

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE AUDIMETRO DIGITAL DE TONOS PUROS DE CONDUCCION AEREA

**Barragán Borja Víctor Raúl, Ing.
Globalelectric S.A.**

**Pérez Tania, MSc
Escuela Politécnica Nacional**

INTRODUCCION

La esencia de este trabajo radica en la construcción de un prototipo de audímetro que brinde la mayor cantidad de prestaciones similares a las de un equipo análogo comercial pero reduciendo el costo del dispositivo, usando elementos de hardware económicos e invirtiendo mayor tiempo de ingeniería.

Considerando todas las limitaciones que existen para desarrollar hardware en el país, se creyó que una alternativa para realizar investigación, era adentrarse en la elaboración de un software, el que acompañado de elementos básicos de hardware diera como resultado un equipo capaz de competir con otro de fabricación extranjera.

Es por esto que el presente trabajo demostró que aplicando los conocimientos adquiridos durante la carrera, es posible obtener un producto de alta tecnología a partir de elementos que no son de usuario final y que por ende son accesibles económicamente hablando.

Así por ejemplo, se consiguió mejorar la respuesta de frecuencia de audífonos de aplicación no específica (alrededor de 30 USD) mediante el uso de filtros digitales, obteniendo un comportamiento comparable a audífonos de alta precisión (alrededor de 500 USD).

Otro aspecto importante es el hecho que se desarrolló software sumamente amigable y que proporciona varias funciones de valor agregado las mismas que facilitan su manejo al usuario final.

Esto es de suma importancia ya que permite darse cuenta de todas las ventajas que pueden obtenerse con la explotación adecuada de tecnología común, tal como un computador personal.

Además se puso en claro las ventajas del uso de las técnicas digitales sobre las analógicas, las que si bien es cierto presentan un mayor grado de complejidad desde el punto de vista matemático, este inconveniente se ve recompensado con la exactitud y precisión en los resultados obtenidos.

Conjugando todos los aspectos anteriores se pone en disposición del lector del presente trabajo el Audímetro de Conducción Aérea Económico AMCAEC I.

Como punto final, cabe recalcar que el equipo construido tuvo un costo final muy bajo en comparación al de un equipo comercial.

Principios de Otología

La otología es la rama de la medicina encargada de describir tanto la fisiología como la anatomía del oído humano. Uno de los fenómenos fisiológicos descritos por dicha rama, es el mecanismo mediante el cual el sonido llega desde su fuente de generación hasta el punto interno del oído en el cual la señal auditiva es convertida en pulsos eléctricos y la información es interpretada por el cerebro humano.

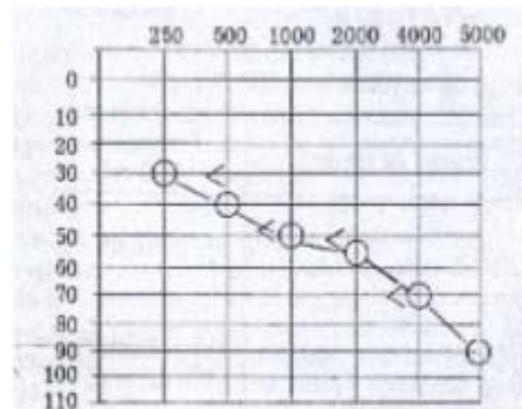
Debido a causas congénitas o a causas accidentales, existen casos en los cuales el oído ha sufrido una lesión, produciendo así una patología, conocida como hipoacusia (bajo nivel de audición). Para determinar el tipo de enfermedad y el tratamiento a seguir, la medicina recurre al comportamiento del oído, el mismo que presenta variaciones según las características del sonido recibido. Es decir, de acuerdo a la respuesta de frecuencia del oído, es posible determinar el tipo de patología que el paciente padece. Para esto, mediante pruebas experimentales, se ha determinado que las frecuencias que pueden describir el comportamiento del oído son: 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz.

La respuesta de frecuencia del oído es registrada y graficada en un diagrama conocido como audiograma.

El audiograma

El audiograma es un examen médico en el cual, mediante un dispositivo electrónico denominado audímetro, se generan uno a uno tonos puros a cada una de las frecuencias mencionadas desde una intensidad mínima hasta que el paciente percibe el sonido. Cabe mencionar que la intensidad del sonido es medida en dB. El resultado obtenido es un gráfico en el cual se detalla la intensidad a la cual el paciente escuchó

cada uno de los tonos generados. Al unir cada uno de estos valores (que se encuentran en un sistema de ejes coordenados), se obtiene una curva que define el tipo de patología que sufre el paciente. El siguiente gráfico muestra el resultado obtenido en una audiometría, en el cual la intensidad corresponde al eje Y, y la frecuencia al eje X.

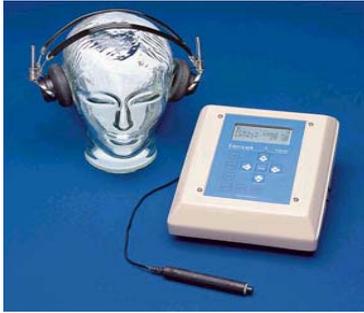


Audiograma

Para este caso particular, la curva indica que la patología que padece el paciente es una sordera neurosensorial.

El audímetro

El audímetro es un dispositivo que, por lo señalado anteriormente, debe tener la capacidad de generar tonos a las frecuencias señaladas y además de poder controlar la intensidad de los mismos. El éxito de la audiometría radica en la menor cantidad de ruido posible interfiriendo con el tono generado y en la calidad y exactitud de los parámetros de los tonos. Por esto, se deben utilizar audífonos para llevar el sonido hasta el paciente y además ser muy cuidadosos en cuanto a las tecnologías de generación del sonido y al control de su intensidad.



Audímetro

Partes del prototipo construido

El prototipo construido, consta básicamente de 3 elementos: códec de audio, procesador digital de señales y un software.

Procesador digital de Señales

El procesador digital de señales tiene la función de generar los tonos mediante técnicas de procesamiento digital de señales (es decir tonos digitales), para de esta forma obtener señales sinusoidales cuyas frecuencias son las requeridas y con una exactitud tan alta, que el error obtenido no es perceptible por el oído humano,

Códec de Audio

La función del códec es controlar la intensidad del tono generado, pudiendo así obtener un control completo sobre las señales generadas tanto en frecuencia como en intensidad. La esencia de este códec radica en el conjunto de conversores A-D y D-A que tiene incorporados y que permiten realizar la conversión de las señales digitales de audio generadas por el DSP.

Ez-Kit Lite

Es importante mencionar que tanto el códec como el procesador digital de señales se encuentran integrados en una misma tarjeta denominada EZ-Kit Lite del fabricante Analog Devices. El DSP (procesador digital de señales) usado es

el ADSP -2181 y el Códec usado es el AD-1847, del mismo fabricante mencionado.



Ez-KIT Lite

Tanto el códec como el procesador digital de señales deben ser programados usando un lenguaje propio del fabricante, para lo cual se ha recurrido al manual de instrucciones del equipo.

Software

El software tiene la función de controlar al procesador y al códec, ya que el prototipo es controlado desde un computador personal de requerimientos comunes y disponibles en el mercado. Además, el software desarrollado permite graficar en pantalla el audiograma, grabarlo como un archivo para ser recuperado posteriormente e imprimirlo para tener un respaldo físico de de los exámenes de cada paciente. Este software ha sido desarrollado en Visual Basic.

Para desarrollar el software, fue necesario recurrir a la ayuda de un especialista médico (otólogo) con el fin de que el programa desarrollado satisfaga las necesidades del usuario final y arroje los resultados requeridos para poder diagnosticar la patología del paciente.

Procesamiento Digital de Señales

La programación del DSP implica un conocimiento del procesamiento digital de señales y sus técnicas, tales como el

muestreo, digitalización, algoritmos varios, etc.

Existen dos técnicas básicas de procesamiento digital de señales usadas en la construcción de este prototipo: generación de tonos digitales y filtros digitales.

La primera es usada para generar los tonos a las frecuencias requerida y la segunda es la implementar un filtro pasa bajos (0-8 KHz) para evitar el ingreso de ruido que pueda degenerar los tonos generados y dar como resultado un audiograma incapaz de dar una diagnóstico válido.

Sistemas de medición de Intensidad Auditiva

La programación del Códec conlleva implícitamente a un conocimiento de los sistemas de medición de intensidad auditiva, en las cuales se describe principios como qué es un decibelio, un decibelio ponderado, tablas de compensación, etc.

Alcance del prototipo construido

El dispositivo será capaz de generar tonos de frecuencia e intensidad variable, y almacenar los datos referentes a la intensidad (medidos en dB) a la cual el paciente escuchó cada tono, y finalmente trazar el audiograma

Con esto, se podrá diagnosticar el tipo y severidad de hipoacusia de conducción aérea que padece la persona examinada.

Este examen, a nivel profesional se realiza con audífonos de alta precisión, los cuales presentan un costo aproximado de \$800. Para suplir esto, se implementarán filtros digitales con el ADSP-2181, los cuales compensarán la respuesta de frecuencia no ideal de los audífonos de aplicación no específica de bajo costo que se utilizarán.

El sistema audiométrico a diseñar e implementar estará constituido por un computador personal, el cual estará conectado al EZ-Kit Lite el cual a su vez se conectará a los audífonos. Todas las funciones de selección, cambio de tonos e intensidad y control serán manejadas el por software.

Limitaciones del prototipo construido

El dispositivo no alcanzará a dar a los tonos generados los 100 dB de intensidad que se indican en la plantilla para trazar el audiograma.

Para poder funcionar, debe estar conectado de manera permanente a un computador personal, es decir, no funciona en STAND ALONE.

El filtro a programar únicamente compensará la amplitud de la respuesta de frecuencia. El no compensar la fase de la respuesta de frecuencia no afecta al sonido ya que al estar constituido el sonido por una sola frecuencia, si esta se atrasa o se adelanta, no afectará a la recepción del paciente

Generación de Tonos

Para obtener los tonos se generan muestras digitales de ondas sinusoidales correspondientes a cada una de las frecuencias requeridas.

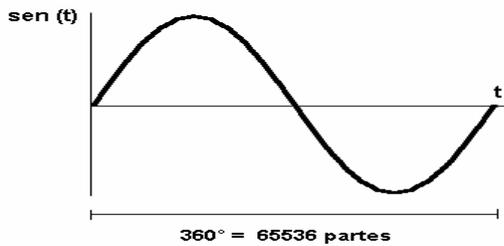
Esto da como resultado una señal discreta en el dominio del tiempo; pero este conjunto de valores discretos, son enviados al Codec-1847 del EZ-Kit Lite, donde se convierten al dominio analógico con la ayuda de los conversores con los que dicho Kit cuenta.

El Codec trabaja con una frecuencia de muestreo de 48 KHz (fs). De esta manera, ya que la máxima frecuencia generada es de 8 KHz, se cumple de

manera holgada con el teorema de Nyquist.

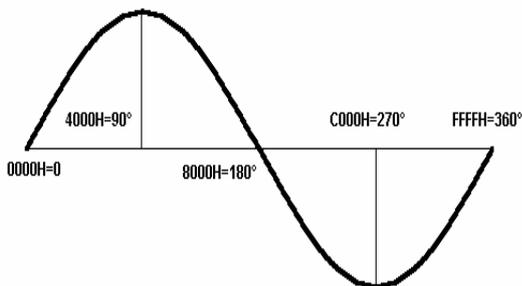
El hecho de que el Codec trabaje con la frecuencia indicada quiere decir que cada $20.833 \mu s$ ($1/fs$) se produce una interrupción y se ejecuta el cálculo del valor de la amplitud de la onda sinusoidal en dicho instante, dando como resultado una muestra digital.

Cada una de las muestras son representadas con 16 bits (capacidad del DSP), lo cual quiere decir que un período completo de la senoide (independientemente de su frecuencia) tiene 65536 partes (2^{16}), lo cual corresponde a 360° . Esto significa que el DSP ve a los grados como partes, y que cada una de estas partes corresponde a $5,493 \times 10^3$.



Ciclo Completo de una Señal

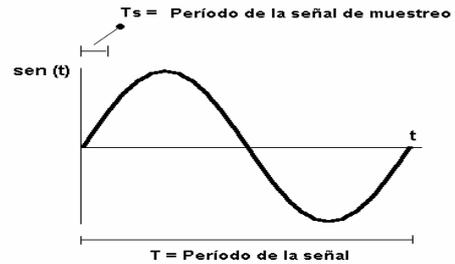
Así, se puede apreciar la correspondencia entre los grados para la señal y las partes para el DSP:



Correspondencia entre grados y partes

Dado que la señal de muestreo es mucho más rápida que las señales generadas, el

algoritmo de la generación de tonos debe determinar la correspondencia entre el ángulo de la señal generada cada vez que se produce una interrupción del códec, traducirlo a partes (que es el lenguaje que entiende el DSP) y realizar el cálculo del seno de dicho ángulo, lo cual corresponde a la amplitud de la señal en ese instante.



El cálculo del seno de la señal lo realiza el DSP mediante una subrutina adecuada y envía el valor obtenido al códec, el mismo que realiza la conversión de señal digital a analógica y la transmite a los audífonos

FILTRO DIGITAL

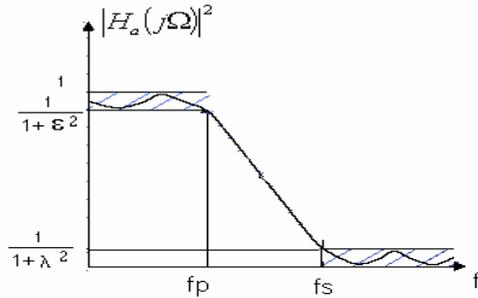
Dado que los sonidos a generar se constituyen únicamente por una componente de frecuencia, no se puede hablar de una distorsión de fase, así que lo que interesa es realizar una compensación para la distorsión de amplitud. Esto se consigue de manera óptima mediante el uso de un filtro IIR.

El rol principal que cumple el filtro es el de no permitir el ingreso de frecuencias no deseadas dentro de la banda de evaluación (0 a 8000 HZ) y de acentuar las componentes de frecuencia generadas en dicha banda. Por lo expuesto, el filtro diseñado es un pasa bajo.

Para implementar filtros IIR, se diseña un filtro analógico que cumpla con los requerimientos necesarios para obtener el fin que se persigue y luego se lo

digitaliza usando un procedimiento adecuado.

Se ha escogido diseñar un filtro pasa bajos de Chebyshev I, ya que este es altamente selectivo para un orden relativamente bajo.



Forma del Filtro Diseñado

Una vez diseñado el filtro analógico, se obtiene como resultado una función de transferencia en el dominio analógico que se describe según la siguiente ecuación:

$$H_a(s) = \frac{k}{(s-s_1)(s-s_2)(s-s_3)\dots\dots\dots(s-s_N)}$$

Ecuación del Filtro Analógico

Una vez obtenida la función de transferencia del filtro analógico, se lo debe digitalizar. Para esto se utiliza el método de la transformada bi lineal.

Cabe mencionar que esta no es la única técnica de digitalización, pero si es la más adecuada para los fines que se persiguen, ya que es ésta la que permite la más simple implementación en el DSP.

La transformada bilineal viene dada por el algoritmo trapezoidal

$$z \rightarrow \frac{2+st}{2-st} \Rightarrow s \rightarrow \frac{2z-1}{tsz+1}$$

Algoritmo de la Transformada Bilineal

Realizando todas las operaciones algebraicas necesarias, se obtiene la

función de transferencia del filtro digital que será implementado:

$$H(z) = \frac{(0.012 + 0.0247z^{-1} + 0.012z^{-2})(1 + 2z^{-1} + z^{-2})}{(1 - 0.9z^{-1} + 0.784z^{-2})(1 - 1.225z^{-1} + 0.476z^{-2})}$$

Función de transferencia del filtro digital

Para que el DSP realice el filtrado, se debe traducir los coeficientes expresados en decimal a sistema binario (según el lenguaje que entiende el DSP).

De esta manera quedan definidos los valores requeridos por la subrutina del filtro.

Así, cada muestra digital obtenida en la generación de tonos es sometida al filtrado, obteniendo como resultado una señal filtrada usando un **Filtro IIR, Chebyshev Tipo I, Pasabajo y Digitalizado con la Técnica de la Transformada Bi Lineal.**

CONTROL DE INTENSIDAD

El Codec AD-1847, permite trabajar de una manera cómoda y relativamente fácil con atenuadores programables, asignando el valor de la atenuación necesaria en un registro específico del ADSP -2181.

La calibración del dispositivo se debe realizar en base al tono de 1000 Hz, ya que en audiología, se la toma como frecuencia referencial. Con esto se obtiene el nivel de intensidad correspondiente a 0 dB.

La calibración se realizó de manera empírica.

Para esto, el investigador se sometió a la evaluación audiométrica, y se obtuvo que el tono de 1000 Hz se escuchó a 17 dB.

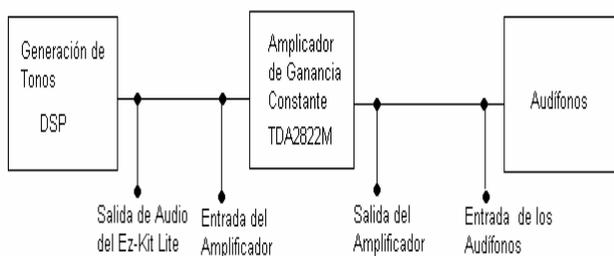
El Codec AD-1847, permite trabajar con atenuadores programables, consiguiendo un rango de variación de la atenuación es de 0 a 94.5 dB en saltos de 1.5 dB. Esta variación se produce en un rango de voltaje de 1.2 V_{pp}.

Este nivel de voltaje no permitió que el evaluado consiga escuchar el tono a la intensidad requerida (17 dB) utilizando sólo audífonos, así que fue necesario recurrir a la ayuda de un amplificador de ganancia constante.

La ganancia de dicho amplificador es constante ya que la variación de la intensidad ya está controlada por el Codec.

Para implementar dicho amplificador, se recurrió a la ayuda del circuito integrado TDA2822M, el mismo que es un amplificador de potencia dual de baja señal.

La siguiente figura muestra el sistema completo de generación y amplificación de audio:



Esquema de Generación y Amplificación de Tonos

Así, se conectó la salida de audio de la tarjeta Ez- Kit Lite a la entrada del amplificador de ganancia constante y a la salida de este se conectaron los audífonos.

Una vez hecho esto, se realizó la evaluación audiométrica a tres pacientes de características similares (edad y estado de salud auditiva) tanto con el

AMCAEC I como con un equipo comercial y se fue variando el potenciómetro hasta que los resultados de las evaluaciones con ambos dispositivos fueran lo más similares posibles.

De esta manera, quedó determinada empíricamente la ganancia del amplificador.

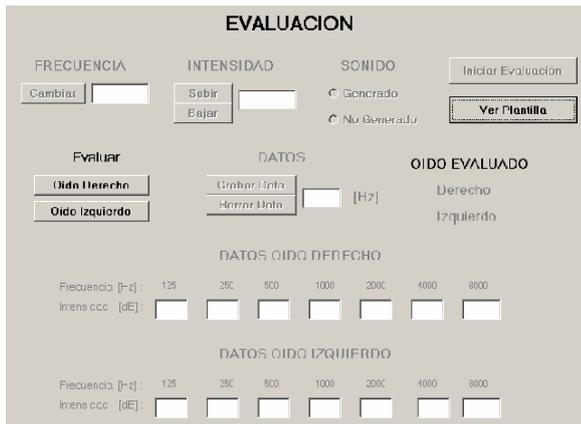
Dado que la evolución audiométrica se realiza de manera independiente para cada oído, fue necesario programar el códec para que mediante un comando enviado por el software desarrollado, el tono generado fuera asignando únicamente a una canal de salida del códec, el mismo que dispone de dos canales de salida, realizando así la correspondencia tanto para el oído izquierdo como para el derecho.

SOFTWARE DESARROLLADO

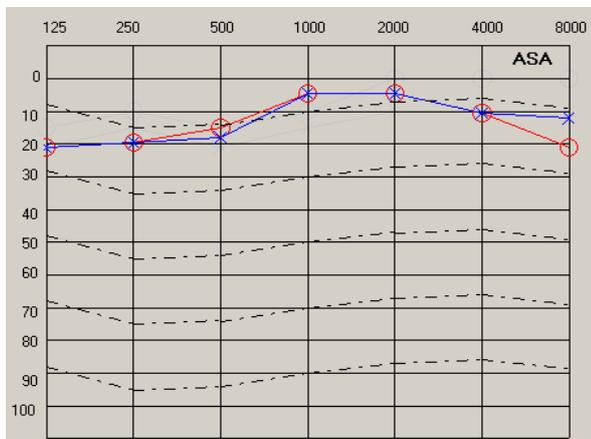
El software, que fue desarrollado en Visual Basic, tiene la capacidad de:

- Escoger la frecuencia del tono generado
- Subir y bajar la intensidad del tono generado
- Escoger el oído que se va a evaluar
- Obtener un audiograma acorde a los requerimientos de los protocolos médicos
- Guardar y recuperar el audiograma obtenido
- Imprimir el audiograma obtenido

La interface del programa consta de dos pantallas. En la primera se puede ver los parámetros que están siendo evaluados (oído, frecuencia, intensidad, etc) y, en la segunda se puede visualizar el audiograma obtenido.



Parámetros de Evaluación



Audiometría Trazada

HARDWARE DE AMCAEC I

El prototipo implementado, a nivel de hardware, consta de las siguientes partes:

Ez – Kit Lite: Contiene al DSP y al Códec

Conector DB-9: Aquí se conecta en cable que comunica al computador con la tarjeta.

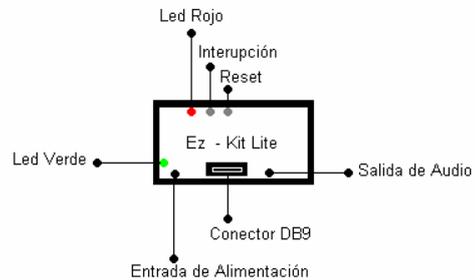
Salida de Audio: Aquí se conectan los audífonos

Pulsador de reset: Permite reiniciar el programa

Entrada de alimentación: Se conecta a una fuente de alimentación regulada incluida en el EZ-Kit Lite

Led Rojo: Permanece encendido mientras se realiza una evaluación

Led Verde: Permanece encendido mientras el dispositivo se encuentra conectado a la alimentación de un tomacorriente.



Esquema de AMCAEC I

PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS

PRUEBAS ELECTRONICAS

La frecuencia de cada uno de los tonos para ambos oídos (izquierdo y derecho) se analizó con la ayuda del software de audio Cool Edit Pro 2.0, el cual permite, entre muchas otras opciones, visualizar una señal de audio que ingresa por el puerto de sonido del computador.

Para realizar el análisis, se visualizó la señal ingresada por el puerto, y luego se le ordenó al programa indicar la ubicación de dos cruces por cero consecutivos en un salto de positivo a negativo de la señal. Al hacer esto, se obtuvo el valor de tiempo en el cual se produjeron dichos cruces para un período completo de la señal y por diferencia de estos valores de tiempo, se obtuvo el período de la señal y consecuentemente el período de la misma.

Este mismo análisis se realizó con la ayuda de un osciloscopio.

Se pudo observar que, en el caso de las mediciones realizadas con el Cool Edit Pro, las frecuencias de los tonos generados son exactas, mientras que en las mediciones realizadas con el osciloscopio, en ninguno de los casos

existe un error mayor a 1 Hz, así que se puede decir que se cumplen exitosamente los requerimientos de la frecuencia de los tonos generados

PRUEBAS MÉDICAS

En este análisis se realizó una comparación entre los audiogramas obtenidos con el AMCAEC I y con un audiómetro comercial.

El audiómetro comercial que fue tomado como referencia, es el equipo usado de manera diaria en el consultorio de un médico otorrinolaringólogo. Dicho equipo es un Audiómetro Manual, marca Welch Allyn, modelo 232, fabricado en Estados Unidos.

Estas pruebas fueron realizadas a nueve pacientes de diversas características (edad, ocupación, etc)

Se pudo apreciar que no existió una diferencia notoria, en cuanto a nivel y tipo de hipoacusia, entre los audiogramas obtenidos con el equipo comercial y los obtenidos con el AMCAEC I

PRUEBAS ESTADÍSTICAS

Para realizar el análisis estadístico de los resultados obtenidos tanto como con el AMCAEC I como con el audímetro comercial, se utilizó la denominada prueba de t.

Esta prueba es utilizada para comparar dos tratamientos y en ella se plantean 2 tipos de hipótesis: la hipótesis nula H_0 y la hipótesis alternativa H_a .

La primera es la de la no diferencia entre dos tratamientos, es decir, que los dos tratamientos son iguales estadísticamente hablando.

La segunda es la de la diferencia entre dos tratamientos, es decir, que los

tratamientos son diferentes estadísticamente hablando.

En toda prueba de hipótesis es necesario considerar un valor de α que es el nivel de seguridad que se tiene sobre la afirmación o negación de una hipótesis y se recomienda trabajar con dos niveles: al 5 % y al 1%.

Cuando se habla del 5% se quiere decir que se tiene la probabilidad de afirmar una hipótesis con el 95 % de probabilidades de estar en lo cierto y 5 % de estar en el error; en el otro caso se tiene la probabilidad de afirmar con el 99% de probabilidad de estar en lo cierto y 1% de errar.

Luego de haber realizado los cálculos estadísticos, se llegó a determinar que existe diferencia significativa al 1%, tanto en el oído derecho como en el izquierdo en las frecuencias de 500 y 1000 Hz.

En cambio, la diferencia es no significativa para los dos oídos para el resto de niveles.

Esto quiere decir que, en general, ambos equipos tienen el mismo comportamiento para los niveles no significativos. Sin embargo, son diferentes para los niveles significativos, lo cual podría deberse a que cuando se realizaron las evaluaciones en el consultorio del doctor, existió mucho ruido en el ambiente.

COSTOS

Considerando únicamente el hardware utilizado (EZ-Kit Lite, amplificador de audio, audífonos, y la caja) el precio final de fabricación del AMCAEC I ascendió a USD 394.18

Se debe además incluir un costo indirecto, el mismo que si bien no influye en el costo final de fabricación del

equipo, si influyó en la realización del presente trabajo de investigación.

Este costo es el de la realización de los 9 exámenes con un equipo comercial con el fin de realizar las comparaciones en el análisis médico y el estadístico.

Cada examen tuvo un valor de USD 6, dando como resultado un total de USD 54.

Si se considera este último valor, el costo total del AMCAEC I asciende a USD 448.18.

Es fácil notar que el costo del equipo es muy inferior al de uno comercial, que en promedio puede alcanzar el valor de 2500 USD.

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

1. Al analizar de manera individual las componentes de frecuencia de un sonido que ha sido sometido a un filtrado digital, es posible visualizar que la variación de la amplitud de la señal en la banda de paso se ajusta al valor del rizado calculado.
2. El uso de filtros digitales permite optimizar el ancho de banda disponible en cualquier aplicación, dado su alto grado de selectividad.
3. Para trabajar con audio en tiempo real, se debe escoger un DSP que tenga una velocidad lo suficientemente alta para permitir cumplir con el teorema de Nyquist en toda la banda de audición humana, ya que caso contrario, se presentarían inconvenientes en la digitalización de las señales analógicas.
4. Para amplificar audio, dada la sensibilidad del oído humano, se debe escoger cuidadosamente el tipo de amplificador a usar, ya que la intervención del ruido es muy significativa.
5. En caso de que se estén comparando dos tratamientos sobre individuos, animales o cosas, el uso de la estadística permite determinar de manera clara y objetiva las diferencias o similitudes entre los resultados obtenidos.
6. El uso de métodos estadísticos es indispensable para generalizar un procedimiento o tratamiento sobre una población
7. El uso de un software adecuado implementado en un computador personal, permite optimizar ampliamente las funciones de cualquier tipo de dispositivo periférico, ya que brinda muchas funciones de valor agregado sumamente amigables para el usuario final.
8. Luego de analizar los resultados del AMCAEC I, se ha observado que su comportamiento es igual al de uno comercial.
9. Se recomienda ampliar el alcance del dispositivo diseñado, para que el mismo realice otras pruebas complementarias a la evaluación de la conducción aérea, con el fin de aumentar el valor agregado del AMCAEC I.
10. Se recomienda realizar un estudio estadístico más amplio y utilizando el mismo dispositivo construido, en el que se aumente tanto el número de personas evaluadas como el de equipos de referencia, para poder garantizar al 100% los resultados obtenidos con el AMCAEC I.

11. Se recomienda, para todos los puntos anteriores, trabajar con un médico especialista, para de esta manera cumplir no solamente los requerimientos electrónicos del equipo sino también con los netamente médicos.
12. En vista de que el proyecto de titulación es un trabajo netamente investigativo, se recomienda que se incluya como requisito obligatorio un análisis estadístico de resultados en todos los proyectos en los que sea pertinente hacerlo.

7. HIDALGO Pablo, Apuntes de Comunicación Digital. Escuela Politécnica Nacional. Octubre 2003
8. ANALOG DEVICES, ADSP-2100 Family User's Manual, 3ra Edición. 1995
9. DANIEL Wayne, Bioestadística. Tercera Edición. Editorial Limusa. México. 1974

BIBLIOGRAFIA

Libros:

1. SATNLEY, Farb. Otorrinolaringología. Segunda edición. Editorial El Manual Moderno.
2. TRASERRA J.; AVELLANEDA R.; CUCHI M. A.; ABELLO P. Atlas Práctico Para el Médico General, Otorrinolaringología. Tomo 10
3. HARRISON. Principios de Medicina Interna. Volumen 1. 15ava Edición.
4. OPPENHEIM Alan; SCHAFFER Ronald. Tratamiento de Señales en Tiempo Discreto. Segunda Edición. Editorial Prentice Hall. Iberia. 2000
5. SOLER Brian; SPOTTS Jeff. Edición Especial Visual Basic 6. Editorial Prentice Hall. Iberia. 1999.
6. BELLAMY John, Digital Telephony, Editorial John Wiley & Sons, 3ra Edición, 2000.

Direcciones electrónicas:

10. www.interacustic.com
11. www.elo.utfsm.cl/elo385/documentos/intro-dsp.pdf
12. www.analog.com/analog_root/prductpage/producthome/0,,21xx%252dezlite,00.html
13. www.ee.vt.edu/tikuma/adsp2181/
14. www.analog.com/productselection/pdf/adsp2181_d.pdf
15. www.analog.com/analog_root/prductpage/producthome/0%2c%2cads p%25252d2181%2c00.html
16. www.analog.com/productselection/pdf/ad1847_d.pdf
17. <http://bips.bi.ehu.es/users/imanol/akustika/ElektroAkustikaApunteak.pdf>
18. <http://roble.pntic.mec.es/~ddoncel/>
19. www.abcdatos.com
20. www.sgs-thomson.com

21. <http://www.tecnun.com/asignaturas/tratamiento%20digital/TEMA8/>

22. <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/STMICROELECTRONICS/TDA2822.html>

Otros:

23. Manual de usuario del Ez- Kit Lite

24. Curso DSP, Ing. Fernando Vásquez

la misma institución. Sus áreas de interés se encaminan al desarrollo del video y procesamiento de imágenes.

BIOGRAFIAS

Barragán Borja Víctor Ing. Nacido en Quito en 1981. Obtuvo el título de Bachiller en HH.MM. en el colegio Sebastián de Benalcázar en 1999 y el de Ing. en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional en el 2005. Actualmente desempeña la función de Gerente de Líneas (TYCO, Sunirse Photonics y Draka Comteq) en el Área de Telecomunicaciones en la empresa Globalelectric S.A.

Ha realizado cursos de Linux, Visual Basic, Voz sobre IP y Manejo de Tecnología de Redes y en la parte de idiomas ha culminado el Fulbright English Program.

e-mail: r.barragan@globalelectric.com.ec

Pérez, Tania Msc. Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones, graduada en el Instituto Bonch Bruyevich, Leningrado 1977. Actualmente se desempeña como profesora principal a tiempo completo en la Escuela Politécnica Nacional. Ha realizado estudios de postgrado en computación en