

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la**

**Información (CEETI)**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**Estudio del comportamiento de la nasalidad entre  
grupos etarios con el uso del NS 1.0**

**Autor: Eddy Alejandro Rodríguez Rodríguez**

**Tutor: MsC, Beatriz Guerra Santana**

**Santa Clara**

**2015**

**"Año 57 de la Revolución"**

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la  
Información (CEETI)**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**Estudio del comportamiento de la nasalidad entre  
grupos etarios con el uso del NS 1.0**

**Autor: Eddy Alejandro Rodríguez Rodríguez**

[eddyalejandr@uclv.edu.cu](mailto:eddyalejandr@uclv.edu.cu)

**Tutor: MsC, Beatriz Guerra Santana**

[bguerra@uclv.edu.cu](mailto:bguerra@uclv.edu.cu)

**Santa Clara**

**2015**

**"Año 57 de la Revolución"**



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Biomédica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

---

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Firma del Tutor

---

Firma del Jefe de Departamento  
donde se defiende el trabajo

---

Firma del Responsable de  
Información Científico-Técnica

## **PENSAMIENTO**

*El éxito no se logra sólo con cualidades especiales. Es sobre todo un trabajo de constancia, de método y de organización.*

*Sergent, J.P.*

## DEDICATORIA

*Le dedico este trabajo a mi madre por ser forjadora de mi persona y por permitirme llegar hasta aquí.*

## AGRADECIMIENTOS

*A mi madre por hacer posible que yo esté aquí, y por su ayuda en todo momento.*

*A mi tutora Beatriz por su gran apoyo y comprensión en la realización de este trabajo.*

*A toda mi familia por contribuir a mi formación.*

*A mi novia Yaileny por su apoyo, cariño y comprensión en todo momento.*

*A mis hermanos por creer en mí.*

*A todos mis amigos del grupo y de la universidad.*

## TAREA TÉCNICA

- Realización de un estudio sobre las investigaciones reportadas en el mundo relacionadas con el comportamiento de la nasalidad entre grupos etarios.
- Selección de los ejercicios adecuados para el estudio de la nasalidad, a partir de las valoraciones de especialistas en Logopedia y Foniatría.
- Realización de grabaciones a niños para complementar la base de datos contentiva de valores de nasalidad entre grupos etarios.
- Análisis estadístico de las medidas de nasalidad mediante la estadística descriptiva (media, desviación estándar, máximos y mínimos) y validación de pruebas diagnósticas con la utilización de curvas ROC y criterio de EER.
- Evaluación del comportamiento de los parámetros de nasalidad utilizados y de los ejercicios para el estudio de la separabilidad entre los grupos estudiados.
- Redacción del informe final.

---

Firma del Autor

---

Firma del Tutor

## RESUMEN

La nasalidad es una variable que influye en la caracterización del habla de un sujeto. En el mundo se han realizado numerosas investigaciones encaminadas a determinar diferencias de nasalidad respecto a género, edad y dialecto. El presente trabajo persigue estudiar el comportamiento de la nasalidad entre grupos etarios en el idioma español con el uso del sistema de medición NasometryStudio 1.0, el cual fue diseñado en el año 2010 en el Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la Información (CEETI), en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV). Para el estudio se grabaron 73 niños con edades comprendidas entre 6 y 11 años y se utilizó la base de datos de adultos obtenidas con el mismo sistema y las mismas condiciones para otros estudios en el año 2014, utilizándose en la presente investigación un total de 146 sujetos.

En el estudio se analizaron fundamentalmente los parámetros relacionados con la nasalidad de tres palabras nasales. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico *SPSS (versión 20.0) para Windows*, con el cual se obtuvieron valores de estadística descriptiva como: media y desviación estándar, y se llevaron a cabo pruebas para determinar normalidad de la muestra así como diferencias entre las medias de los grupos analizados. Además se utilizó el *MatlabR2011*, con el cual se obtuvieron las curvas ROC y criterios de EER para obtener valores de umbrales más precisos que permitieran diferenciar los grupos estudiados.

## TABLA DE CONTENIDOS

|   |     |
|---|-----|
| PENSAMIENTO .....   | i   |
| DEDICATORIA.....  | ii  |
| AGRADECIMIENTOS.....  | iii |
| TAREA TÉCNICA.....  | iv  |
| RESUMEN.....  | v   |
| INTRODUCCIÓN .....  | 1   |
| Organización del informe .....  | 3   |
| CAPÍTULO 1.    Fundamentos de la medición de la nasalidad.....                                      | 4   |
| 1.1 Mecanismos de producción de la voz.....   | 4   |
| 1.1.2 Diferencias entre el aparato fonador de niños y adultos .....                                 | 5   |
| 1.2    Sonidos del habla.....   | 6   |
| 1.2.1    Sonidos nasales .....  | 7   |
| 1.3    Conceptos relacionados con nasalancia y nasalidad.....                                       | 7   |
| 1.3.1 Bases fisiológicas de la nasalidad.....   | 8   |
| 1.4    Alternativas para la medición de la nasalidad .....  | 9   |
| 1.5    Estudios realizados sobre el comportamiento de la resonancia nasal entre grupos etarios..... | 11  |
| 1.6    La estadística en el estudio de la nasalidad.....  | 14  |
| 1.7    Conclusiones parciales.....  | 16  |

|  |    |
|--|----|
| CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS .....   | 17 |
| 2.1.1 Hardware del sistema para la medición de la nasalidad .....                          | 18 |
| 2.1.2 Software del sistema .....   | 19 |
| 2.2 Procedimiento de obtención de las muestras .....                                       | 22 |
| 2.3 Herramientas y procedimiento a seguir para el análisis estadístico de las muestras ..  | 23 |
| 2.5 Conclusiones parciales.....  | 26 |
| CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....   | 28 |
| 3.1    Análisis de la palabra año .....  | 28 |
| 3.1.1    Análisis de la separabilidad entre los grupos para la palabra año .....           | 30 |
| 3.2    Análisis de la palabra niño.....  | 33 |
| 3.2.1    Análisis de la separabilidad entre los grupos para la palabra niño .....          | 35 |
| 3.3    Análisis de la palabra mañana .....   | 37 |
| 3.3.1    Análisis de la separabilidad entre los grupos para la palabra <i>mañana</i> ..... | 39 |
| 3.4    Análisis de los resultados.....   | 41 |
| 3.5    Conclusiones parciales.....   | 43 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....   | 44 |
| Conclusiones .....   | 44 |
| Recomendaciones .....  | 44 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 45 |
| ANEXOS.....  | 48 |

## INTRODUCCIÓN

La comunicación humana ha pasado por un proceso evolutivo hasta llegar al correcto desarrollo del habla: la producción de la voz; la cual es su principal medio de expresión y de ahí la importancia de una buena pronunciación.

En la producción de la voz existen diversos fenómenos de naturaleza fonoarticulatoria, siendo uno de ellos la nasalidad, la cual se caracteriza por ser el rasgo de la voz humana que relaciona el flujo de aire nasal y oral durante el habla [1]. Desde la segunda mitad del pasado siglo se han materializado diversos sistemas de medición llamados nasómetros que propician la cuantificación de la misma, permitiéndole a los especialistas de la rama fonoaudiológica emitir un diagnóstico fundamentado sobre aspectos relacionados con la resonancia nasal.

Con el uso de los nasómetros se han podido realizar numerosas investigaciones para estudiar el comportamiento de la nasalidad en distintos contextos [2-6]. El criterio de diferencias entre grupos etarios, por ejemplo, constituye un tema ampliamente investigado a nivel internacional, con el objetivo de obtener valores normativos de resonancia nasal en niños y adultos, y así determinar la existencia de diferencias significativas entre estos grupos [2, 7, 8].

En Cuba la carencia de instrumental médico en las consultas de Logopedia y Foniatría para el análisis del habla y sus rasgos, como por ejemplo: el análisis objetivo de la nasalidad, propició la creación en el año 2010 de un sistema de medición del grado de nasalidad llamado NasometryStudio v1.0 (NS 1.0) [9]. Luego del diseño e implementación del equipo se le realizaron diversas pruebas, las cuales demostraron el correcto funcionamiento del mismo así como su capacidad de captar por separado las señales nasales y orales, además de determinar el grado de nasalidad de un sujeto.

En el 2014, se realizó un estudio en el CEETI sobre la separabilidad del grado de resonancia nasal por locutores, el cual trajo como resultado la conformación de una base de datos referente a los tres grados de nasalidad existentes (hiponasalidad, nasalidad normal e hipernasalidad), y se determinó la metodología para una correcta separación y evaluación de la resonancia nasal [10]. Además, en el mismo año se realizaron otras investigaciones relacionadas con el comportamiento de la nasalidad entre géneros. En las mismas, se obtuvo una base de datos con grabaciones de nasalidad de 150 sujetos adultos con resonancia nasal normal (75 hombres y 75 mujeres), donde se concluyó que las mujeres y los hombres mostraron diferencias significativas en los sonidos nasales para todos los ejercicios, presentando las mujeres un comportamiento más nasal [11].

A pesar de que se han realizado diversas investigaciones sobre la nasalidad, no existe aún un criterio generalizado del comportamiento de la misma entre edades, y esa es precisamente la situación problemática en la presente investigación, la cual puede sintetizarse en la siguiente interrogante científica: ¿Existen diferencias en el comportamiento de la nasalidad entre grupos etarios empleando el NS 1.0?

Para dar solución al problema existente y responder la interrogante se plantean los siguientes objetivos de investigación:

**Objetivo General:**

- ✓ Evaluar el comportamiento de la nasalidad en niños y adultos con el uso del NasometryStudio.

**Objetivos Específicos:**

- ✓ Realizar grabaciones a niños para complementar la base de datos contentiva de valores de nasalidad entre grupos etarios.
- ✓ Definir el procedimiento a seguir para el análisis de las muestras obtenidas.
- ✓ Realizar el estudio estadístico del comportamiento de los parámetros relacionados con la nasalidad en cada palabra para el análisis de la separabilidad entre los grupos.

**Organización del informe**

El informe del trabajo está estructurado de la siguiente manera: introducción, capitulario, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos. En la Introducción se plantea la necesidad, antecedentes, objetivos de la investigación y características de las mediciones realizadas. En el Capítulo 1 se expone el mecanismo de producción de la voz, las definiciones de nasalidad y nasalancia, así como algunas alternativas para la medición de estos parámetros. Se analizan algunos estudios normativos de nasalidad entre niños y adultos, y las herramientas estadísticas utilizadas en los mismos para determinar diferencias entre grupos etarios. El Capítulo 2 describe las características del sistema utilizado para las mediciones, así como el procedimiento de obtención de las muestras y las herramientas para análisis estadístico realizado. El Capítulo 3 plantea los valores obtenidos en dichos análisis y su interpretación, presentando así los principales resultados del estudio.

## **CAPÍTULO 1. Fundamentos de la medición de la nasalidad**

En el presente capítulo se ofrece una pequeña introducción al mecanismo de producción de la voz, se hace alusión a los sonidos del habla, para luego profundizar en los sonidos nasales, en los cuales se basa este trabajo. Además se abordan los aspectos relacionados con las variables nasalidad y nasalancia, y se analizan las diferentes alternativas para la medición de nasalidad, así como los estudios realizados en el mundo sobre el comportamiento de la resonancia nasal entre niños y adultos.

### **1.1 Mecanismos de producción de la voz**

La voz es producida por la excitación acústica de una cavidad variante en el tiempo, el tracto vocal, la cual es la región de la cavidad de la boca acotada por la cuerdas vocales y los labios. Los variados tipos de sonidos son producidos ajustando tanto el tipo de excitación, como la forma del tracto vocal [12].

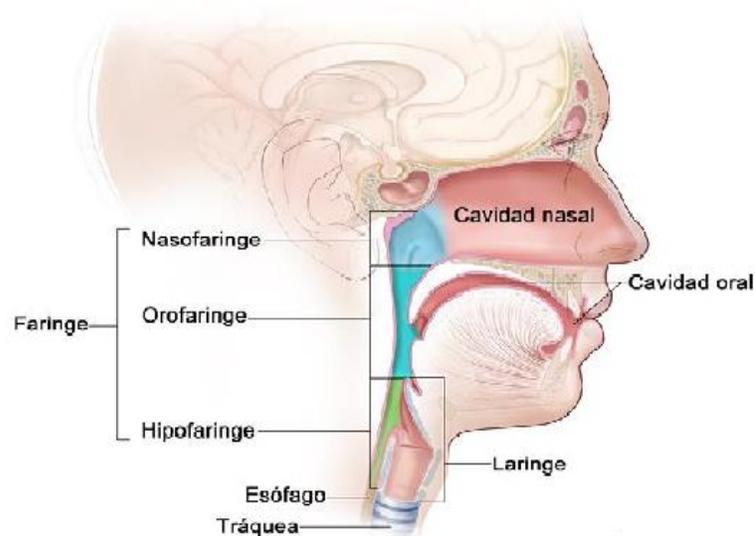
El mecanismo de producción de la voz puede modelarse por un sistema compuesto de tres etapas [12].

**Fuente:** encargada de la generación de sonidos (pulmones, cuerdas vocales). Específicamente, el sonido puede pertenecer a uno u otro tipo: sonoro o insonoro. La fuente de sonido del tipo sonoro puede ser modelada como un tren de pulsos de distintas formas que a lo largo de la historia han sido propuestas [13, 14]; estos pulsos se repiten oscilando a la frecuencia que vibran las cuerdas vocales (frecuencia fundamental). Por otra parte, el tipo de voz insonora puede ser modelado como un generador de ruido blanco o blanco de banda ancha [15].

**Articulación** (Modulador): le da forma y entonación a los sonidos que se están generando, comprende el tracto vocal el cual se puede modelar como una caja resonante que modifica (filtra) el sonido proveniente de las cuerdas vocales.

**Radiación:** corresponde a la parte final de las cavidades oral y nasal, por donde se expulsa el sonido.

El aparato fonatorio humano está compuesto por la tráquea, la laringe, la faringe y las cavidades oral y nasal (ver figura 1.1). El mecanismo de producción de la voz se inicia en los pulmones; el aire sale expulsado de ellos hacia la laringe (atravesando la tráquea y la glotis) a diferente presión en función del sonido que se desea generar. La glotis separa las cuerdas vocales y se mantiene abierta mientras se respira, pero en el momento de producir sonidos se va estrechando de manera intermitente. Tras superar la glotis, el aire se acerca al tracto vocal, el cual varía su forma dependiendo de los sonidos a generar. El tracto vocal es una caja de resonancia, cuya forma, y por lo tanto su respuesta, varían de acuerdo a la posición de los órganos articuladores (lengua, labios, mandíbula, velo paladar [16]:



**Figura 1.1:** Corte esquemático del aparato fonatorio humano.

### 1.1.2 Diferencias entre el aparato fonador de niños y adultos

Según los especialistas los niños y adultos presentan diferencias en el aparato fonarticulatorio, estas pueden provocar a su vez diferencias en la resonancia nasal.

Con el transcurso de la vida algunas partes del aparato fonoarticulatorio sufren cambios como: alargamiento del tracto bucal, influyendo en las características acústicas de la resonancia oral y cavidades nasofaríngeas; cambios fisiológicos que influyen en el control neuromuscular del puerto velofaríngeo o cambios asociados con el envejecimiento avanzado del tracto bucal.

Además existen otras diferencias en algunos órganos como por ejemplo: la laringe del niño es más pequeña, estrecha y flexible que la del adulto, la lengua de los niños es proporcionalmente más grande y las fosas nasales más pequeñas.

## **1.2 Sonidos del habla**

Los sonidos del habla, los que constituyen las cadenas lingüísticas con las que nos comunicamos, son la respuesta acústica de los resonadores que forman el tracto vocal (faringe, boca y nariz) a la fuente armónica situada en la glotis, o eventualmente, a alguna otra fuente transitoria en algún punto del propio tracto. La descripción acústica de cualquiera de los sonidos que componen las secuencias lingüísticas consiste en especificar el tipo de fuente que le es propio y la distribución de energía en el espectro de frecuencias que le corresponda. Desde el punto de vista articulatorio, la descripción radica en especificar la configuración que tiene que adoptar el tracto para dar lugar a los índices acústicos que correspondan, explicando qué órganos articulatorios son los responsables de que el tracto adopte esa configuración [17].

La producción de los sonidos del habla consta de tres momentos fundamentales: la respiración, debido a que fundamentalmente la corriente espiratoria es la materia prima para la producción de los sonidos articulatorios, la fonación siendo la etapa donde la energía espiratoria se convierte en sonido y la última etapa es la articulación que ocurre en la cavidad faríngea, nasal y bucal dando lugar a la diversificación de timbres.

Los sonidos se pueden clasificar según la cavidad por donde pase el aire al salir. Si el aire sale exclusivamente por la boca, se consideran sonidos orales. Si el aire sale por la nariz y la boca, se consideran sonidos nasales. En este trabajo nos centraremos específicamente en los sonidos nasales y sus características en el idioma Español.

### 1.2.1 Sonidos nasales

En términos de fonética articulatoria se suele referir como nasal a todo sonido, en cuya producción el velo del paladar desciende, separándose de la pared faríngea y abriendo paso al aire a través de la cavidad nasal [18].

Desde el punto de vista de la fonética acústica, los sonidos nasales son absolutamente distintos de otros sonidos del habla. Dichos sonidos se caracterizan por una baja intensidad para su primera resonancia y una intensidad alta en las demás resonancias. Además la amplitud de los nasales es usualmente menor que la de las vocales adyacentes. Por otro lado, los nasales son parte de una clase exclusiva dentro de la clasificación fonética, ya que adquieren su rasgo distintivo en la cavidad nasal, lo cual produce un contraste absoluto con los fonemas orales.

Las consonantes nasales y nasalizadas presentan particularidades en las diferentes lenguas del mundo. El español, por ejemplo, posee tres fonemas nasales: /m/ /n/ /ɲ/. Los fonemas nasales se clasifican de la siguiente forma: nasal dental[n], nasal alveolar [n], nasal retrofleja [ɲ], nasal palatal [ɲ], nasal velar [ŋ] nasal bilabial[m] y nasal labiodental [ɱ], todos con semejanza en los rasgos sonoros, cualidades de sonido comunes en los nasales del español.

Dichos fonemas funcionan de manera contrastiva en posición inicial de sílaba (o de palabra) y de manera no contrastiva en posición final de sílaba (o de palabra). Podríamos decir que si funciona de manera contrastiva se utilizan para marcar un contraste semántico en la palabra (son fonemas), mientras que si funcionan de manera no contrastiva, es porque el contexto en el que aparece así lo exige (son alófonos de un mismo fonema) [19].

### 1.3 Conceptos relacionados con nasalancia y nasalidad

La nasalidad y la nasalancia son dos conceptos que están estrechamente relacionados, y en muchos casos tiende a confundir en qué momento se está hablando de uno u otro. Ambos caracterizan la emisión de sonido por la nariz, pero la gran diferencia es que cuando hablamos de nasalidad nos referimos a la impresión subjetiva captada por un juez y a la nasalancia como la cuantificación de la resonancia nasal, es decir, la medición objetiva de esta variable.

### 1.3.1 Bases fisiológicas de la nasalidad

La nasalidad es un fenómeno de naturaleza fonética articuladora y físico-acústica determinado por el proceso de resonancia. En dicho proceso intervienen los órganos resonadores constituidos por la cavidad oral, la faringe y la cavidad nasal que toman diferentes configuraciones para la producción de cada sonido mediante constricciones articulatorias o la apertura y cierre de las cavidades. Las modificaciones de la corriente de aire ocurridas en las estructuras supraglóticas aumentan el volumen de la señal producida en la laringe y refuerzan algunos de sus armónicos, lo que contribuye a la caracterización del timbre de voz de cada individuo. Los cambios en la configuración y tensión de las partes móviles o semimóviles del sistema de resonancia (como músculos y tejidos blandos de la faringe, úvula, lengua, labios, las estructuras óseas, articulares y musculares de la laringe y de la mandíbula) afectan de manera directa las características de la resonancia de la voz [20].

El principio general es que cualquier cuerpo vibrante que esté unido a su entorno comunicará su energía y si dicho entorno está formado por un conjunto de cuerpos análogos que son puestos en vibración por el cuerpo inicial, se producirá un fenómeno de amplificación o atenuación de la intensidad del sonido expresada en decibeles – dB. El tracto vocal al igual que ocurre con algunos instrumentos, actúa como un resonador amplio pero también, puede modificar su configuración a la de cavidades estrechas gracias a su adaptabilidad, determinada por los movimientos de los órganos articuladores [21].

La nasalidad se produce cuando la cavidad de resonancia posterior o nasal entra en acción a través del descenso del velo del paladar haciendo que las ondas sonoras se reflejen en su interior y adquieran el rasgo de nasalidad [22].

Así, durante la fonación, las ondas sonoras producto de una actividad laríngea, pueden ser reflejadas en la cavidad oral o nasal haciendo que a través de ellas emerja cierta proporción de energía acústica. Este tipo de energía puede ser medida a través de métodos perceptuales e instrumentales de evaluación los cuales arrojan datos en términos de nasalidad y de nasalancia, respectivamente [20].

La nasalidad puede ser un factor de diferenciación entre hablantes nativos de una lengua, lo mismo que un criterio para el estudio de patrones típicos de desarrollo, de variaciones

dialectales y de comparación con hablantes que presentan alteraciones en la resonancia del habla. Es importante considerar que los grados de nasalidad en una lengua están determinados por el sistema de reglas fonológicas que rigen las secuencias de los sonidos en la estructura silábica y la estructura de la palabra, así como las restricciones que operan en cada sistema lingüístico y se aplican tanto a sonidos vocálicos como consonánticos, a partir de los cuales los oyentes valoran como aceptable o no el rasgo nasal en las producciones de sus interlocutores.

#### **1.4 Alternativas para la medición de la nasalidad**

A partir de la década de los setenta en el mundo han venido surgiendo diferentes alternativas para la medición de la nasalidad. Una de ellas es el nasómetro, el cual se ha convertido en la actualidad en una herramienta clínica estándar a nivel internacional, para la evaluación y el tratamiento de pacientes con problemas de resonancia nasal.

El éxito de este tipo de instrumento se basa fundamentalmente en su simplicidad: el ser no invasivo al paciente y fácil de interpretar sus datos por parte del personal que realiza el diagnóstico. A continuación se presentan algunas alternativas de estos sistemas existentes en el mundo:

- El Nasometer 6200, introducido en 1987 por Kay Elemetrics Corporation, representa el modelo original del dispositivo y es la fuente para determinar gran parte de trastornos del habla y nasalidad normal, además se ha utilizado para describir la resonancia del habla en la población normal y clínica. Se basa fundamentalmente en las señales nasal y oral preamplificada de dos micrófonos por separado y luego filtrada con filtros pasa banda (frecuencia central = 500Hz, el ancho de banda a -3dB de 300Hz) para capturar la región de baja frecuencia del espectro de la voz [23].
- Posteriormente en 2003, Kay Elemetrics PENTAX introdujo el Nasometer II, modelo 6400 (ver Figura 1.2), el cual es un instrumento que calcula la proporción de los datos acústicos adquiridos por los dos micrófonos. El coeficiente calculado es llamado nasalización, que es indicativo de nasalidad en el habla y se expresa en por ciento [%]. Cuanto mayor sea la proporción de la presión oral-nasal, mayor será

la nasalización y más nasal será la voz. La visualización en tiempo real permite a los usuarios realizar su control velofaríngeo durante el habla [23].



**Figura 1.2: Nasometer II 6400 (Santana, 2010).**

- El Nasometer II, Modelo 6450 (ver Figura 1.3) es un instrumento que computa una proporción de los datos acústicos adquiridos por los micrófonos. El Nasometer II 6450 supera las desventajas de los dispositivos invasivos y las máscaras portátiles, se utiliza tanto para diagnóstico, como para terapia. Patólogos del habla, otorrinolaringólogos, y cirujanos plásticos usan el instrumento para ayudar y complementar el diagnóstico, consultas y protocolos del tratamiento [24].



**Figura 1.3: Nasometer II 6450 [23].**

- El NasalView es un sistema nuevo y rentable, conformado por software y hardware (ver Figura 1.4) diseñado para la adquisición de datos, análisis clínicos y el tratamiento de los trastornos de la resonancia nasal. Ofrece mediciones en tiempo real de la hipernasalidad y la emisión nasal a través de una sencilla pantalla gráfica, con la conveniencia y la utilidad clínica de reproducción instantánea, así como la recuperación de base de datos de todas las muestras de voz grabadas. Además proporciona el análisis detallado del espectrograma de banda ancha y estrecha, FFT

(transformada rápida de Fourier) y LPC (codificación por predicción lineal). El tratamiento de los trastornos de la resonancia nasal se logra a través de tareas que proporcionan retroalimentación visual y auditiva para el paciente [25].

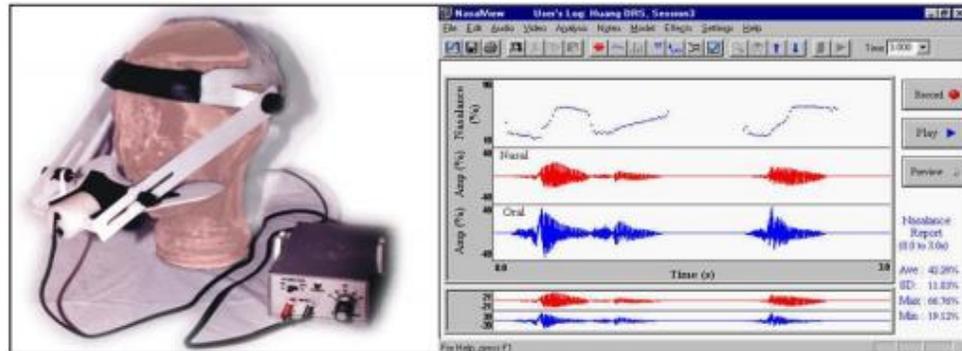


Figura 1.4: Sistema Nasal View (DRS, 1998).

- El NasometryStudio.v1.0 (ver Figura 1.5) nasómetro implementado en el Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la Información (CEETI) para la medición de la nasalidad, está compuesto por hardware y software, basado principalmente en las alternativas diseñadas por la Glottal Enterprises y la Kay Elemetrics. Luego de desarrollar el dispositivo fue necesario determinar la nasalidad existente e implementar un software para visualizar tanto las señales obtenidas como las medidas de nasalidad calculadas [9].

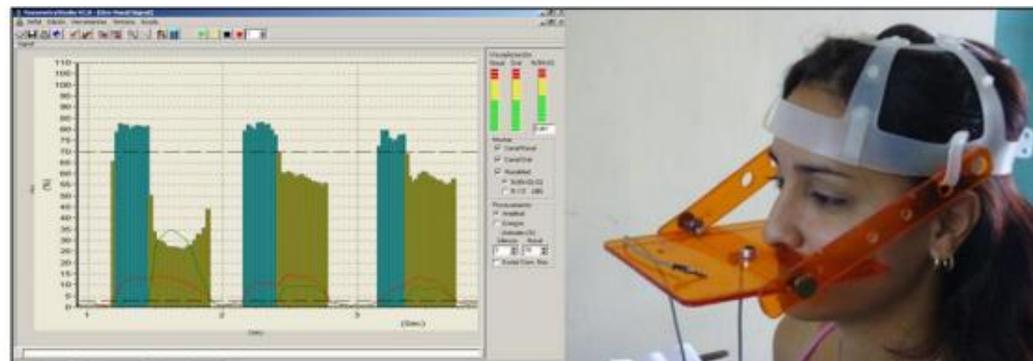


Figura 1.5: NasometryStudio.v1.0 [9].

## 1.5 Estudios realizados sobre el comportamiento de la resonancia nasal entre grupos etarios

En el mundo existe una disyuntiva con respecto al comportamiento de la nasalidad en niños y adultos, por lo que se han realizado numerosas investigaciones para determinar si existen

diferencias significativas entre grupos etarios. A continuación se muestran algunos datos y resultados de varias investigaciones publicadas con respecto al tema.

### ***Estudios realizados con niños y adultos simultáneamente***

- Thompson e Hixon en 1979 encontraron diferencias significativas en la nasalidad entre grupos etarios, al investigar la corriente de aire nasal durante la producción del discurso normal de 112 niños y adultos. Como resultado de este estudio encontraron que el 50% de los adultos mostraron la corriente de aire nasal al punto medio de las vocales que preceden a / n /, sólo el 14% de los niños con edades de 3 a 6 años lo hicieron, 20% de 6 a 9 años, y el 43% de 9 a 12 años. Estos resultados llevaron a los autores a concluir que la nasalidad aumenta con la edad [7].
- Leeper en 1992, estudió la nasalidad en los sujetos bilingües (inglés y francés) canadienses usando el nasómetro y pasajes de lectura en los 2 idiomas y encontró que los grupos etarios más jóvenes (7-12 y 13-19 años) tenían valores de nasalidad significativamente más bajos comparados con el grupo etario de mayor edad (20-85 años). Dichos resultados se obtuvieron para todos los pasajes de lectura en los idiomas estudiados y el autor concluyó que los valores de nasalidad cambian con la edad para los sujetos normales [8].
- R. Mayo en 1996 realizó un estudio para evaluar el comportamiento de la nasalidad, tanto para diferentes idiomas como sexo y edad, arrojando como resultado: valores estadísticamente menores en niños (9-19 años) que en adultos (20-85 años) [26].
- Kathryn Ruth Kendrick en su tesis de maestría en la Universidad del estado de Louisiana en el 2004, realizó un estudio en el que participaron niños, adultos y ancianos de ambos géneros. A partir de este estudio demostró que la nasalidad va aumentando con la edad, al ser los valores de nasalancia de los ancianos, mayores que la de los niños en los tres ejercicios de lectura realizados [6].

### ***Estudios realizados con grupos etarios por separado***

- En 1989 Fletcher realizó un estudio a 117 niños que estaban entre las edades de 5 a 12 años usando el nasómetro y tres pasajes normales, donde obtuvo los siguientes resultados, 15.53% de promedio de nasalidad total (PNT) para la palabra zoológico,

35.69% de PNT para la palabra arco iris y 61.01% de PNT para una palabra nasal [27].

- Janneth Suárez, fonoaudióloga de la Universidad de Colombia y algunos colegas de la universidad de Argentina realizaron una investigación titulada “Empleo del nasómetro 6200 en la evaluación fonoaudiológica de la nasalidad en niños colombianos”. Las pruebas fueron realizadas a 60 niños de la ciudad de Bogotá, de 3 a 5 años de edad. Se midió nasalancia con el nasómetro 6200 Kay Elemetrics Corporation compatible con International Business Machines (IBM), con un repertorio de fonemas nasales (/m/, /n/ y /ñ/). Los resultados mostraron que el rango del promedio total de nasalidad en infantes colombianos de tres a cinco años hablantes del español se ubica en un rango de 38-41% [28].
- MacKay y Kummer (1994) [5] publicaron datos normativos al hacer un estudio a 250 niños normales entre las edades de 3 y 9 años usando un nasómetro, reportando valores de nasalidad semejantes a los encontrados por Fletcher en [27].
- Seaver en 1991 estudió los valores de nasalidad de 148 personas adultas normales de cuatro regiones geográficas de América del Norte y se usaron los tres pasajes normales que utilizó Fletcher en [27]. Los participantes tenían una edad de 33 años. Los resultados indicaron valores de 16% de PNT para la palabra zoológico, 36% de PNT para arco iris y 62% de PNT para un pasaje nasal [4].

Como se puede observar los valores de promedio total de nasalidad (PTN) obtenidos por Seaver en 1991 con adultos y los obtenidos por Fletcher en 1989 [27] y MacKay y Kummer en 1994 [5] con niños, no presentan variaciones significativas.

- Seaver en 1991 encuentra resultados similares a los expuestos en el párrafo anterior usando el nasómetro, donde los participantes mayores de 38 años, exhibieron valores superiores para el pasaje zoológico comparado con los adultos más jóvenes de 18 a 38 años, los adultos normales de mayor edad exhibieron menos cierre y control del velo paladar comparado con los adultos jóvenes normales estudiados por Hutchinson en 1978 [4].
- Marieke Bult de la Universidad de Utrecht, realizó un estudio para determinar valores de porcentajes de nasalidad para un grupo de 38 niños con nasalidad normal

de Holanda, con edades comprendidas entre 4 y 6 años, e investigar diferencias de nasalidad en género, edad y dialecto regional, obteniendo como resultado que existían diferencias respecto a edad y dialecto regional a diferencia del otro parámetro analizado en la muestra [29].

- Van Doom y Purcell en 1998 realizaron un estudio a 245 niños australianos con edades comprendidas entre 4 y 9 años, obteniendo como resultado que no existen diferencias respecto a la edad [2].

Como podemos ver los estudios resumidos en la tabla no permiten generalizar la existencia o no de una diferencia significativa de la nasalidad entre el niños y adultos, pero sí se muestra una tendencia a que los adultos en sentido general poseen mayores características nasales que los niños debido a aspectos anatómico-fisiológicos en su complejidad física como que los tejidos suaves y duros de la boca, mandíbulas, paladares, nariz, senos y cráneo cambian considerablemente con el transcurso de la vida de manera que podrían influir en las características acústicas de resonancia [29].

### **1.6 La estadística en el estudio de la nasalidad**

La estadística actualmente está presente en casi todos los campos de investigación porque cuenta con disímiles pruebas que facilitan la toma de decisiones acerca de una hipótesis, haciendo más sencillo el análisis de los resultados obtenidos en un estudio.

A continuación se ofrece evidencia del uso de pruebas estadísticas en algunas de las investigaciones relacionadas con análisis de valores de nasalancia llevadas a cabo en el mundo y los resultados obtenidos en los mismos.

- Marieke Bult de la Universidad de Utrecht en su tesis de maestría realizó un estudio para determinar valores de porcentajes de nasalidad para un grupo de niños de Holanda, para el análisis estadístico de los valores de nasalidad utilizó el SPSS, donde la prueba de Kolmogorov-Smirnov fue la elegida para el análisis de normalidad en la muestra de ese estudio. También realizó comparaciones de medias usando de prueba t de Student [3].
- Alison Purcell y Jan Van Doorn [2] realizaron un estudio en el que participaron niños australianos, dicho estudio tenía como objetivo obtener valores generales de

nasalidad para así determinar la existencia de diferencias significativa entre género o edad. En el análisis de muestra, para la obtención de medidas de tendencia central y análisis de varianza bidireccional se utilizó estadística descriptiva.

- María Angélica Fernández y Braulio Gómez [30] realizaron un estudio para determinar si existen diferencias en el escape de aire nasal durante la emisión de fonemas oclusivos y fonemas fricativos en pacientes portadores de fisura labiovelopalatina unilateral operada, dicho estudio fue realizado en 74 pacientes diagnosticados con fisura labiovelopalatina unilateral operada, con un rango de edad desde 4 años 10 meses hasta los 45 años. Para realizar el análisis comparativo se utilizó la prueba t de Student. Como resultados se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de escape de aire nasal entre fonemas fricativos (52, 22%) de PNT y fonemas oclusivos (35,94%) de PNT.
- Norsila Abdul con varios colegas realizaron un estudio en 2004 para obtener y comparar valores de nasalidad de dos grupos conformados por 103 niños normales y 27 con paladar hendido, para el análisis estadístico de los datos obtenidos se usó el software SPSS y específicamente el test de Student para muestras independientes [31].
- Pimanthep y Dechongkit compararon los valores de nasalidad obtenidos al estudiar 86 niños tailandeses con edades comprendidas entre 8 y 15 años, divididos en 43 niños con habla normal y 43 niños con paladar hendido. Para ello realizaron pruebas t de Student obteniendo como resultado que los niños con paladar hendido alcanzaron valores de nasalidad significativamente más altos que el grupo de los niños normales en todos los pasajes ( $p < 0,01$ ) [32].
- Karin Brunnegard realizó [33] un estudio para la determinar valores normativos de la nasalancia en niños suecos e investigar posibles diferencias de nasalidad respecto a la edad, género y dialecto regional. En el estudio participan 73 niños divididos en dos grupos, 52 niños con labio paladar hendido y 21 con resonancia normal. Aplica correlación de Spearman, análisis de varianza (ANOVA) y prueba t de Student y obteniendo como resultado que no existen diferencia respecto a género ni al dialecto regional pero sí en edad.

- Beatriz Guerra Santana [10] realizó un estudio para separar locutores por grado de nasalidad, donde los participantes fueron personas normales y patológicas, para el análisis de los datos se utilizó la estadística descriptiva y las pruebas diagnósticas curvas ROC.

Como se puede apreciar la estadística facilita el análisis de los datos en cualquier estudio, porque brinda herramientas y resultados en forma de tabla, gráfica, porcentual, etc. En las especialidades de Logopedia y Foniatría, y específicamente en estudios de nasalidad se utilizan fundamentalmente test paramétricos y estadística descriptiva los cuales brindan resultados fáciles de resumir e interpretar.

### **1.7 Conclusiones parciales**

Después de hacer un estudio detallado de los aspectos teóricos relacionados con nasalidad y de los valores obtenidos en estudios anteriores sobre el tema, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- La nasalidad es un fenómeno fonoarticulatorio presente en algunos sonidos del habla y se refiere al juicio perceptual o impresión subjetiva de presencia o ausencia de rasgos nasales en la producción del habla. En cambio la nasalancia es la variable determinada de forma instrumental por la relación existente entre la energía acústica nasal y oral la cual puede ser obtenida mediante distintos dispositivos.
- A partir de la década del setenta se comenzaron a implementar instrumentos para cuantificar la nasalidad, obteniéndose varios modelos con diferentes características.
- En el mundo se han desarrollado investigaciones encaminadas a determinar la existencia de diferencias de nasalidad entre género, dialectos y grupos etarios, concluyendo algunos investigadores que existen diferencias con respecto a estos parámetros y otros no, por lo que los resultados respecto al tema no se concluyentes.
- La estadística está presente en numerosas investigaciones relacionadas con la nasalidad, brindando mayores facilidades a los especialistas en el análisis de los datos.

## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se caracterizarán las herramientas para la obtención de valores de nasalancia en personas con habla normal. Además se explicarán los ejercicios seleccionados para realizar las grabaciones, así como las características del proceso para la obtención de las muestras y por último se hará un análisis detallado del método estadístico más adecuado para el análisis de los resultados, para así caracterizar el comportamiento de la nasalidad entre a grupos etarios.

### 2.1 Sistema de medición

La nasalidad es una variable que puede ser medida fácilmente por varios equipos desarrollados de la década del 70 en adelante. El sistema utilizado para realizar el estudio se diseñó en 2010 por los investigadores del departamento de Procesamiento de Voz del CEETI, con el objetivo de satisfacer las necesidades existentes en las consultas de logopedia y foniatría, principalmente de la provincia de Villa Clara; en la figura 2.1 se muestra el diagrama en bloques del sistema utilizado.

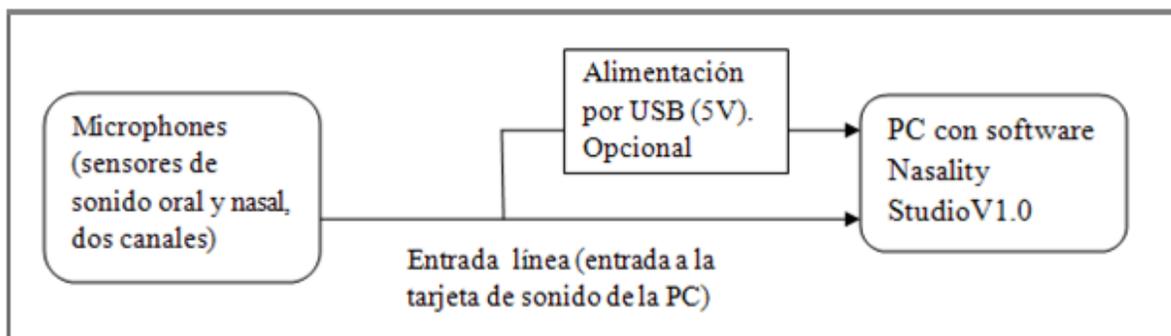


Figura 2.1: Diagrama en bloques del sistema utilizado.

### 2.1.1 Hardware del sistema para la medición de la nasalidad

El sistema de medición utilizado está compuesto por una placa de acrílico que actúa como separador, esta es la encargada de separar la señal oral de la nasal, permitiendo analizarlas por separado y visualizarlas sin ser mezcladas. Este equipo posee 2 tipos de soportes (ver figura 2.2), de mano y de cabeza, ambos modelos son fáciles de manejar tanto por el paciente como para el operario del equipo, para la obtención de las muestras en el presente estudio se usó el modelo de soporte de cabeza. El hardware del sistema también está compuesto por los siguientes componentes: cables, 2 resistencias de  $4.3\text{ K}\Omega$ , conector y 2 micrófonos electret (ver figura 2.3) que están formados por 2 placas, una metálica y otra de material electret, esta última es polarizada desde su misma fabricación lo que significa que no necesita alimentación y puede durar muchos años, aunque estos poseen internamente un amplificador, el cual si necesita alimentación y la obtiene de la entrada de micrófono de la tarjeta de sonido de la PC o de la que brinda el puerto USB.



Figura 2.2: Nasómetros con soporte de cabeza y con soporte manual respectivamente.

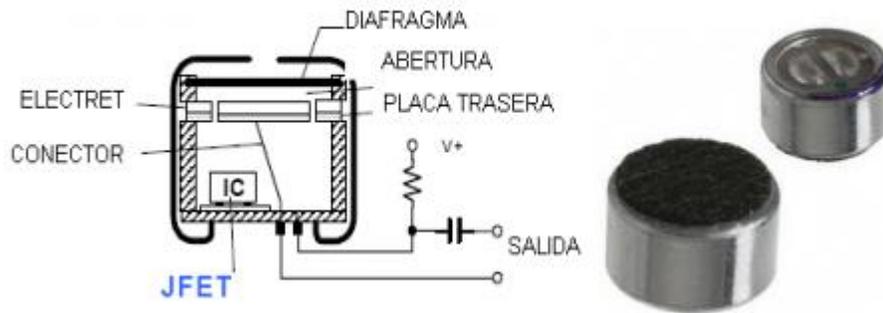


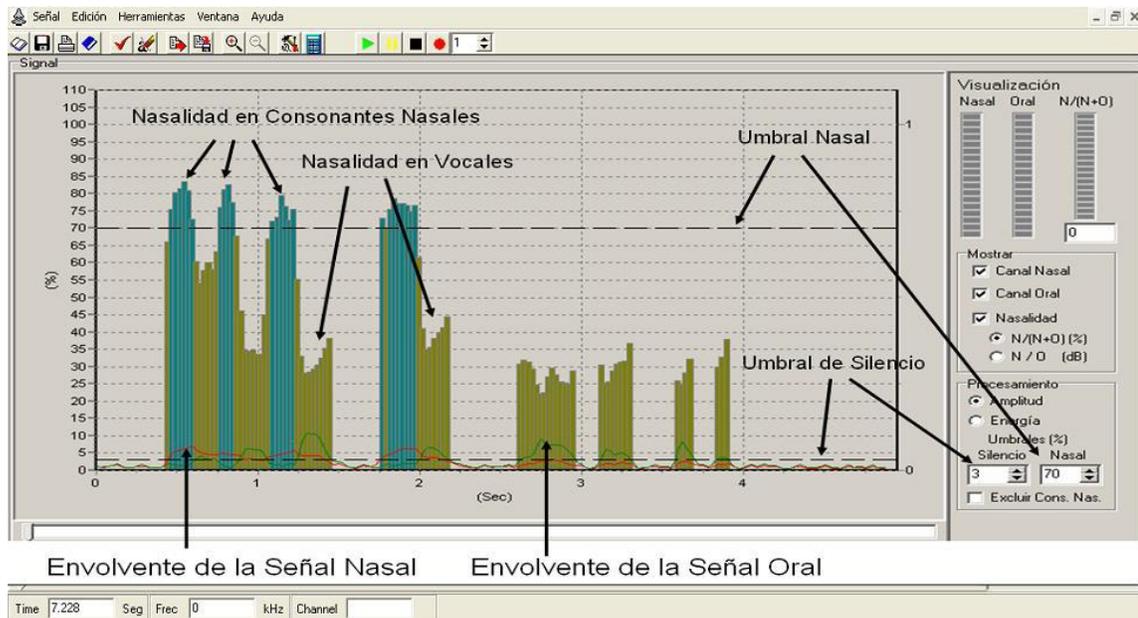
Figura 2.3: Micrófono electret [34].

Estos micrófonos brindan niveles de voltaje relativamente altos, su respuesta de frecuencia es la más extensa entre los distintos tipos de micrófonos y [35] son muy baratos y pequeños.

### 2.1.2 Software del sistema

El Nasality Studio V1.0 (ver Figura 2.4) constituye una interfaz realizada en la herramienta *Borland Delphi 7*, la cual interpreta las señales sonoras recibidas por los micrófonos y las muestra de forma de gráfica.

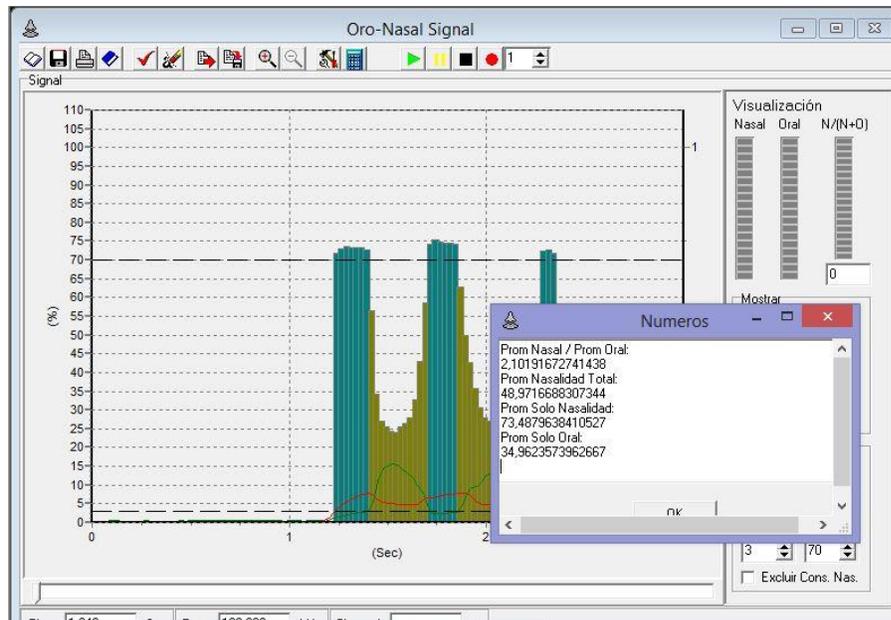
En el sistema se pueden ajustar y modificar los umbrales de silencio y nasal. El umbral de silencio existe para realizar un filtrado de la señal de sonido, bloqueando el ruido ambiental en ambos micrófonos, recomendado para un 3% de nasalidad, en caso del umbral nasal, varía de 68 a 72% en cuanto al idioma del paciente o intensidad de la voz, valores de umbrales tomados por distintos investigadores del tema, entre ellos Rosenberg en sus grabaciones [13].



**Figura 2.4: Interfaz gráfica del Software NasometryStudio.v1.0 [9].**

La calculadora (ver Figura 2. 5) es una de las herramientas más importantes en este software porque nos brinda el cálculo de las medidas relacionadas con la resonancia nasal, lo que le brinda al médico una fácil interpretación y un rápido diagnóstico objetivo, estas medidas se presentan a continuación [36].

- Promedio de Sonidos de Alta Nasalidad (PSAN): Este valor nos muestra la nasalidad presente en sonidos nasales, es el promedio de las amplitudes que se encuentran por encima del valor umbral de nasalidad.
- Promedio de Sonidos de Baja Nasalidad (PSBN): Este es el promedio de la región de la señal que está por debajo del umbral de nasalidad, y por tanto están clasificadas como orales.
- Promedio de Sonidos de Alta Nasalidad/Promedio de Sonidos de Baja Nasalidad (PSAN/PSBN): Es la relación existente entre los promedios de alta nasalidad y baja nasalidad descritos anteriormente.
- Promedio de nasalidad total (PNT): Este valor muestra la nasalidad presente en toda la grabación tanto en los sonidos nasales como no nasales. Es decir, el promedio general, independientemente de que la nasalidad esté por encima o por debajo del valor umbral, exceptuando los silencios.



**Figura 2.5: Herramienta “Calculadora”.**

Otra herramienta importante es la calibración, la cual permite mejorar la sensibilidad de los micrófonos ya que estos pueden tener diferentes amplitudes de señales obtenidas en correspondencia con la sensibilidad y calidad de cada uno de ellos.

Para realizar la calibración se reproduce un tono por la salida de audio de la PC, se coloca el micrófono de uno de los 2 canales en la bocina por donde se está reproduciendo el sonido y se determina la amplitud de la señal captada. Luego se realiza la misma operación con el micrófono del segundo canal. Al final se obtiene el valor por el cual se tiene que multiplicar el canal que menos amplitud haya presentado para así amplificarlo mediante el botón “Ajustar Amplificación” y obtener a la salida ambas amplitudes equilibradas. En la figura 2.6 se muestra la ventana que permite hacer lo antes expuesto.

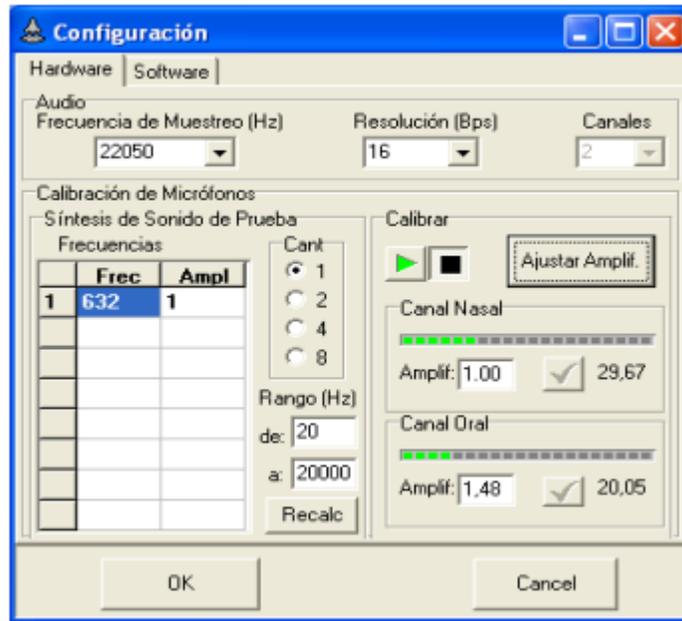


Figura 2.6: Herramienta para la calibración del sistema.

## 2.2 Procedimiento de obtención de las muestras

Las grabaciones para la creación de la base de datos de nasalidad en niños se realizaron en el idioma español, a 73 niños con nasalidad normal, con edades comprendidas entre 6 y 11 años de la región central de Cuba, específicamente en las provincias de Villa Clara y Sancti Spíritus. Para realizar dichas grabaciones primeramente se calibró el sistema de la siguiente manera; se eligió una frecuencia de muestreo de 44100 Hz, el umbral de nasalidad se varió entre 68% y 72% como se ha hecho en estudios anteriores donde se ha usado el NasometryStudio. El umbral de silencio se puso en 3%, de esta manera no detecta ruidos significativos, que vayan a afectar las grabaciones, como voces, ruido de automóviles etc.

Además para el estudio se utilizó la base de datos creada en el CEETI en el año 2014 con 73 grabaciones de adultos de edades comprendidas entre 18 y 25 años.

El estudio se realizó mediante la grabación de las palabras *mañana*, *niño* y *año*, cada palabra se grabó 2 veces para así promediar los valores de los parámetros obtenidos para cada grabación y poder obtener valores más exactos.

Las palabras utilizadas para realizar las grabaciones fueron escogidas porque poseen pocas sílabas y combinan varios fonemas. A continuación se da una explicación más detallada del criterio seguido en la selección de los ejercicios en cuestión.

- ✓ El ejercicio niño se eligió debido a que combina dos fonemas nasales diferentes, como /n/ y /ñ/ en combinación con las vocales /i/ y /o/, que pueden presentar diferencias en cuanto a su comportamiento de nasalización.
- ✓ La palabra mañana está compuesta por los tres fonemas nasales que existen en el español: /m/, /n/ y /ñ/ además de la vocal abierta /a/. Debido a su gran contenido de consonantes nasales, se le considera como una palabra nasal y según los especialistas consultados, es un ejercicio adecuado para el diagnóstico subjetivo, y pudiera ser de gran utilidad en este estudio.
- ✓ El vocablo año se propuso debido a que intercala el fonema nasal /ñ/ entre una vocal abierta (la lengua se separa totalmente del paladar) /a/ y una media (la lengua está a una distancia intermedia del paladar) /o/ [37].

### **2.3 Herramientas y procedimiento a seguir para el análisis estadístico de las muestras**

Para el análisis de las mediciones se utilizó la herramienta SPSS (para Windows) versión 20.0 y el MatlabR2010. Con SPSS se pueden adquirir datos desde casi cualquier tipo de archivo y utilizarlos para generar informes tabulados, gráficas, diagramas de distribuciones y tendencias, estadística descriptiva y otros complejos análisis estadísticos [38].

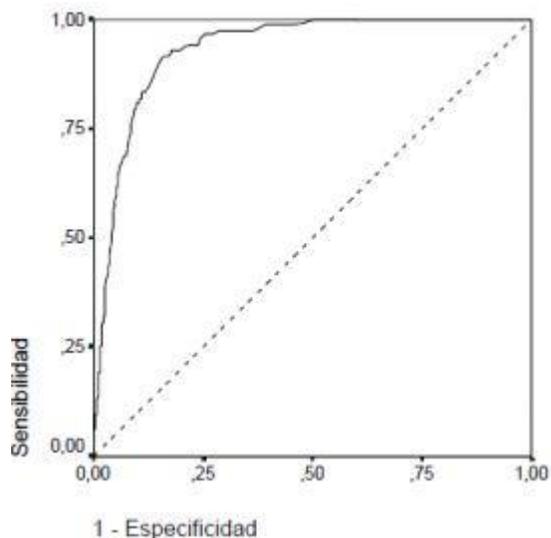
El Matlab es un software que posee herramientas básicas como la manipulación de matrices, representación de datos y funciones como, la implementación de algoritmos y la creación de interfaces de usuario.

En el estudio se usa la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar normalidad en la muestra obtenida, ya que es considerada uno de los test más adecuados para muestras mayores de 30 casos [38]. También se utilizó la prueba t de Student para dos muestras independientes, la cual fue escogida debido a que permite determinar si existen diferencias entre dos medias independientes, basándose en suposición de hipótesis.

Para analizar el comportamiento de cada parámetro analizado en el presente estudio se calcularon parámetros estadísticos descriptivos como: media, desviación estándar, valor mínimo y máximo.

También se aplicó el método de las curvas ROC para la evaluación de la separabilidad entre los grupos etarios estudiados. Las curvas ROC constituyen una representación gráfica de la eficacia de un clasificador, proporcionando una herramienta visual para examinar la relación entre la capacidad del clasificador para detectar correctamente los individuos con presencia de la condición de interés y su incapacidad para identificar los individuos del grupo de ausencia [39].

El espacio ROC es un sistema de coordenadas que permite visualizar la eficacia de un clasificador (o varios) mediante representaciones bidimensionales a partir de los puntos de cortes (PC) que representan la relación (1 – especificidad, sensibilidad) (ver figura 2.7). Generalmente la eficacia o rendimiento de un clasificador se expresa en términos de dos probabilidades independientes, su sensibilidad y su especificidad.



**Figura 2.7: Curva ROC.**

La sensibilidad (S) es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo cuyo estado real sea la presencia de la condición de interés (en este caso presencia de aumento o disminución de la nasalidad). Se denomina también “fracción o proporción de verdaderos positivos”.

La especificidad (E) es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo cuyo estado real sea la ausencia de la condición de interés. Se denomina también “fracción o proporción de verdaderos negativos” (el complementario a 1 de la “proporción de falsos positivos”).

La tabla de contingencia (ver Figura 2.8) es el esquema básico de partida del análisis de curvas ROC, en dicha tabla se representa por un lado el resultado de una decisión, y por otro el estado real. Se producen, por tanto, cuatro posibles resultados, que se representan en una tabla de doble entrada. La tabla es específica para un determinado punto de corte en una escala o indicador diagnóstico, por tanto, habría que hacer tantas tablas como puntos de corte en la escala, o, si se están considerando todos los valores, para todos ellos [40]:

|           |          | Estado real                               |  | Suma    |
|-----------|----------|---|--|---------|
|           |          | Positivo                                  | Negativo                                       |         |
| Diagnóst. | Positivo | Verdaderos Positivos (VP)<br>a            | Falsos Positivos (FP)<br>(Falsas alarmas)<br>b | a+b     |
|           | Negativo | Falsos Negativos (FN)<br>(omisiones)<br>c | Verdaderos Negativos (VN)<br>d                 | c+d     |
| Suma      |          | (a+c)                                     | (b+d)  | a+b+c+d |

**Figura 2.8: Tabla de contingencia.**

De la tabla se pueden obtener los errores o las tasas de falsos y la precisión a partir de las siguientes ecuaciones:

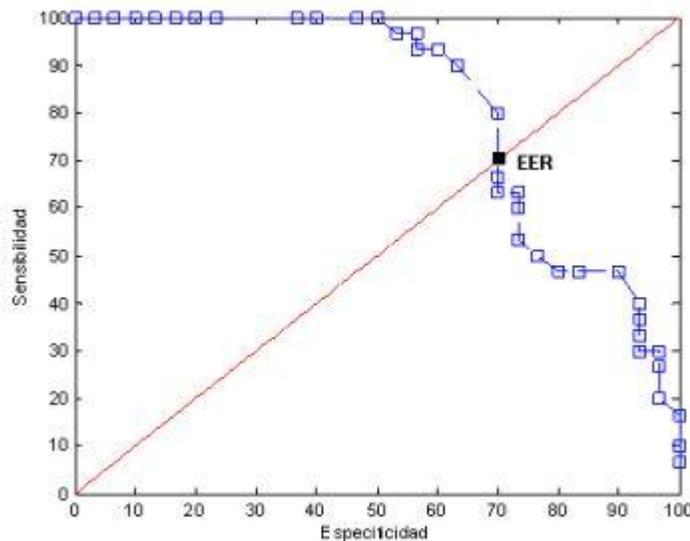
$$TFP(\text{tasa FP}) = \frac{FP}{FP+VN} \quad (2)$$

$$TFN(\text{tasa FN}) = \frac{FN}{FN+VP} \quad (3)$$

$$ACC = \frac{(TFP+TFN)}{(VP+VN+FN+FP)} \quad (4)$$

En el presente estudio también se empleó el criterio de tasa de igualdad de errores (EER), como método de selección de los puntos de corte (PC) en la curva ROC.

La tasa EER es la ubicación en una curva ROC donde la TFP y la TFN (o uno menos la tasa de verificación (1-VR)) son iguales (ver Figura 2.9) y es el punto de la curva que cae en la recta de pendiente unitaria que pasa por el origen. Por lo general, cuánto más bajo sea el valor de la tasa de igualdad de errores, mayor será la precisión del sistema biométrico [41, 42].



**Figura 2.9: Curva ROC y EER.**

Las muestras se organizaron en dos grupos clasificados por edad. Se analizaron los principales parámetros que determinan la nasalidad de un paciente: el Promedio de Nasalidad Total, el Promedio de Sonidos de Alta Nasalidad y el Promedio de Sonidos de Baja Nasalidad.

## 2.5 Conclusiones parciales

Durante el desarrollo del presente capítulo se pudo comprobar que existen herramientas y métodos que facilitan el trabajo en el estudio, lo que nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

- El sistema de medición NasometryStudio 1.0 compuesto por un hardware y software permiten captar la señales oral y nasal de forma independiente, este cuenta

con herramientas para la grabación, la reproducción, el cambio de umbrales y la calibración de los micrófonos.

- Para realizar el estudio se creó una base de datos mediante las grabaciones de las palabras *mañana*, *niño* y *año* a un total de 73 niños, además se utilizó una base de datos creada en 2014 en el CEETI [11], con grabaciones de 73 adultos.
- Por último, se definieron las herramientas a utilizar y se trazó el procedimiento a seguir para el análisis estadístico de los valores de nasalancia obtenidos.

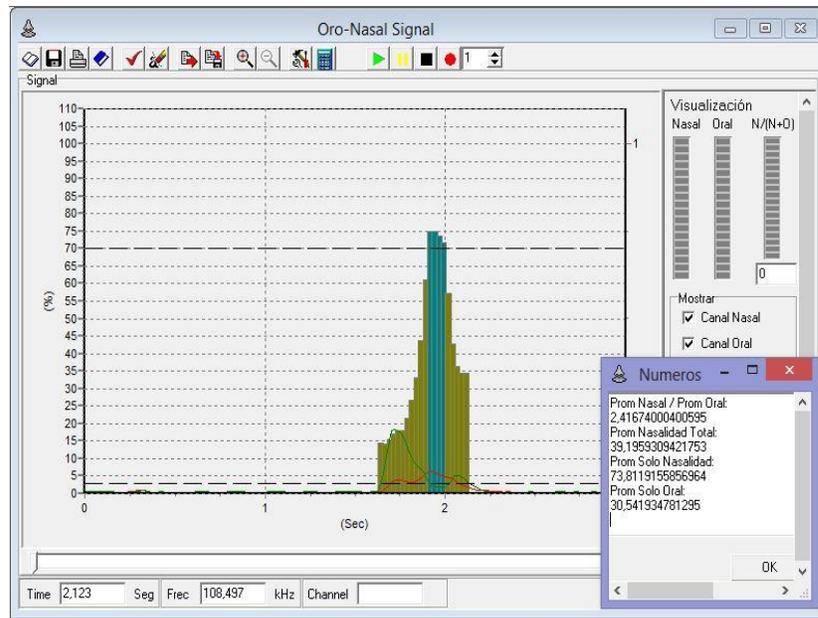
## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se muestran y analizan los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico de la muestra analizada en el estudio, dicha muestra está conformada por 146 personas, estas están divididas en dos grupos (adultos y niños), todos con nasalidad normal.

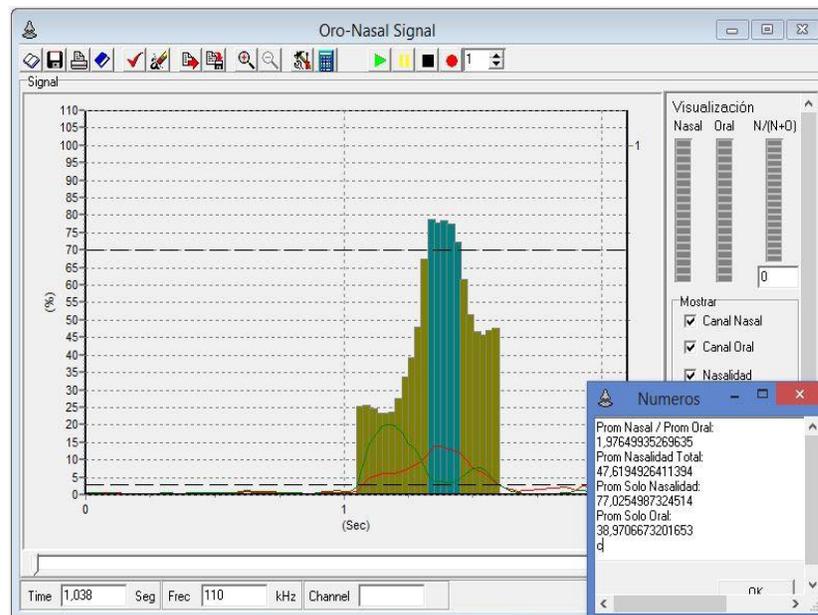
El análisis estadístico de las tres palabras en estudio se realizó siguiendo los mismos pasos, primeramente se analizan los valores de los parámetros correspondientes a cada palabra, a partir de la estadística descriptiva. Posteriormente se aplicó la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para probar la normalidad de la muestra obtenida. Después se aplica el test paramétrico t de Student para comparar las medias de los grupos estudiados y por último se obtuvieron los valores de especificidad, sensibilidad, precisión y puntos de corte óptimos, a partir de las curvas ROC y los criterios de EER para así determinar cuan separable son los 2 grupos.

### 3.1 Análisis de la palabra año

Las figuras 3.1 y 3.2 muestran mediciones realizadas a personas de cada grupo de la muestra durante la pronunciación de la palabra *año*, pudiéndose apreciar a simple vista valores ligeramente superiores en los sonidos de alta nasalidad de adultos con respecto a niños. Posteriormente se realiza un análisis estadístico descriptivo para estudiar el comportamiento de cada parámetro ofrecido por la herramienta ‘Calculadora’ del software utilizado en el estudio.



**Figura 3.1:** Grabación de la palabra *año* en un niño.



**Figura 3.2:** Grabación de la palabra *año* en un adulto.

Como se mencionó anteriormente el primer paso en el análisis estadístico es analizar los datos obtenidos mediante la estadística descriptiva los cuales se refieren a máximos, mínimos, media y desviación estándar de cada parámetro en la palabra año (ver Tabla 3.1).

**Tabla 3.1 Estadísticos descriptivos en año.**

|                        | N  | Mínimo | Máximo | Media    | Desviación típica |
|------------------------|----|--------|--------|----------|-------------------|
| PSAN niños             | 73 | 65,565 | 78,062 | 74,33671 | 2,141881          |
| PSAN adultos           | 73 | 72,224 | 79,648 | 76,50212 | 1,762160          |
| PSBN niños             | 73 | 20,195 | 56,472 | 35,29974 | 6,871464          |
| PSBN adultos           | 73 | 30,033 | 59,733 | 40,69175 | 5,629158          |
| PNT niños              | 73 | 24,962 | 61,660 | 41,52012 | 7,226626          |
| PNT adultos            | 73 | 35,092 | 64,932 | 48,69385 | 5,722965          |
| N válido (según lista) | 73 |        |        |          |                   |

Como se puede apreciar en la tabla los adultos muestran valores superiores a los niños en los tres parámetros. El parámetro PSAN presenta los mejores valores de desviación estándar, en cambio los restantes parámetros poseen elevados valores, lo que representa que existe una destacada variabilidad entre los datos.

Pero el análisis anteriormente expuesto no es suficiente para determinar si existen diferencias de nasalidad entre estos grupos, por lo que se utilizó la prueba estadística t de Student para determinar si existen diferencias entre las medias de cada parámetro.

### 3.1.1 Análisis de la separabilidad entre los grupos para la palabra año

Para aplicar una prueba estadística con el objetivo de determinar la existencia o no de diferencias entre los dos grupos es necesario saber la distribución de los datos bajo estudio. En este caso se aplicó la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para una muestra, tomándose como hipótesis nula  $H_0$ : la muestra se distribuye normalmente y como hipótesis alternativa  $H_1$ : la muestra no se distribuye normalmente. Como resultado de esta prueba se obtuvo que la muestra se distribuye normalmente (ver anexo 1) por lo que se aplica la prueba estadística t de Student (ver tabla 3.2 y anexo 2), se escoge esta prueba pues se analiza una variable independiente (edad) bajo dos condiciones.

En esta prueba se escoge como hipótesis nula  $H_0$ : no existen diferencias entre grupos etarios y como hipótesis alternativa  $H_1$ : existen diferencias entre grupos etarios, además se tomó como nivel de significancia 0,05, es decir si el valor de significancia obtenido de la prueba es menor o igual que 0,05 se rechaza  $H_0$ , en caso de que ocurra lo contrario se acepta  $H_0$ . En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3.2 t de Student en *año*.

| Parámetro | Significancia |
|-----------|---------------|
| PSAN N_A  | ,000          |
| PSBN N_A  | ,000          |
| PNT N_A   | ,000          |

Los resultados obtenidos y resumidos en la tabla anterior muestran la existencia de diferencias entre niños y adultos en los tres parámetros de la palabra *año* siendo  $p < 0,05$  en los tres casos. Pero estas pruebas no son suficientes para definir con exactitud que un grupo presenta mayor nasalidad que otro en el ejercicio bajo estudio, por lo que se utilizaron las curvas ROC junto con el criterio de análisis de tasa de error igual (EER) para la obtención de umbrales que determinen la mejor separación entre los grupos. A continuación se muestran los gráficos obtenidos y un resumen de los PC óptimos para cada uno de los parámetros estudiados, donde la variable *Valor* corresponde al valor de EER.

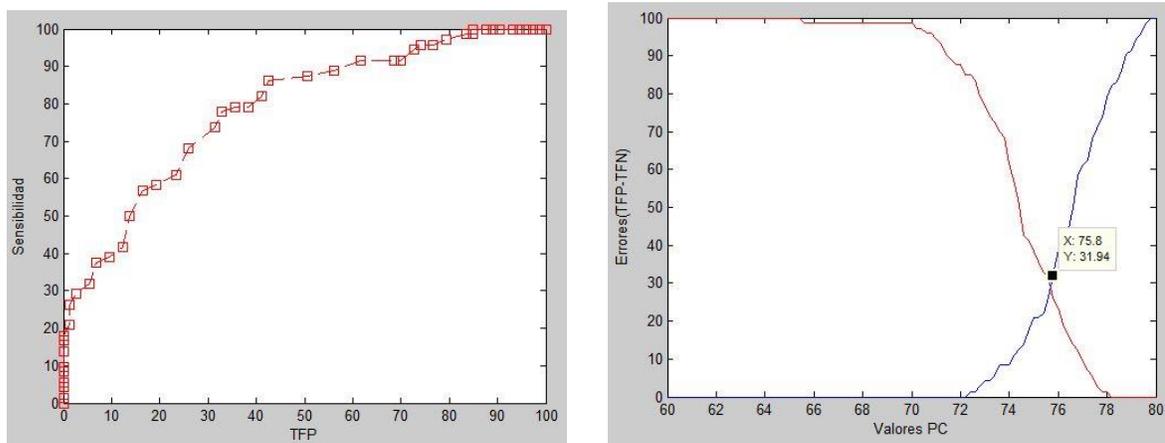


Figura 3.3 Curva ROC y EER para la separación del par adultos-niños en PSAN.

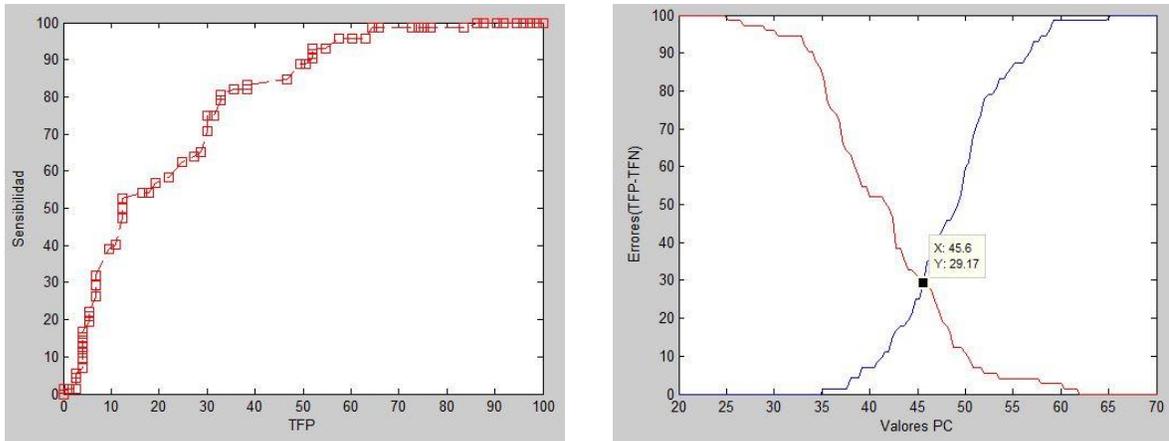


Figura 3.4 Curva ROC y EER para la separación del par adultos-niños en PNT.

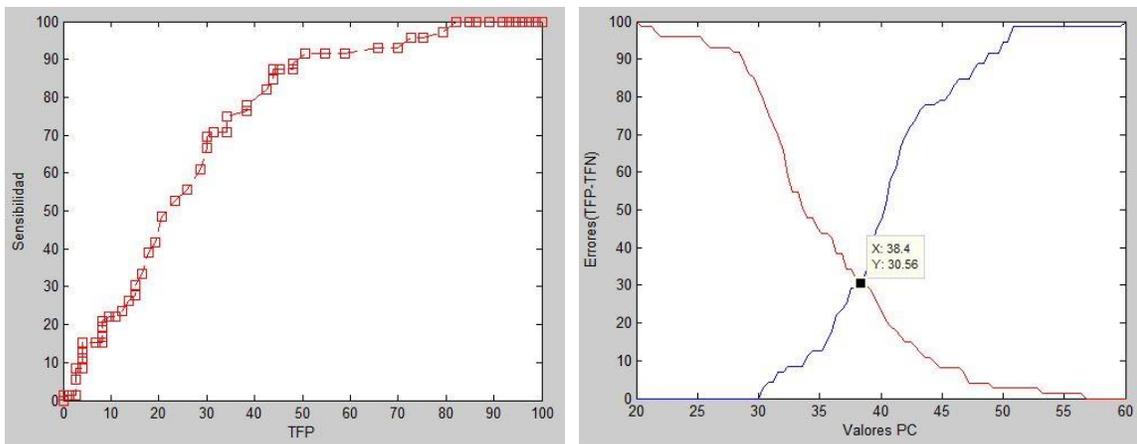


Figura 3.5 Curva ROC y EER para la separación del par adultos-niños en PSBN.

Tabla 3.3 Valores de las pruebas de validación realizadas para la palabra *año*.

|                    | EER    |           |       |       |      |
|--------------------|--------|-----------|-------|-------|------|
|                    | PC (%) | Valor (%) | S (%) | E (%) | ACC  |
| PSAN adultos-niños | 75,8   | 31,94     | 68,06 | 73,96 | 0,69 |
| PNT adultos-niños  | 45,6   | 29,17     | 70,83 | 69,86 | 0,69 |
| PSBN adultos-niños | 38,4   | 30,5      | 69,44 | 69,86 | 0,68 |

A partir de los datos mostrados en la tabla 3.3 se puede concluir parcialmente que con la palabra año es posible separar los grupos bajo estudio, aunque con valores moderados de S, E y ACC. No se puede definir un parámetro específico como el de mejor comportamiento debido a que los tres parámetros poseen valores similares de especificidad, sensibilidad y precisión.

### 3.2 Análisis de la palabra niño

En el análisis de la palabra niño se siguieron los mismos pasos que en el ejercicio anterior, se utilizó la estadística descriptiva (ver tabla 3.4) para el análisis del comportamiento de la muestra. Luego se comprueba que la muestra posee una distribución normal, para posteriormente aplicar la prueba t de Student (ver anexo 2). En las figuras 3.6 y 3.7 se muestran ejemplos de grabaciones en ambos grupos para este ejercicio.

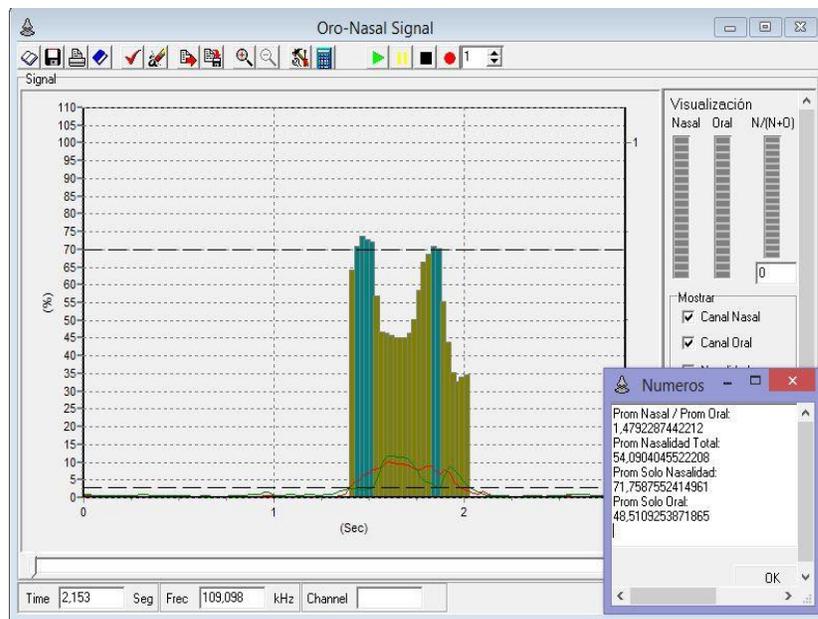
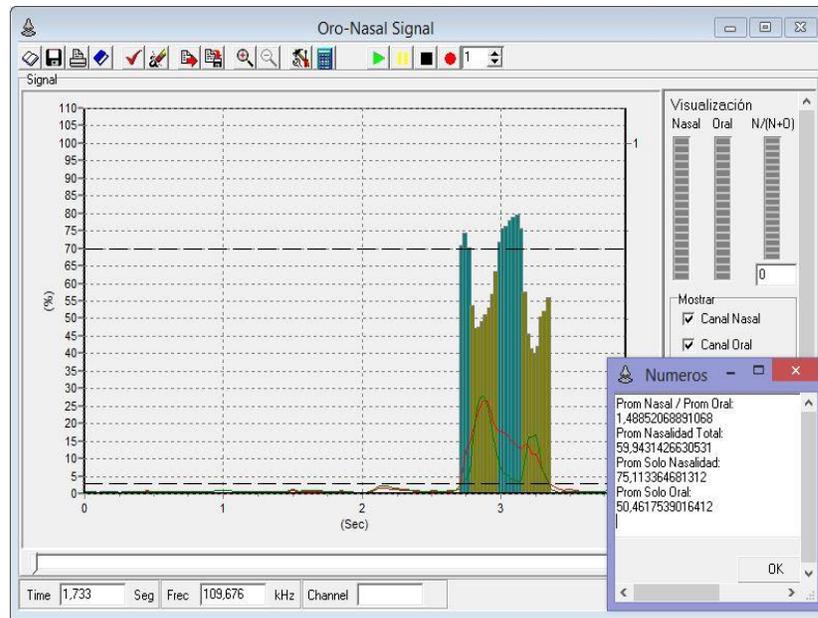


Figura 3.6: Grabación de la palabra *niño* en un niño.



**Figura 3.7:** Grabación de la palabra *niño* en un adulto.

**Tabla 3.4** Estadísticos descriptivos en *niño*.

|                        | N  | Mínimo | Máximo | Media    | Desviación típica. |
|------------------------|----|--------|--------|----------|--------------------|
| PSAN niños             | 73 | 71,301 | 79,134 | 74,78362 | 1,714571           |
| PSAN adultos           | 73 | 71,700 | 79,840 | 76,52705 | 1,897774           |
| PSBN niños             | 73 | 31,980 | 63,275 | 51,08318 | 6,026218           |
| PSBN adultos           | 73 | 35,803 | 61,674 | 51,64636 | 5,704384           |
| PNT niños              | 73 | 43,005 | 70,891 | 58,27303 | 5,931152           |
| PNT adultos            | 73 | 47,029 | 69,510 | 61,20897 | 5,113891           |
| N válido (según lista) | 73 |        |        |          |                    |

Como se puede apreciar en los datos mostrados en la tabla anterior, al igual que en la palabra *año*, los adultos poseen valores superiores a los niños, en este caso en los parámetros PSAN y PNT, en el parámetro PSBN no existen diferencias de los valores de un grupo con respecto a otro, lo que quiere decir que a simple vista los grupos etarios analizados no presentan diferencias en los sonidos no nasales en el ejercicio bajo estudio. Otro aspecto importante a destacar es el aumento considerable de los valores de PSBN y PNT con respecto a la palabra anterior. El PSBN con medias de aproximadamente un 51% para ambos grupos y para el PNT valores entre un 58% y un 61% de nasalancia, con una destacada variabilidad entre los datos al observar la desviación estándar en ambos casos. Este aumento

considerable de nasalancia puede estar influenciado por la presencia de la vocal /i/, que como se había mencionado anteriormente es una vocal alta, y en los estudios que se han realizado presenta mayor nasalidad.

### 3.2.1 Análisis de la separabilidad entre los grupos para la palabra niño

En el análisis de esta palabra al igual que en la anterior se comprueba que la muestra sigue una distribución normal mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra (ver anexo 1), seguidamente se aplica el test paramétrico (ver anexo 2), obteniéndose los valores de significancia mostrados en la tabla 3.5.

**Tabla 3.5 t de Student en niño.**

| Parámetro | Significancia |
|-----------|---------------|
| PSAN N_A  | ,000          |
| PSBN N_A  | ,563          |
| PNT N_A   | ,002          |

Como se puede observar en la tabla los parámetros PSAN y PNT evidencian diferencias de nasalidad entre los grupos analizados con valores de  $p=0,000$  y  $p=0,002$  respectivamente. Sin embargo, en el parámetro PSBN no se muestran diferencias entre los grupos al nivel de significancia seleccionado para la prueba.

De igual forma que en el análisis de la palabra *año* se utilizaron las curvas ROC y el criterio de EER para un análisis más profundo de separabilidad entre los grupos. A continuación se muestran los resultados obtenidos.

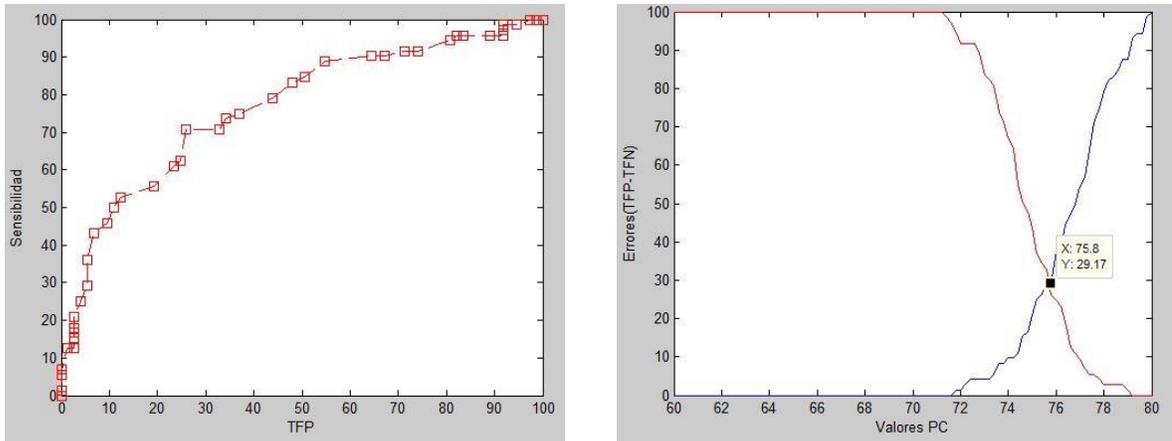


Figura 3.8 Curva ROC y EER para la separación del par adultos-niños en PSAN.

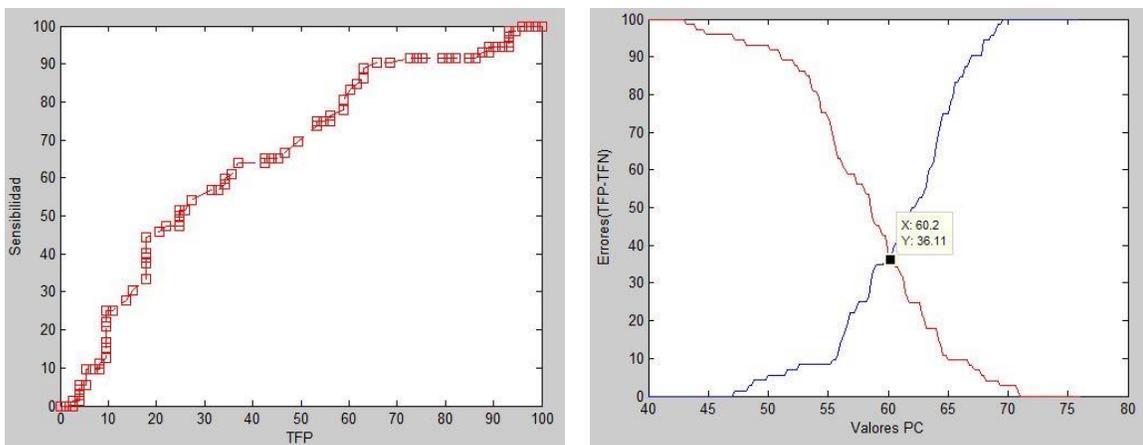


Figura 3.9 Curva ROC y EER para la separación del par adultos-niños en PNT.

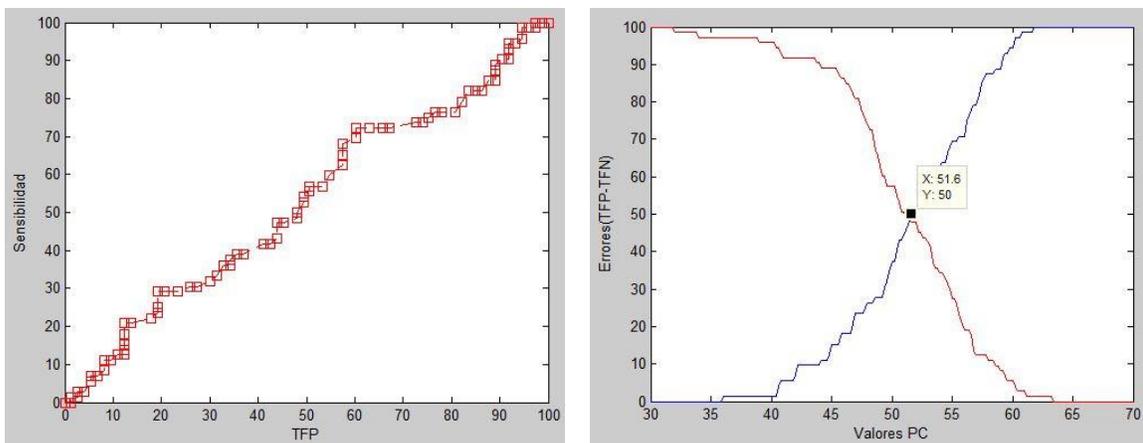


Figura 3.10 Curva ROC y EER para la separación del par adultos-niños en PSBN.

**Tabla 3.6 Valores de las pruebas de validación realizadas para la palabra *niño*.**

|                    | <b>EER</b> |           |       |       |      |
|--------------------|------------|-----------|-------|-------|------|
|                    | PC (%)     | Valor (%) | S (%) | E (%) | ACC  |
| PSAN adultos-niños | 75,8       | 29,17     | 70,83 | 73,92 | 0,71 |
| PNT adultos-niños  | 60,2       | 36,11     | 63,88 | 63,01 | 0,62 |
| PSBN adultos-niños | 51,6       | 50        | 50    | 52,05 | 0,5  |

Como se puede observar, los valores de la tabla 3.6 muestran que en la palabra *niño* solo el parámetro PSAN permite separar los grupos con valores de S y E por encima del 70% y con una precisión de 0,71. El parámetro PNT se mantiene con valores moderados para separar ambos grupos. En cambio, con el parámetro PSBN no se puede establecer ninguna diferencia, pues el error es de un 50% y las S y E presentan valores muy bajos.

### 3.3 Análisis de la palabra mañana

En este último ejercicio se mantiene el procedimiento de análisis empleado hasta el momento. Se comienza con la obtención de los estadísticos descriptivos de la muestra a partir de los valores obtenidos del NS 1.0 (ver Figuras 3.11 y 3.12), para luego aplicar la prueba estadística paramétrica encargada de evidenciar las posibles diferencias en la muestra.

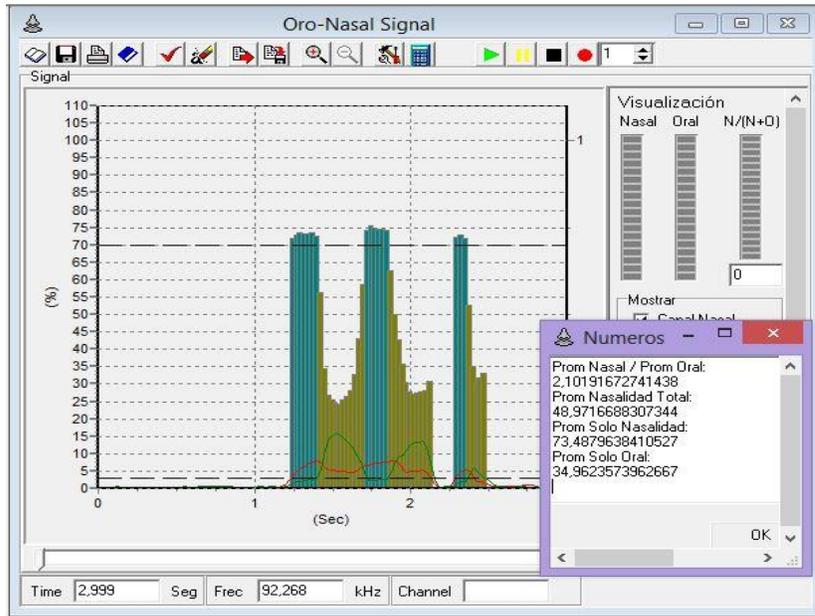


Figura 3.11: Grabación de la palabra *mañana* en un niño.

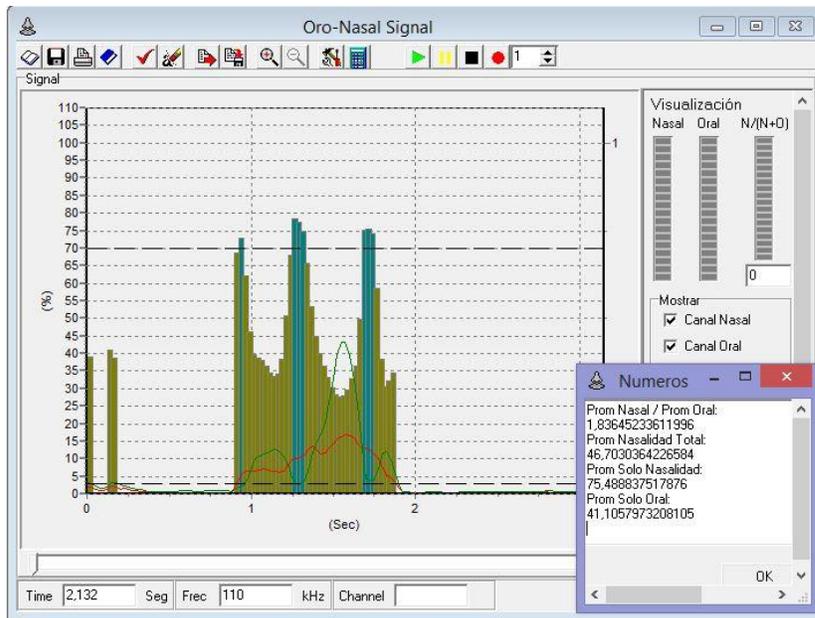


Figura 3.12: Grabación de la palabra *mañana* en un adulto.

**Tabla 3.7 Estadísticos descriptivos en mañana.**

|                        | N  | Mínimo | Máximo | Media    | Desviación típica. |
|------------------------|----|--------|--------|----------|--------------------|
| PSAN niños             | 73 | 70,358 | 76,989 | 73,56110 | 1,433281           |
| PSAN adultos           | 73 | 71,170 | 79,128 | 75,63585 | 1,728301           |
| PSBN niños             | 73 | 28,533 | 51,655 | 39,21973 | 5,342104           |
| PSBN adultos           | 73 | 30,428 | 57,888 | 44,52689 | 5,714249           |
| PNT niños              | 73 | 34,065 | 57,840 | 45,70859 | 5,246094           |
| PNT adultos            | 73 | 39,372 | 64,273 | 53,15159 | 5,524516           |
| N válido (según lista) | 73 |        |        |          |                    |

Los datos de la tabla revelan la existencia de diferencias entre los dos grupos bajo estudio, estas diferencias pueden apreciarse en los tres parámetros correspondientes a la palabra mañana y al igual que en los ejercicios anteriores, el parámetro PSAN es el que posee mejores resultados.

### 3.3.1 Análisis de la separabilidad entre los grupos para la palabra *mañana*

Para analizar esta palabra inicialmente se demuestra que la muestra se distribuye normalmente (ver anexo 1), después se aplica el test paramétrico (ver anexo 2 y tabla 3.8) para determinar la existencia o no de diferencias entre las medias de ambos grupos.

**Tabla 3.8 t de Student en mañana.**

| Parámetro | Significancia |
|-----------|---------------|
| PSAN N_A  | ,000          |
| PSBN N_A  | ,000          |
| PNT N_A   | ,000          |

Los datos de la tabla anterior brindan los mismos niveles de significancia que la palabra *año*. Por tanto hasta este momento existen diferencias entre los dos grupos analizados, debido a que todos los parámetros tienen valor  $p=0,000$ .

A continuación se muestran los gráficos y un resumen de los PC óptimos obtenidos luego de aplicar curvas ROC y el criterio de EER.

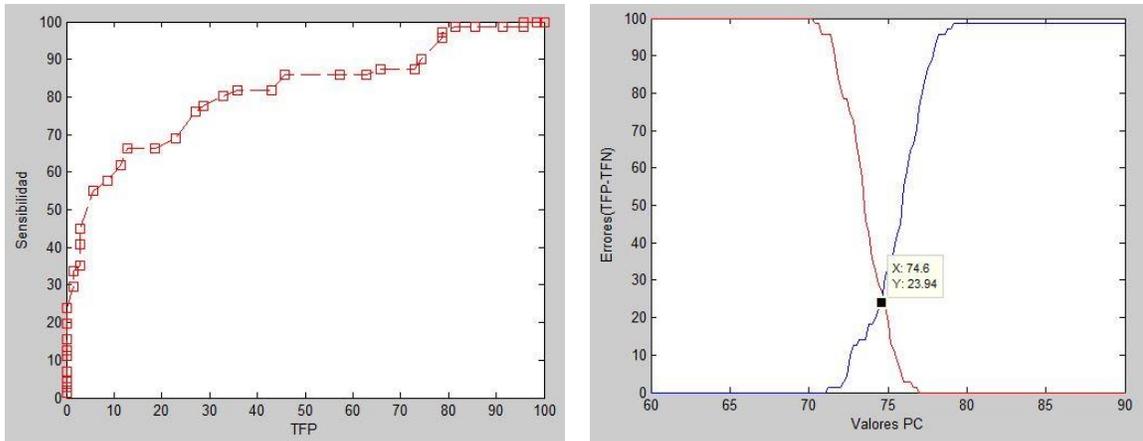


Figura 3.13 Curva ROC y EER para la separación del par adultos-niños en PSAN.

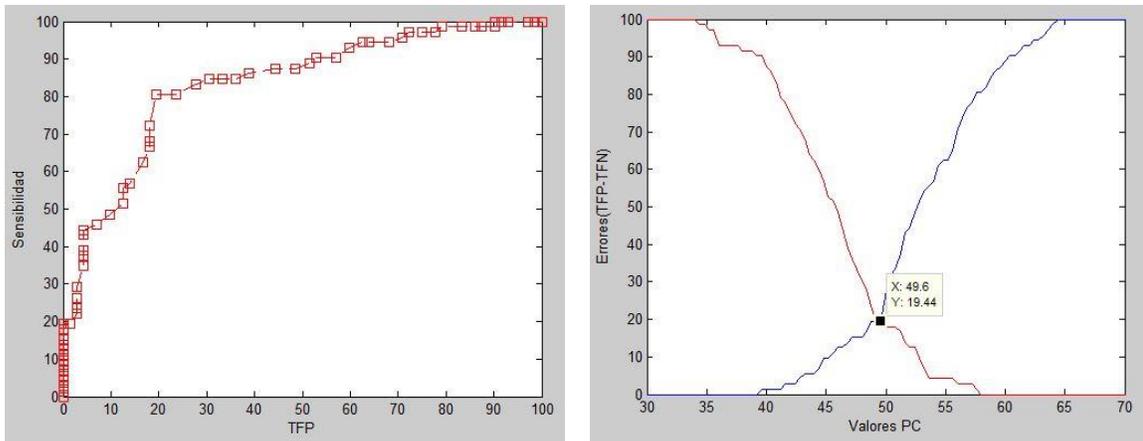


Figura 3.14 Curva ROC y EER para la separación del par adultos-niños en PNT.

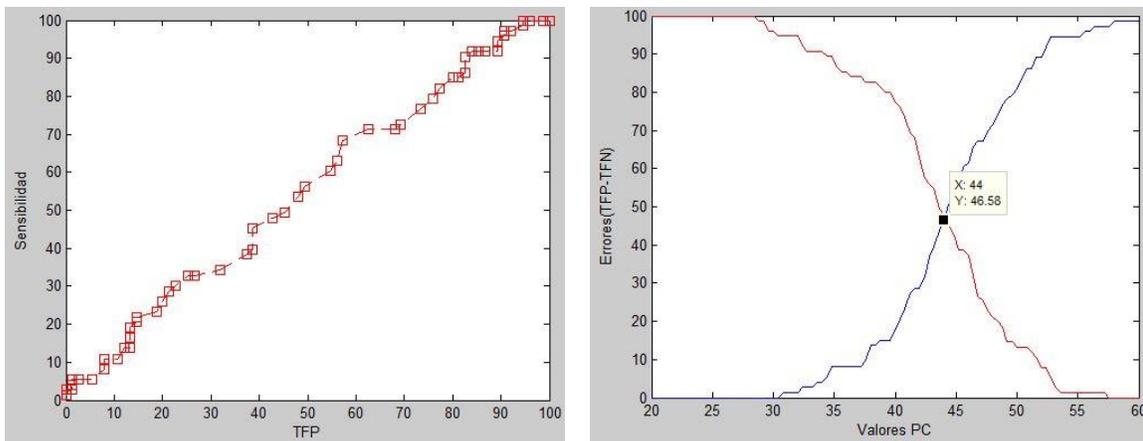


Figura 3.15 Curva ROC y EER para la separación del par adultos-niños en PSBN.

**Tabla 3.9 Valores de las pruebas de validación realizadas para la palabra *mañana*.**

|                    | <b>EER</b> |           |        |        |       |
|--------------------|------------|-----------|--------|--------|-------|
|                    | PC (%)     | Valor (%) | S (%)  | E (%)  | ACC   |
| PSAN adultos-niños | 76,4       | 23, 94    | 76,06  | 72,86  | 0, 71 |
| PNT adultos-niños  | 49,2       | 19,44     | 80, 55 | 80, 55 | 0, 78 |
| PSBN adultos-niños | 44         | 46, 57    | 53,42  | 52     | 0, 53 |

Observando los resultados mostrados en la tabla 3.9, se puede apreciar que en la palabra *mañana* los valores de los parámetros PSAN y PNT evidencian diferencias entre los grupos analizados, presentando los mejores valores de S, E y ACC el parámetro PNT y los peores PSBN con una precisión muy cercana a 0,5.

### 3.4 Análisis de los resultados

Luego de hacer todos los análisis estadísticos en cada uno de los ejercicios, se puede afirmar que el parámetro PSAN resultó ser el más representativo en cuanto a la separabilidad de los grupos, debido a que al aplicar la prueba t de Student a las tres palabras en estudio, con nivel de significancia 0,05, este parámetro arrojó valores de  $p=0,000$  en las tres palabras. Además como resultado de aplicar las curvas ROC junto al criterio de EER se obtuvo que PSAN es el parámetro más estable debido a que presentó tasas de errores pequeñas y por supuesto, valores de sensibilidad y especificidad elevados. Por tanto permite afirmar que los adultos poseen mayor nasalidad en los sonidos nasales que los niños.

Con respecto al parámetro PSBN, los valores obtenidos tanto en la estadística descriptiva como en el test t de Student permitieron evidenciar diferencias entre los grupos para la palabra *año* y *mañana*, no siendo así luego de aplicar curvas ROC y criterio de EER que son pruebas más concluyentes. Con las pruebas de validación se obtuvo que el parámetro

PSBN evidencia diferencias de la nasalidad entre adultos y niños solo en la palabra *año* con valores moderados de sensibilidad, especificidad y precisión.

El parámetro PNT depende de los otros dos, es decir, nasalancia en sonidos orales y nasalancia en sonidos nasales. Por tanto su comportamiento no es estable en todos los ejercicios, pero al igual que el parámetro PSAN, al aplicar la prueba t de Student el mismo arrojó valores de *p* inferiores al nivel de significancia en las tres palabras. Respecto a curvas ROC y criterio de EER, con este parámetro se permitió diferenciar los grupos en las tres palabras, presentando los mejores valores de sensibilidad, especificidad y precisión en la palabra *año* y los más discretos en la palabra *niño*.

Las tres palabras en estudio poseen un marcado carácter nasal, presentando en su composición vocales altas, bajas y los tres tipos de consonantes nasales del idioma español. De estas palabras, *año* presentó un mejor comportamiento porque permitió evidenciar diferencias en los tres parámetros. En cambio las dos palabras restantes *mañana* y *niño*, presentaron valores que permitieron diferenciar los grupos en los parámetros PSAN y PNT.

Estas diferencias de resonancia nasal entre adultos y niños pueden ser causadas por el alargamiento del tracto bucal en etapas del crecimiento, influyendo en las características acústicas de la resonancia oral y cavidades nasofaríngeas, cambios fisiológicos que influyen en el control neuromuscular del puerto velofaríngeo o cambios asociados con el envejecimiento avanzado del tracto bucal.

Por último, es importante destacar que algunos parámetros poseen una marcada variabilidad de los puntajes de nasalidad, situación que se ha puesto en evidencia en varias investigaciones sobre el tema, siendo destacado por sus autores [29, 43]. Algunos de los aspectos que no permitieron obtener mejores resultados son: la diferencia de intensidad de la voz de cada sujeto, los cambios en la configuración y tensión de las partes móviles o semimóviles del sistema de resonancia (como músculos y tejidos blandos de la faringe, lengua, labios, estructuras óseas articulares y musculares, etc.) que afectan de manera directa las características de la resonancia de la voz.

### 3.5 Conclusiones parciales

En este capítulo se realizó un estudio estadístico del comportamiento de la nasalidad en niños y adultos a partir de las muestras obtenidas con el NasalityStudio V1.0 llegando a las siguientes conclusiones parciales:

- Mediante estadística descriptiva, el test t de Student y las pruebas de validación se analizaron los criterios de separabilidad de los dos grupos (niños y adultos).
- El parámetro PSAN y el ejercicio año se destacan como las variables con mejores resultados para determinar la existencia de diferencias en el comportamiento de la resonancia nasal entre niños y adultos.
- Los tres ejercicios elegidos por los especialistas presentan diversidad de consonantes y vocales en su composición, obteniéndose variabilidad en los resultados.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- 1 Se realizaron mediciones a niños con nasalidad normal, usando el nasómetro NS 1.0. y se complementó la base de datos de grupos etarios compuesta por 146 sujetos divididas en 73 niños y 73 adultos.
- 2 Se definió el procedimiento a seguir para el análisis estadístico de cada parámetro (PNT, PSAN, PSBN) en las tres palabras. Para el mismo se utilizó la estadística descriptiva, la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para determinar la distribución de la muestra, así como la prueba paramétrica t de Student, y las curvas ROC junto al criterio de EER para el estudio de separabilidad entre los grupos.
- 3 Se realizó un análisis del comportamiento de cada parámetro obteniéndose que el parámetro PSAN y el ejercicio año son las variables con mejores resultados para diferenciar la nasalidad de niños y adultos.

### Recomendaciones

Para continuar desarrollando los temas de esta investigación se recomienda:

- 1 Hacer análisis de separabilidad entre grupos etarios con otros ejercicios, incluyendo frases, y con carácter local (en segmentos).
- 2 Realizar modificaciones en el software (NasalityStudio V1.0) tales como: el cambio de umbral de nasalidad automático.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] D. Jones, "Desarrollo bien el habla," 2008.
- [2] V. D. a. J. A. Purcell, "Nasalance levels in the speech of normal Australian children," *Cleft Palate-Craniofacial* pp. 287-292, 1998.
- [3] M. Bult, "Nasality in healthy Dutch children," Clinical Language Speech and Hearing Sciences, Utrecht University, Holland, 2010.
- [4] E. J. Seaver, R.M. Dalston, H.A. Leeper & L.E. Adams, "A study of nasometric values for normal nasal resonance.," *Journal of Speech and Hearing Research*, pp. 715-721, 1991.
- [5] M. I. R. A. A. W. Kummer, "The MacKay Kummer SNAP Test," 1994.
- [6] K. R. Kendrick, "Nasalance protocol standardization," Master of Arts, Department of Communication Disorders, Louisiana State University, 2004.
- [7] A. E. T. J. H. Thompson, "Nasal airflow during normal speech production," *Cleft Palate* 1979.
- [8] H. A. Leeper, A.P. Rochet & I.R.A. MacKay, "Characteristics of nasalance in Canadian speakers of English and French," *Proceedings of the International Conference on Spoken Language Processing*, 1992.
- [9] B. G. Santana, "Sistema para la medición de la nasalidad," Master Trabajo de Diploma, Centro de Estudios de Electrónica y Tecnología de la Información, Universidad central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, 2010.
- [10] B. G. Santana, "Separación de locutores por grado de nasalidad empleando el NS 1.0," Centro de Estudio de Electrónica y Tecnologías de la Información (CEETI), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Villa Clara, 2010.
- [11] Y. Rossel, "Estudio del comportamiento de la nasalidad entre géneros con el uso del Nasometry Studio v1.0," Centro de Estudio de Electrónica y Tecnologías de la Información (CEETI), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Villa Clara, Cuba, 2014.
- [12] F. A. Sepúlveda, "Extracción de Parámetros de Señales de voz usando Técnicas de Análisis Tiempo – Frecuencia.," " Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, 2004.

- [13] A. E. Rosenberg, "Effect of Glottal Pulse Shape on the Quality of Natural Vowels," *Acoustical Society of America Journal*, vol. 49, pp. 583-590, 1971.
- [14] M. Rothenberg, "A Three-Parameter Voice Source for Speech Synthesis," 1974.
- [15] R. E. Hillman, "The glottal noise source," *Acoustical Society of America Journal*, vol. 74, pp. 691-694, 1983.
- [16] L. R. R. y. R. W. Schafer, "Digital Processing of Speech Signals," 1978.
- [17] F. D'Introno, "Fonética y fonología actual del español," pp. 79-85, 1995.
- [18] F. Miyara, LA VOZ HUMANA.
- [19] P. L. y. M. Ian, "The Sounds of the World's Languages," 1996.
- [20] W. Zemlin, "Anatomy and physiology of speech," *U.S.A*, 1998.
- [21] N. Alonso, Rodríguez, C. y Suarez, "Correlación entre las características faciales y la resonancia nasal en adultos jóvenes bogotanos.," Tesis sin publicar, Departamento de Comunicación Humana, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2002.
- [22] L. S. a. R. Kent, "Clinical Phonetics," 2003.
- [23] C. M. M. a. R. Mayo, "Normative nasalance values across languages," *Official Journal of the National Black Association for Speech-Language and Hearing*, 2011.
- [24] KayPENTAX. (2011). *Nasometer II Model 6450*.
- [25] V. Sadjadi, Gorbani, A., Trabinezhad, F., Airi, Y., & Keyhani, 2010.
- [26] R. M. y. L. A. Floyd, "Nasalance and nasal area values: cross-racial study," *Cleft Palate-Craniofacial* pp. 143-149, 1996.
- [27] S. G. Fletcher, L.E. Adams & J.J. McCutcheon, "Cleft palate speech assessment through oral-nasal acoustic measures," *Communicative Disorders Related to Cleft Lip and Palate*, pp. 246-257, 1989.
- [28] J. S. Brand, Romero, R. F., & Reyes, P. E, "Using a nasometer 6200 in the phonoaudiological evaluation of nasality in Colombian infants," *Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia*, 2011.
- [29] R. R. Sovis\_JSLPA, "Characteristics of Nasalance in Speakers of Western Canadian English and French," p. 7, 1998.
- [30] Fernández\_Gómez, "ESCAPE DE AIRE NASAL DE FONEMAS OCLUSIVOS Y FONEMAS FRICATIVOS EN PACIENTES PORTADORES DE FISURA LABIOVELOPALATINA UNILATERAL OPERADA," 2009.
- [31] J. Abdul, Van Dort, Samsudin, "Nasalance scores in Malay children with repaired cleft palate," p. 5, 2004.
- [32] P. P, "The study of nasalance in Thai cleft palate patients aged 8 to 15 years," Mahidol University, Bangkok, 2002.

- [33] K. Brunnegård, "Evaluation of nasal speech. A study of assessments by speechlanguage pathologists, untrained listeners and nasometry " *Department of Clinical Sciences, Speech and Language Pathology*, 2008.
- [34] V. Rhijn, "Integrated Circuits for High Performance Electret Microphones," in *114th Convention Audio Engineering Society*, ed. Amsterdam, Netherland, 2003.
- [35] (2012, junio). Microfonos Electret. Available: <http://www.forum.allaboutcircuits.com>)
- [36] A. M. Carralero, "Obtención de patrones de nasalidad normal para la zona central de Cuba utilizando el NasometryStudio.v1.0," Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la Información (CEETI), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Villa Clara, Cuba, 2012.
- [37] J. B. S. J. B. Bermúdez, and P. G. Vilda, "Reconocimiento de voz y fonética acústica," ed. España, 2000.
- [38] S. Siegel, "Diseño experimental no paramétrico aplicado a las ciencias de la conducta (Edición Revolucionaria Instituto Cubano del Libro ed.)," 1972.
- [39] M. F. a. J. M. Vivo, "Análisis de curvas ROC. Principios básicos y aplicaciones.," 2007.
- [40] P. Martínez-Cambor, "Comparación de pruebas diagnósticas desde la curva ROC," *Revista Colombiana de Estadística*, vol. 30, pp. 163 -176, 2007.
- [41] (2012). *Equal Error Rate (EER)*.
- [42] Subcomité-Biometría-NSTC. (2014). *Biometría-Glosario*.
- [43] K. L. T. Watterson, y C. Deuthsch, "Nasalance and Nasality in Low Pressure and High Pressure Speech.," *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, vol. 35, pp. 293-298, 1998.

## ANEXOS

## Anexo I. Prueba de normalidad con el test de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.

Año

## Resumen de prueba de hipótesis

|   | Hipótesis nula   | Test                                     | Sig. | Decisión                   |
|---|--|--|------|----------------------------|
| 1 | La distribución de PSANiños es normal con la media 74,34 y la desviación típica 2,14.    | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,486 | Retener la hipótesis nula. |
| 2 | La distribución de PSANadultos es normal con la media 76,50 y la desviación típica 1,76. | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,983 | Retener la hipótesis nula. |
| 3 | La distribución de PSBNiños es normal con la media 35,30 y la desviación típica 6,87.    | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,487 | Retener la hipótesis nula. |
| 4 | La distribución de PSBNadultos es normal con la media 40,69 y la desviación típica 5,63. | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,413 | Retener la hipótesis nula. |
| 5 | La distribución de PNTniños es normal con la media 41,52 y la desviación típica 7,23.    | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,760 | Retener la hipótesis nula. |
| 6 | La distribución de PNTadultos es normal con la media 48,69 y la desviación típica 5,72.  | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,971 | Retener la hipótesis nula. |

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Niño**Resumen de prueba de hipótesis**

|   | Hipótesis nula   | Test                                     | Sig. | Decisión                   |
|---|--|--|------|----------------------------|
| 1 | La distribución de PSANiños es normal con la media 74,34 y la desviación típica 2,14.    | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,486 | Retener la hipótesis nula. |
| 2 | La distribución de PSANadultos es normal con la media 76,50 y la desviación típica 1,76. | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,983 | Retener la hipótesis nula. |
| 3 | La distribución de PSBNiños es normal con la media 35,30 y la desviación típica 6,87.    | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,487 | Retener la hipótesis nula. |
| 4 | La distribución de PSBNadultos es normal con la media 40,69 y la desviación típica 5,63. | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,413 | Retener la hipótesis nula. |
| 5 | La distribución de PNTNiños es normal con la media 41,52 y la desviación típica 7,23.    | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,760 | Retener la hipótesis nula. |
| 6 | La distribución de PNTadultos es normal con la media 48,69 y la desviación típica 5,72.  | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,971 | Retener la hipótesis nula. |

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Mañana**Resumen de prueba de hipótesis**

|   | Hipótesis nula   | Test                                     | Sig. | Decisión                   |
|---|--|--|------|----------------------------|
| 1 | La distribución de PSANiños es normal con la media 74,78 y la desviación típica 1,71.    | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,993 | Retener la hipótesis nula. |
| 2 | La distribución de PSANadultos es normal con la media 76,53 y la desviación típica 1,90. | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,824 | Retener la hipótesis nula. |
| 3 | La distribución de PSBNiños es normal con la media 51,08 y la desviación típica 6,03.    | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,866 | Retener la hipótesis nula. |
| 4 | La distribución de PSBNadultos es normal con la media 51,65 y la desviación típica 5,70. | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,874 | Retener la hipótesis nula. |
| 5 | La distribución de PNTniños es normal con la media 58,27 y la desviación típica 5,93.    | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,944 | Retener la hipótesis nula. |
| 6 | La distribución de PNTadultos es normal con la media 61,21 y la desviación típica 5,11.  | Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra | ,282 | Retener la hipótesis nula. |

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

**Anexo II. Prueba t de Student para el análisis de separabilidad entre las muestras.**Año**Independent Samples Test**

|       |                             | Levene's Test for Equality of Variances |      | t-test for Equality of Means |         |                 |                 |                       |   |           |
|-------|-----------------------------|---|------|------------------------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------------|---|-----------|
|       |                             | F                                       | Sig. | t                            | df      | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference |           |
|       |                             |   |      |                              |         |                 |                 |                       | Lower                                     | Upper     |
| PSANA | Equal variances assumed     | .849                                    | .358 | -6.670                       | 144     | .000            | -2.165411       | .324625               | -2.807057                                 | -1.523764 |
|       | Equal variances not assumed |   |      | -6.670                       | 138.844 | .000            | -2.165411       | .324625               | -2.807259                                 | -1.523562 |
| PSBNA | Equal variances assumed     | 3.427                                   | .066 | -5.186                       | 144     | .000            | -5.392014       | 1.039655              | -7.446970                                 | -3.337057 |
|       | Equal variances not assumed |   |      | -5.186                       | 138.630 | .000            | -5.392014       | 1.039655              | -7.447645                                 | -3.336383 |
| PNTA  | Equal variances assumed     | 4.109                                   | .045 | -6.649                       | 144     | .000            | -7.173726       | 1.078917              | -9.306286                                 | -5.041166 |
|       | Equal variances not assumed |   |      | -6.649                       | 136.816 | .000            | -7.173726       | 1.078917              | -9.307235                                 | -5.040217 |

Niño**Independent Samples Test**

|       |                             | Levene's Test for Equality of Variances |      | t-test for Equality of Means |         |                 |                 |                       |   |           |
|-------|-----------------------------|---|------|------------------------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------------|---|-----------|
|       |                             | F                                       | Sig. | t                            | df      | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference |           |
|       |                             |   |      |                              |         |                 |                 |                       | Lower                                     | Upper     |
| PSANN | Equal variances assumed     | .928                                    | .337 | -5.824                       | 144     | .000            | -1.743438       | .299344               | -2.335114                                 | -1.151762 |
|       | Equal variances not assumed |   |      | -5.824                       | 142.541 | .000            | -1.743438       | .299344               | -2.335166                                 | -1.151711 |
| PSBNN | Equal variances assumed     | .030                                    | .862 | -.580                        | 144     | .563            | -.563182        | .971197               | -2.482826                                 | 1.356461  |
|       | Equal variances not assumed |   |      | -.580                        | 143.568 | .563            | -.563182        | .971197               | -2.482875                                 | 1.356510  |
| PNTN  | Equal variances assumed     | .988                                    | .322 | -3.203                       | 144     | .002            | -2.935945       | .916593               | -4.747661                                 | -1.124230 |
|       | Equal variances not assumed |   |      | -3.203                       | 140.947 | .002            | -2.935945       | .916593               | -4.747993                                 | -1.123897 |

Mañana**Independent Samples Test**

|       |                             | Levene's Test for Equality of Variances |      | t-test for Equality of Means |         |                 |                 |                       |   |           |
|-------|-----------------------------|---|------|------------------------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------------|---|-----------|
|       |                             | F                                       | Sig. | t                            | df      | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference |           |
|       |                             |   |      |                              |         |                 |                 |                       | Lower                                     | Upper     |
| PSANM | Equal variances assumed     | 2.649                                   | .106 | -7.969                       | 145     | .000            | -2.08031        | .26106                | -2.59628                                  | -1.56434  |
|       | Equal variances not assumed |   |      | -7.979                       | 141.146 | .000            | -2.08031        | .26074                | -2.59577                                  | -1.56485  |
| PSBNM | Equal variances assumed     | .202                                    | .654 | -5.797                       | 144     | .000            | -5.307164       | .915548               | -7.116815                                 | -3.497514 |
|       | Equal variances not assumed |   |      | -5.797                       | 143.352 | .000            | -5.307164       | .915548               | -7.116884                                 | -3.497445 |
| PNTM  | Equal variances assumed     | .247                                    | .620 | -8.429                       | 145     | .000            | -7.468289       | .885974               | -9.219380                                 | -5.717198 |
|       | Equal variances not assumed |   |      | -8.432                       | 144.852 | .000            | -7.468289       | .885697               | -9.218848                                 | -5.717730 |