	10	64	1K	34	
MN1402	NMOS	4	10	32	768	19	
MN1403	NMOS	4	10	16	512	13	
MN1404	NMOS	4	10	16	512	10	
MN1405	NMOS	4	10	128	2K	34	
MN1430	PMOS	4	15	64	1K	34	
MN1432	PMOS	4	15	32	768	19	
MN1435	PMOS	4	15	128	2K	34	
MN1450	CMOS	4	10	64	1K	34	
MN1453	CMOS	4	10	16	512	13	
MN1454	CMOS	4	10	16	512	10	
MN1455	CMOS	4	10	128	2K	34	
MN1541	NMOS	4	2	152	153 6	24	
MN1542	NMOS	4	2	152	2K	24	
MN1544	NMOS	4	2	256	4K	24	
MN1562	NMOS	4	2	152	2K	48	
MN1564	NMOS	4	2	256	4K	48	
MM76EL	PMOS	4	10	48	640	31	
MM75	PMOS	4	10	48	670	22	
MITSUBISHI							
M5M80C49	CMOS	8	3	128	2K	27	VERSION CMOS DEL 8049
M5M8050H	NMOS	8	1	256	4K	27	
MOSTEK							
MK2870/10	NMOS	8	2	64	1K	20	
MK3870/10	NMOS	8	2		1K	32	
MK3870/20	NMOS	8	2	64	2K	32	
MK3870/22	NMOS	8	2	128	2K	32	
MK3870/40	NMOS	8	2	64	4K	32	

MK3870/42	NMOS	8	2	128	4K	32	
MK3873/20	NMOS	8	2	64	2K	29	INCLUYE UN CANAL SERIE
MK3873/22	NMOS	8	2	128	2K	29	
MK3875/22	NMOS	8	2	128	2K	30	
MK3875/42	NMOS	8	2	128	4K	30	
MK68200	NMOS	16	1	128	2K	40	ARQUITECTURA 68000
MOTOROLA							
MC141000	CMOS	4	10	64	1K	23	EQUIVALENTE AL TMS1000
MC6801	NMOS	8	2	128	2K	31	
MC68701	NMOS	8	2	128	2K	31	VERSION EPROM DEL 6801
MC6801U4	NMOS	8	2	192	4K	31	
MC68701U4	NMOS	8	2	192	4K	31	VERSION EPROM DEL 6801U4
MC6805P2	HMOS	8	2	64	110 0	20	INCLUYE TEMPORIZADOR Y DETECTOR 0.
MC6805R2	HMOS	8	2	64	2K	32	INCLUYE 4 CANALES A/D
MC6805R3	HMOS	8	2	112	377 6	20	INCLUYE 4 CANALES A/D
MC6805T2	HMOS	8	2	64	250 0	20	INCLUYE PLL
MC6805U2	HMOS	8	2	64	2K	32	
MC68705P3	HMOS	8	2	112	180 4	20	
MC68705R3	HMOS	8	2	112	377 6	31	
MC68705U3	HMOS	8	2	112	377 6	20	
MC146805G2	CMOS	8	2	112	2K	32	
MC1468705G2	CMOS	8	2	112	2K	32	
NATIONAL SEMICONDUCTOR							
COP320C	CMOS	4	15	64	1K	23	

COP321C	CMOS	4	15	64	1K	19	
COP410L	NMOS	4	15	32	512	19	
COP411L	NMOS	4	15	32	512	16	
COP420	NMOS	4	4	64	1K	23	
COP420C	CMOS	4	15	64	1K	23	
COP420L	NMOS	4	15	64	1K	23	
COP421	NMOS	4	4	64	1K	19	
COP421C	CMOS	4	15	64	1K	19	
COP421L	NMOS	4	15	64	1K	19	
COP440	NMOS	4	4	160	2K	35	
COP444L	NMOS	4	15	128	2K	23	
COP445L	NMOS	4	15	128	2K	19	
COP2440	NMOS	4	4	160	2K	35	CONTIENE 2 CPU COMPARTIENDO RAM/ROM
COP2441	NMOS	4	4	160	2K	23	IDEM
COP2442	NMOS	4	4	160	2K	19	IDEM
INS8055	NMOS	8	1	256	4K	27	VERSION AMPLIADA DEL 8049
INS8072	NMOS	8	3	64	256 0	5	
NS80C48	CMOS	8	3	64	1K	27	VERSION CMOS DEL 8048
NS80CX48	CMOS	8	3	64	1K	27	VERSION MEJORADA DEL 8048
NS80CX49	CMOS	8	3	128	2K	27	
NS87PC48	CMOS	8	3	64		27	VERSION 8048 PARA PROTOTIPOS
NS87P50	CMOS	8	1	256		27	
NEC ELECTRONI CS							
μPD546	PMOS	4	5	96	200 0	35	
μPD547	PMOS	4	5	64	100 0	35	

μPD547L	PMOS	4	11	64	100 0	35	
μPD548	PMOS	4	10	96	192 0	35	
μPD550	PMOS	4	5	32	640	21	
μPD550L	PMOS	4	11	32	640	21	
μPD552	PMOS	4	5	64	100 0	35	
μPD553	PMOS	4	5	96	200 0	35	
μPD554	PMOS	4	5	32	100 0	21	
μPD554L	PMOS	4	11	32	100 0	21	
μPD557L	PMOS	4	11	96	200 0	21	
μPD650	CMOS	4	5	96	200 0	35	
μPD651	CMOS	4	5	64	100 0	35	
μPD652	CMOS	4	5	32	100 0	21	
μPD7501	CMOS	4	7	96	1K	24	
μPD7502	CMOS	4	7	128	2K	23	
μPD7503	CMOS	4	7	224	4K	23	
μPD7506	CMOS	4	7	64	1K	22	
μPD7507	CMOS	4	7	128	2K	32	
μPD7508	CMOS	4	7	224	4K	32	
μPD7519	CMOS	4	8	256	4K	58	
μPD7520	PMOS	4	20	48	768	24	
μPD7528	CMOS	4	4	160	4K	35	
μPD7801	NMOS	8	2	128	4K	48	INCLUYE UN TEMP. Y UN CANAL SERIE
μPD7802	NMOS	8	2	128	6K	48	7801 CON MAS ROM
μPD78C06	CMOS	8	6	128	4K	46	
μPD80C48	CMOS	8	3	64	1K	27	VERSION CMOS DEL 8048

μPD80C49	CMOS	8	3	128	2K	27	VERSION CMOS DEL 8049
μPD7720	NMOS	16	0	128	512	12	
OKI							
MSM5480HRS	CMOS	4	8	128	2K	30	
MSM58421GS	CMOS	4	8	40	153 6	53	
MSM58422GS	CMOS	4	8	40	153 6	53	
MSM5842RS	CMOS	4	8	32	768	21	
MSM5845RS	CMOS	4	8	64	128 0	30	
MSM6404RS	CMOS	4	2	256	4K	32	
MSM80C48RS	CMOS	8	1	64	1K	27	VERSION CMOS DEL 8048
MSM80C49RS	CMOS	8	1	128	2K	27	VERSION CMOS DEL 8049
PHILIPS							
MAB8400	HMOS	8	5	128	4k	23	POSEEN UNA LINEA SERIAL PARA COMUNICACIONES ENTRE PROCESADORES
MAB8420	HMOS	8	5	64	2K	23	
MAB8440	HMOS	8	5	128	4K	23	
RCA							
CDP1804AC	CMOS	8	3	64	2K	7	
CDP6805F2	CMOS	8	2	64	108 9	16	
CDP6805G2	CMOS	8	2	112	210 6	32	
ROCKWELL INTERNATIONAL							
MM78	PMOS	4	10	128	2K	31	
MM78L	PMOS	4	10	128	2K	31	
MM78LA	PMOS	4	10	128	2K	31	MANEJA DISPLAY LED Y GENERADOR DE AUDIO

R6500/1	NMOS	8	1	64	2K	32	
SIEMENS							
SAB8021	NMOS	8	8	64	1K	21	
SAB8048	NMOS	8	3	64	1K	27	
SAB8051	NMOS	8	1	128	4K	32	
SAB80210	NMOS	8	8	64	2K	30	
SAB80212	NMOS	8	8	40	1K	21	
SAB80215	NMOS	8	8	128	2K	30	
SIGNETICS/PHI LIPS							
MAB8021	NMOS	8	8	64	1K	21	COMPATIBLES CON LOS 8021
MAB8041A	NMOS	8	3	64	1K	18	ID. 8041
MAB8048H	NMOS	8	2	64	1K	27	ID. 8048
MAB8049H	NMOS	8	1	128	2K	27	ID. 8049
SYNERTEC							
Z8S	NMOS	8	2	64	1K	30	
Z86C01	CMOS	8	2	128	2K	32	
TEXAS INSTRUMENT							
TMS1000	PMOS	4	15	64	1K	23	
TMS1000C	CMOS	4	6	64	1K	22	
TMS1004C	CMOS	4	6	256	1K	22	
TMS1018	PMOS	4	15	64	1K		
TMS1022	PMOS	4	15	64	1K		
TMS1070	PMOS	4	15	64	1K	23	
TMS1070C	CMOS	4	6	64	1K	22	
TMS1100	PMOS	4	15	128	2K	23	
TMS1100C	CMOS	4	6	128	2K	22	
TMS1117	PMOS	4	15	128	2K		
TMS1121	PMOS	4	15	128	2K		
TMS1170	PMOS	4	15	128	2K	23	
TMS1200	PMOS	4	15	64	1K	25	

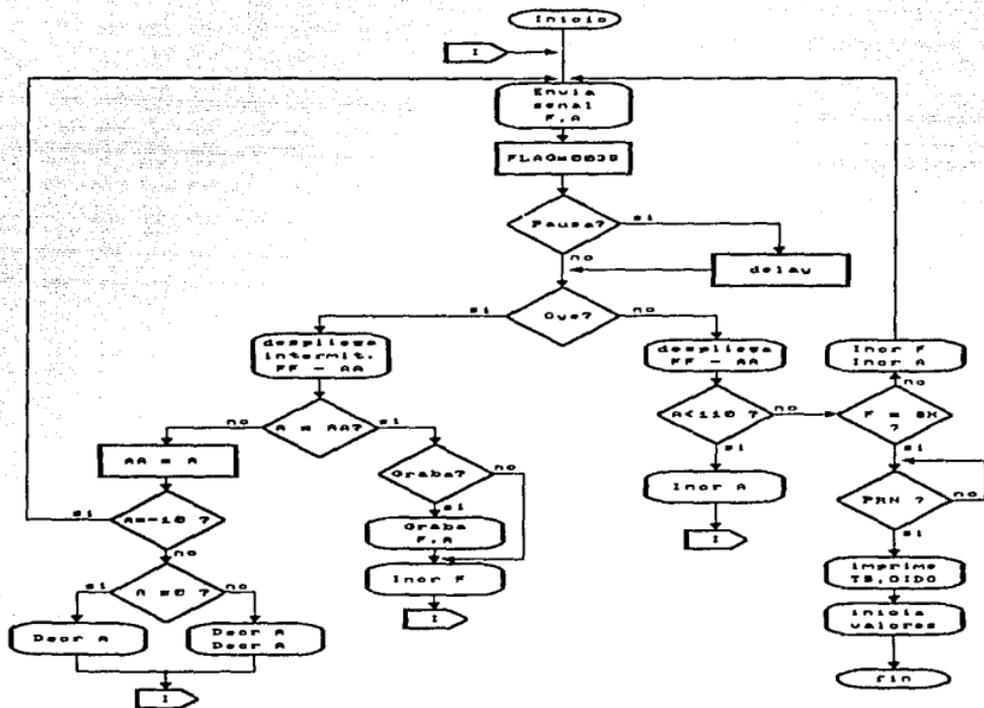
TMS1200C	CMOS	4	6	64	1K	32	
TMS1204C	CMOS	4	6	256	1K	32	
TMS1270	PMOS	4	15	64	1K	27	
TMS1270C	CMOS	4	6	64	1K	32	
TMS1300	PMOS	4	15	128	2K	25	
TMS1300C	CMOS	4	6	128	2K	28	
TMS1370	PMOS	4	15	128	2K	27	
TMS1400	PMOS	4	11	128	4K	23	
TMS1470	PMOS	4	11	128	4K	22	
TMS1600	PMOS	4	11	64	4K	32	
TMS1670	PMOS	4	11	64	4K	32	
TMS1700	PMOS	4	15	64	4K	21	
TMS2100	PMOS	4	11	128	2K	20	
TMS2170	PMOS	4	11	128	2K	19	
TMS2300	PMOS	4	11	128	2K	33	
TMS2370	PMOS	4	11	128	2K	32	
TMS2400	PMOS	4	11	256	4K	20	
TMS2470	PMOS	4	11	256	4K	19	
TMS2600	PMOS	4	11	256	4K	33	
TMS2670	PMOS	4	11	256	4K	32	
TMS3132	PMOS	4	12	128	2K	23	
TMS3240	NMOS	4	1	128	2K	30	
TMS7020	NMOS	8	2	128	2K	32	MICROPROGRAMABLE
TMS7040	NMOS	8	2	128	4K	32	MICROPROGRAMABLE
TMS9940E	NMOS	16	2	128	2K	32	
TMS9940M	NMOS	16	2	128	2K	32	
TMS320	NMOS	16	0	144	153 6	27	ALU DE 32 BITS, MULT 16X16 ORIENTADO A TRATAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES
TOSHIBA							
TMP4310AP	NMOS	4	4	48	1K	22	

TMP4310PLL	NMOS	4	10	48	1K	35	
TMP4315BP	NMOS	4	4	64	153 6	35	
TMP4320AP	NMOS	4	4	128	2K	35	
TMP4320APLL	NMOS	4	10	128	2K	35	
TMP4321AP	NMOS	4	4	128	2K	35	
TCP4620BP	CMOS	4	10	96	2K	34	
TCP4621AP	CMOS	4	10	96	2K	34	
TCP4630AP	CMOS	4	10	160	3K	34	
TCP4632BP	CMOS	4	10	160	3K	29	
TMP47C20P	CMOS	4	4	128	2K	35	
TMP47C22F	CMOS	4	4	192	2K	27	
TMP4720P	NMOS	4	2	128	2K	35	
TMP4740	NMOS	4	2	256	4K	35	
TMP47C40P	CMOS	4	4	256	4K	35	
TMP80C48P	CMOS	8	3	64	1K	27	COMPATIBLE CON 8048
TMP80C49P-6	CMOS	8	3	128	2K	27	COMPATIBLE CON 8049
TMP8022	NMOS	8	8	64	1K	13	COMPATIBLE CON 8022
TMP8048P	NMOS	8	3	64	1K	27	COMPATIBLE CON 8048
TMP80C49AP	CMOS	8	1	128	2K	27	COMPATIBLE CON 8049
TMP8049P-6	NMOS	8	3	128	2K	27	COMPATIBLE CON 8049
TMP8051P	NMOS	8	1	128	4K	32	COMPATIBLE CON 8051
WESTERN DIGITAL							
1872	PMOS	4	7	32	512	27	

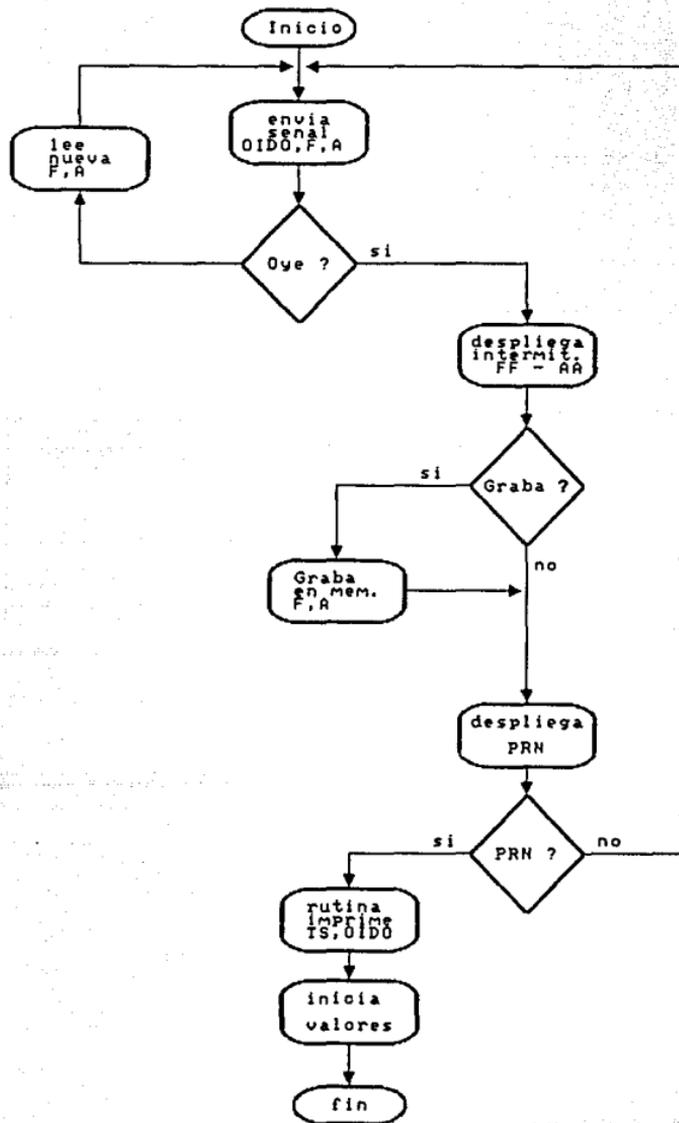
DIAGRAMAS DE FLUJO

ANEXO C

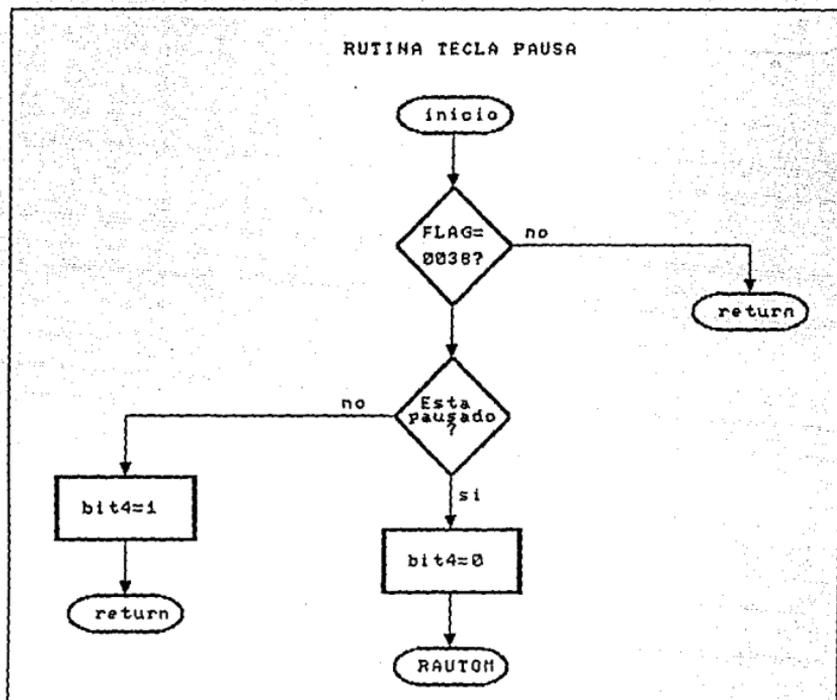
AUDIOMETRIA AUTOMATICA



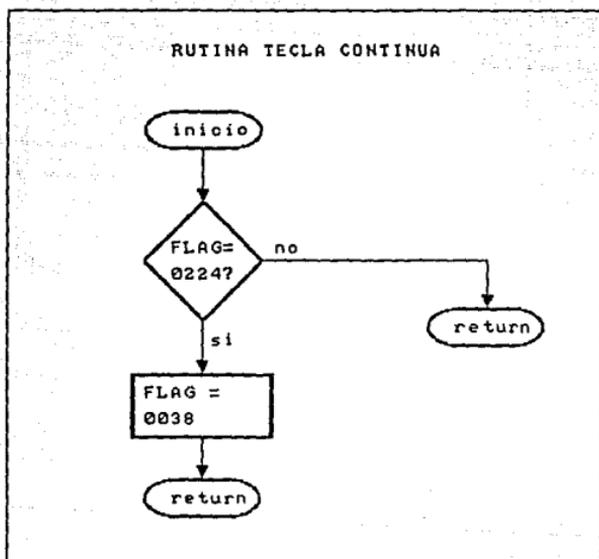
AUDIOMETRIA MANUAL



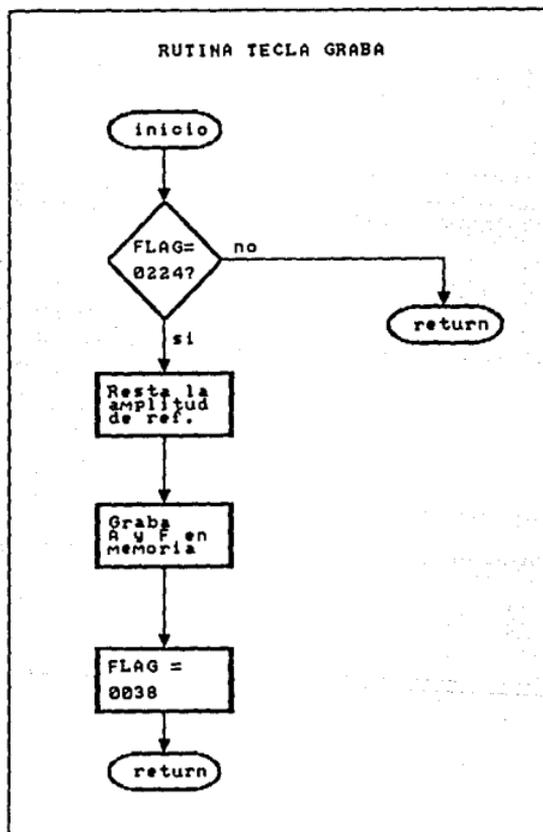
RUTINA TECLA PAUSA



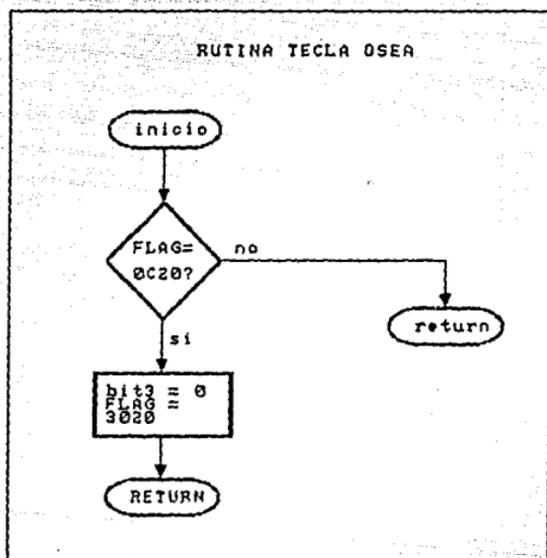
RUTINA TECLA CONTINUA

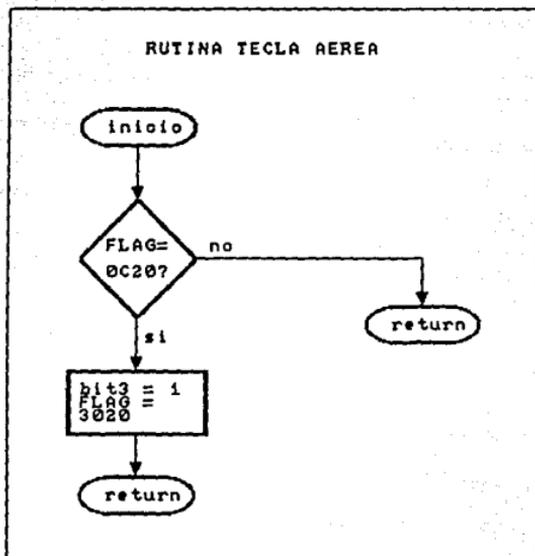


RUTINA TECLA GRABA

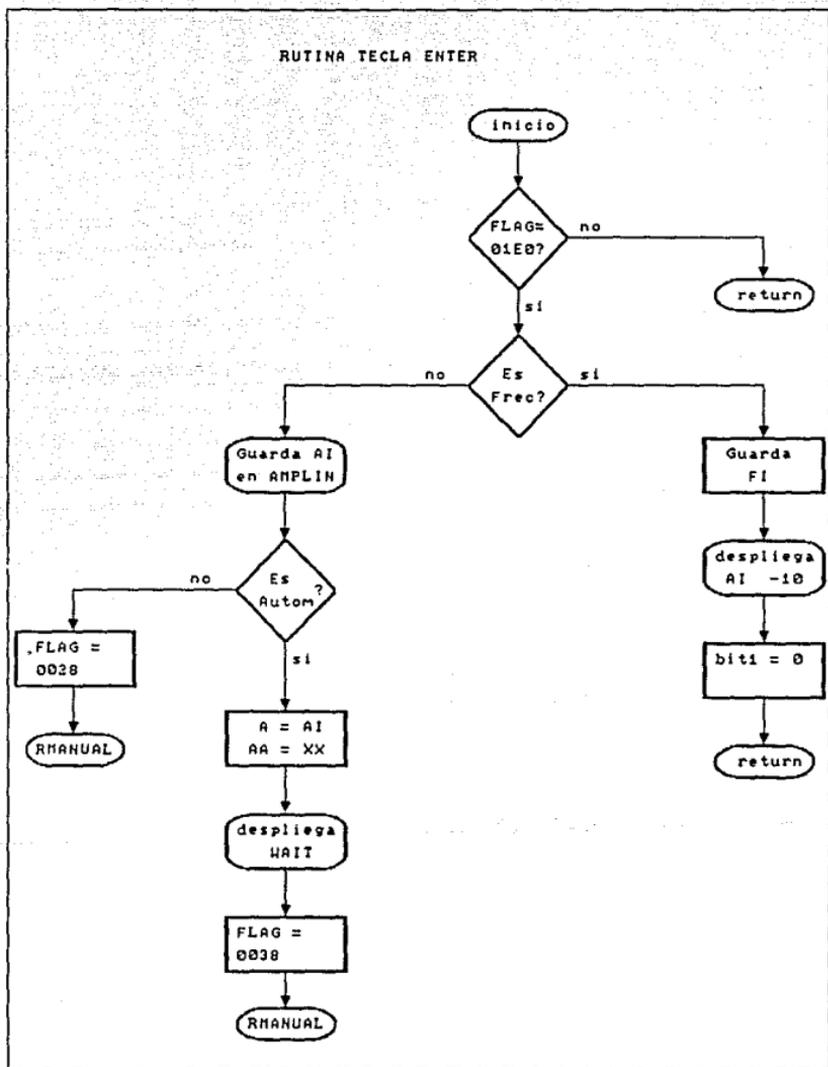


RUTINA TECLA OSEA

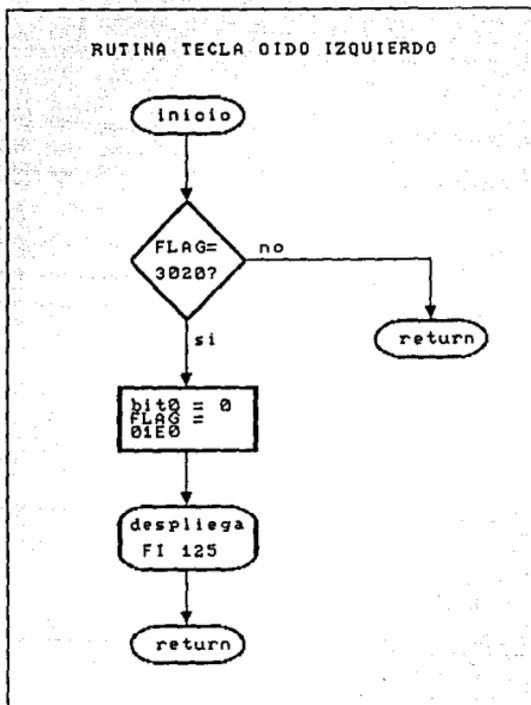




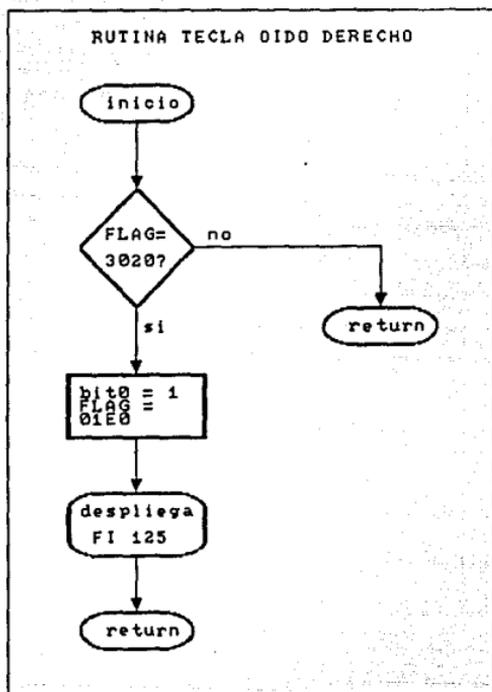
RUTINA TECLA ENTER



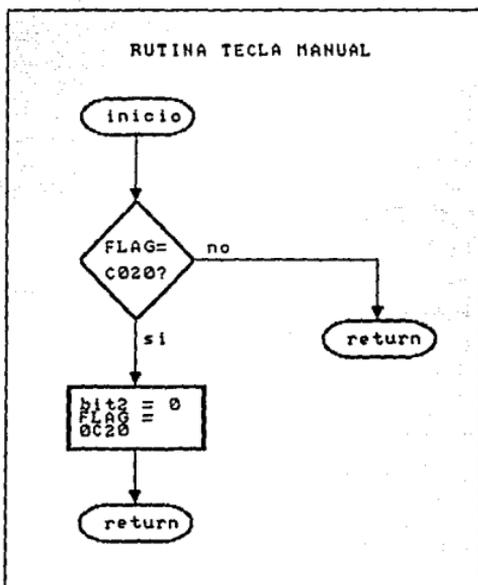
RUTINA TECLA OIDO IZQUIERDO

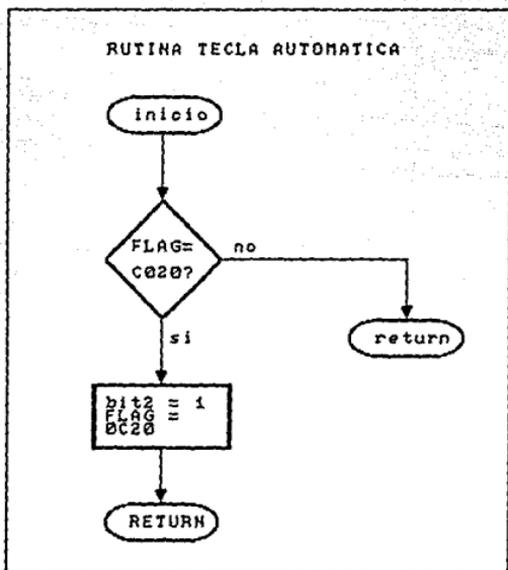


RUTINA TECLA OIDO DERECHO

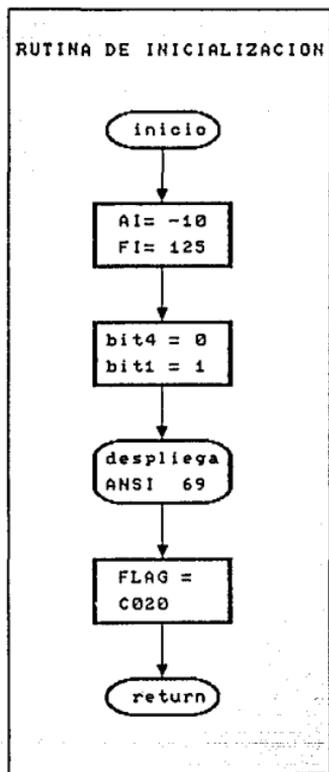


DF10

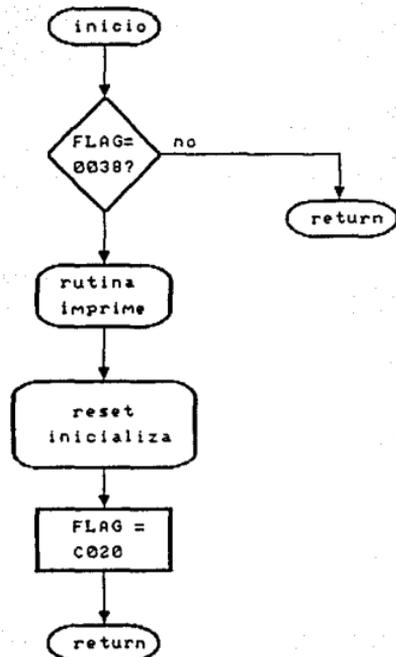




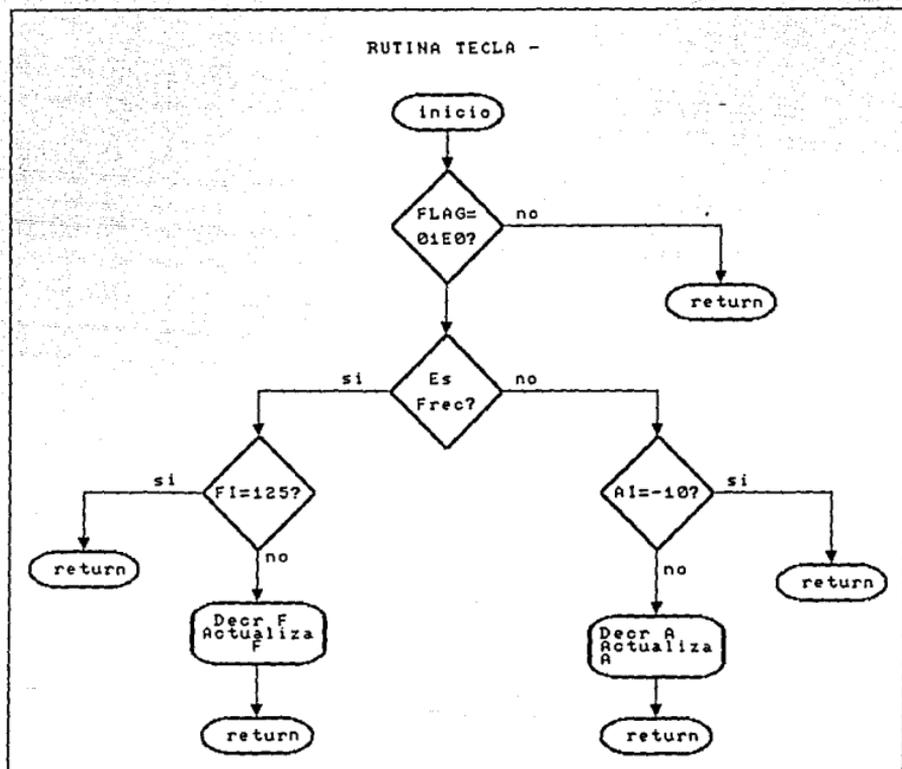
RUTINA DE INICIALIZACION



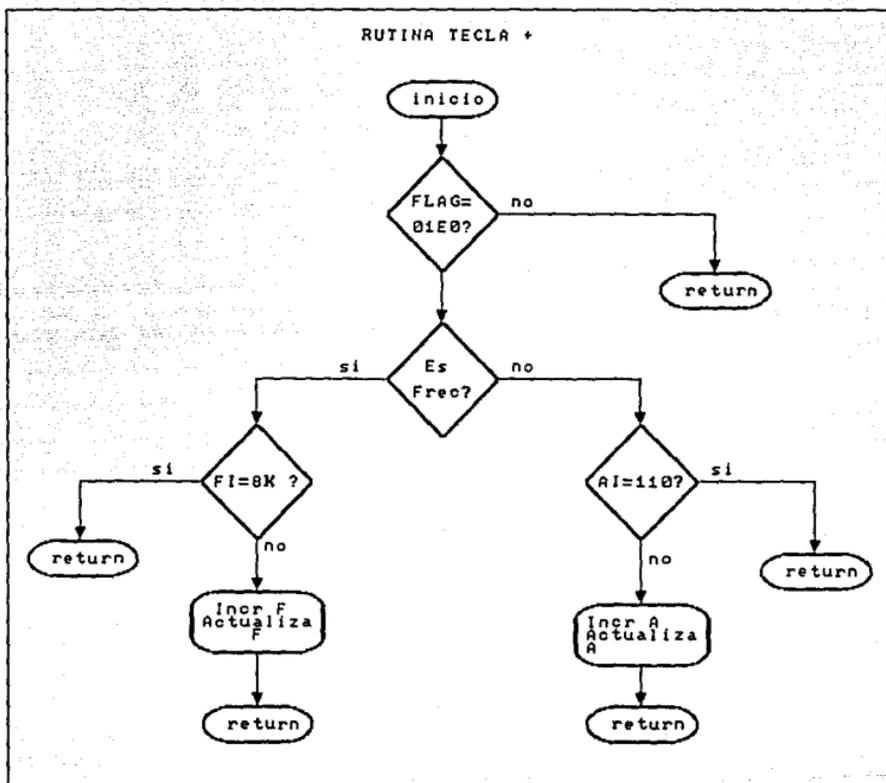
RUTINA TECLA IMPRESION



RUTINA TECLA -



RUTINA TECLA +



TABULACION DE SEÑALES

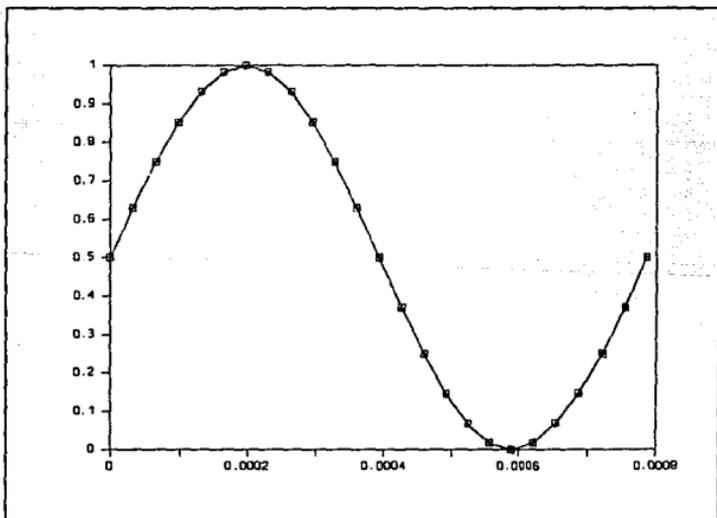
A N E X O D

```

pi      3.1416
freq.   8000
amplitud 0.5
inc.    0.000032
ptos.   24
desp    0.5

```

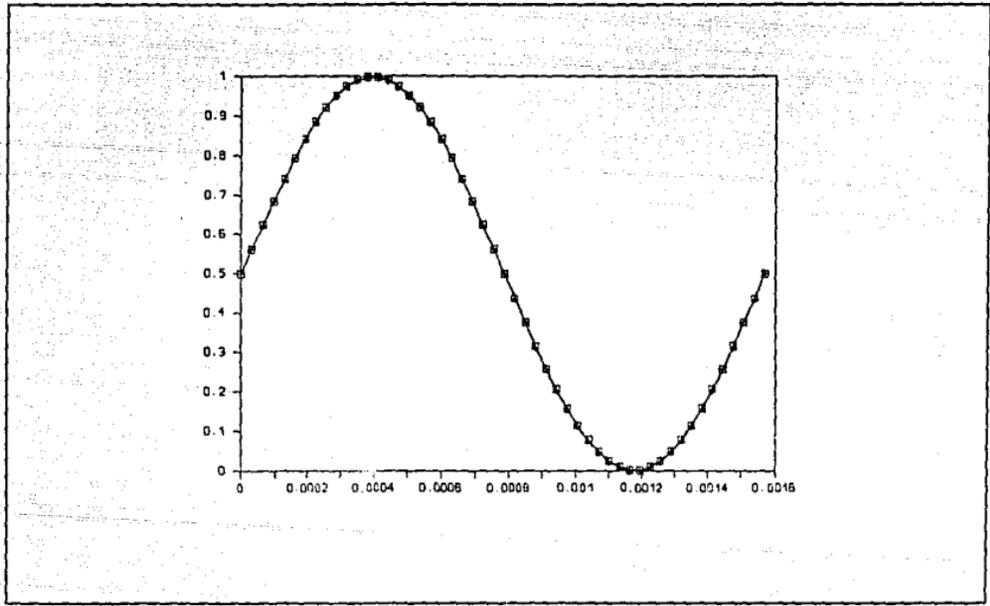
x	d+sen(fx)a	hex	dec	error
0	0.5000	.80	0.5000	0
0.000032	0.6294	.A1	0.6289	0.000509
0.000065	0.7500	.C0	0.7500	0.000000
0.000098	0.8536	.DA	0.8516	0.001954
0.000130	0.9330	.EE	0.9297	0.003313
0.000163	0.9830	.FB	0.9805	0.002463
0.000196	1.0000	1.00	1.0000	-3.4E-12
0.000229	0.9830	.FB	0.9805	0.002462
0.000261	0.9330	.EE	0.9297	0.003311
0.000294	0.8536	.DA	0.8516	0.001951
0.000327	0.7500	.C0	0.7500	-0.000000
0.000359	0.6294	.A1	0.6289	0.000506
0.000392	0.5000	.80	0.5000	-0.000000
0.000425	0.3706	.5E	0.3672	0.003386
0.000458	0.2500	.40	0.2500	-0.000000
0.000490	0.1464	.25	0.1445	0.001943
0.000523	0.0670	.11	0.0664	0.000584
0.000556	0.0170	.04	0.0156	0.001435
0.000589	0.0000	.00	0.0000	3.0E-11
0.000621	0.0170	.04	0.0156	0.001438
0.000654	0.0670	.11	0.0664	0.000590
0.000687	0.1465	.25	0.1445	0.001951
0.000719	0.2500	.40	0.2500	0.000005
0.000752	0.3706	.5E	0.3672	0.003397
0.000785	0.5000	.80	0.5000	0.000007



pl	3.1416	inc.	0.000031
frec.	4000	ptos.	50
amplitud	0.5	desp	0.5

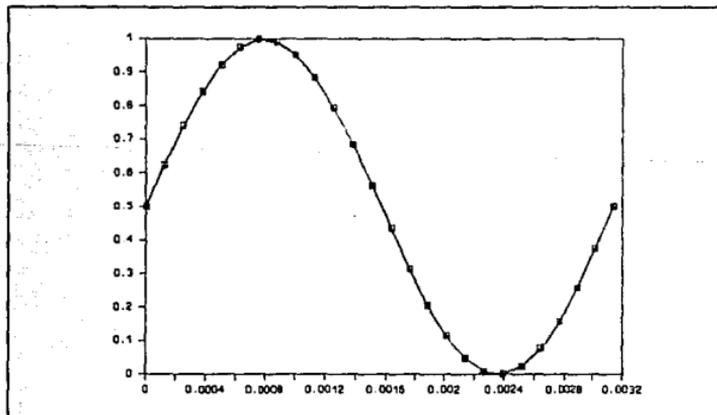
x	d+s*(fx)a	hex	dec	error
0	0.5000	.80	0.5000	0
0.000031	0.5627	.90	0.5625	0.000166
0.000062	0.6243	.9F	0.6211	0.003245
0.000094	0.6841	.AF	0.6836	0.000462
0.000125	0.7409	.B0	0.7383	0.002577
0.000157	0.7939	.CB	0.7930	0.000893
0.000188	0.8423	.D7	0.8398	0.002474
0.000219	0.8853	.E2	0.8828	0.002457
0.000251	0.9222	.EC	0.9219	0.000264
0.000282	0.9524	.F3	0.9492	0.003214
0.000314	0.9755	.F9	0.9727	0.002828
0.000345	0.9911	.FD	0.9883	0.002843
0.000376	0.9990	.FF	0.9961	0.002913
0.000408	0.9990	.FF	0.9961	0.002913
0.000439	0.9911	.FD	0.9883	0.002843
0.000471	0.9755	.F9	0.9727	0.002827
0.000502	0.9524	.F3	0.9492	0.003212
0.000534	0.9222	.EC	0.9219	0.000262
0.000565	0.8853	.E2	0.8828	0.002454
0.000596	0.8423	.D7	0.8398	0.002471
0.000628	0.7939	.CB	0.7930	0.000890
0.000659	0.7409	.B0	0.7383	0.002574
0.000691	0.6841	.AF	0.6836	0.000459
0.000722	0.6243	.9F	0.6211	0.003241
0.000753	0.5627	.90	0.5625	0.000163
0.000785	0.5000	.80	0.5000	0.000000
0.000816	0.4373	.6F	0.4336	0.003729
0.000848	0.3757	.60	0.3750	0.000651
0.000879	0.3159	.50	0.3125	0.003433
0.000911	0.2591	.42	0.2578	0.001319
0.000942	0.2061	.34	0.2031	0.003003
0.000973	0.1577	.28	0.1563	0.001423
0.001005	0.1147	.1D	0.1133	0.001440
0.001036	0.0778	.13	0.0742	0.003633
0.001068	0.0476	.0C	0.0469	0.000684
0.001099	0.0245	.06	0.0234	0.001070
0.001130	0.0089	.02	0.0078	0.001055
0.001162	0.0010	.00	0.0000	0.000986
0.001193	0.0010	.00	0.0000	0.000986
0.001225	0.0089	.02	0.0078	0.001057
0.001256	0.0245	.06	0.0234	0.001073
0.001288	0.0476	.0C	0.0469	0.000689
0.001319	0.0778	.13	0.0742	0.003639
0.001350	0.1147	.1D	0.1133	0.001447
0.001382	0.1577	.28	0.1563	0.001431
0.001413	0.2061	.34	0.2031	0.003012
0.001445	0.2591	.42	0.2578	0.001329
0.001476	0.3159	.50	0.3125	0.003444
0.001507	0.3757	.60	0.3750	0.000661
0.001539	0.4373	.6F	0.4336	0.003740
0.001570	0.5000	.80	0.5000	0.000007

TSS



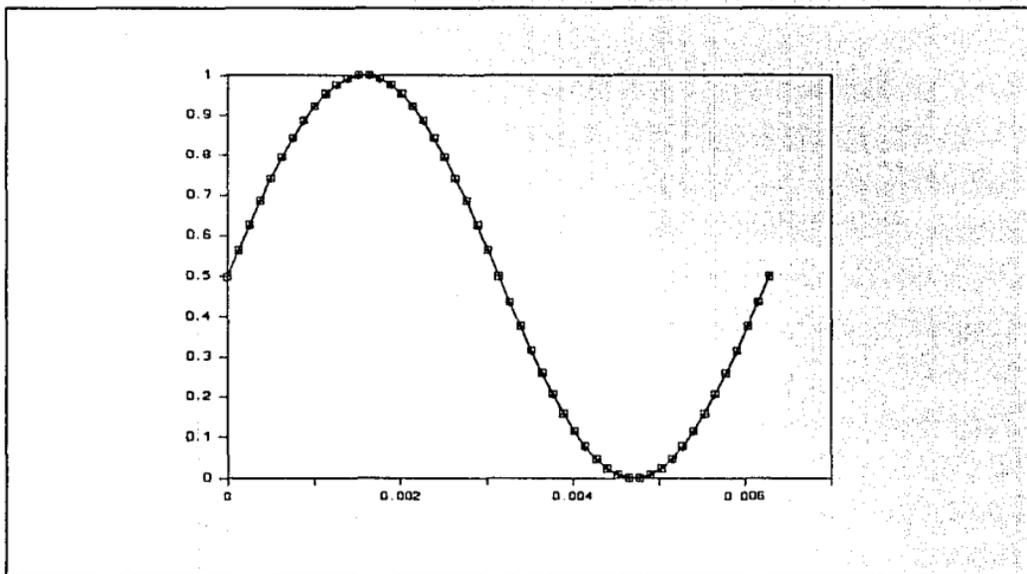
pi 3.1416
 freq. 2000
 amplitud 0.5
 inc. 0.000125
 ptos. 25
 desp 0.5

x	sen(fx)a	hex	dec	error
0	0.5000	.80	0.5000	0
0.000125	0.6243	.9F	0.6211	0.003245
0.000251	0.7409	.8D	0.7383	0.002577
0.000376	0.8423	.D7	0.8398	0.002474
0.000502	0.9222	.EC	0.9219	0.000264
0.000628	0.9755	.F9	0.9727	0.002828
0.000753	0.9990	.FF	0.9961	0.002913
0.000879	0.9911	.FD	0.9883	0.002843
0.001005	0.9524	.F3	0.9492	0.003212
0.001130	0.8853	.E2	0.8828	0.002454
0.001256	0.7939	.CA	0.7930	0.000890
0.001382	0.6841	.AF	0.6836	0.000459
0.001507	0.5627	.90	0.5625	0.000163
0.001633	0.4373	.6F	0.4336	0.003729
0.001759	0.3159	.50	0.3125	0.003433
0.001884	0.2061	.34	0.2031	0.003003
0.002010	0.1147	.1D	0.1133	0.001440
0.002136	0.0476	.0C	0.0469	0.000684
0.002261	0.0089	.02	0.0078	0.001055
0.002387	0.0010	.00	0.0000	0.000986
0.002513	0.0245	.06	0.0234	0.001073
0.002638	0.0778	.13	0.0742	0.003639
0.002764	0.1577	.28	0.1563	0.001431
0.002890	0.2591	.42	0.2578	0.001329
0.003015	0.3757	.60	0.3750	0.000661
0.003141	0.5000	.80	0.5000	0.000007



pi	3.1416	inc.	0.000125
freq.	1000	ptos.	50
amplitud	0.5	desp	0.5

x	sen(x)a	hex	dec	error
0	0.5000	.80	0.5000	0
0.000125	0.5627	.90	0.5625	0.000166
0.000251	0.6243	.9F	0.6211	0.003245
0.000376	0.6841	.AF	0.6836	0.000462
0.000502	0.7409	.80	0.7383	0.002577
0.000628	0.7939	.C8	0.7930	0.000893
0.000753	0.8423	.07	0.8398	0.002474
0.000879	0.8853	.E2	0.8828	0.002457
0.001005	0.9222	.EC	0.9219	0.000264
0.001130	0.9524	.F3	0.9492	0.003214
0.001256	0.9755	.F9	0.9727	0.002828
0.001382	0.9911	.FD	0.9883	0.002843
0.001507	0.9990	.FF	0.9961	0.002913
0.001633	0.9990	.FF	0.9961	0.002913
0.001759	0.9911	.FD	0.9883	0.002843
0.001884	0.9755	.F9	0.9727	0.002827
0.002010	0.9524	.F3	0.9492	0.003212
0.002136	0.9222	.EC	0.9219	0.000262
0.002261	0.8853	.E2	0.8828	0.002454
0.002387	0.8423	.07	0.8398	0.002471
0.002513	0.7939	.C8	0.7930	0.000890
0.002638	0.7409	.80	0.7383	0.002574
0.002764	0.6841	.AF	0.6836	0.000459
0.002890	0.6243	.9F	0.6211	0.003241
0.003015	0.5627	.90	0.5625	0.000163
0.003141	0.5000	.80	0.5000	-0.000000
0.003267	0.4373	.6F	0.4336	0.003729
0.003392	0.3757	.60	0.3750	0.000651
0.003518	0.3159	.50	0.3125	0.003433
0.003644	0.2591	.42	0.2578	0.001319
0.003769	0.2061	.34	0.2031	0.003003
0.003895	0.1577	.28	0.1563	0.001423
0.004021	0.1147	.1D	0.1133	0.001440
0.004146	0.0778	.13	0.0742	0.003633
0.004272	0.0476	.0C	0.0469	0.000684
0.004398	0.0245	.06	0.0234	0.001070
0.004523	0.0089	.02	0.0078	0.001055
0.004649	0.0010	.00	0.0000	0.000986
0.004775	0.0010	.00	0.0000	0.000986
0.004900	0.0089	.02	0.0078	0.001057
0.005026	0.0245	.06	0.0234	0.001073
0.005152	0.0476	.0C	0.0469	0.003689
0.005277	0.0778	.13	0.0742	0.003639
0.005403	0.1147	.1D	0.1133	0.001447
0.005529	0.1577	.28	0.1563	0.001431
0.005654	0.2061	.34	0.2031	0.003012
0.005780	0.2591	.42	0.2578	0.001329
0.005906	0.3159	.50	0.3125	0.003444
0.006031	0.3757	.60	0.3750	0.000661
0.006157	0.4373	.6F	0.4336	0.003740
0.006283	0.5000	.80	0.5000	0.000007

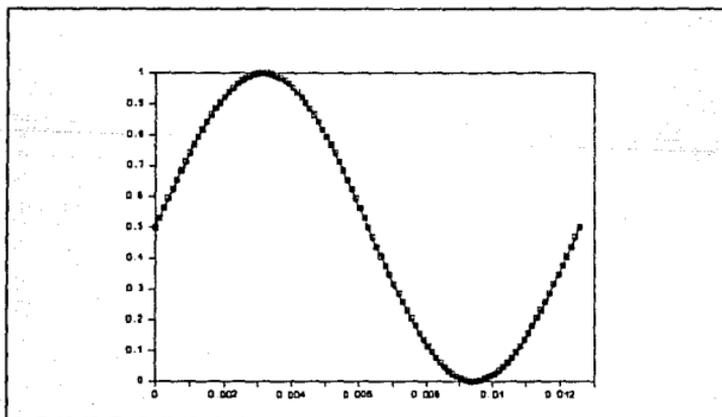


pi 3.1416
 freq. 500
 amplitude 0.5
 inc. 0.000125
 pto. 100
 desp 0.5

x	sen(fx)a	hex	dec	error
0	0.5000	.80	0.5000	0
0.000125	0.5314	.88	0.5313	0.000095
0.000251	0.5627	.90	0.5625	0.000166
0.000376	0.5937	.97	0.5988	0.003890
0.000502	0.6243	.9F	0.6211	0.003245
0.000628	0.6545	.A7	0.6523	0.002268
0.000753	0.6841	.AF	0.6836	0.000462
0.000879	0.7129	.B6	0.7109	0.001990
0.001005	0.7409	.BD	0.7383	0.002577
0.001130	0.7679	.C4	0.7656	0.002313
0.001256	0.7939	.CB	0.7930	0.000893
0.001382	0.8187	.D1	0.8164	0.002312
0.001507	0.8423	.D7	0.8398	0.002474
0.001633	0.8645	.DD	0.8633	0.001184
0.001759	0.8853	.E2	0.8828	0.002457
0.001884	0.9045	.E7	0.9023	0.002209
0.002010	0.9222	.EC	0.9219	0.000264
0.002136	0.9382	.F0	0.9375	0.000653
0.002261	0.9524	.F3	0.9492	0.003214
0.002387	0.9649	.F7	0.9648	0.000068
0.002513	0.9755	.F9	0.9727	0.002828
0.002638	0.9843	.FB	0.9805	0.003791
0.002764	0.9911	.FD	0.9883	0.002843
0.002890	0.9961	.FF	0.9961	-0.000004
0.003015	0.9990	.FF	0.9961	0.002913
0.003141	1.0000	1.00	1.0000	-3.4E-12
0.003267	0.9990	.FF	0.9961	0.002913
0.003392	0.9961	.FF	0.9961	-0.000004
0.003518	0.9911	.FD	0.9883	0.002843
0.003644	0.9843	.FB	0.9805	0.003791
0.003769	0.9755	.F9	0.9727	0.002827
0.003895	0.9649	.F7	0.9648	0.000067
0.004021	0.9524	.F3	0.9492	0.003212
0.004146	0.9382	.F0	0.9375	0.000652
0.004272	0.9222	.EC	0.9219	0.000262
0.004398	0.9045	.E7	0.9023	0.002206
0.004523	0.8853	.E2	0.8828	0.002454
0.004649	0.8645	.DD	0.8633	0.001182
0.004775	0.8423	.D7	0.8398	0.002471
0.004900	0.8187	.D1	0.8164	0.002309
0.005026	0.7939	.CB	0.7930	0.000890
0.005152	0.7679	.C4	0.7656	0.002310
0.005277	0.7409	.BD	0.7383	0.002574
0.005403	0.7129	.B6	0.7109	0.001986
0.005529	0.6841	.AF	0.6836	0.000459
0.005654	0.6545	.A7	0.6523	0.002205
0.005780	0.6243	.9F	0.6211	0.003241
0.005906	0.5937	.97	0.5988	0.003887
0.006031	0.5627	.90	0.5625	0.000163
0.006157	0.5314	.88	0.5313	0.000091
0.006283	0.5000	.80	0.5000	-0.000000
0.006408	0.4686	.77	0.4648	0.003801
0.006534	0.4373	.6F	0.4336	0.003729
0.006660	0.4063	.68	0.4063	0.000005
0.006785	0.3757	.60	0.3750	0.000651
0.006911	0.3455	.58	0.3438	0.001687
0.007037	0.3159	.50	0.3125	0.003433
0.007162	0.2871	.49	0.2852	0.001906
0.007288	0.2591	.42	0.2578	0.001319
0.007414	0.2321	.38	0.2305	0.001582
0.007539	0.2061	.34	0.2031	0.003003
0.007665	0.1813	.2E	0.1797	0.001584

TS7

0.007791	0.1577	.28	0.1563	0.001423
0.007916	0.1355	.22	0.1328	0.002772
0.008042	0.1147	.10	0.1133	0.001447
0.008168	0.0955	.18	0.0938	0.001687
0.008293	0.0778	.13	0.0742	0.003513
0.008419	0.0618	.0F	0.0586	0.003244
0.008545	0.0476	.0C	0.0469	0.000664
0.008670	0.0351	.08	0.0313	0.003809
0.008796	0.0245	.06	0.0234	0.001270
0.008922	0.0157	.04	0.0156	0.000107
0.009047	0.0089	.02	0.0078	0.001055
0.009173	0.0039	.00	0.0000	0.003941
0.009299	0.0010	.00	0.0000	0.000986
0.009424	0.0000	.00	0.0000	3.0E-11
0.009550	0.0010	.00	0.0000	0.000986
0.009676	0.0039	.00	0.0000	0.003943
0.009801	0.0089	.02	0.0078	0.001057
0.009927	0.0157	.04	0.0156	0.000109
0.010053	0.0245	.06	0.0234	0.001073
0.010178	0.0351	.08	0.0313	0.003813
0.010304	0.0476	.0C	0.0469	0.000689
0.010430	0.0618	.0F	0.0586	0.003249
0.010555	0.0778	.13	0.0742	0.003639
0.010681	0.0955	.18	0.0938	0.001695
0.010807	0.1147	.10	0.1133	0.001447
0.010932	0.1355	.22	0.1328	0.002720
0.011058	0.1577	.28	0.1563	0.001431
0.011184	0.1813	.2E	0.1797	0.001593
0.011309	0.2061	.34	0.2031	0.003012
0.011435	0.2321	.38	0.2305	0.001592
0.011561	0.2591	.42	0.2578	0.001329
0.011686	0.2871	.49	0.2852	0.001916
0.011812	0.3159	.50	0.3125	0.003444
0.011938	0.3455	.58	0.3438	0.001698
0.012063	0.3757	.60	0.3750	0.000661
0.012189	0.4063	.68	0.4063	0.000016
0.012315	0.4373	.6F	0.4336	0.003740
0.012440	0.4686	.77	0.4648	0.003811
0.012566	0.5000	.80	0.5000	0.000007



pi	3.1416	inc.	0.000125
frec.	250	ptos.	200
amplitud	0.5	desp	0.5

x	sen(x)»	hex	dec	error
0	0.5000	.80	0.5000	0
0.000125	0.5157	.84	0.5156	0.000105
0.000251	0.5314	.88	0.5313	0.000095
0.000376	0.5471	.8C	0.5469	0.000154
0.000502	0.5627	.90	0.5625	0.000166
0.000628	0.5782	.94	0.5781	0.000117
0.000753	0.5937	.97	0.5898	0.003890
0.000879	0.6091	.9B	0.6055	0.003571
0.001005	0.6243	.9F	0.6211	0.003245
0.001130	0.6395	.A3	0.6367	0.002795
0.001256	0.6545	.A7	0.6523	0.002208
0.001382	0.6694	.AB	0.6680	0.001369
0.001507	0.6841	.AF	0.6836	0.000462
0.001633	0.6986	.B2	0.6953	0.003274
0.001759	0.7129	.B6	0.7109	0.001990
0.001884	0.7270	.BA	0.7266	0.000395
0.002010	0.7409	.B0	0.7383	0.002577
0.002136	0.7545	.C1	0.7539	0.000621
0.002261	0.7679	.C4	0.7656	0.002313
0.002387	0.7810	.C7	0.7773	0.003742
0.002513	0.7939	.CB	0.7930	0.000893
0.002638	0.8065	.CE	0.8047	0.001754
0.002764	0.8187	.D1	0.8164	0.002312
0.002890	0.8307	.D4	0.8281	0.002556
0.003015	0.8423	.D7	0.8398	0.002474
0.003141	0.8536	.DA	0.8516	0.001954
0.003267	0.8645	.DD	0.8633	0.001184
0.003392	0.8751	.E0	0.8750	0.000056
0.003518	0.8853	.E2	0.8828	0.002457
0.003644	0.8951	.E5	0.8945	0.000578
0.003769	0.9045	.E7	0.9023	0.002209
0.003895	0.9135	.E9	0.9102	0.003340
0.004021	0.9222	.EC	0.9219	0.000264
0.004146	0.9304	.EE	0.9297	0.000671
0.004272	0.9382	.F0	0.9375	0.000653
0.004398	0.9455	.F2	0.9453	0.000203
0.004523	0.9524	.F3	0.9492	0.003214
0.004649	0.9589	.F5	0.9570	0.001877
0.004775	0.9649	.F7	0.9648	0.000088
0.004900	0.9704	.F8	0.9688	0.001640
0.005026	0.9755	.F9	0.9727	0.002828
0.005152	0.9801	.FA	0.9766	0.003547
0.005277	0.9843	.FB	0.9805	0.003791
0.005403	0.9880	.FC	0.9844	0.003558
0.005529	0.9911	.FD	0.9883	0.002843
0.005654	0.9938	.FE	0.9922	0.001644
0.005780	0.9961	.FF	0.9961	-0.000004
0.005906	0.9978	.FF	0.9961	0.001681
0.006031	0.9990	.FF	0.9961	0.002913
0.006157	0.9998	.FF	0.9961	0.003653
0.006283	1.0000	1.00	1.0000	-3.4E-12
0.006408	0.9998	.FF	0.9961	0.003653
0.006534	0.9990	.FF	0.9961	0.002913
0.006660	0.9978	.FF	0.9961	0.001680
0.006785	0.9961	.FF	0.9961	-0.000004
0.006911	0.9938	.FE	0.9922	0.001643
0.007037	0.9911	.FD	0.9883	0.002843
0.007162	0.9880	.FC	0.9844	0.003557
0.007288	0.9843	.FB	0.9805	0.003791
0.007414	0.9801	.FA	0.9766	0.003546
0.007539	0.9755	.F9	0.9727	0.002827
0.007665	0.9704	.F8	0.9688	0.001639
0.007791	0.9649	.F7	0.9648	0.000087
0.007916	0.9589	.F5	0.9570	0.001876
0.008042	0.9524	.F3	0.9492	0.003212
0.008168	0.9455	.F2	0.9453	0.000202
0.008293	0.9382	.F0	0.9375	0.000652

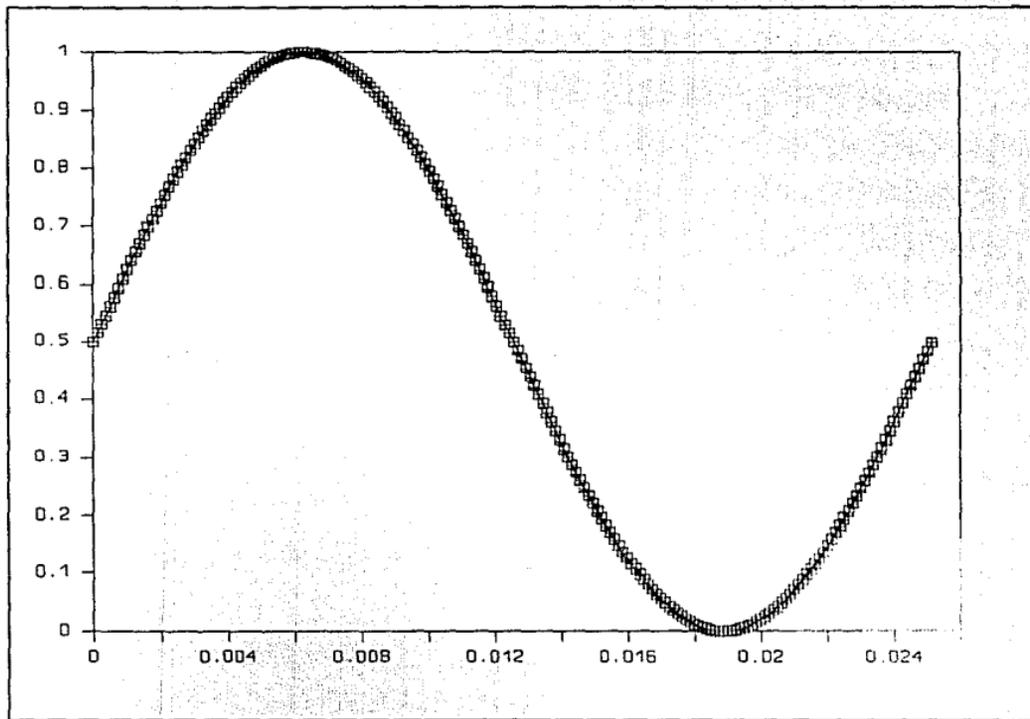
T59

0.008419	0.9304	.EE	0.9297	0.000669
0.008545	0.9222	.EC	0.9219	0.000262
0.008670	0.9135	.E9	0.9102	0.003338
0.008796	0.9045	.E7	0.9023	0.002206
0.008922	0.8951	.E5	0.8945	0.000575
0.009047	0.8853	.E2	0.8828	0.002454
0.009173	0.8751	.E0	0.8750	0.000053
0.009299	0.8645	.D0	0.8633	0.001182
0.009424	0.8536	.DA	0.8516	0.001951
0.009550	0.8423	.D7	0.8398	0.002471
0.009676	0.8307	.D4	0.8281	0.002553
0.009801	0.8187	.D1	0.8164	0.002309
0.009927	0.8065	.CE	0.8047	0.001751
0.010053	0.7939	.CB	0.7930	0.000890
0.010178	0.7810	.C7	0.7773	0.003739
0.010304	0.7679	.C4	0.7656	0.002310
0.010430	0.7545	.C1	0.7539	0.000618
0.010555	0.7409	.B0	0.7383	0.002574
0.010681	0.7270	.BA	0.7266	0.000392
0.010807	0.7129	.B6	0.7109	0.001986
0.010932	0.6986	.B2	0.6953	0.003271
0.011058	0.6841	.AF	0.6836	0.000459
0.011184	0.6694	.AB	0.6680	0.001365
0.011309	0.6545	.A7	0.6523	0.002205
0.011435	0.6395	.A3	0.6367	0.002792
0.011561	0.6243	.9F	0.6211	0.003241
0.011686	0.6091	.9B	0.6055	0.003568
0.011812	0.5937	.97	0.5898	0.003887
0.011938	0.5782	.94	0.5781	0.000113
0.012063	0.5627	.90	0.5625	0.000163
0.012189	0.5471	.8C	0.5469	0.000150
0.012315	0.5314	.8B	0.5313	0.000091
0.012440	0.5157	.84	0.5156	0.000101
0.012566	0.5000	.80	0.5000	-0.000000
0.012692	0.4843	.7B	0.4805	0.003790
0.012817	0.4686	.77	0.4648	0.003801
0.012943	0.4529	.73	0.4492	0.003742
0.013069	0.4373	.6F	0.4336	0.003729
0.013194	0.4218	.6B	0.4180	0.003778
0.013320	0.4063	.6B	0.4063	0.000005
0.013446	0.3909	.64	0.3906	0.000324
0.013571	0.3757	.60	0.3750	0.000651
0.013697	0.3605	.5C	0.3594	0.001100
0.013823	0.3455	.5B	0.3438	0.001687
0.013948	0.3306	.54	0.3281	0.002527
0.014074	0.3159	.50	0.3125	0.003433
0.014200	0.3014	.40	0.3008	0.000622
0.014325	0.2871	.49	0.2852	0.001906
0.014451	0.2730	.45	0.2695	0.003500
0.014577	0.2591	.42	0.2578	0.001319
0.014702	0.2455	.3E	0.2422	0.003275
0.014828	0.2321	.3B	0.2305	0.001582
0.014954	0.2190	.3B	0.2188	0.000154
0.015079	0.2061	.34	0.2031	0.003003
0.015205	0.1935	.31	0.1914	0.002142
0.015331	0.1813	.2E	0.1797	0.001584
0.015456	0.1693	.2B	0.1680	0.001340
0.015582	0.1577	.2B	0.1563	0.001423
0.015708	0.1464	.25	0.1445	0.001943
0.015833	0.1355	.22	0.1328	0.002712
0.015959	0.1249	.1F	0.1211	0.003841
0.016084	0.1147	.1D	0.1133	0.001440
0.016210	0.1049	.1A	0.1016	0.003319
0.016336	0.0955	.1B	0.0938	0.001688
0.016461	0.0865	.16	0.0859	0.000557
0.016587	0.0778	.13	0.0742	0.003633
0.016713	0.0696	.11	0.0664	0.003226
0.016838	0.0618	.0F	0.0586	0.003244
0.016964	0.0545	.0D	0.0508	0.003694
0.017090	0.0476	.0C	0.0469	0.000684
0.017215	0.0411	.0A	0.0391	0.002020
0.017341	0.0351	.0B	0.0313	0.003809
0.017467	0.0296	.07	0.0273	0.002257

TS10

0.017592	0.0245	.06	0.0234	0.001070
0.017718	0.0199	.05	0.0195	0.000351
0.017844	0.0157	.04	0.0156	0.000107
0.017969	0.0120	.03	0.0117	0.000340
0.018095	0.0089	.02	0.0078	0.001055
0.018221	0.0062	.01	0.0039	0.002254
0.018346	0.0039	.00	0.0000	0.003941
0.018472	0.0022	.00	0.0000	0.002218
0.018598	0.0010	.00	0.0000	0.000986
0.018723	0.0002	.00	0.0000	0.000246
0.018849	0.0000	.00	0.0000	3.0E-11
0.018975	0.0002	.00	0.0000	0.000246
0.019100	0.0010	.00	0.0000	0.000986
0.019226	0.0022	.00	0.0000	0.002219
0.019352	0.0039	.00	0.0000	0.003943
0.019477	0.0062	.01	0.0039	0.002256
0.019603	0.0089	.02	0.0078	0.001057
0.019729	0.0120	.03	0.0117	0.000342
0.019854	0.0157	.04	0.0156	0.000109
0.019980	0.0199	.05	0.0195	0.000354
0.020106	0.0245	.06	0.0234	0.001073
0.020231	0.0296	.07	0.0273	0.002261
0.020357	0.0351	.08	0.0313	0.003813
0.020483	0.0411	.0A	0.0391	0.002025
0.020608	0.0476	.0C	0.0469	0.000689
0.020734	0.0545	.00	0.0508	0.003699
0.020860	0.0618	.0F	0.0586	0.003249
0.020985	0.0696	.11	0.0664	0.003232
0.021111	0.0778	.13	0.0742	0.003639
0.021237	0.0865	.16	0.0859	0.000563
0.021362	0.0955	.18	0.0938	0.001695
0.021488	0.1049	.1A	0.1016	0.003326
0.021614	0.1147	.10	0.1133	0.001447
0.021739	0.1249	.1F	0.1211	0.003848
0.021865	0.1355	.22	0.1328	0.002720
0.021991	0.1465	.25	0.1445	0.001951
0.022116	0.1577	.28	0.1563	0.001431
0.022242	0.1693	.28	0.1680	0.001348
0.022368	0.1813	.2E	0.1797	0.001593
0.022493	0.1936	.31	0.1914	0.002151
0.022619	0.2061	.34	0.2031	0.003012
0.022745	0.2190	.38	0.2188	0.000163
0.022870	0.2321	.38	0.2305	0.001592
0.022996	0.2455	.3E	0.2422	0.003285
0.023122	0.2591	.42	0.2578	0.001329
0.023247	0.2730	.45	0.2695	0.003510
0.023373	0.2871	.49	0.2852	0.001916
0.023499	0.3014	.40	0.3008	0.000632
0.023624	0.3159	.50	0.3125	0.003444
0.023750	0.3306	.54	0.3281	0.002537
0.023876	0.3455	.58	0.3438	0.001698
0.024001	0.3605	.5C	0.3594	0.001111
0.024127	0.3757	.60	0.3750	0.000661
0.024253	0.3909	.64	0.3906	0.000335
0.024378	0.4063	.68	0.4063	0.000016
0.024504	0.4218	.68	0.4180	0.003789
0.024630	0.4373	.6F	0.4336	0.003740
0.024755	0.4530	.73	0.4492	0.003753
0.024881	0.4686	.77	0.4648	0.003811
0.025007	0.4843	.78	0.4805	0.003801
0.025132	0.5000	.80	0.5000	0.000007

TS12



pi 3.1416
 frec. 125
 amplitud 0.5

inc. 0.000196
 ptos. 256
 desp 0.5

x	sen(x) π	hex	dec	error
0	0.5000	.80	0.5000	0
0.000196	0.5123	.83	0.5117	0.000570
0.000392	0.5245	.86	0.5234	0.001133
0.000589	0.5368	.89	0.5352	0.001582
0.000785	0.5490	.8C	0.5469	0.002108
0.000981	0.5612	.8F	0.5586	0.002605
0.001178	0.5734	.92	0.5703	0.003065
0.001374	0.5855	.95	0.5820	0.003481
0.001570	0.5975	.98	0.5938	0.003745
0.001767	0.6096	.9C	0.6094	0.000150
0.001963	0.6215	.9F	0.6211	0.000390
0.002159	0.6334	.A2	0.6328	0.000556
0.002356	0.6451	.A5	0.6445	0.000642
0.002552	0.6568	.A8	0.6563	0.000541
0.002748	0.6684	.AB	0.6680	0.000445
0.002945	0.6799	.AE	0.6797	0.000247
0.003141	0.6913	.B0	0.6875	0.003842
0.003337	0.7026	.B3	0.6992	0.003421
0.003534	0.7138	.B6	0.7109	0.002878
0.003730	0.7248	.B9	0.7227	0.002106
0.003927	0.7357	.BC	0.7344	0.001298
0.004123	0.7464	.BF	0.7461	0.000349
0.004319	0.7571	.C1	0.7539	0.003151
0.004516	0.7675	.C4	0.7656	0.001899
0.004712	0.7778	.C7	0.7773	0.000485
0.004908	0.7879	.C9	0.7852	0.002704
0.005105	0.7979	.CC	0.7969	0.000950
0.005301	0.8076	.CE	0.8047	0.002916
0.005497	0.8172	.D1	0.8164	0.000797
0.005694	0.8266	.D3	0.8242	0.002387
0.005890	0.8358	.D5	0.8320	0.003780
0.006086	0.8448	.D8	0.8438	0.000970
0.006283	0.8536	.DA	0.8516	0.001954
0.006479	0.8621	.DC	0.8594	0.002724
0.006675	0.8705	.DE	0.8672	0.003276
0.006872	0.8786	.E0	0.8750	0.003605
0.007068	0.8865	.E2	0.8828	0.003705
0.007264	0.8942	.E4	0.8906	0.003573
0.007461	0.9016	.E6	0.8984	0.003204
0.007657	0.9088	.E8	0.9063	0.002493
0.007854	0.9157	.EA	0.9141	0.001435
0.008050	0.9224	.EC	0.9219	0.000527
0.008246	0.9289	.ED	0.9258	0.003064
0.008443	0.9350	.EF	0.9336	0.001444
0.008639	0.9410	.F0	0.9375	0.003461
0.008835	0.9466	.F2	0.9453	0.003132
0.009032	0.9520	.F3	0.9492	0.002795
0.009228	0.9571	.F5	0.9570	0.000105
0.009424	0.9619	.F6	0.9609	0.001040
0.009621	0.9665	.F7	0.9648	0.001696
0.009817	0.9708	.F8	0.9688	0.001972
0.010013	0.9748	.F9	0.9727	0.002064
0.010210	0.9785	.FA	0.9766	0.001870
0.010406	0.9819	.FB	0.9805	0.001388
0.010602	0.9850	.FC	0.9844	0.000616
0.010799	0.9879	.FC	0.9884	0.003451
0.010995	0.9904	.FD	0.9883	0.002092
0.011191	0.9926	.FE	0.9922	0.000439
0.011388	0.9946	.FE	0.9922	0.002388
0.011584	0.9962	.FF	0.9961	0.000139
0.011781	0.9976	.FF	0.9961	0.001492
0.011977	0.9986	.FF	0.9961	0.002545
0.012173	0.9994	.FF	0.9961	0.003297
0.012370	0.9998	.FF	0.9961	0.003749
0.012566	1.0000	1.00	1.0000	-3.4E-12

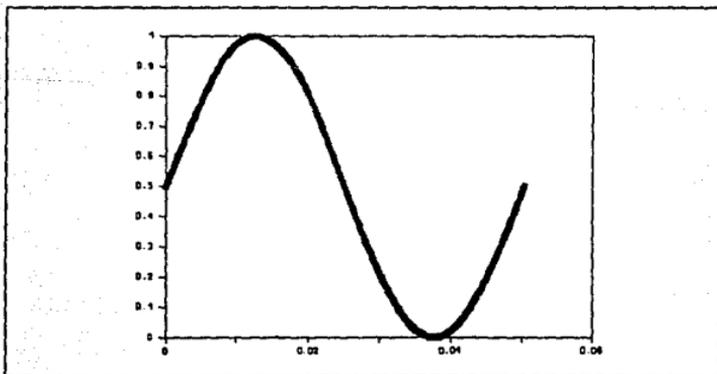
TS13

0.012762	0.9998	.FF	0.9961	0.003749
0.012959	0.9994	.FF	0.9961	0.003297
0.013155	0.9986	.FF	0.9961	0.002545
0.013351	0.9976	.FF	0.9961	0.001492
0.013548	0.9962	.FF	0.9961	0.000139
0.013744	0.9946	.FE	0.9922	0.002387
0.013940	0.9926	.FE	0.9922	0.000438
0.014137	0.9904	.FD	0.9883	0.002092
0.014333	0.9879	.FC	0.9844	0.003450
0.014529	0.9850	.FC	0.9844	0.000615
0.014726	0.9819	.FB	0.9805	0.001387
0.014922	0.9785	.FA	0.9766	0.001869
0.015118	0.9748	.F9	0.9727	0.002063
0.015315	0.9708	.F8	0.9688	0.001971
0.015511	0.9665	.F7	0.9648	0.001695
0.015708	0.9619	.F6	0.9609	0.001038
0.015904	0.9571	.F5	0.9570	0.000103
0.016100	0.9520	.F3	0.9492	0.002793
0.016297	0.9466	.F2	0.9453	0.001311
0.016493	0.9410	.F0	0.9375	0.003459
0.016689	0.9350	.EF	0.9336	0.001442
0.016886	0.9289	.ED	0.9258	0.003063
0.017082	0.9224	.EC	0.9219	0.000525
0.017278	0.9157	.EA	0.9141	0.001633
0.017475	0.9088	.E8	0.9063	0.002490
0.017671	0.9016	.E6	0.8984	0.003202
0.017867	0.8942	.E4	0.8906	0.003571
0.018064	0.8865	.E2	0.8828	0.003703
0.018260	0.8786	.E0	0.8750	0.003602
0.018456	0.8705	.DE	0.8672	0.003273
0.018653	0.8621	.DC	0.8594	0.002721
0.018849	0.8536	.DA	0.8516	0.001951
0.019045	0.8448	.DB	0.8438	0.000968
0.019242	0.8358	.D8	0.8320	0.003777
0.019438	0.8266	.D3	0.8242	0.002384
0.019635	0.8172	.D1	0.8164	0.000794
0.019831	0.8076	.CE	0.8047	0.002913
0.020027	0.7978	.CC	0.7969	0.000947
0.020224	0.7879	.C9	0.7852	0.002701
0.020420	0.7778	.C7	0.7773	0.000482
0.020616	0.7675	.C4	0.7656	0.001896
0.020813	0.7570	.C1	0.7539	0.003148
0.021009	0.7464	.BF	0.7461	0.000346
0.021205	0.7357	.BC	0.7344	0.001295
0.021402	0.7248	.B9	0.7227	0.002102
0.021598	0.7138	.B6	0.7109	0.002874
0.021794	0.7026	.B3	0.6992	0.003417
0.021991	0.6913	.B0	0.6875	0.003838
0.022187	0.6799	.AE	0.6797	0.000244
0.022383	0.6684	.AB	0.6680	0.000441
0.022580	0.6568	.A8	0.6563	0.000537
0.022776	0.6451	.A5	0.6445	0.000639
0.022972	0.6334	.A2	0.6328	0.000553
0.023169	0.6215	.9F	0.6211	0.000386
0.023365	0.6095	.9C	0.6094	0.000147
0.023562	0.5975	.98	0.5938	0.003741
0.023758	0.5855	.95	0.5820	0.003477
0.023954	0.5734	.92	0.5703	0.003061
0.024151	0.5612	.8F	0.5586	0.002601
0.024347	0.5490	.8C	0.5469	0.002105
0.024543	0.5368	.89	0.5352	0.001578
0.024740	0.5245	.86	0.5234	0.001130
0.024936	0.5123	.83	0.5117	0.000566
0.025132	0.5000	.80	0.5000	-0.000000
0.025329	0.4877	.7C	0.4844	0.003325
0.025525	0.4755	.79	0.4727	0.002762
0.025721	0.4632	.76	0.4609	0.002313
0.025918	0.4510	.73	0.4492	0.001787
0.026114	0.4388	.70	0.4375	0.001290
0.026310	0.4266	.6D	0.4258	0.000830
0.026507	0.4145	.6A	0.4141	0.000415
0.026703	0.4025	.67	0.4023	0.000151
0.026899	0.3904	.63	0.3867	0.003745

0.027096	0.3785	.60	0.3750	0.003505
0.027292	0.3666	.50	0.3633	0.003339
0.027489	0.3549	.5A	0.3516	0.003253
0.027685	0.3432	.57	0.3398	0.003355
0.027881	0.3316	.54	0.3281	0.003451
0.028078	0.3200	.51	0.3164	0.003648
0.028274	0.3087	.4F	0.3086	0.000054
0.028470	0.2974	.4C	0.2969	0.000475
0.028667	0.2862	.49	0.2852	0.001016
0.028863	0.2752	.46	0.2734	0.001790
0.029059	0.2643	.43	0.2617	0.002597
0.029256	0.2535	.40	0.2500	0.003547
0.029452	0.2429	.3E	0.2422	0.000744
0.029648	0.2325	.38	0.2305	0.001997
0.029845	0.2222	.38	0.2188	0.003411
0.030041	0.2121	.36	0.2109	0.001192
0.030237	0.2021	.33	0.1992	0.002946
0.030434	0.1924	.31	0.1914	0.000980
0.030630	0.1828	.2E	0.1797	0.003099
0.030826	0.1734	.2C	0.1719	0.001510
0.031023	0.1642	.2A	0.1641	0.000117
0.031219	0.1552	.27	0.1523	0.002926
0.031416	0.1464	.25	0.1445	0.001943
0.031612	0.1379	.23	0.1367	0.001173
0.031808	0.1295	.21	0.1289	0.000621
0.032005	0.1214	.1F	0.1211	0.000292
0.032201	0.1135	.1D	0.1133	0.000191
0.032397	0.1058	.1B	0.1055	0.000323
0.032594	0.0984	.19	0.0977	0.000693
0.032790	0.0912	.17	0.0898	0.001404
0.032986	0.0843	.15	0.0820	0.002262
0.033183	0.0776	.13	0.0742	0.003370
0.033379	0.0711	.12	0.0703	0.000833
0.033575	0.0650	.10	0.0625	0.002454
0.033772	0.0590	.0F	0.0586	0.000437
0.033968	0.0534	.0D	0.0508	0.002585
0.034164	0.0480	.0C	0.0469	0.001103
0.034361	0.0429	.0A	0.0391	0.003793
0.034557	0.0381	.09	0.0352	0.002858
0.034753	0.0335	.08	0.0313	0.002201
0.034950	0.0292	.07	0.0273	0.001926
0.035146	0.0252	.06	0.0234	0.001834
0.035343	0.0215	.05	0.0195	0.002028
0.035539	0.0181	.04	0.0156	0.002510
0.035735	0.0150	.03	0.0117	0.003283
0.035932	0.0121	.03	0.0117	0.000447
0.036128	0.0096	.02	0.0078	0.001806
0.036324	0.0074	.01	0.0039	0.003460
0.036521	0.0054	.01	0.0039	0.001510
0.036717	0.0038	.00	0.0000	0.003759
0.036913	0.0024	.00	0.0000	0.002407
0.037110	0.0014	.00	0.0000	0.001354
0.037306	0.0006	.00	0.0000	0.000602
0.037502	0.0002	.00	0.0000	0.000150
0.037699	0.0000	.00	0.0000	3.0E-11
0.037895	0.0002	.00	0.0000	0.000150
0.038091	0.0006	.00	0.0000	0.000602
0.038288	0.0014	.00	0.0000	0.001355
0.038484	0.0024	.00	0.0000	0.002408
0.038680	0.0038	.00	0.0000	0.003760
0.038877	0.0054	.01	0.0039	0.001512
0.039073	0.0074	.01	0.0039	0.003462
0.03927	0.0096	.02	0.0078	0.001808
0.039466	0.0122	.03	0.0117	0.000450
0.039662	0.0150	.03	0.0117	0.003285
0.039859	0.0181	.04	0.0156	0.002513
0.040055	0.0215	.05	0.0195	0.002031
0.040251	0.0252	.06	0.0234	0.001837
0.040448	0.0292	.07	0.0273	0.001929
0.040644	0.0335	.08	0.0313	0.002205
0.040840	0.0381	.09	0.0352	0.002862
0.041037	0.0429	.0A	0.0391	0.003797
0.041233	0.0480	.0C	0.0469	0.001107

TS15

0.041429	0.0534	.00	0.0508	0.002590
0.041626	0.0590	.0F	0.0586	0.000442
0.041822	0.0650	.10	0.0625	0.002459
0.042018	0.0711	.12	0.0703	0.000838
0.042215	0.0776	.13	0.0742	0.003376
0.042411	0.0843	.15	0.0820	0.002268
0.042607	0.0912	.17	0.0898	0.001411
0.042804	0.0984	.19	0.0977	0.000699
0.043000	0.1058	.1B	0.1055	0.000330
0.043197	0.1135	.1D	0.1133	0.000198
0.043393	0.1214	.1F	0.1211	0.000299
0.043589	0.1295	.21	0.1289	0.000628
0.043786	0.1379	.23	0.1367	0.001180
0.043982	0.1465	.25	0.1445	0.001951
0.044178	0.1552	.27	0.1523	0.002934
0.044375	0.1642	.2A	0.1601	0.000125
0.044571	0.1734	.2C	0.1719	0.001518
0.044767	0.1828	.2E	0.1797	0.003108
0.044964	0.1924	.31	0.1914	0.000989
0.045160	0.2022	.33	0.1992	0.002955
0.045356	0.2121	.36	0.2109	0.001201
0.045553	0.2222	.38	0.2188	0.003420
0.045749	0.2325	.38	0.2305	0.002006
0.045945	0.2430	.3E	0.2422	0.000754
0.046142	0.2536	.40	0.2500	0.003556
0.046338	0.2643	.43	0.2617	0.002607
0.046534	0.2752	.46	0.2734	0.001800
0.046731	0.2862	.49	0.2852	0.001028
0.046927	0.2974	.4C	0.2969	0.000485
0.047124	0.3087	.4F	0.3086	0.000064
0.047320	0.3201	.51	0.3164	0.003658
0.047516	0.3316	.54	0.3281	0.003461
0.047713	0.3432	.57	0.3398	0.003365
0.047909	0.3549	.5A	0.3516	0.003264
0.048105	0.3667	.50	0.3633	0.003350
0.048302	0.3785	.60	0.3750	0.003516
0.048498	0.3905	.63	0.3867	0.003756
0.048694	0.4025	.67	0.4023	0.000161
0.048891	0.4145	.6A	0.4141	0.000426
0.049087	0.4266	.60	0.4258	0.000841
0.049283	0.4388	.70	0.4375	0.001301
0.049480	0.4510	.73	0.4492	0.001798
0.049676	0.4632	.76	0.4609	0.002324
0.049872	0.4755	.79	0.4727	0.002773
0.050069	0.4877	.7C	0.4844	0.003336
0.050265	0.5000	.80	0.5000	0.000007



TS16

UNIDADES

A N E X O E

UNIDADES SONORAS

La experiencia pone de manifiesto que las variaciones de intensidad de un sonido no son proporcionales a las variaciones de sensación de intensidad sonora que percibimos. Estas variaciones siguen la ley psicofísica de Weber-Fechner, que establece que la magnitud de una sensación es proporcional al logaritmo del estímulo que la provoca.

El carácter logarítmico de la sensación respecto al estímulo, supone un crecimiento muy reducido para grandes incrementos de intensidad sonora.

En ocasiones se aplica incorrectamente este concepto logarítmico de audición. Así, cuando se afirma que determinada fuente sonora se multiplica, por ejemplo, por 100, apreciamos una sensación de doble intensidad, ya que el $\log 100 = 2$.

O sea que, por ejemplo, el sonido que producen 100 saxofones nos parecerá de doble intensidad que el conseguido por uno solo.

Para que esto fuera cierto, estímulo sensación debían tener un origen común; esto es, que en el momento en que existiese el estímulo se produjese la sensación. Pero el oído registra un sonido a partir de cierto valor del estímulo; este valor umbral de la sensación, o sensación cero, es naturalmente independiente del

logaritmo de la cantidad física que en este caso supone el estímulo.

La presión mínima que necesita el oído para registrar un sonido, o nivel mínimo de audibilidad, es $P_0 = 0.03$ microbares, valor extraordinariamente pequeño y que también manifiesta la sensibilidad del oído.

Esta presión equivale a 6×10^{-17} watts/cm², y no obstante haber adoptado la American Standards Association este valor como nivel de referencia, normalmente se acepta de forma convencional el nivel de referencia 10^{-16} W/cm², muy próximo al anterior, por las simplificaciones que aporta.

Recibe el nombre de bel (en honor a Graham Bell) la diferencia mínima que ha de existir entre dos intensidades para que el oído pueda percibir la variación de intensidad. Si una intensidad es I_1 y el incremento mínimo corresponde a la I_2 , por definición del bel será:

$$1 \text{ bel} = \log I_2 - \log I_1 = \log I_2/I_1$$

Si referimos una intensidad cualquiera I a la intensidad de referencia $I_0 = 10^{-16}$ Watts/cm², el nivel de intensidad de sonido correspondiente ahí quedará expresado por la ecuación:

$$\text{Nivel de intensidad} = \log I/I_0 \text{ bel}$$

Como para efectos de desarrollo teórico, el bel resulta una intensidad excesiva, se ha generalizado el uso del decibel, que, como su nombre lo indica, es la décima parte del bel.

Aplicando el decibel a la última ecuación se obtiene la fórmula usual:

$$\text{Nivel de intensidad} = 10 \log I/I_0 \text{ decibel}$$

El valor máximo que tolera el oído es $I = 10^{-4}$ watts/cm², que ya ocasiona una sensación dolorosa. Su nivel de intensidad es expresado en decibeles será:

$$\text{Nivel de intensidad} = 10 \log I^{-4}/I^{-16} = 120 \text{ db.}$$

Por lo tanto el campo de audibilidad expresado en decibeles comprende de 0 a 120.

Obsérvese que este nivel de 0 db (ficticio) corresponde a una intensidad sonora real $I_0 = 10^{-16}$ watts/cm², o a una presión $P_0 = 2 \times 10^{-4}$ bares. No se trata, por lo tanto, de un cero absoluto, sino referenciado a nuestra fisiología. Por ello suele mencionarse, cuando previamente no se ha especificado, el nivel de referencia sobre el que se parte para iniciar la medición de una intensidad en decibeles. Como las intensidades son proporcionales a los cuadrados de las presiones, el nivel N en decibeles referidos a una presión P_0 será:

$$N \text{ (db)} = 10 \log P^2/P_0^2 = 20 \log P/P_0$$

El nivel N en decibeles, conocida su intensidad I en Watts/cm² o su presión P en bares, será:

$N \text{ (db)} = 10 \log I(\text{watts/cm}^2)/10^{-16} = 20 \log P(\text{bar})/2 \times 10^{-4}$ Si se trata de hallar el aumento en decibeles alcanzado por un sonido al pasar de una intensidad I₁ a otra I₂, o de una presión P₁ a P₂, esta ganancia será:

$$\text{Ganancia (db)} = 10 \log I_2/I_1 = 20 \log P_2/P_1$$

Si la intensidad I₂ es doble que I₁, el aumento experimentado es de 3 db:

$$I_2 = 2 I_1$$

$$G \text{ (db)} = 10 \log 2I_1/I_1 = 10 \log 2 = 3.01$$

Si lo que se duplica es la presión, la ganancia es de 6 db:

$$G \text{ (db)} = 20 \log 2P_1/P_1 = 20 \log 2 = 6.02$$

Volviendo al caso citado en los primeros párrafos, respecto al aumento de intensidad que apreciamos cuando la fuente sonora se multiplica por 100, tendremos:

$$I_2 = 100 I_1$$

$$G = 10 \log 100 I_1 / I_1 = 10 \log 100 = 20 \text{ db.}$$

O sea, que el aumento de la sensación es de 20 db, independientemente de la cuantía del estímulo que suponga la fuente sonora. En el caso del saxofón, tendremos que uno solo nos produce una sensación de 50 db, y 100, 70 db (no el doble de 50).

Una manera práctica de convertir los decibeles en watts/cm², es mediante la utilización de la siguiente tabla.

Intensidad en wat/cm. ²	Presión en barias	Nivel en db
10 ⁻⁴	200	120
3,15 × 10 ⁻⁵	122	115
10 ⁻⁵	63	110
3,15 × 10 ⁻⁶	35,5	105
10 ⁻⁶	20	100
3,15 × 10 ⁻⁷	12,2	95
10 ⁻⁷	6,3	90
3,15 × 10 ⁻⁸	3,55	85
10 ⁻⁸	2	80
3,15 × 10 ⁻⁹	12,2 × 10 ⁻¹	75
10 ⁻⁹	6,3 × 10 ⁻¹	70
3,15 × 10 ⁻¹⁰	3,55 × 10 ⁻¹	65
10 ⁻¹⁰	2 × 10 ⁻¹	60
3,15 × 10 ⁻¹¹	12,2 × 10 ⁻²	55
10 ⁻¹¹	6,3 × 10 ⁻²	50
3,15 × 10 ⁻¹²	3,55 × 10 ⁻²	45
10 ⁻¹²	2 × 10 ⁻²	40
3,15 × 10 ⁻¹³	12,2 × 10 ⁻³	35
10 ⁻¹³	6,3 × 10 ⁻³	30
3,15 × 10 ⁻¹⁴	3,55 × 10 ⁻³	25
10 ⁻¹⁴	2 × 10 ⁻³	20
3,15 × 10 ⁻¹⁵	12,2 × 10 ⁻⁴	15
10 ⁻¹⁵	6,3 × 10 ⁻⁴	10
3,15 × 10 ⁻¹⁶	3,55 × 10 ⁻⁴	5
10 ⁻¹⁶	2 × 10 ⁻⁴	0

Tabla 1. Unidades sonoras; equivalencias.

DECRECIMIENTO SONORO CON LA DISTANCIA.

Conocida la intensidad I_1 a una distancia d_1 de la fuente sonora, a una distancia d_2 su intensidad I_2 será:

$$I_2 = \frac{I_1 d_1^2}{d_2^2} \text{ Watts/cm}^2.$$

Si lo que se conoce es la presión P_1 a una distancia d_1 del foco sonoro, a una distancia d_2 dicha presión será:

$$P_2 = \frac{P_1 d_1}{d_2} \text{ bares}$$

Si lo que se mide es el nivel sonoro N_1 en decibeles en un decibelímetro a una distancia d_1 , el nivel N_2 alcanzado a una distancia d_2 será:

$$N_2 = N_1 + 20 \log (d_1 / d_2)$$

Ejemplo: A una distancia d_1 , igual a 6 m de un foco sonoro, se registra con un decibelímetro, un nivel N_1 de 70 decibeles. A una distancia d_2 de 12 m alcanzará un nivel de N_2 cuyo valor será:

$$N_2 = 70 + 20 \log (6 / 12) = 70 + 20 (-0.3) = 64 \text{ dB}$$

Obsérvese que para hallar estos decrementos sonoros, se ha de realizar la medición a una distancia determinada del foco, cosa por otra parte precisa, pues el aparato de medición (sonómetro si se mide en bares, o decibelímetro) necesariamente se ha de situar a

alguna distancia de la fuente sonora. Se considera los dos metros como distancia mínima para realizar la medición, en que ésta se vea alterada por la posible proyección de moléculas que el elemento productor del sonido pueda ocasionar.

Cuando se trate de una instalación electroacústica, se conocerá la potencia en watts que se emite por el altavoz. Conocido el rendimiento de éste, se sabrá los watts que se convierten en energía acústica. A una distancia d del altavoz estos watts se habrán repartido por toda la superficie de la esfera cuyo radio es d . O sea, que en el caso de conocer en el mismo punto de emisión en watts W , la intensidad alcanzada a una distancia d será:

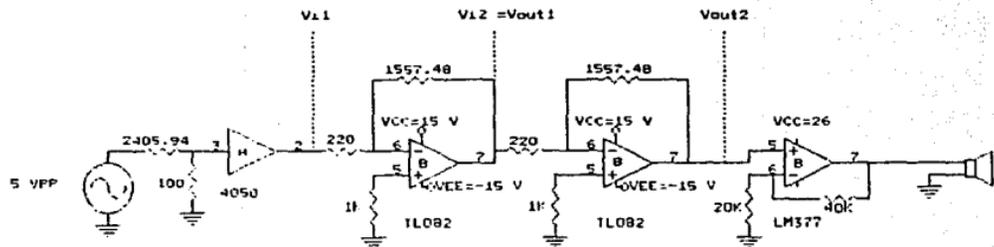
$$I = \frac{W}{4\pi d^2} \text{ Watts/cm}^2 \dots \text{ec.1}$$

Ejemplo: Una fuente sonora emite con una potencia de 0.05 watts. ¿Qué intensidad se alcanzará a una distancia d de 20 m.?

$$I = 0.05 / (4\pi \times 2000^2) = 10^{-9} \text{ watts / cm}^2$$

De la tabla 1 se observa que esta intensidad equivale a un nivel sonoro de 70 dB, o una presión acústica de 6.3×10^{-1} bares.

80



UNICO P.M.

Title	
ETAPA DE POTENCIA DE SALIDA EN CB.	
Size	Document Number
A	B
Date:	October 30, 1990 Sweet

CALCULO DEL NIVEL DE INTENSIDAD

$$10^{\frac{xdb}{20}} = Avx \quad \dots(1)$$

$$Av = \sqrt{Avx} \quad \dots(2)$$

$$Av = \frac{Vout_2}{Vout_1} \quad Vout_2 = 10V. \quad \dots(3)$$

$$Vout_1 = \frac{Vout_2}{Av} \quad \dots(4)$$

$$Vi_1 = \frac{Vout_1}{Av} \quad \dots(5)$$

$$R_2 = AvR_1 \quad R_1 = 220\Omega \quad \dots(6)$$

$$Ra = \frac{Rb(Vi - Vi_1)}{Vi_1} \quad Vi = 5V; Rb = 100\Omega$$

xdb	Avx	Av	Vout2	Vout1	Vi1	R2	Ra
114	501187.23	707.95	10	0.0141	0.000020	155748.07	25059261.68
104	158489.32	398.11	10	0.0251	0.000063	87583.58	7924365.96
94	50118.72	223.87	10	0.0447	0.000200	49251.87	2505836.17
84	15848.93	125.89	10	0.0794	0.000631	27696.36	792346.60
74	5011.87	70.79	10	0.1413	0.001995	15574.81	250493.62
64	1584.89	39.81	10	0.2512	0.006310	8758.36	79144.66
54	501.19	22.39	10	0.4467	0.019953	4925.19	24959.36
44	158.49	12.59	10	0.7943	0.063096	2769.64	7824.47
34	50.12	7.08	10	1.4125	0.199526	1557.48	2405.94
24	15.85	3.98	10	2.5119	0.630957	875.84	692.45
14	5.01	2.24	10	4.4668	1.995262	492.52	150.59

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. HALLOWELL, Davis. Silverman, Richard. "Audición y Sordera". La Prensa Médica Mexicana. México, D.F. 1985.
2. HIRSH, I, J. "The Measurement of Hearing" Mc. Graw Hill. Nueva York.
3. LANGLEY, Telford Christensen. "Anatomía y Fisiología" Editorial Interamericana. México, 1979.
4. NEWBY, H. A. "Audiology: Principles and Practice". Editorial Appleton-Century Crofts. Nueva York.
5. WATSON, L. A. y TOLAN, T. "Hearing Test and Hearing Instruments". The Williams and Wilkins Co. Baltimore.
6. Mc Graw Hill. "Electrónica Práctica". Mc Graw Hill. Latinoamericana de México. México D.F. 1989. Tomos I-IV.
7. TAUB, H. y Schilling D. "Principles of Communication Systems". Mc Graw Hill Internacional. Nueva York, 1971.
8. Texas Instruments. "TTL Logic Standard TTL, Schottky, Low-Power Schottky Data book". Texas Instruments Incorporated, U.S.A., 1988.
9. EXAR. "Data book". Exar Corporation. California, U.S.A., 1987.
10. AUDIOTONE ROYAL. "Audiotone Performance Data". Catálogo Técnico. U.S.A.
11. BERMUDEZ, Costa Juan. "Nueva Generación de Instrumentos Musicales Electrónicos". Marcombo Boixareu Editores. Barcelona, España, 1977.
12. MOTOROLA. "Linear and Interface Integrated Circuits". Motorola, Inc. U.S.A., 1985. Serie E.
13. MOTOROLA. "CMOS Logic Data". Motorola Inc. U.S.A., 1988. Segunda Edición.
14. COUGHHLIN, Robert y DRISCOLL, Frederick. "Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits". Prentice Hall Inc. New Jersey, 1982.
15. National Semiconductor Corporation. "Linear Data Book". National Semiconductor Corporation. California, 1982.

16. Serie Mundo Electrónico. "Interconexión de periféricos a microprocesadores". Publicaciones Marcombo. México 1984.
17. Serie Mundo Electrónico. "Microprocesadores y Microcomputadores". Publicaciones Marcombo. México 1984.
18. ASIAN. "Sources Electronic Components". Vol. 8. No. 6. 1986.
19. BOYLESTAD, Nashelsky. "Electrónica y Teoría de Circuitos". Prentice Hall Hispanoamericana. México, 1963.
20. C. LUDVIGSEN y I. Barford. "Sensourineural Hearing Impairment and Hearing Aids". Danavox Jubilee Foundation, Copenhagen Denmark, 1978.
21. "Gran Enciclopedia de la Electrónica". Ediciones Nueva Lente. España, 1985.