



Serie Proyectos de Investigación e Innovación

Superintendencia de Seguridad Social
Santiago - Chile

INFORME FINAL

**Determinación de la efectividad de sistemas de refuerzo sonoro de la voz
mediante el índice STI (Speech Transmission Index), para la prevención de
la disfonía funcional en profesores de aula**

Alonso Carrillo
2014





SUPERINTENDENCIA DE SEGURIDAD SOCIAL

SUPERINTENDENCE OF SOCIAL SECURITY

La serie Proyectos de Investigación e Innovación corresponde a una línea de publicaciones de la Superintendencia de Seguridad Social, que tiene por objetivo divulgar los trabajos de investigación e innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades del Trabajo financiados por los recursos del Seguro Social de la Ley 16.744.

Los trabajos aquí publicados son los informes finales y están disponibles para su conocimiento y uso. Los contenidos, análisis y conclusiones expresados son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente la opinión de la Superintendencia de Seguridad Social.

Si requiere de mayor información, sobre el estudio o proyecto escriba a: investigaciones@suseso.cl.

Si desea conocer otras publicaciones, artículos de investigación y proyectos de la Superintendencia de Seguridad Social, visite nuestro sitio web: www.suseso.cl.

The Research and Innovation Projects series corresponds to a line of publications of the Superintendence of Social Security, which aims to disseminate the research and innovation work in the Prevention of Occupational Accidents and Illnesses financed by the resources of Law Insurance 16,744.

The papers published here are the final reports and are available for your knowledge and use. The content, analysis and conclusions are solely the responsibility of the author (s), and do not necessarily reflect the opinion of the Superintendence of Social Security.

For further information, please write to: investigaciones@suseso.cl.

For other publications, research papers and projects of the Superintendence of Social Security, please visit our website: www.suseso.cl.

Superintendencia de Seguridad Social
Huérfanos 1376
Santiago, Chile.

Proyecto de Investigación P0170-2014

Determinación de la efectividad de sistemas de refuerzo sonoro de la voz mediante el índice STI (Speech Transmission Index), para la prevención de la disfonía funcional en profesores de aula.

Investigador: Alonso Carrillo Mayorga
Ingeniero Acústico, Diplomado en Ergonomía, Máster en Higiene Industrial.

Co-investigador: Rómulo Zúñiga.
Especialista Senior Ingeniería Ocupacional

FUNDACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA - ACHS

Este proyecto fue realizado con el financiamiento de la Asociación Chilena de Seguridad, a través de la Fundación Científica y Tecnológica, FUCYT.

INDICE

INDICE	2
RESUMEN	5
1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVOS.	6
2.1 OBJETIVOS GENERALES.	6
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	7
3. ANTECEDENTES.	7
3.1 Disfonía.	7
3.2 Disfonía en Profesores, Chile.	8
3.3 Factores de Riesgo.	8
3.4 Factores Acústicos y Psicoacústicos.	9
3.4.1 Efecto Lombard.	9
3.4.2 Reverberación, Ruido de Fondo e Inteligibilidad de la Palabra.	10
3.5 STI como Indicador de Calidad de la Percepción del Habla.	10
3.6 Sistemas de Refuerzo Sonoro de la Voz en Salas de Clases.	11
4. MATERIALES Y METODOLOGÍA.	12
4.1 Metodología.	12
4.2 Materiales e Implementación.	12
4.2.1 Dispositivos de Refuerzo Sonoro de la Voz y su Caracterización.	12
4.2.2 Colegios y Salas de Clases.	15
4.2.3 Equipamiento e Instrumentación para la medición del STI.	15
4.2.4 Método para la medición del STI.	16
4.2.5 Método para la caracterización acústica de salas, T60 y Ruido de Fondo.	17
5. RESULTADOS	18
5.1 Caracterización de los dispositivos de refuerzo de la voz.	18
5.2 Resultado de Mediciones en Salas de Clases.	19
6. DISCUSION	22
6.1 Dispositivos de refuerzo de la voz seleccionados.	22
6.2 Efectividad de los dispositivos en las Salas de Clases.	23

7. CONCLUSIONES.	24
8. RECOMENDACIONES Y TRABAJO A FUTURO.	25
8.1 Respecto a los dispositivos estudiados.	25
8.2 Respecto a la aislación acústica de las salas de clases.	26
8.3 Futuros Trabajos.	26
10. AGRADECIMIENTOS.	27
9. REFERENCIAS.	28

RESUMEN

En este trabajo se estudia la efectividad de dispositivos personales de refuerzo sonoro de la voz, micrófono y parlante portátil, previamente seleccionados, para evitar el sobreesfuerzo de la voz del profesor. Esto se realiza mediante el índice STI (Speech Transmission Index), indicador que varía entre 0 (inteligibilidad nula) y 1 (inteligibilidad óptima), que integra un conjunto de variables acústicas de una sala de clases y permite calificar la calidad de la inteligibilidad del mensaje hablado recibido por los alumnos. Para lo anterior, se dispuso de 73 salas de clases de colegios de comunas de las ciudades de Santiago y Rancagua.

Se comprobó que para el uso de los dispositivos seleccionados, el mensaje hablado conservó o mejoró la inteligibilidad o calidad de la comunicación hablada desde un valor promedio de $STI = 0.548$ para un nivel normal de emisión de la voz a 65 dBA sin refuerzo sonoro (SR), hasta un $STI = 0.603$ para una condición con refuerzo de la voz (CR). Por otro lado, los Niveles de Presión Sonora promedio medidos en el lugar de los alumnos en las salas de clases, se elevaron en promedio 11.2 dBA con refuerzo sonoro con un máximo de 18.3 dBA.

A futuro, se propone como materia de otra investigación, corroborar un efecto positivo de los dispositivos estudiados, en el estado de la voz de profesores “usuarios”, por medio de la medición y seguimiento de indicadores fonético-acústicos.

Palabras claves: Disfonía, refuerzo de la voz, daño de la voz, STI.

1. INTRODUCCIÓN

En Chile, la disfonía se sitúa como la primera causa de enfermedad profesional, siendo la principal causa atribuida el “Uso Excesivo de la Voz” (93.1% de los casos), atribuyéndose usualmente esta causa a una condición intrínseca del orador y no a otros factores propios del lugar de trabajo. En este sentido, la principal medida de control del riesgo disponible es la “instrucción en el uso de la voz”, no existiendo en el país, métodos de evaluación y control del riesgo debido a factores del lugar de trabajo.

Estudios recientes sobre el origen de la disfonía en profesores, atribuyen el sobreesfuerzo de la voz, principalmente a deficientes características acústicas de las salas de clases, como alto ruido de fondo y tiempo de reverberación, lo que obligan al profesor a elevar la voz, muchas veces de manera inconsciente por efecto Lombard.

Cuando la característica acústica de la sala de clases es deficiente, la calidad de la transmisión y percepción del mensaje hablado se ve significativamente deteriorada, ocurriendo una pérdida de atención de los alumnos, situación que el profesor intenta corregir elevando el nivel de su voz. Las directrices de la OMS, recomiendan para las aulas escolares, un nivel de ruido de fondo en torno a 35 dBA, cuando se ha demostrado que el nivel habitual del ruido de fondo se encuentra entre 60 y 80 dBA, pudiendo ser mayor en talleres y recintos deportivos.

Esta investigación aborda la prevención de la disfonía funcional en profesores evitando el “uso excesivo de la voz” cuando las condiciones acústicas ambientales son adversas, utilizando sistemas de refuerzo sonoro portátiles de bajo costo, que puedan proyectar la voz del profesor con niveles que permitan una inteligibilidad o calidad del mensaje hablado “aceptable”, condición que pueda ser establecida de manera objetiva. Con esto, se pretende contribuir a disminuir el riesgo en la manifestación de una enfermedad profesional de alto impacto social y económico, junto con impactar positivamente en el proceso de la comunicación en una sala de clases, la comprensión y aprendizaje de los alumnos.

2. OBJETIVOS.

2.1 OBJETIVOS GENERALES.

- Determinar la efectividad de un sistema autónomo portátil de refuerzo sonoro de la voz en salas de clases, mediante el índice STI (Speech Transmission Index), para la reducción del sobreesfuerzo de la voz, una de las principales causas de la disfonía funcional en profesores.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Seleccionar y caracterizar un sistema de refuerzo sonoro de la voz de tipo autónomo (con baterías), considerando que sus especificaciones/características técnicas sean adecuadas para el uso en aula y además, sea accesible desde el punto de vista económico para la mayoría de los establecimientos educacionales y para profesores.
- Caracterizar acústicamente un conjunto de salas de clases, para determinar la condición ambiental sonora de éstos recintos, lugares donde se efectuarán los test de calidad acústica de la comunicación hablada.
- Determinar la calidad del proceso de la comunicación hablada mediante el índice STI para la condición “sin refuerzo sonoro” y para la condición “con el dispositivo de refuerzo sonoro”, en las salas seleccionadas.
- Comparar la calidad acústica de la comunicación hablada mediante la diferencia de los índices STI y de las variaciones de la escala de calificación de calidad obtenida para las condiciones antes y después de la intervención.

3. ANTECEDENTES.

3.1 Disfonía.

La disfonía, se refiere a la disfunción en la capacidad de producir la voz. Para que la voz sea clasificada como "disfónica", las anormalidades se deben presentar en uno o más parámetros vocales como: tono, timbre, volumen y variabilidad. Puede clasificarse en dos tipos principales dependiendo de su origen, orgánicas y funcionales, [1] [2].

Las disfonías Orgánicas, hacen referencia a trastornos de la voz que presentan alteraciones anatómicas/estructurales que determinan la alteración vocal.

Las disfonías Funcionales, se refieren a todas las formas de trastorno vocal en los que la desviación del patrón normal de funcionamiento es el principal factor causal. Esto es, no existen alteraciones estructurales que expliquen la disfonía, sino alteraciones, trastornos o perturbaciones en el gesto vocal que lleva a la emisión de la voz. [3]

3.2 Disfonía en Profesores, Chile.

La revisión de la estadística de los diagnósticos acogidos de disfonía en la Asociación Chilena de Seguridad entre los años 2000 y 2011, la sitúan como la primera causa de enfermedad profesional en esta mutualidad, seguido de la Hipoacusia y la Tenosinovitis y/o tendinitis de mano y/o muñeca.

La principal causa atribuida de la Disfonía Ocupacional, corresponde a “Uso Excesivo de la Voz”, con un 93.1% de los casos, seguido por “Sobrecarga de Trabajo” (3.6 % de casos), “otros sin clasificar” (0.98%), “ruido” (0.71%), estrés laboral (0.42 %) y otros como frío, amoníaco, arsénico y compuestos solubles, polvos no clasificados, ácido sulfúrico, soda cáustica, solventes, entre otros elementos químicos. Se hace presente que la causa “Uso Excesivo de la Voz” comúnmente se atribuye a una condición intrínseca del orador y no a otras causas propias del lugar de trabajo.

Respecto a la manifestación de la disfonía por actividad económica, un 47.6 % de los casos se presenta en la actividad de “enseñanza”, un 41 % de los casos se manifiesta en la actividad de “Administración Pública y defensa”, seguido por “Otras actividades de servicios comunitarios” con 8.3% y “Servicios Sociales y de Salud” con un 1.9%.

De los casos catalogados en enseñanza, el 50% se presenta en la región metropolitana, un 11% en la ciudad de Concepción, un 6.7% en Chillan, 4.9% La Serena, 3.9% Valparaíso, 3.8% Osorno, seguido por Temuco, Rancagua, Los Ángeles y Talca con una cifra del orden de 3.2%.

Según las estadísticas señaladas y las referencias internacionales disponibles, la Disfonía Ocupacional es una de las enfermedades profesionales estrechamente relacionadas con una profesión particular, que en este caso corresponde a los “profesores” [4]

Los programas de prevención de la disfonía incluyen la higiene vocal, la educación vocal (técnica vocal) y la re-educación de la disfonía (Fariás, 2012) [5].

3.3 Factores de Riesgo.

Se identifican factores de riesgo individual, tales como sexo, edad, malos hábitos posturales y de carga vocal, siendo la principal causa la falta de formación en técnicas de uso de la voz.

Asimismo, se identifican otros factores favorecedores relacionados con las condiciones ambientales y las condiciones de trabajo, entre los que se incluyen las condiciones acústicas (reverberación, ruido de fondo), temperatura o humedad, calidad del aire, ventilación y amplificación bacteriana, sumado al número de horas de trabajo y asignaturas impartidas, cantidad de alumnos. En esta clasificación también se incluyen efectos estacionales productores de alergias.

Los riesgos biológicos y el padecimiento de enfermedades infectocontagiosas de distinta naturaleza son muy frecuentes entre los docentes, en particular, las infecciones del tracto respiratorio.

Los riesgos psicosociales tienen una gran repercusión en el sector, manifestándose por orden de importancia, como estrés, ansiedad y depresión. [4].

En Chile, un estudio efectuado a 402 profesores de la comuna de Santiago, sobre prevalencia de disfonía y factores de riesgo, determinó que los principales factores fueron la edad, sobre 45 años, ejercicio de profesor en educación básica, tiempo de uso de la voz sobre 5 horas diarias, presencia de síntomas de reflujo gastroesofágico (RGE) y consumo de cigarrillos. Este estudio no consideró el efecto de factores ambientales como el ruido [6].

Las referencias internacionales, señalan que la disfonía funcional en profesores se origina, principalmente, por el uso del habla con una intensidad más alta de lo normal, junto con conductas de abuso vocal [4], [7], [8]. Por otra parte, estudios efectuados en profesores sin alteración vocal (Chan, 1994; Duffy & Hazlett, 2004)[9][10], que recibieron entrenamiento en higiene y/o técnicas vocales, arrojaron cambios positivos en la calidad vocal entre la evaluación previa y posterior.

3.4 Factores Acústicos y Psicoacústicos.

Estudios recientes [7] y [8] sobre la causa de las disfonías en profesores, atribuyen el aumento de la intensidad de la voz, principalmente a las características acústicas de la sala, como ruido de fondo y tiempo de reverberación.

3.4.1 Efecto Lombard.

Descubierto por Étienne Lombard, otorrinolaringólogo y cirujano en 1909, el “Efecto Lombard” es la tendencia involuntaria a aumentar el nivel de la voz a medida que aumenta el nivel de ruido que percibimos.

En sus experimentos, Lombard observó que si se tomaba un sujeto con una audición normal y se le introducía ruido en uno de los dos oídos, el paciente tendía a subir ligeramente la voz, mientras que si el ruido se introducía en los dos oídos a la vez subía mucho más la voz, llegando incluso a gritar. Si el paciente tenía pérdida auditiva en uno de los dos oídos, y el ruido se le presentaba en el oído enfermo, el paciente apenas subía la voz, mientras que si el ruido estaba en el oído sano, el paciente comenzaba a gritar, igual que hacía el paciente sano.

El descubrimiento de Lombard permitió diseñar ensayos para determinar las pérdidas auditivas de un paciente, detectar conductas simuladas de sordera, desarrollar importantes avances en el estudio de la comunicación vocal en presencia de ruido, e influyó en el estudio de las relaciones dinámicas existentes entre la audición y la producción de voz [11].

3.4.2 Reverberación, Ruido de Fondo e Inteligibilidad de la Palabra.

Una elevada reverberación y alto ruido de fondo en una sala de clases pueden disminuir el porcentaje de comprensión del mensaje hablado de manera significativa, sobretodo en sectores donde se supera la distancia crítica, lugar donde se puede igualar el nivel del sonido directo del emisor (profesor) con el nivel del sonido reverberante o reflejado y donde el receptor (alumno) de manera inconsciente comienza a prestar atención al mensaje reverberante que se constituye como la señal principal [12].

Respecto a las condiciones acústicas de salas de clases en Chile, se efectuó un estudio de inteligibilidad de la palabra en salas típicas de colegios de la ciudad de Valdivia con el método STI [5], cuyas conclusiones indican que el porcentaje de comprensión de la palabra está bajo lo recomendado (47.4 % de las salas alcanza la valoración “Regular”), debido a que el ruido de fondo en todas las salas supera el valor recomendado y el tiempo de reverberación es elevado. Esta situación de salas “Regulares”, supone una condición adversa para el profesor respecto al nivel de uso de la voz.

Un estudio de la Universidad de Chile [13], proporciona antecedentes para mejorar la calidad acústica de salas de clases, considerando el ruido de fondo, reverberación, aislamiento acústico y aspectos técnicos relevantes para obtener un buen rendimiento del ejercicio de la comunicación hablada.

Las directrices de la OMS, recomiendan para las aulas escolares, un nivel de ruido de fondo en torno a 35 dBA, cuando se ha demostrado que el nivel habitual del ruido de fondo se encuentra en 60 -80 dBA, pudiendo ser mayor en talleres y recintos deportivos [4]. Un estudio en España sobre Ruido en 32 Centros Docentes no universitarios, determino un nivel equivalente de 69 dBA de ruido de fondo en presencia de alumnos [14].

La norma ANSI S12.60-2002, “Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools”, recomienda un tiempo de reverberación de 0.7 s, para una sala de clases estándar, con volumen inferior a 566 m³.

El nivel de emisión normal de la voz, sin sobreesfuerzo, se encuentra típicamente a un nivel de 65 dBA [14].

3.5 STI como Indicador de Calidad de la Percepción del Habla.

Uno de los indicadores actualmente utilizados para estudiar y evaluar la efectividad del proceso de emisión- recepción del habla y su inteligibilidad, es el STI (Speech Transmission Index), indicador que varía entre 0 (inteligibilidad nula) y 1 (inteligibilidad óptima), que incorpora en su proceso, el aporte del ruido de fondo, tiempo de reverberación y tiempo de decaimiento temprano de las primeras reflexiones sonoras ocasionadas por un orador en un recinto, grado de articulación de las palabras, entre otros factores [15], todas variables que pueden ser medidas de manera objetiva.

Según Norma IEC 60268-16:2011 Sound System Equipment Part 16: Objective Rating of Speech Intelligibility by Speech Transmission Index, para el uso típico de una sala de clases, se recomienda una calificación "D" ($STI \geq 0.62$) o superior para obtener "buena transmisión de mensajes complejos con palabras familiares", calificándose la inteligibilidad como "Buena". La escala de Barnett P. W [18], también muestra una calificación similar (ver Figura 1).

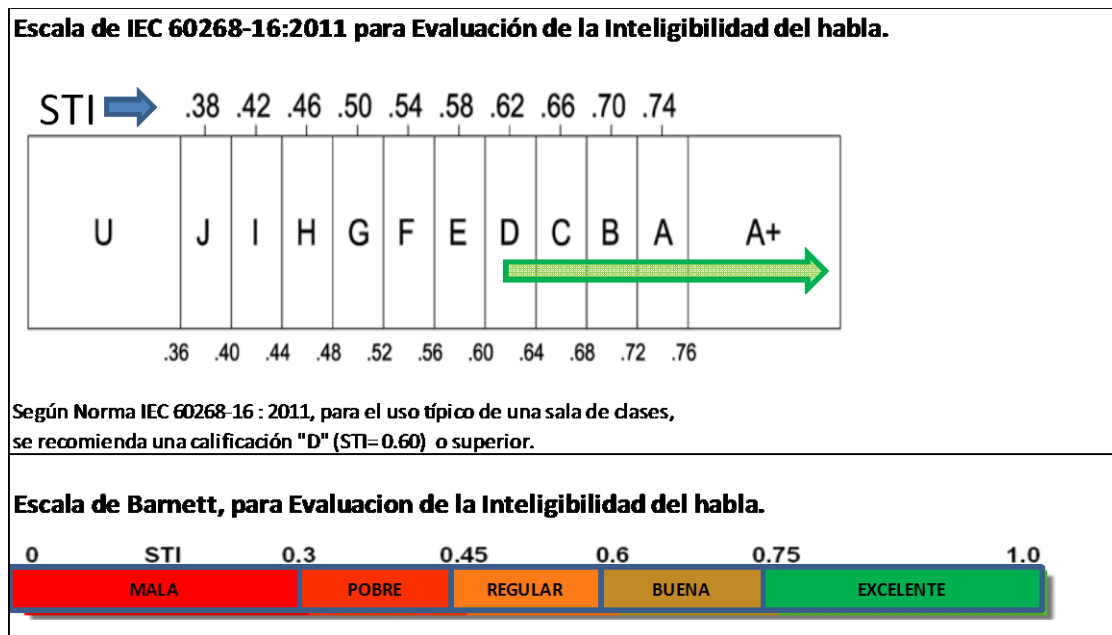


Figura 1.- Escalas para Evaluar la Inteligibilidad de la comunicación hablada según IEC 60268-16:2011 y Barnett, P. W.

3.6 Sistemas de Refuerzo Sonoro de la Voz en Salas de Clases.

La organización Inglesa National Union of Teachers "NUT" señala en su publicación Acoustics in schools: health and safety briefing [7], el uso de sistemas de amplificación de la voz, mejorando la relación señal – ruido, la inteligibilidad y disminuyendo el esfuerzo vocal, señalando también limitaciones, para casos con tiempos de reverberación extremadamente altos y cuando los alumnos quieren participar en la clase y no disponen de un sistema de refuerzo de voz.

Según Jónsdottir (2001) [16], el uso del micrófono y refuerzo sonoro debiera ser en el futuro una práctica estándar en la docencia. El profesional de salud generalmente recomienda a los profesores el uso de sistema de amplificación de la voz (micrófonos), sin embargo hay quienes consideran que es poco práctico y difícil de utilizar en las aulas.

The Institute for Enhanced Classroom Hearing y otras organizaciones similares plantean los beneficios del uso de sistemas de refuerzo de la voz en salas de

clases, tanto para cuidado del profesor como para la comprensión de los alumnos [17].

4. MATERIALES Y MÉTODOLÓGÍA.

4.1 Metodología.

Evaluar y caracterizar acústicamente un conjunto de dispositivos personales de refuerzo sonoro de bajo costo para seleccionar tres unidades con el mejor desempeño respecto a la reproducción de la voz y su potencial proyección acústica en una sala de clases.

Reproducir la voz normal del profesor por medio de una boca artificial o parlante con características similares de emisión de la voz humana, de tal manera de emitir señales de prueba y medir en el lugar donde se ubican los alumnos, el grado de comprensión o inteligibilidad usando el indicador STI.

Incorporar a la boca artificial o parlante simulador de la voz, uno de los dispositivos de refuerzo sonoro seleccionados, reproducir las señales de prueba y medir en los mismos lugares señalados para determinar un cambio en la calidad de la transmisión y comprensión del habla y cambios del nivel de presión sonora generado.

Adicionalmente, caracterizar acústicamente las salas de clases donde se desarrollen las pruebas de calidad de comunicación, en relación con el tiempo de reverberación y nivel de ruido de fondo en el momento de las mediciones.

4.2 Materiales e Implementación.

4.2.1 Dispositivos de Refuerzo Sonoro de la Voz y su Caracterización.

Se adquirieron ocho dispositivos de refuerzo de la voz, los que se indican en la Figura 2. Éstos fueron adquiridos en su mayoría, desde “a” a “f”, por medio del portal Amazon y seleccionados por su mayor popularidad y cantidad de ventas (precios entre US19 y US 39). Los dispositivos “g” y “h”, fueron los únicos disponibles en Chile, adquiridos en las empresas Casa Royal Ltda., y Spevi Ltda. (Precios entre \$15.000 y \$50.000)

 <p>A.- Marca Ivation, modelo JHCKM671B</p>	 <p>B.- Marca IMAGE , sin modelo</p>
 <p>C.- Marca Crove, modelo 734</p>	 <p>D.- Marca Audio2000, modelo AWP6202</p>
 <p>E. Marca MPYLE, Modelo PWMA50B</p>	 <p>F.- Marca QFX, modelo CS-80US.</p>
 <p>G.- Marca CDLG, modelo CD-111</p>	 <p>H.- Marca UDEWA-700</p>

Figura 2.- Dispositivos personales de refuerzo de la voz adquiridos en USA y Chile.

Para caracterizar cada dispositivo de refuerzo de la voz, se consideraron las siguientes pruebas:

- Respuesta de frecuencia a nivel nominal de 70 dB.
- Distorsión armónica en 1 KHz a nivel nominal de 70 dB y máximo de emisión.
- STI a un metro de distancia a nivel nominal de 70 dB y máximo de emisión.
- Nivel de presión sonora a nivel nominal de 70 dB y máximo de emisión.

Las mediciones tuvieron lugar en la cámara anecoica de la Universidad Tecnológica de Chile Inacap, de modo de simular condiciones de campo libre.

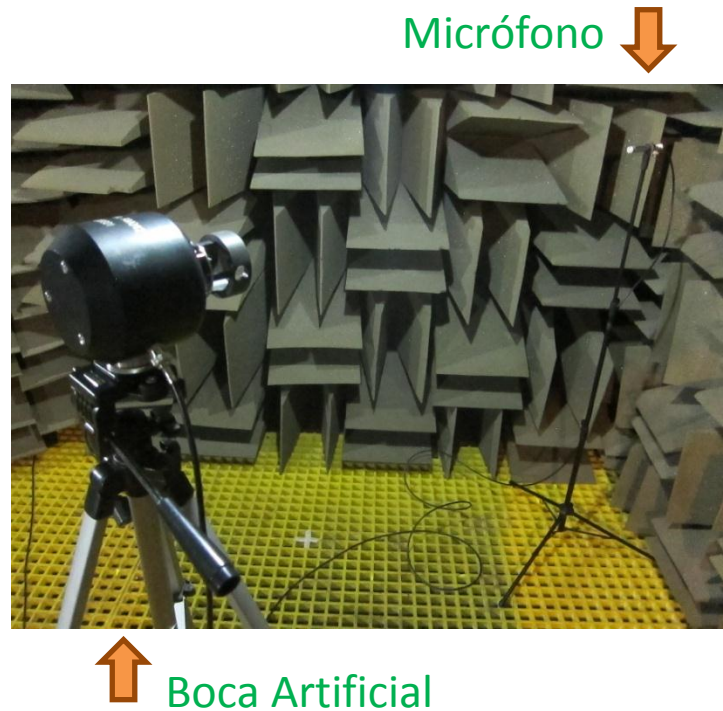


Figura 3.- Caracterización de dispositivos de refuerzo sonoro y Calibración de Sistema de Medición en Sala Anecoica de Universidad Inacap.

Por medio del generador de señales, se emitió una señal MLS para obtener la respuesta de frecuencia de la boca, y un tono de 1 KHz para la distorsión armónica respectivamente, utilizando software de análisis de señales WinAudioMLS.

Para la medición del índice STI de cada dispositivo, se situó el altavoz a una distancia de 60 centímetros bajo la boca artificial, simulando la ubicación que tendría en una persona, es decir a la altura de la cintura. A continuación, se midió el índice de inteligibilidad de la palabra entregado sólo por la boca artificial y luego, en conjunto con el sistema de refuerzo sonoro de la voz. El nivel inicial de la boca artificial se ajustó 60 dBA, reproduciendo un nivel moderado de voz.

En el proceso de selección, también se consideraron aspectos funcionales, como la facilidad de regulación del volumen de amplificación y reproducibilidad de esta condición.

4.2.2 Colegios y Salas de Clases.

Para la medición del desempeño de los sistemas de refuerzo sonoro, se dispuso de salas de clases en los siguientes establecimientos educacionales:

- Escuela Básica Territorio Antártico, Comuna de San Miguel.
- Escuela Básica El Llano Subercaseaux, Comuna de San Miguel
- Colegio Presidente Eduardo Frei Montalva , Comuna de Ñuñoa
- Colegio Juan Moya Morales, Comuna de Ñuñoa
- Colegio San Agustín, Comuna de Ñuñoa
- Colegio Alborada, Rancagua.

4.2.3 Equipamiento e Instrumentación para la medición del STI.

Para el trabajo de terreno se implementaron dos sistemas de medición, que se indican a continuación:

- Micrófono pre-polarizado Bruel &Kjaer Ty4155.
- Preamplificador de micrófono ICP Svantek SV12L.
- Tarjeta de generación y adquisición de señales Aurelex DAC-07.
- Boca Artificial BSWA AM0102.
- Amplificador digital SMSL amp612639.
- Software para la generación de señales de comunicación y medición de STI, WinAudioMLS.
- Calibrador Acústico Quest Technologies QC-10.
- Parlante simulador de la voz, Logitech Z50 S-00138, auto-amplificado.
- Interface de audio PRESONUS Audiodbox USB.
- Micrófono de medición Presonus PRM1.
- Software para la generación de señales de comunicación y medición de STI, ARTALABS.
- Calibrador Acústico G.R.A.S. 42 AA.

El instrumental señalado fue validado con el siguiente instrumental auxiliar, calibrados en laboratorio ISO 17025:

- Tarjeta National Instruments NI9234
- Tarjeta National Instruments NI6289

4.2.4 Método para la medición del STI.

En cada sala de clases se seleccionaron 5 puntos donde se registrará el STI para la condición sin sistema de refuerzo sonoro y luego con sistema de refuerzo sonoro (ver Figura 4). La distribución de los puntos se asocia al alumno más favorecido de la emisión acústica directa, punto 1, y a los lugares menos favorecidos, puntos 2, 3, 4 y 5, por la lejanía o ubicación respecto a la radiación sonora de la voz del profesor. Las mediciones se efectúan sin la presencia de alumnos y profesores.

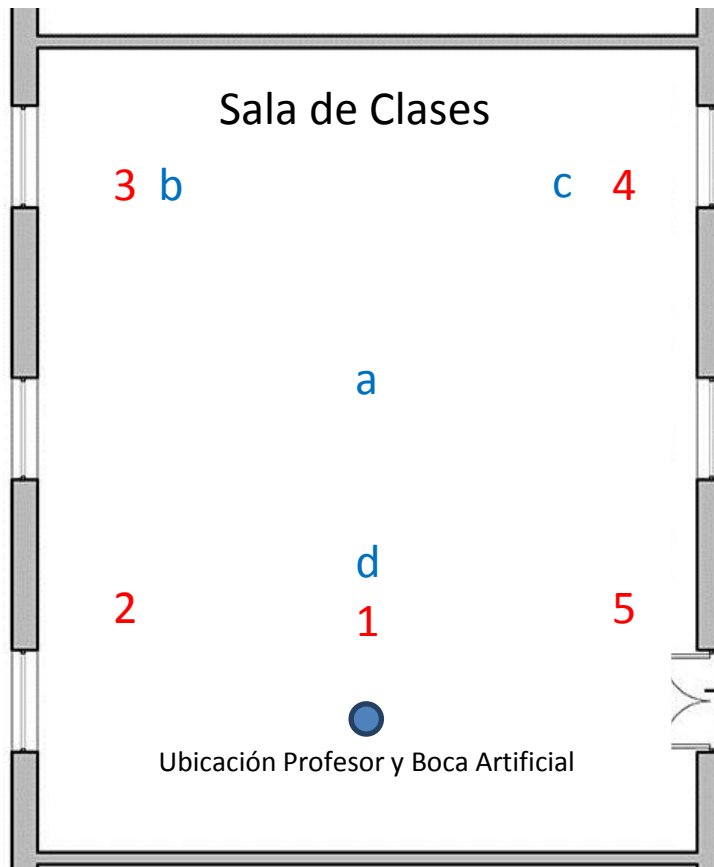


Figura 4.- Puntos de medición de STI (1 a 5), puntos de medición parámetros acústicos (a- d) y ubicación del profesor y boca artificial.

Según lo establecido en la norma IEC 60298-16:2011, Sound System Equipment Part 16: Objective Rating of Speech Intelligibility by Speech Transmission Index, para obtener un valor de STI en un punto, se efectúan al menos tres mediciones con desviaciones entre sí de 0.03, promediando aritméticamente los valores obtenidos.

Tanto la emisión de la boca artificial y la del parlante simulador de voz, fueron corregidas por medio de ecualización por software, para emitir el ruido de comunicación señalado en la normativa. En la Figura 5, se muestra el montaje en terreno de la boca artificial y del uno de los parlantes portátiles autónomos para la amplificación de la voz utilizados.



Figura 5.- Montaje de terreno de la boca artificial y de sistema de refuerzo sonoro autónomo para la amplificación de la voz.

4.2.5 Método para la caracterización acústica de salas, T60 y Ruido de Fondo.

La caracterización acústica de las salas de clases, se efectuó según lo establecido en la norma ISO3382-1:2009 Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 1: Performance spaces, para lo cual se seleccionaron cuatro puntos de medición, identificados como a, b, c y d, según se muestran en la Figura 4, uno ubicado al centro de la sala, dos en los extremos alejados del profesor y uno en la cercanía del profesor. El tiempo de reverberación, se considerará el promedio de los tiempos obtenidos en los cuatro puntos señalados. Se utilizaron globos para ocasionar los impulsos necesarios para activar el registro y cálculo.

El ruido de fondo de la sala, se obtiene del registro y cálculo del nivel de presión continuo equivalente por un período de al menos un minuto. Se hace presente que

este ruido de fondo es el que permite validar la medición de STI, indicadores acústicos y niveles emitidos por los dispositivos de refuerzo sonoro.

Las mediciones se efectúan sin la presencia de alumnos y profesores.

5. RESULTADOS

5.1 Caracterización de los dispositivos de refuerzo de la voz.

En la Tabla 5.1.1 se muestran los rangos de respuesta de frecuencia y los porcentajes de distorsión armónica obtenidos en la caracterización de la boca artificial y cada uno de los altavoces. En la Tabla 5.1.2 se tienen los valores de STI para un nivel de 70 dB y máxima ganancia útil.

En el Anexo A1 se presentan los gráficos de respuesta de frecuencia obtenidos en la caracterización de la boca artificial y cada uno de los altavoces.

Tabla 5.1.1.- Rango de Respuesta de Frecuencia y %THD, boca artificial y altavoces.

Altavoz	Respuesta de Frecuencia (± 10 dB)		%THD	
	Frecuencia Mínima (Hz)	Frecuencia Máxima (Hz)	Nivel Nominal	Nivel Máximo
Boca Artificial	120	9000	0,071	
A	430	6600	16,8	42,85
B	340	7300	47,9	103,1
C	560	13000	6,36	9,387
D	320	10700	1,75	101,5
E	600	11800	4,71	5,599
F	470	8800	5,79	25,97
G	270	9700	33	43,30
H	300	7800	8,44	44,99

Tabla 5.1.2.- Valores STI medido para cada altavoz a un nivel de 70 dB y a máxima ganancia útil

Altavoz	STI		Nivel Máximo [dB] con distorsión Nominal
	70 [dB]	Máx. Ganancia útil	
A	0.7	0.6	76.3
B	0.9	0.9	73.4
C	0.9	0.9	71.6
D	0.9	0.6	81.4
E	0.9	0.9	71.6
F	0.9	0.9	75.5
G	0.7	0.6	72.5
H	0.9	0.9	77.1

5.2 Resultado de Mediciones en Salas de Clases.

En la Tablas 5.2.1 a 5.2.6 se presentan los valores promedio, máximo y mínimo, con y sin equipo de refuerzo de la voz, obtenidos a partir de los valores medidos en las 73 salas evaluadas en este trabajo, respectivamente para STI, Nivel de Presión Sonora NPS en el lugar de los alumnos, Aumento de NPS en el lugar de los alumnos, Ruido de Fondo y Tiempo de Reverberación, con salas vacías.

Tabla N° 5.2.1.- Valores STI promedio, mínimo y máximo, para la condición Con y Sin refuerzo de la voz.

indicador STI de Inteligibilidad de la Palabra	SIN REFUERZO VOZ	CON REFUERZO VOZ
STI (PROM N=73)	0.548	0.603
STI (MAX)	0.778	0.797
STI (MIN)	0.330	0.443

Tabla N°5.2.2.- Nivel de Presión Sonora Equivalente Promedio, Mínimo y Máximo, en el lugar de los alumnos para la condición Con y Sin refuerzo de la voz.

Nivel de Presión Sonora Equivalente	SIN REFUERZO VOZ	CON REFUERZO VOZ
NPSeq (PROM N=73) dBA	61.5	72.6
NPSeq (MAX) dBA	66.6	79.9
NPSeq (MIN) dBA	52.6	64.4

Tabla N°5.2.3.- Aumento de los niveles de presión sonora por el uso de un dispositivo de refuerzo sonoro en las salas de clases desocupadas.

Nivel de Presión Sonora Equivalente	AUMENTO DEL NIVEL DE RUIDO (dBA)
NPSeq (PROM N=73) dBA	11.2
NPSeq (MAX) dBA	18.3
NPSeq (MIN) dBA	5.84

Tabla N°5.2.4.- Ruido de Fondo Promedio, Mínimo y Máximo del Ruido de Fondo en las salas de clases desocupadas.

Nivel de Presión Sonora Equivalente	RUIDO DE FONDO
NPSeq (PROM N=73) dBA	46.1
NPSeq (MAX) dBA	56.1
NPSeq (MIN) dBA	36.9

Tabla N°5.2.5.- Tiempo de Reverberación Promedio, Mínimo y Máximo del Ruido de Fondo en las salas de clases desocupadas.

Tiempo de Reverberación Promedio.	TIEMPO REVERBERACIÓN
T rev (PROM N=73) [s]	1.16
T rev (MAX) [s]	2.20
T rev (MIN) [s]	0.55

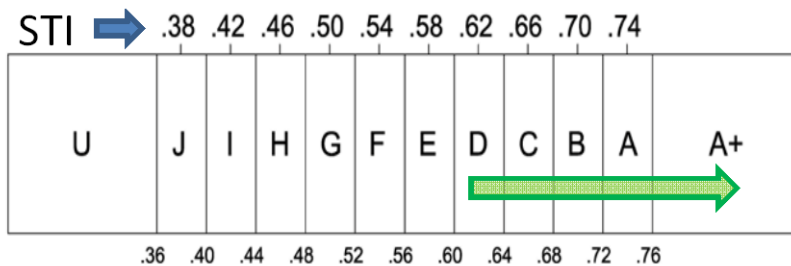
Los valores promedios del conjunto de salas evaluadas en cada colegio, correspondientes a las mediciones de STI, niveles de presión sonora, con y sin refuerzo de la voz, ruido de fondo, tiempos de reverberación de las salas y la calificación IEC60268-16:2011 de la inteligibilidad de la palabra o calidad de la comunicación hablada, se muestran en la Tabla 5.2.6. Adicionalmente, se incorpora junto a la tabla señalada, la misma Figura 1, que ayuda a comprender el cambio de calificación de la inteligibilidad debido al uso de un dispositivo de refuerzo sonoro de la voz.

Tabla 5.2.6- Valores de STI, niveles de presión sonora, tiempo de reverberación, ruido de fondo y calificación de la inteligibilidad de la palabra para la condición con y sin refuerzo de la voz.

ESCUELA/ COLEGIO N°	N° SALAS	STI SR	SPL SR [dB(A)]	STI CR	SPL CR [dB(A)]	RUIDO FONDO [dB(A)]	Tiempo Rev. [s]	Calificación STI SR	Calificación STI CR
1	4	0.60	59.0	0.63	70.3	48.1	0.76	E	D
2	7	0.54	59.9	0.59	71.8	45.4	0.73	F	E
3	11	0.53	62.9	0.58	74.5	43.6	1.14	G	E
4	18	0.56	61.4	0.62	72.6	46.1	0.90	F	D
5	29	0.53	62.1	0.59	72.8	46.8	1.48	G	E
6	4	0.65	59.3	0.68	69.9	47.5	1.24	D	C

SR: SIN REFUERZO CR: CON REFUERZO

Escala de IEC 60268-16:2011 para Evaluación de la Inteligibilidad del habla.



Según Norma IEC 60268-16: 2011, para el uso típico de una sala de clases, se recomienda una calificación "D" (STI= 0.62) o superior.

Escala de Barnett, para Evaluación de la Inteligibilidad del habla.



En el Gráfico 1, se observa la cantidad de salas por cada escalafón de Inteligibilidad (distribución de frecuencia), para las condiciones Con y Sin Refuerzo, incorporándose además una curva de tendencia para cada caso.

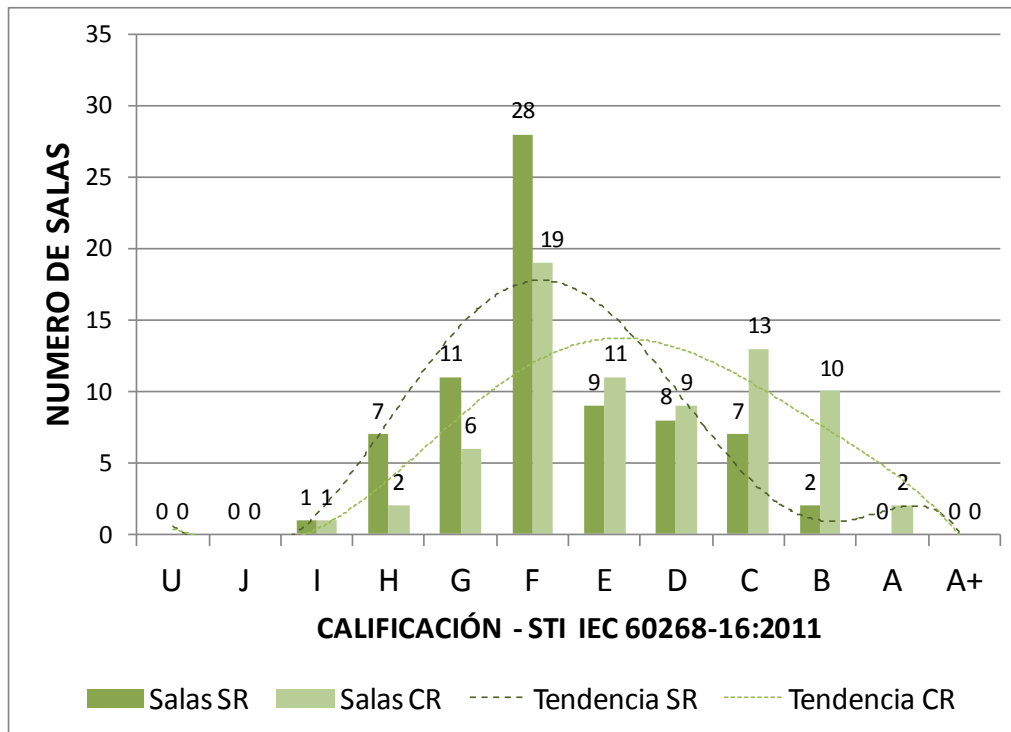


Gráfico 1.- Distribución de Frecuencia de la calificación de STI, para condición Sin Refuerzo y Con Refuerzo.

En el Anexo A2, se muestra el detalle de los valores STI, niveles de ruido, tiempo de reverberación y ruido de fondo para cada colegio y sala, mostrándose también la calificación de la inteligibilidad de la palabra.

6. DISCUSION

6.1 Dispositivos de refuerzo de la voz seleccionados.

Se seleccionaron tres dispositivos portátiles de refuerzo de la voz, que destacaron entre los ocho disponibles, considerando las características de respuesta de frecuencia, nivel de presión sonora, STI, distorsión armónica y facilidad para regular su ganancia (funcionalidad).

Los dispositivos seleccionados, que presentaron las mejores características para efectuar las pruebas en salas de clases, son los que se señalan a continuación:

- H.-MARCA UDE, MODELO WA-700
- F.-MARCA QFX, MODELO CS-80US
- E.-MARCA PYLE, MODELO PWMA50B

Dentro de las características que sobresalen en estos equipos se tiene su elevado STI, igual a 0.9 (ver Tabla 5.1.2), obtenido en sala anecoica, para la condición de volumen nominal y a su máxima capacidad de amplificación útil, sin que el equipo presente distorsión armónica significativa. Cabe señalar que también se encontraron dos dispositivos más que tuvieron estos valores de STI (B y C), con STI similares, pero se descartaron por presentaban alta distorsión armónica e inadecuada característica funcional, específicamente, la capacidad de poder regular la ganancia a un mismo nivel en pruebas de repetitividad.

6.2 Efectividad de los dispositivos en las Salas de Clases.

Los dispositivos seleccionados se evaluaron en 73 salas de clases, en relación con la conservación o aumento de la inteligibilidad del mensaje hablado, determinándose un valor promedio de $STI = 0.548$ para la emisión simulada de la voz a nivel normal de 65 dBA, sin refuerzo de la voz (SR), obteniendo una calificación “No Adecuada” para la comunicación hablada (Tramo F de Figura 1) según la norma IEC 60298-16:2011, Sound System Equipment Part 16: Objective Rating of Speech Intelligibility by Speech Transmission Index. Para la condición con refuerzo de la voz (CR) se obtuvo un promedio de $STI = 0.603$, (ver tabla 5.2.1), con una calificación “Adecuada” de la comunicación hablada. Para la escala de Barnett, los STI promedio obtenidos antes y después de usar refuerzo sonoro, modificaron la calificación de la calidad de la recepción del habla desde una calificación “Regular” a una “Buena”.

Si se observan los resultados de la Tabla 5.2.6, que muestran el desempeño de los dispositivos de refuerzo en cada colegio, se evidencia un cambio de estado en la calificación de la inteligibilidad de la palabra, desde tramos por lo general inferiores a “D”, a calificaciones cercanas y superiores a ésta, ocasionado por el aumento del STI en todos los establecimientos, junto con el aumento de los niveles de presión sonora.

Se hace presente que la norma IEC60268-16:2011, como muestra la misma tabla, propone un STI superior a 0.6 para salas de clases con el objetivo de obtener una condición “Adecuada” o “Buena transmisión de mensajes complejos con palabras familiares”. La escala de Barnett, también muestra una calificación “Buena” a partir de un $STI = 0.6$.

Un análisis estadístico de las calificaciones que obtuvieron las 73 salas medidas, que se muestran en el Gráfico 1, señala que los dispositivos de refuerzo de la voz usados, cambiaron de manera significativa la distribución de la calificación desde “F” hacia “E-D”. Sin el refuerzo de la voz, el 64.3% de los casos tuvo calificación entre F e I, en cambio con el sistema de refuerzo, un 38.3% de las salas presentan calificación entre F e I y el 61.6% restante obtiene una calificación entre A y E, con un 46.6 % de los casos calificados “D” o superior, como recomienda la normativa. Del conjunto de salas evaluadas, 17 cumplen el estándar sin refuerzo sonoro,

representando un 23.2 % de los casos, al evaluar con refuerzo sonoro se obtiene que 34 salas cumplen el estándar lo que representa un 46.6 % del total.

Los niveles de presión sonora promedio, en el lugar de los alumnos variaron desde 61.5 dBA sin refuerzo sonoro a 72.6 dBA con el refuerzo (ver Tabla 5.2.2), aumentando éstos en promedio 11.8 dBA con el uso del refuerzo, llegando a aumentar, en el mejor de los casos 18.3 dBA para los lugares más alejados de los alumnos respecto al profesor. Lo anterior, mejora significativamente la relación señal - ruido de las salas.

Lo anterior significa que, para una condición de emisión normal de la voz del profesor (65 dBA), es posible transmitir con la ayuda de un parlante personal del tipo estudiado, mensajes hablados con la misma o mejor inteligibilidad de la palabra, aumentando en promedio 11.8 dBA y hasta 18.3 dBA el nivel de emisión. En general, para obtener un mayor porcentaje de comprensión de las palabras, se requiere que la señal se encuentre del orden de 12 dB sobre el ruido de fondo (Meyer Sound, 2014), de este modo se logrará un 80% de reconocimiento de las palabras. Considerando que en situaciones de actividades comunes desarrolladas durante las clases, con niños sentados trabajando con algunas interacciones entre ellos, los niveles de ruido de fondo podrían llegar a ser del orden de 65 dB(A), requiriéndose un nivel de emisión de la voz sobre los 77 dB(A) para ser inteligible.

Los dispositivos de refuerzo de la voz estudiados permiten mejorar la relación señal-ruido, obteniéndose en el mejor de los casos, niveles máximos de señal cercanos a 79.9 dBA (ver Tabla 5.2.2), es decir aproximadamente 15 dB sobre el ruido de fondo medido.

Respecto a los tiempos de reverberación medidos, estos en promedio fueron de 1.16 segundos (ver tabla 5.2.5), superando lo recomendado para una sala de clases, que es 0.7 segundos (ver 3.4.2). Sin embargo, en este estudio se encontró una relación poco determinante (R^2 de 9 %) entre el conjunto de valores de STI "sin refuerzo" y los tiempos de reverberación medidos, es decir no se observa para los datos obtenidos en este estudio, una correlación que indique que a mayor tiempo de reverberación menor será el valor del índice STI. Considerando un estándar de 0,7 segundos como tiempo de reverberación máximo recomendado para salas de clases, se obtuvo que 12 de las 73 salas lo cumplen, lo que significa un 16.4 %.

7. CONCLUSIONES.

Se estableció una metodología para caracterizar y evaluar dispositivos de refuerzo sonoro de la voz en función de la respuesta de frecuencia, distorsión armónica e índice STI.

Esta metodología se utilizó para evaluar un conjunto de 8 equipos portátiles de entre los cuales se seleccionaron los 3 con mejor respuesta para ser utilizados en este trabajo. Estos son: UDE MODELO WA-700, QFX MODELO CS-80US y PYLE MODELO PWMA50B.

En base a la escala de calidad del índice STI de IEC 60268-16:2011, las salas de clases evaluadas obtuvieron un promedio de $STI=0.548$ sin refuerzo sonoro

resultando esta condición “No Adecuada” para la comunicación hablada (Tramo F de Figura 1). Con refuerzo sonoro de la voz, resultó un promedio de STI=0.603 resultando una condición “Adecuada” (Tramo D de Figura 1). Para la escala de Barnett, la calidad de la comunicación cambia desde una calificación “Regular” a una “Buena” luego del uso del refuerzo sonoro.

Para salas de clases, la Norma IEC 602268-16:2011, recomienda un valor mayor a 0,6 del índice STI para una correcta percepción e interpretación del mensaje. Del conjunto de salas evaluadas, 17 cumplen el estándar sin refuerzo sonoro, representando un 23.2 %, al evaluar con refuerzo sonoro se obtiene que 34 salas cumplan el estándar lo que representa un 46.6 % del total.

Los niveles de presión sonora emitidos por el profesor desde su lugar de trabajo aumentan en promedio 11.8 dBA con el uso del refuerzo sonoro y en el mejor de los casos aumentan 18.3 dBA para los lugares más alejados de los alumnos. Lo anterior, mejora significativamente la relación señal - ruido respecto al ruido de fondo de las salas.

Considerando un estándar de 0,7 segundos como tiempo de reverberación máximo recomendado para salas de clases, se obtuvo que 12 de las 73 salas lo cumplen, lo que significa 16.4 %.

En general, la implementación de los dispositivos de refuerzo sonoro mantienen o mejoran la calidad del índice STI de inteligibilidad, aumentando la cantidad de salas con una condición “Aceptable” o “Buena” (desde 23.2% a 46.6%). Por otro lado, aumentan significativamente los niveles de presión sonora emitidos por el profesor, hasta 18.3 dBA, mientras éste conserva el nivel normal o sin esfuerzo de su voz (65 dBA).

8. RECOMENDACIONES Y TRABAJO A FUTURO.

8.1 Respecto a los dispositivos estudiados.

Al utilizar los dispositivos señalados, hacerlo aproximadamente a 4/5 de su capacidad máxima de volumen, evitando un sonido con distorsión significativa.

Ubicar el parlante en la zona del cinturón y no más arriba, dado que la cercanía con el micrófono puede producir realimentación acústica y sonidos indeseados de alto nivel.

Tener especial cuidado con el cable del micrófono, el que con motivo del uso reiterado puede sufrir daño.

Uno de los modelos seleccionados, dispone de radio y capacidad de reproducir archivos de audio digital, por lo que, desde el punto de vista didáctico, puede ser

especialmente útil a profesores de nivel parvulario o de los primeros años del ciclo básico.

8.2 Respetto a la aislación acústica de las salas de clases.

En lo posible, cuando se diseñen o reacondicionen salas de clases, asegurar niveles de ruido de fondo que no superen los 50 dBA, debido a fuentes exteriores. En este sentido, no se deberán descuidar aspectos de la ventilación al implementar sistemas de sellado acústico de puertas y ventanas, utilizando mecanismos que permitan ingresar el aire pero no el ruido con niveles importantes.

El ruido de fondo debido a las fuentes internas de una sala de clases, alumnos, se podrá controlar con la ayuda de la arquitectura de la sala, principalmente utilizando materiales absorbentes sonoros en cielo y muros laterales, que eviten la acumulación de energía sonora. También es importante un volumen de la sala moderado, del orden de 250 m³ e inferior a 566 m³.

Evitar el uso de materiales constructivos en extremo reflectantes o no absorbentes sonoros para evitar altos tiempos de reverberación.

8.3 Futuros Trabajos.

Respetto al trabajo a futuro, se propone como materia de otra investigación, corroborar un efecto positivo de los dispositivos estudiados, en el estado de la voz de profesores “usuarios”, por medio de la medición y seguimiento de indicadores fonético-acústicos, para validar estos dispositivos como una real herramienta para evitar el sobre esfuerzo de la voz cuando los factores ambientales acústicos son desfavorables.

La actual disponibilidad de sistemas inalámbricos de audio, permiten estudiar nuevas formas de amplificación de la voz, por medio de micrófonos que transmiten por radiofrecuencia, bluetooth o similar, y del uso de receptores de audio amplificados de tipo fijo o portátiles. Lo anterior, promueve a investigar nuevas tecnología de bajo costo con aplicaciones en la prevención de la disfonía.

Dado que el ruido de fondo interior de las salas, es uno de los principales factores por lo que el profesor aumenta el nivel de su voz por efecto Lombard, se propone estudiar los niveles típicos de ruido de fondo a los que el profesor está sometido, de tal manera de conocer el nivel de amplificación mínimo, que debería tener un dispositivo de refuerzo sonoro de la voz para proporcionar mensajes hablados con una inteligibilidad aceptable.

Otro aspecto que se propone estudiar es el efecto de los dispositivos de refuerzo con sala ocupada, la que presentaría otro comportamiento acústico debido a la absorción de ruido y difusividad que ocasionan las personas. Esto se podría efectuar con grabaciones del ruido de fondo de los alumnos y la simulación por

software de las características acústicas de la sala y emisión de la voz del profesor junto al sistema de refuerzo en su interior.

10. AGRADECIMIENTOS.

Se agradece sinceramente la participación y contribución de las personas e Instituciones que se indican a continuación:

- Sr. Oscar Silva Urra, Director Colegio Presidente Eduardo Frei Montalva, Comuna de Ñuñoa.
- Sra. Ruth Carrillo Ramos, Directora de Educación de la Corporación Municipal de San Miguel.
- Sr. Juan Esteban Montero Arratia, Director Escuela Básica Territorio Antártico, Comuna de San Miguel.
- Sr. Pablo Gallegos Rojas, Director Escuela Básica El Llano Subercaseaux, Comuna de San Miguel.
- Sr. Manuel González Álvarez, Director Colegio Juan Moya Morales, Comuna de Ñuñoa.
- Sr. Luis Romero Martínez, Rector Colegio San Agustín, Comuna de Ñuñoa.
- Sr. Hernán Valdés L. , Inspector Colegio San Agustín, Comuna de Ñuñoa.
- Sra. Alejandra Lara Valenzuela, Directora Colegio de Trastornos de Lenguaje Alborada, Rancagua.

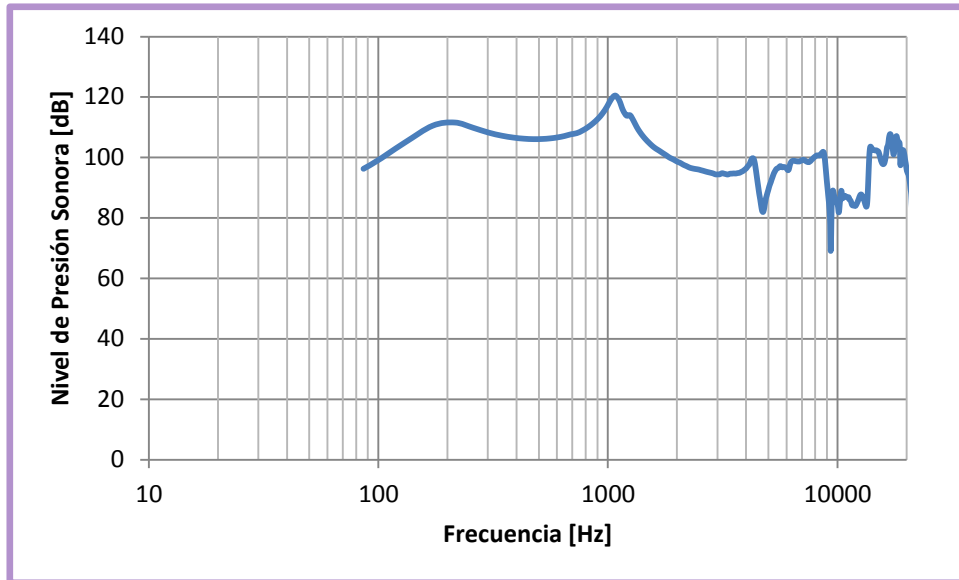
9. REFERENCIAS.

- [1] Colton, R. H., Casper, J. K., Leonard, R. (2011). Understanding voice problems: A physiological perspective for diagnosis and treatment. Baltimore, MB: Lippincott Williams & Wilkins. pp. 372–385.
- [2] Aronson, A. E., & Bless, D. M. (2009). Clinical voice disorders. New York: Thieme. pp. 1–5.
- [3] Andrés Ianas V., Manejo y Tratamiento de la disfonía en niños y adultos: cuándo y cómo, rev. med. clin. condes - 2009; 20(4) 477 – 485.
- [4] Las enfermedades de la voz Federación Estatal de Enseñanza de CCOO, España 2010.
http://www.fe.ccoo.es/comunes/recursos/25/doc24140_Las_enfermedades_de_la_voz.estudio_sobre_factores_de_riesgo_predictivos_de_patologias_relacionadas_con_la_seguridad_y_la_salud_del_profesorado..pdf
- [5] Farias, P. La disfonía ocupacional. Editorial Akadia. Buenos Aires, Argentina, 2012.
- [6] Adrián Castillo, César Casanova, Daniel Valenzuela, Sebastián Castañón, Docentes Unidad de Voz, Escuela de Fonoaudiología, Facultad de Odontología, Universidad Mayor., Prevalencia de disfonía en profesores de colegios de la comuna de Santiago y factores de riesgo asociados.
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-24492015000100004
- [7] National Union of Teachers “NUT” , Acoustics in schools: health and safety briefing. UK 2012,
http://www.google.cl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCgQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.teachers.org.uk%2Ffiles%2FACOUS_TICS.docx&ei=15TMU_PGO-7esASV-oHYCg&usg=AFQjCNFPLyqDP_oFgyTLodjfeUtT6_MVgA
- [8] Final report of the Project 'Speakers comfort and voice disorders in classrooms, Technical University of Denmark, Lund University – 2012.
<http://www.google.cl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ljudcentrum.lu.se%2Fupload%2FImc%2FFinal%2520report%2520of%2520the%2520project.pdf&ei=DY3OU9WIC-jksASWh4KQAw&usg=AFQjCNFgEXAnQyHq02FTzJmepDRMGoiUWA>
- [9] Chan RWK. Does the voice improve with vocal hygiene education? A study of some instrumental voice measures in a group of kindergarten teachers. Journal of Voice. 1994; 8:279-291.
- [10] Duffy, O. y Hazlett, D. The impact of preventive voice care programs for training teachers, a longitudinal study. Journal of Voice. 2004; 18:63-70.
- [11] Alexandre Enrique, El efecto Lombard, Publicación web
<http://enriquealexandre.es/2009/10/08/el-efecto-lombard-i/>, 2009.

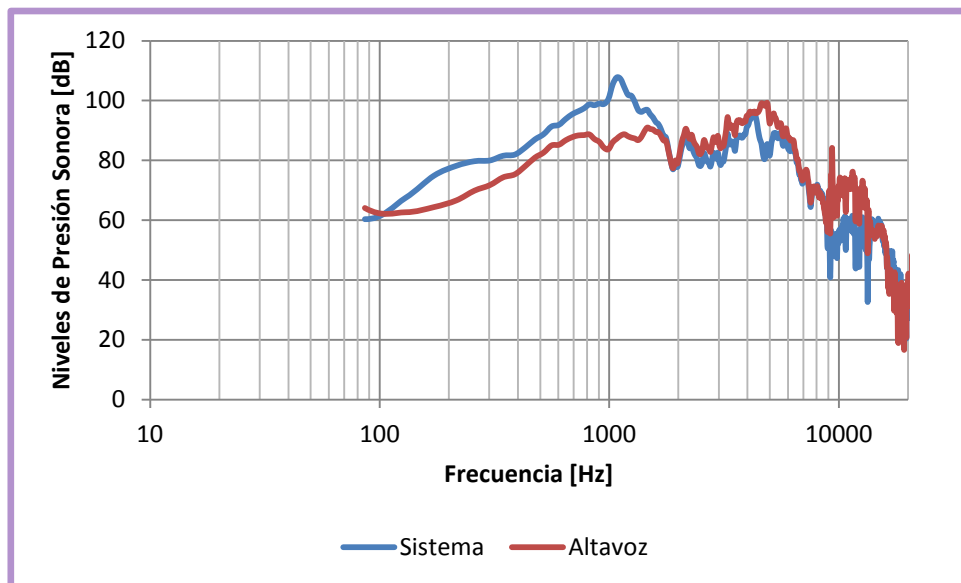
- [12] Bruel and Kjaer, Application Note: Measuring Speech Intelligibility Using DIRAC. <http://www.bksv.com/doc/bo0506.pdf>
- [13] Acevedo Martínez, Valeria Esther, Evaluación del Acondicionamiento Acústico y Recomendaciones de Diseño para Salas de Clases en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. <http://www.tesis.uchile.cl/handle/2250/103472>
- [14] Ferrís Gil JM, Martínez Caballero J, Roig Barberá JV, Amat Puig M, Rodrigo Ramón S, Felip Bardoll MA, Herrero Tomás P., Estudio sobre ruido en centros docentes y disfonía profesional, 2007 Valencia España.
- [15] NTI AUDIO, Application Note:Speech Intelligibility, Measurement with XL2 Analyzer, Liechtenstein. http://elimex.hu/upload/files/NTI_STI-PA.pdf.
- [16] Jónsdóttir, V., Rantala, L., Laukkanen, A-M., Vilkmán, E. Effects of sounds amplification on teachers's speech while teaching. Logopedics, Phoniatrics, Vocology, 2001;26, 118-123
- [17] The Institute for Enhanced Classroom Hearing "Reduced Vocal Fatigue", <http://www.classroomhearing.org/research/teacher.html>
- [18] Barnett, P. W. (1999). "Overview of speech intelligibility" Proc. I.O.A Vol 21 Part 5.

ANEXO A1

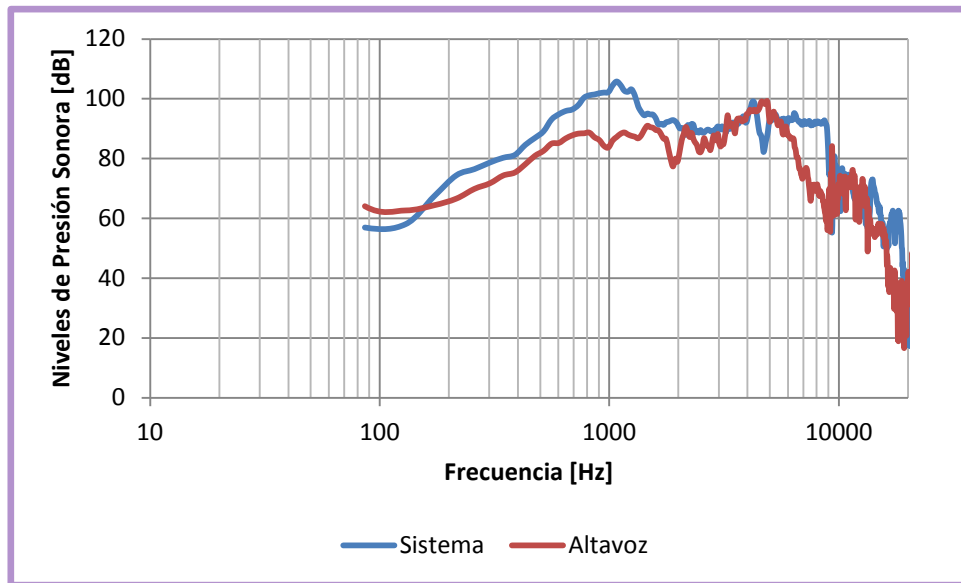
RESPUESTA DE FRECUENCIA BOCA ARTIFICIAL Y SISTEMAS DE REFUERZO SONORO DE LA VOZ.



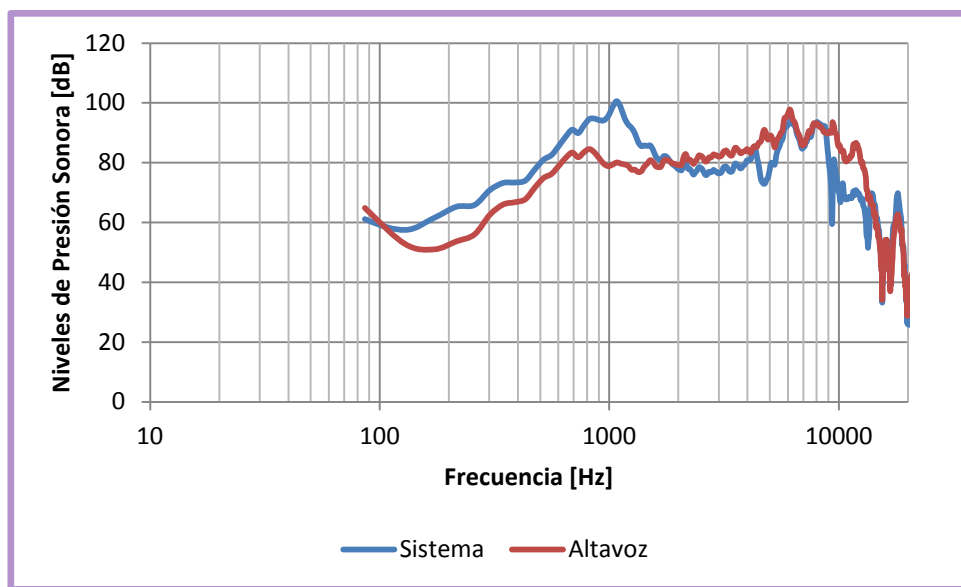
Respuesta de Frecuencia Boca Artificial.



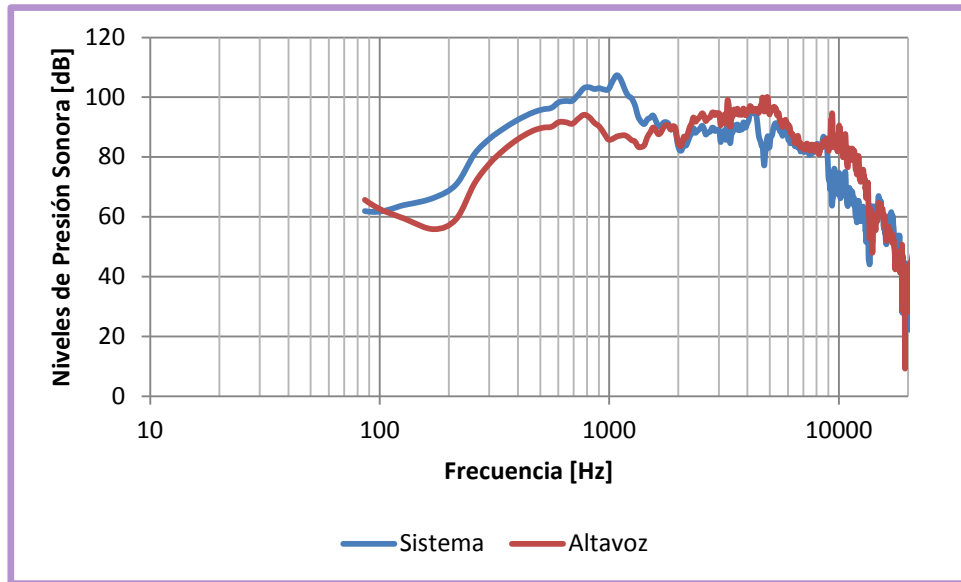
Respuesta de Frecuencia Altavoz A.



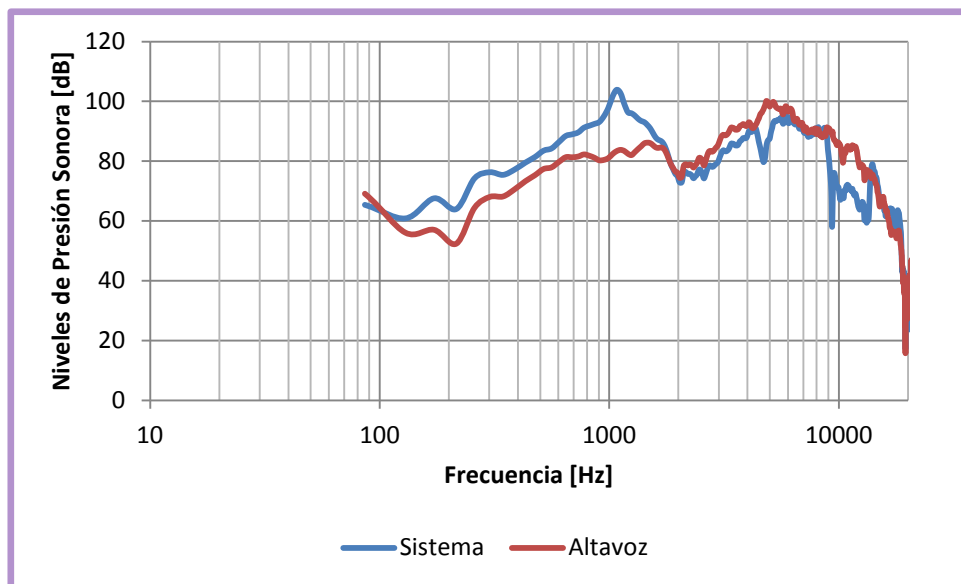
Respuesta de Frecuencia Altavoz B.



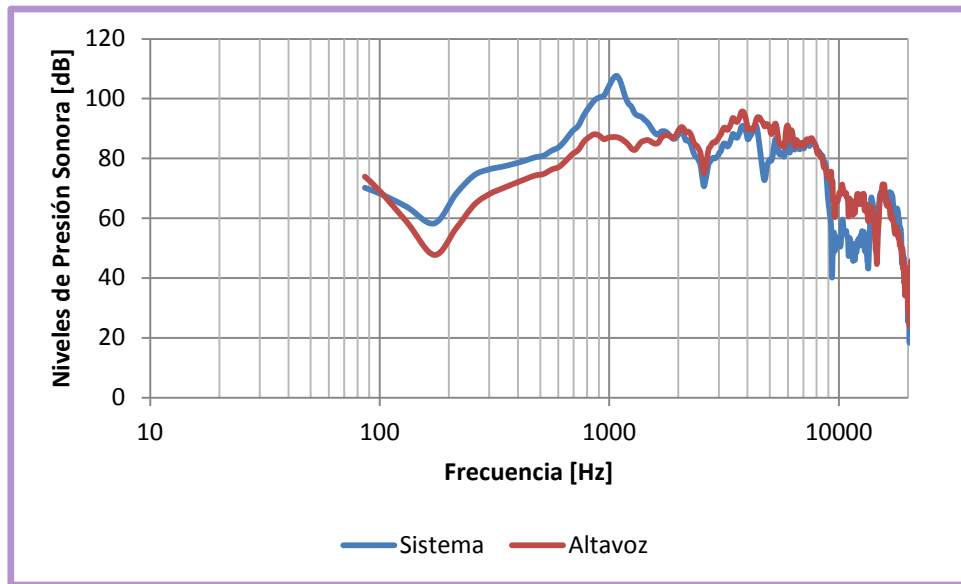
Respuesta de Frecuencia Altavoz C.



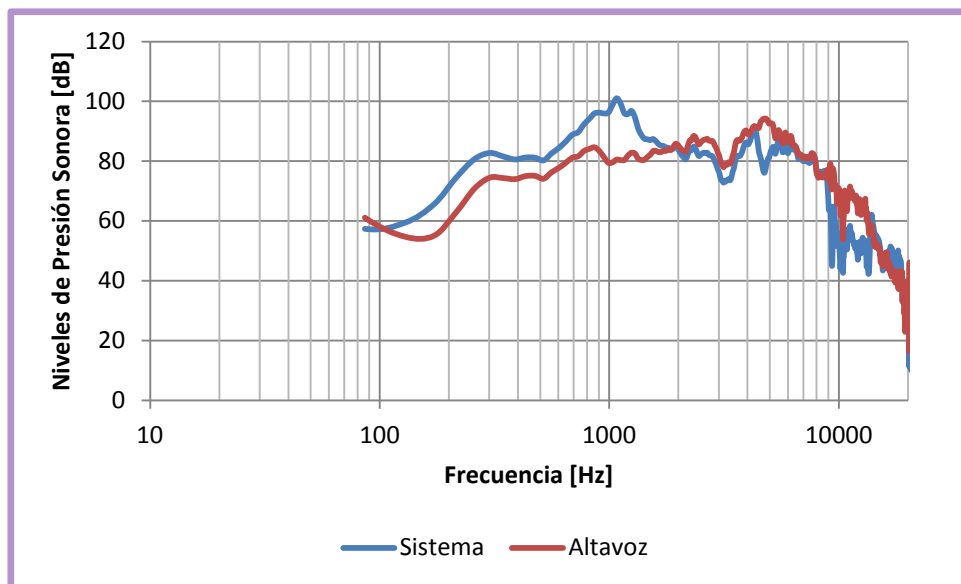
Respuesta de Frecuencia Altavoz D.



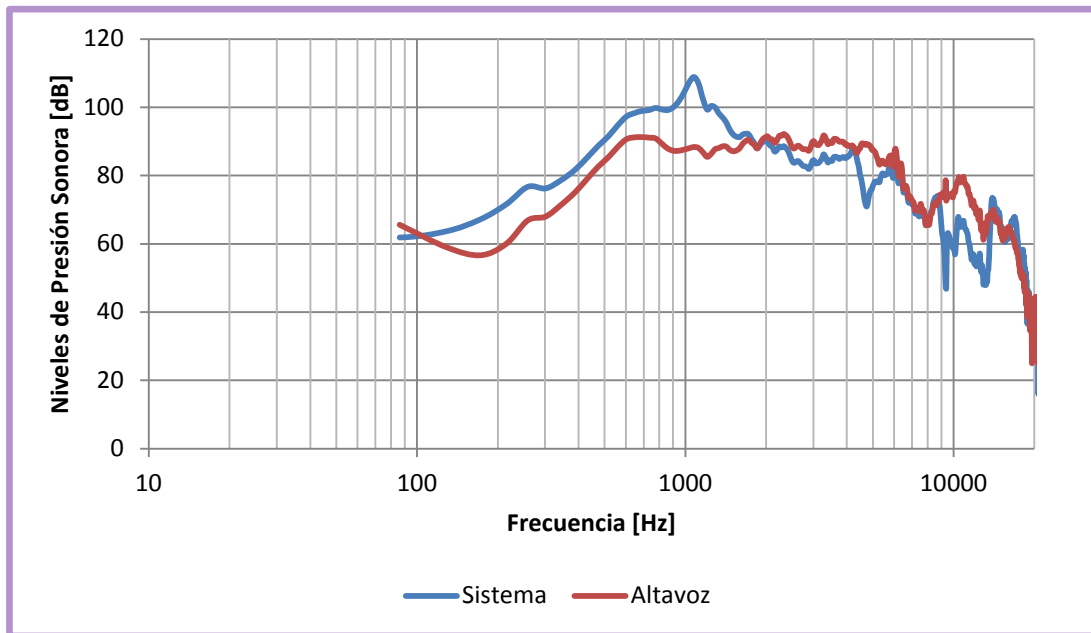
Respuesta de Frecuencia Altavoz E.



Respuesta de Frecuencia Altavoz F.



Respuesta de Frecuencia Altavoz G.



Respuesta de Frecuencia Altavoz H.

ANEXO A2

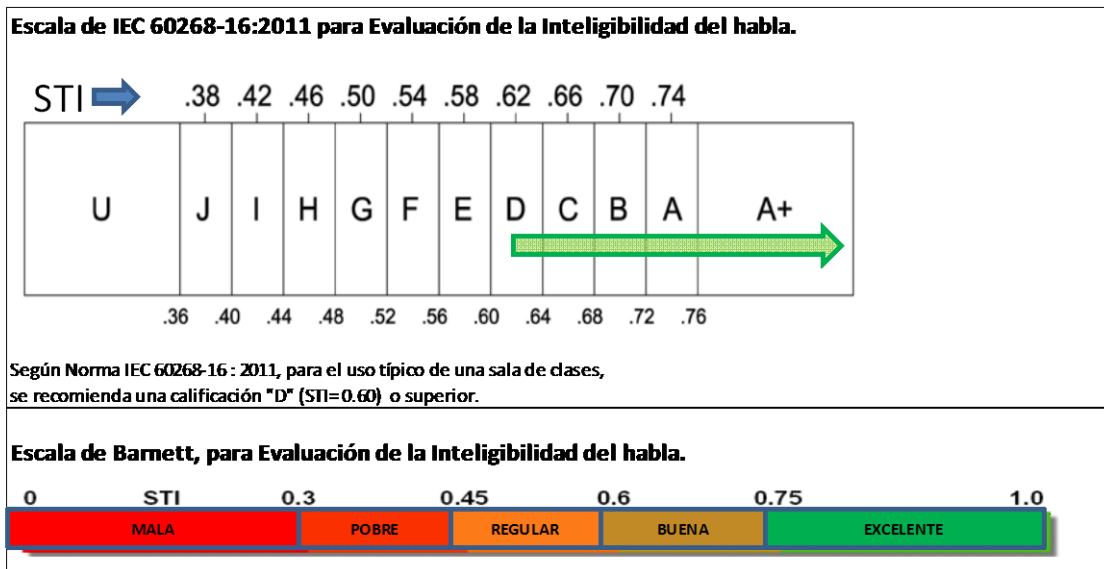
VALORES DE STI, NIVELES DE PRESIÓN SONORA, TIEMPO DE REVERBERACIÓN, RUIDO DE FONDO Y CALIFICACIÓN DE LA INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA PARA LA CONDICIÓN CON Y SIN REFUERZO DE LA VOZ, SALAS DE CLASES.

- Escuela Básica Territorio Antártico, Comuna de San Miguel.

SALA	STI SR	SPL SR [dBA]	STI CR	SPL CR [dBA]	RUIDO FONDO [dBA]	Tiempo Rev. [s]	Calificación STI SR	Calificación STI CR
1ª A	0.52	60.1	0.57	73.1	48.3	0.62	F	F
2ª A	0.70	56.2	0.71	67.3	48.9	0.98	B	B
3ª A	0.52	59.4	0.58	70.3	46.6	0.55	F	F
4ª A	0.65	60.3	0.68	70.4	48.5	0.88	C	C
Total	0.60	59.0	0.63	70.3	48.1	0.76	E	D

SR: SIN REFUERZO

CR: CON REFUERZO

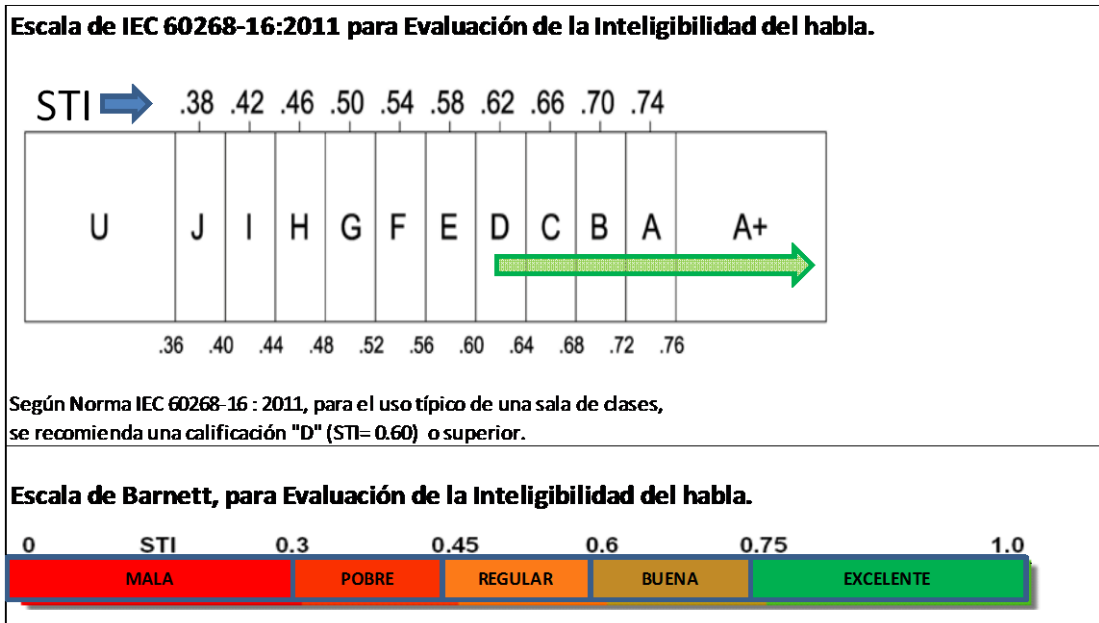


- Escuela Básica El Llano Subercaseaux, Comuna de San Miguel.

SALA	STI SR	SPL SR [dBA]	STI CR	SPL CR [dBA]	RUIDO FONDO [dBA]	Tiempo Rev. [s]	Calificación STI SR	Calificación STI CR
1ªA	0.63	60.3	0.64	70.6	43.3	0.55	D	C
1ªB	0.52	60.7	0.57	73.2	42.6	0.64	D	D
2ªA	0.51	60.7	0.57	74.9	45.2	0.59	F	F
2ªB	0.63	56.9	0.66	68.8	45.3	1.22	F	F
3ªA	0.40	61.3	0.52	76.2	56.1	0.73	H	H
4ªA	0.59	60.6	0.62	69.6	44.2	0.64	E	D
4ªB	0.50	58.5	0.55	69.7	40.9	0.73	F	F
Total	0.54	59.9	0.59	71.8	45.4	0.73	F	E

SR: SIN REFUERZO

CR: CON REFUERZO

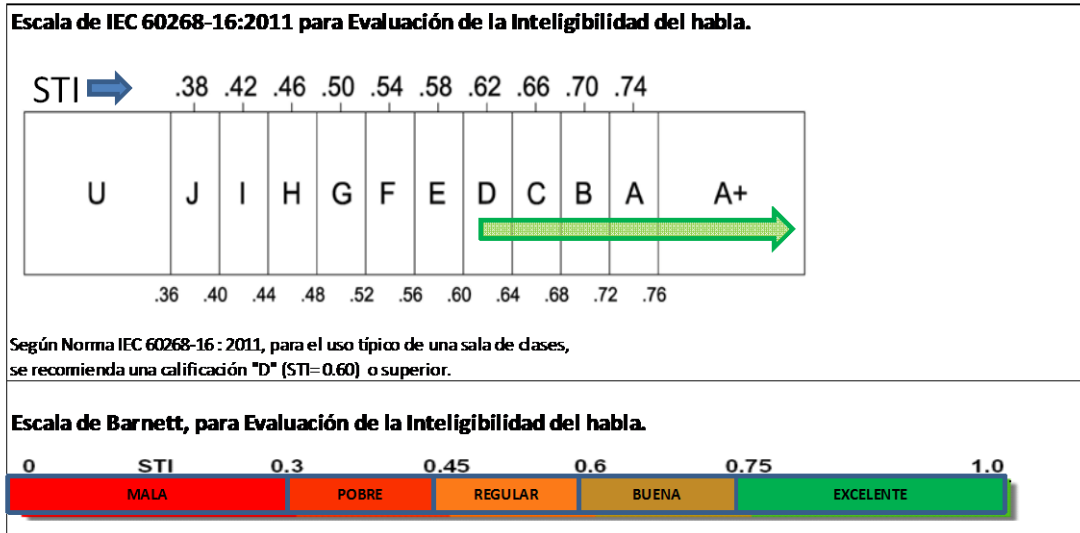


- Colegio Presidente Eduardo Frei Montalva, Comuna de Ñuñoa.

SALA	STI SR	SPL SR [dBA]	STI CR	SPL CR [dBA]	RUIDO FONDO [dBA]	Tiempo Rev. [s]	Calificación STI SR	Calificación STI CR
10 - 6°C	0.54	63.1	0.57	70.3	37.7	1.51	F	E
14 - 6°B	0.45	64.4	0.57	71.8	55.8	1.26	H	E
2°A	0.58	61.6	0.59	76.1	37.4	0.74	E	E
3°A	0.60	60.4	0.62	72.4	38.8	0.73	D	D
4 - KB/PKC	0.59	62.9	0.65	74.3	44.4	1.01	E	C
4°C	0.54	62.0	0.56	77.5	37.9	0.97	F	E
7 - 3°B/1°A	0.55	64.6	0.61	75.8	44.4	1.04	F	D
8 - 3°C/1°B	0.55	65.0	0.60	77.5	41.6	1.31	F	E
8°A	0.45	63.1	0.51	76.4	49.9	1.30	H	G
8°B	0.48	62.5	0.53	76.5	51.2	1.17	G	G
9 - 5°B	0.54	62.8	0.58	70.6	40.8	1.53	F	E
Total	0.53	62.9	0.58	74.5	43.6	1.14	G	E

SR: SIN REFUERZO

CR: CON REFUERZO



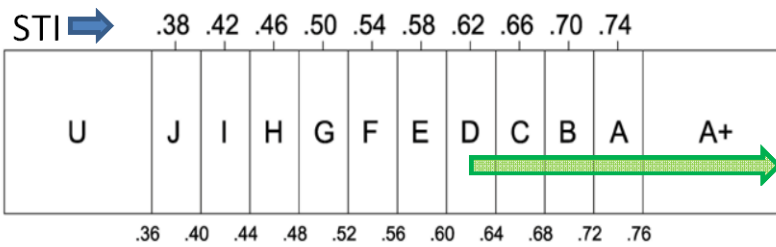
- Colegio Juan Moya Morales, Comuna de Ñuñoa.

SALA	STI SR	SPL SR [dBA]	STI CR	SPL CR [dBA]	RUIDO FONDO [dBA]	Tiempo Rev. [s]	Calificación STI SR	Calificación STI CR
1ªA	0.54	61.7	0.56	73.6	39.8	0.81	F	F
1ªB	0.53	60.8	0.55	75.4	40.3	0.79	F	F
10- Kinder B	0.58	63.3	0.67	72.9	44.7	1.38	E	C
12- 3ªA	0.59	62.6	0.68	73.2	45.9	1.07	E	B
2ªB	0.53	60.4	0.55	73.1	42.7	0.67	F	F
2ªB parl. prof.	0.53	60.4	0.56	76.5	42.7	0.67	F	F
6- 2ªA	0.65	62.4	0.68	73.6	49.8	0.82	C	C
7ªB	0.58	61.2	0.58	75.0	46.0	1.10	E	E
KINDER	0.65	60.0	0.69	65.8	43.7	0.58	C	B
MUSICA	0.53	61.4	0.57	77.5	45.1	1.03	F	E
Nº11	0.57	62.4	0.68	70.9	50.9	0.92	E	B
Nº13	0.53	60.7	0.62	71.7	48.8	0.87	F	D
Nº14	0.53	60.9	0.57	76.3	43.8	0.66	F	F
Nº3	0.53	59.1	0.65	66.9	45.1	0.83	F	C
Nº4	0.53	59.8	0.58	66.4	47.9	0.67	F	E
Nº5	0.52	62.3	0.64	73.4	53.5	0.69	G	C
Nº8	0.63	63.7	0.68	74.1	52.6	1.32	D	C
Nº9	0.50	62.7	0.62	70.6	47.2	1.33	G	D
Total	0.56	61.4	0.62	72.6	46.1	0.90	F	D

SR: SIN REFUERZO

CR: CON REFUERZO

Escala de IEC 60268-16:2011 para Evaluación de la Inteligibilidad del habla.



Según Norma IEC 60268-16 : 2011, para el uso típico de una sala de clases, se recomienda una calificación "D" (STI= 0.60) o superior.

Escala de Barnett, para Evaluación de la Inteligibilidad del habla.



• Colegio San Agustín, Comuna de Ñuñoa.

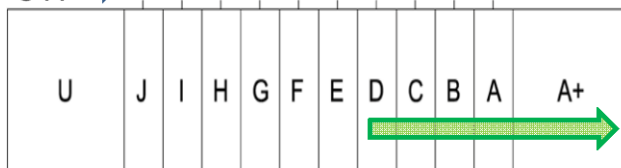
SALA	STI SR	SPL SR [dBA]	STI CR	SPL CR [dBA]	RUIDO FONDO [dBA]	Tiempo Rev. [s]	Calificación STI SR	Calificación STI CR
1 - PLAY GROUP	0.64	62.7	0.75	73.8	52.4	1.34	D	A
1ªA	0.53	62.3	0.65	71.4	54.2	1.41	F	C
1ªB	0.55	60.9	0.65	69.9	47.3	1.67	F	C
1ªC	0.45	60.1	0.58	72.7	49.4	1.60	H	E
1ªD	0.55	62.6	0.56	75.9	36.9	1.02	F	E
10 - Prekinder B	0.58	60.5	0.72	73.0	47.8	1.32	E	B
2 - Parbulario	0.61	62.2	0.68	71.3	44.5	1.02	D	B
2ªA	0.55	61.5	0.56	73.9	38.8	1.04	F	F
2ªB	0.46	61.5	0.52	73.4	54.6	1.15	G	G
2ªC	0.60	61.5	0.67	70.9	48.9	1.26	D	C
2ªD	0.51	61.8	0.52	71.8	38.1	2.20	G	G
3ªA	0.49	62.5	0.56	75.9	45.5	1.09	G	F
3ªA (Medio)	0.39	62.8	0.46	74.7	46.0	1.76	I	I
3ªB	0.51	61.8	0.52	71.8	38.1	2.20	G	G
3ªC (Medio)	0.46	62.4	0.49	72.3	47.2	1.84	G	H
4ªB	0.52	63.5	0.56	68.3	49.3	1.74	G	F
4ªC (MEDIO)	0.52	63.0	0.54	71.4	47.7	1.61	F	F
5ª A	0.47	62.5	0.51	77.4	47.5	1.37	G	G
5ªB	0.50	62.7	0.61	70.6	49.2	1.70	G	D
5ªC	0.46	62.4	0.54	72.4	52.5	1.40	H	F
6ª B	0.53	62.1	0.53	78.0	43.9	1.25	F	F
6ªC	0.53	61.9	0.55	77.6	43.9	1.11	F	F
7 - Parbulario	0.62	61.8	0.68	70.4	48.7	1.03	D	C
7ªA	0.47	62.3	0.56	72.8	46.3	1.68	H	F
7ªB	0.44	62.9	0.52	74.6	47.7	1.65	H	F
8 - Parbulario	0.59	61.4	0.68	69.9	48.4	1.18	E	B
8ªA	0.52	62.6	0.63	71.6	50.0	1.84	F	D
8ªC	0.52	63.4	0.61	72.2	52.3	1.96	F	D
9 - Prekinder A	0.69	62.0	0.74	72.7	40.6	1.39	B	A
Total	0.53	62.1	0.59	72.8	46.8	1.48	G	E

SR: SIN REFUERZO

CR: CON REFUERZO

Escala de IEC 60268-16:2011 para Evaluación de la Inteligibilidad del habla.

STI → .38 .42 .46 .50 .54 .58 .62 .66 .70 .74



Según Norma IEC 60268-16 : 2011, para el uso típico de una sala de clases, se recomienda una calificación "D" (STI=0.60) o superior.

Escala de Barnett, para Evaluación de la Inteligibilidad del habla.



- Colegio Alborada, Rancagua.

SALA	STI SR	SPL SR [dBA]	STI CR	SPL CR [dBA]	RUIDO FONDO [dBA]	Tiempo Rev. [s]	Calificación STI SR	Calificación STI CR
N°1	0.65	58.8	0.69	69.6	53.5	0.99	C	B
N°2	0.65	59.9	0.67	70.2	43.6	1.14	C	C
N°3	0.65	59.0	0.68	70.8	48.5	1.47	C	B
N°4	0.67	59.5	0.69	69.1	44.3	1.36	C	B
Total	0.65	59.3	0.68	69.9	47.5	1.24	D	C

SR: SIN REFUERZO

CR: CONREFUERZO

