



Tecnologías Accesibles
**Cuaderno Red de
Cátedras Telefónica**



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

e-VOICE: Sistema de Evaluación Remota del Sistema Fonador

**Cátedra Telefónica de la Universidad de Las Palmas de
Gran Canaria**

Herramienta software para la evaluación, vía web, de la calidad de la voz de pacientes con patologías laríngeas y del sistema fonador a partir de una grabación de voz.

Jesús B. Alonso Hernández
José De León y De Juan
Josué J. Cabrera Cruz
Miguel A. Ferrer Ballester
Carlos M. Travieso González
David Sánchez Rodríguez
Patricia Henríquez Rodríguez
Aythami Morales Moreno
Juan Francisco Rivero Suárez
Francisco Ayudarte Tapia
Santiago T. Pérez Suárez
Fidel Cabrera Quintero
Juan Manuel Caballero Suárez

Enero de 2014

Biografía



Jesús B. Alonso Hernández

Jesús B. Alonso Hernández recibió el título de Ingeniero de Telecomunicación en 2001 y el de Doctor el año 2006 por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), ambos con honores (premio al mejor proyecto fin de carrera por el Colegio de Ingenieros de Telecomunicación, premio extraordinario de doctorado y premio a la mejor tesis por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria).

Actualmente es profesor Contratado Doctor en el Departamento de la Señal y Comunicaciones desde 2002.

Ha trabajado en diferentes proyectos de investigación internacionales y nacionales. Tiene numerosos artículos publicados en revistas internacionales y conferencias internacionales. Ha sido revisor en diferentes revistas y conferencias internacionales. Sus intereses en investigación incluyen el procesamiento de señales de voz y señales biomédicas, el desarrollo de sistemas biométricos orientados a la seguridad y el desarrollo de modelados por medio de técnicas no lineales.

Ha sido editor invitado en revistas internaciones de las editoriales *Springer*, como *Cognitive Computation*, y *Elsevier*, como *Neroucomputing*. Fue coordinador de la Red de Excelencia en Ingeniería Biomédica en la ULPGC. Desde 2009 hasta 2013 fue Subdirector en la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica de la ULPGC.

Índice

1. Diagnósticos de trastornos de la voz
2. Estudio clínico
3. La herramienta web e-VOICE
4. Divulgación y Repercusión

1. Diagnósticos de trastornos de la voz

La voz es el principal medio de comunicación entre las personas, forma parte de nuestra imagen corporal y en muchos casos es una herramienta importante de trabajo. Entre el 5 y el 7% de la población de los países industrializados sufre algún trastorno de las cuerdas vocales que requiere la atención del especialista, aumentado este porcentaje hasta el 22,5% en colectivos como profesores, cantantes, locutores y comerciales que emplean la voz como su instrumento de trabajo.

Las técnicas basadas en métodos de inspección visual de las cuerdas vocales son las que clásicamente se han utilizado para el diagnóstico de los trastornos de voz. Sin embargo estas técnicas presentan ciertos inconvenientes como son, al tratarse de técnicas de exploración visual, la necesidad de un adecuado adiestramiento y la incomodidad que ello conlleva en muchas ocasiones para el paciente. Así mismo, estos métodos de diagnóstico aportan considerables datos sobre el aspecto morfológico de la laringe y los procesos patológicos que le afectan, pero muy pocos sobre la valoración acústica de la voz, a la vez que han de ser realizadas exclusivamente por profesionales del ámbito médico especializado.

Actualmente, no siempre se dispone de los medios humanos y materiales adecuados para esta valoración, y resulta de interés disponer de técnicas de evaluación objetivas de la calidad de la voz, que pudieran utilizarse por ejemplo para realizar el primer *screening* en centros de atención primaria, sin olvidarnos de la importancia documental que permiten este tipo de herramientas en el ámbito especializado, y que hasta hora se vienen desarrollando con métodos más o menos estandarizados pero basados siempre en la evaluación subjetiva-perceptual de la calidad de la voz.

Surge por tanto, como medio de objetivar estas medidas de valoración acústicas, las distintas estrategias que se basan en la estimación de medidas objetivas que cuantifican numéricamente y de forma automática la calidad de la voz a partir de una grabación de audio. La situación actual de estas técnicas presentan el inconveniente de no existir un protocolo claro, ya que los sistemas comerciales actuales basan la cuantificación de la calidad de la voz en hasta 33 medidas diferentes, en las que es difícil extraer información clínicamente relevante en lo referente a una interpretación de los valores numéricos.

En este proyecto de desarrollo tecnológico se ha desarrollado una herramienta software para la evaluación de los pacientes vía web, donde es posible una evaluación objetiva de la calidad de la voz de un locutor a partir de la fonación de un sonido sonoro sostenido: la vocal “a”.

Esta técnica mejora la calidad asistencial en el ámbito médico. Por citar algunos ejemplos, resulta útil a médicos para realizar el primer *screening* en centros de atención primaria, o bien a médicos especialistas en otorrinolaringología para documentar de forma objetiva la evolución

de un determinado tratamiento de un paciente, para documentar la evolución de una intervención quirúrgica o incluso en situaciones en las que el locutor no se encuentra presente como es el caso de la telemedicina. También abre la puerta a los profesionales de la medicina cuya labor profesional está orientada a la rehabilitación de pacientes aquejados de problemas en la voz (logopedas, foniatras, ...) para la obtención de herramientas que les faciliten su tarea profesional. También, esta herramienta resulta atractiva a los profesional para los cuales su voz es su herramienta de trabajo (profesores, locutores, cantantes, comerciales, etc.), ya que les permite disponer de una herramienta que de forma simplemente, a partir de una grabación de la voz, pueda estimar si sufre alguna alteración en la laringe (enfermedad en las cuerdas vocales y en el sistema productor de voz).

Además, el proyecto da a conocer el potencial de las técnicas de evaluación acústicas de la voz y de las herramientas telemáticas para la evaluación, a los profesionales clínicos de la voz (otorrinolaringólogos, foniatras y logopedas).

2. Estudio clínico

Con el objetivo de disponer de técnicas no invasivas, objetivas y cuantificables de evaluación de la calidad de la voz, la División de Procesado Digital de Señales del Instituto para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación en Comunicaciones (IDeTIC) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) y el Servicio de Otorrinolaringología del Hospital General de Gran Canaria “Dr. Negrín”, han desarrollado de forma conjunta el estudio de la evaluación acústica del sistema fonador para su uso en entornos clínicos.

El protocolo de evaluación de la calidad clínica de la voz valora de forma objetiva la calidad de la voz, a partir de una grabación de una fonación sostenida que presenta las siguientes características:

- La grabación consiste en la fonación de forma sostenida de la vocal “a” de forma sostenida, durante 5 segundos. Ha de ser una fonación no susurrada.
- La grabación de audio se realiza con un PC de propósito general equipado con una tarjeta de sonido convencional. La grabación se realiza con una frecuencia de muestreo de 22050 muestras por segundo y una resolución de 16 bits por muestra.
- Se utiliza un micrófono convencional de sobremesa, con al menos un ancho de banda sin distorsión de 11 KHz. Se recomienda que el micrófono esté a una distancia de 15 centímetros del locutor.

Tabla 1 Medidas para cuantificar los distintos fenómenos físicos implicados en la medida de la calidad de la voz

Fenómeno Físico	Medida
Estabilidad de la Voz	Cociente de perturbación de amplitud (APQ)
Problemas de Cierre	Promedio de la relación sub-armónico armónico
Ritmo de Golpeo	Valor promedio del primer pico cepstral de los cepstrum derivados espacialmente
Irregularidades en las Masas	Promedio del aérea inferior del índice de bicoherencia integrado

A partir de esta grabación se realiza las medidas de calidad de la voz. En el protocolo de cuantificación de la calidad de la voz, se indica la necesidad de medir cuatro características de la voz, cada una de ellas cuantificada por una única medida. En la Tabla 1 se indican

las medias utilizadas para cuantificar cada una de las cuatro características.

Los cuatro fenómenos físicos identificados que permiten realizar una medición objetiva de la calidad de la voz son:

- Estabilidad de la voz: Este fenómeno caracteriza el flujo de aire que es exhalado por los pulmones y que da lugar al movimiento vibratorio de las cuerdas vocales (movimientos de apertura y cierre). Para evaluar este fenómeno se analiza la capacidad de un locutor para producir, durante la fonación de un sonido sonoro sostenido, un flujo de aire con una intensidad constante.
- Problemas de cierre: Este fenómeno caracteriza el contacto de ambas cuerdas durante la fonación. En el caso de no existir un correcto cierre de las mismas se identifica la presencia de ruido en la señal de voz.
- Ritmo de golpeo: La estructura armónica de la señal de voz viene determinada por el ritmo y la fuerza del golpeo (el impacto entre las cuerdas vocales). La existencia de un ritmo irregular pone de manifiesto la presencia de determinadas patologías. Igualmente, si el golpeo no se produce con la suficiente intensidad, la voz producida presentará una pobre y anormal sonoridad.
- Irregularidades en las masas: Para realizar un correcto golpeo de las cuerdas resulta necesario que ambas cuerdas realicen de forma sincronizada las diferentes fases del movimiento vibratorio necesario que da lugar a la sucesiva apertura y cierre de las cuerdas. Este fenómeno cuantifica la descoordinación de las diferentes fases del movimiento entre cuerdas cuando estas presentan irregularidades. Además, cuantifica el deterioro de las propiedades viscoelásticas de la mucosa que recubre las cuerdas vocales.

Una voz de calidad anormal presenta al menos uno de los valores correspondientes a la cuantificación de los cuatro fenómenos físicos fuera de los rangos de normalidad.

Este protocolo de evaluación cuantifica la calidad de la voz permitiendo identificar calidades de voz anómalas de diferentes orígenes. A medida que la calidad de la voz de un locutor empeora,

aumentará el número de fenómenos físicos y la desviación de los valores de la cuantificación de dichos fenómenos respecto a los valores de normalidad.

Se ha estimado los rangos preliminares de normalidad de las cuatro medidas de calidad de la voz, utilizando la base de datos del estudio y tomando el 95% central de los valores de la población de muestras sanas. En la Tabla 2 se muestran los rangos de normalidad de cada una de las medidas

Tabla 2 Rango de normalidad de las diferentes medidas de la calidad de la voz

Medida de Calidad de la Voz	Rango de Normalidad
Estabilidad de la Voz	0.002 ... 0.136
Ritmo de Golpeo	0.919 ... 1.761
Problemas de Cierre	0.189 ... 0.561
Irregularidades en las Masas	0.531 ... 0.755

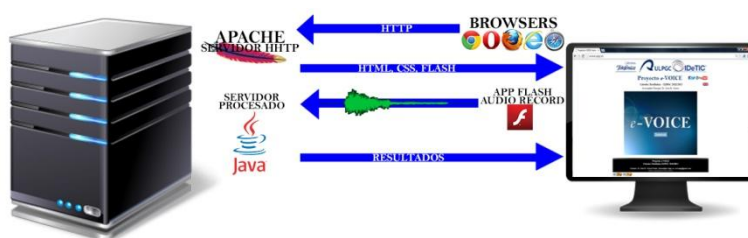
3. La herramienta web e-VOICE

La accesibilidad es una cualidad importante en el desarrollo de cualquier tecnología. Los usuarios reclaman cada vez más la facilidad de acceso desde cualquier lugar y a cualquier hora de los sistemas tecnológicos que utilizan, siendo los sistemas web y *cloud* una solución satisfactoria.

Basado en este principio, se ha desarrollado el Proyecto e-VOICE, que consiste en un sistema informático remoto, vía web, de evaluación acústica del sistema fonador. Este sistema permite a los usuarios evaluar la calidad de su voz mediante una conexión a internet y un navegador de escritorio accediendo a la dirección web <http://evoice.ulpgc.es>

El sistema telemático implementado en el Proyecto e-VOICE es un simple sistema cliente-servidor que utiliza tecnologías y lenguajes de programación estándar, frecuentemente utilizados en la informática y las comunicaciones, como HTTP, HTML, CSS, Flash y Java.

A grandes rasgos el sistema telemático sigue los siguientes pasos:



1. El usuario, a través de cualquier navegador de escritorio, realiza una petición HTTP de la web <http://evoice.ulpgc.es>

2. La petición es recibida un servidor, que tiene instalado el servidor de código abierto Apache Server, devolviendo al usuario los archivos (HTML, CSS, Flash,...) que componen la página web del Proyecto e-VOICE.

3. La web e-VOICE contiene una aplicación Flash que permite al usuario grabar su voz siguiendo unos sencillos pasos. Realizada la grabación de voz, la aplicación realiza una conexión automáticamente con un servidor de procesado, que se encuentra implementado en lenguaje Java.

4. El servidor de procesado del Proyecto e-VOICE recibe la señal de voz grabada por el usuario, realiza la evaluación acústica de la calidad de la voz, cuantificando cuatro medidas de calidad de la voz, y devuelve al en la página web los valores cuantificados respecto a los rangos de normalidad de cada medida, evidenciando aquellos que presentan un estado anormal.

Respecto el entorno web, éste se ha diseñado y programando siguiendo estándares HTML y CSS del World Wide Web Consortium (W3C) que aseguran las buenas prácticas de diseño web y una mejor experiencia para el usuario.

El entorno web es sencillo, claro, intuitivo y asistido mediante mensajes sonoros y textuales que guían al usuario en todo el proceso de evaluación acústica del sistema fonador.

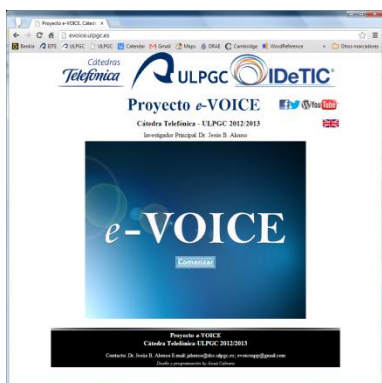


Fig. 1 Inicio de la web e-VOICE

Iniciando la aplicación pulsando el botón comenzar, se accede a un entorno de grabación (Fig. 2), donde varias pantallas guían, sonora y textualmente, al usuario con el fin de realizar una sencilla grabación de la vocal 'a' de forma sostenida durante 5 segundos.

Conectándose a través de internet a <http://evoice.ulpgc.es> desde cualquier navegador de escritorio, el usuario accede a la página inicial del Proyecto e-VOICE (Fig. 1), donde se un mensaje sonoro le da la bienvenida.

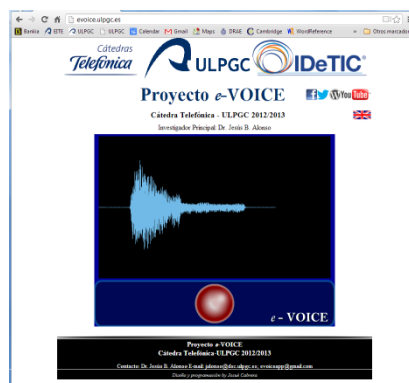


Fig. 2 Sistema de grabación e-VOICE

Realizada la grabación, se indica al usuario se están llevando a cabo labores de conexión al servidor y procesado. Tras un minuto aproximadamente, dependiendo del tipo de conexión a internet, se muestra al usuario (Fig. 3) los valores obtenidos de calidad de su voz.

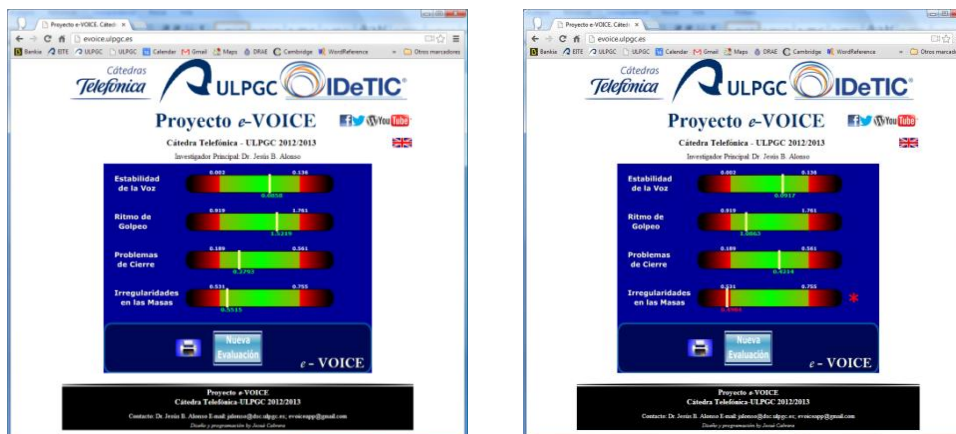


Fig. 1 Resultados voz sana (izquierda) y voz patológica (derecha)

La pantalla de resultados muestra al usuario de forma cuantificable y gráfica el estado de su voz para los 4 fenómenos físicos analizados. De manera gráfica se muestra al usuario los límites sanos (región verde) y patológicos (región roja) de la voz, advirtiéndole mediante una alarma luminosa de aquellos que se encuentran en rangos anormales.

Además, la interfaz gráfica cuenta con un botón de impresión de resultados que permite al usuario imprimir o almacenar los resultados de sus evaluaciones, y en consecuencia, documentar el estado de la calidad de la voz y realizar su control evolutivo.

4. Divulgación y repercusión social

A lo largo del desarrollo de la línea de investigación se ha identificado un gran interés por su previsible impacto social. La línea de investigación ha contado con reconocimiento en premios nacionales y en medios de comunicación, como prensa, radio y televisión, por su carácter innovador.



Fig. 2 Noticia en Informativos Teletcinco el 12 y 13 de junio de 2001, ABC: Suplemento <<Nuevo Trabajo>> el 26 de mayo de 2005, Canarias 7 el 24 de enero de 2012 (de izquierda a derecha).

El método para la evaluación clínica del sistema fonador de pacientes con patologías laríngeas a traves de una evaluación acústica de la calidad de la voz, desarrollado en esta exitosa línea de investigación, cuenta actualmente con la solicitud de Patente Nacional nº 201200636 solicitada por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Internet es una de las fuentes de información y comunicación más extendidas en nuestros días. Empresas, asociaciones y particulares emplean habitualmente la red como medio de información y comunicación. La red permite acceder a la información deseada en cualquier momento y desde cualquier lugar, siendo en consecuencia un canal de divulgación muy importante.



Fig. 3 Facebook del Proyecto e-VOICE

información.

En los últimos años las aplicaciones sociales han cobrado gran importancia en internet y en la vida de los internautas. Redes sociales como Twitter o Facebook permiten a los usuarios no sólo estar conectados entre ellos si no también estar informados en todo momento y suscribirse a páginas de empresas, asociaciones o grupos que sean de su interés.

Los nuevos dispositivos como tablets o smartphone, de amplio uso actualmente, amplían la capacidad de estar informados, permitiendo recibir notificaciones al momento de las últimas noticias publicadas por contactos o páginas suscritas, permitiendo una divulgación inmediata de la



Fig. 4 Compartiendo el proyecto e-VOICE

Consciente, de la importancia de las tareas de divulgación en este proyecto y de las ventajas que brindan las redes sociales e internet, el Proyecto e-VOICE cuenta con páginas en Facebook, Twitter, Wordpress y Youtube. En estas páginas se publican noticias y eventos relacionados con el proyecto, informando directamente a sus seguidores. Así mismo, estas redes sociales han permitido poner el proyecto en contacto con otras páginas relacionadas con medios de comunicación, agencias de noticias, asociaciones médicas, colegios profesionales,

centros de salud, agencias de investigación, etc. (Fig. 6), que engloban público objetivo, con quienes compartir las actividades llevadas a cabo durante el desarrollo del proyecto.

En estos canales de comunicación se han publicado videos demostrativos del funcionamiento de la aplicación, información sobre sus cualidades, noticias relacionadas con afecciones de la voz, ponencias y congresos promovidos por el proyecto, por citar algunos ejemplos.

El proyecto, también se ha presentado en Jornadas como la 2nd SPLab Workshop 2012, organizado por Brno University of Technology, que tuvo lugar del 24 al 26 de Octubre en Brno, República Checa, las XXXVII Jornadas Leonísticas organizadas por el Club de Leones de Canarias, el Foro Transfiere -gran foro multisectorial de la Innovación Española que une la oferta y la demanda de Innovación- o más recientemente en las I Jornadas Interdisciplinarias de Voz, Habla y Canto celebradas en de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.



Fig. 5 Foro Transfiere

Las tareas de divulgación se han completado con noticias y entrevistas en medios de comunicación, como la entrevista realizada en el programa de radio “Teresa a las 8” de 7.7 Radio (<http://catedratelefonica.ulpgc.es/blog/evoice/files/2013/06/Jesus-Alonso-04-06-13-7punto7Radio.mp3>), y un vídeo divulgativo que puede ser visualizado en Youtube en el link <http://www.youtube.com/watch?v=xtG-c-zukhw>.



Fig. 6 Vídeo documental del Proyecto e-VOICE

El resultado de estas tareas de divulgación y el carácter telemático del proyecto ha propiciado que desde el pasado 14 de mayo, cuando lanzamos la aplicación, se hayan obtenido 343 visitas de 255 visitantes distintos. Tomando la web alcance internacional como muestran las conexiones desde 21 países y 52 ciudades, tales como Hong Kong, India, Israel, Alemania, Reino Unido, Brasil, Nicaragua, Cuba, Colombia y EEUU, entre otros.

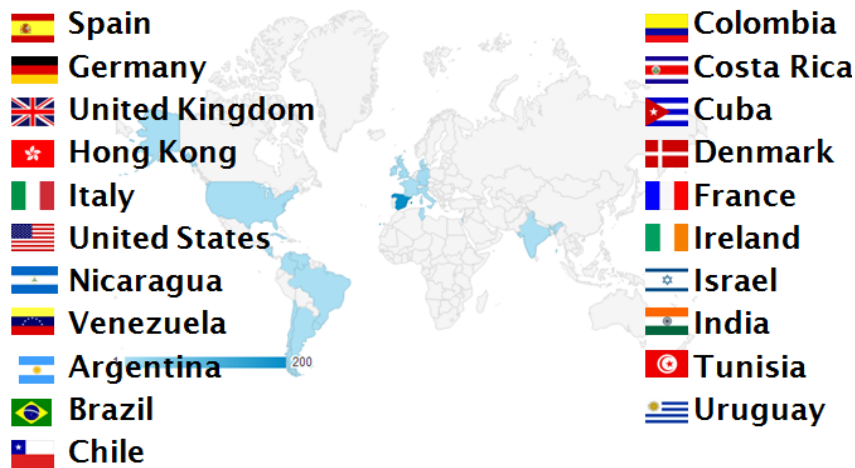


Fig. 7 Repercusión internacional