

|  |
| --- |
| INGENIERÍA DE SONIDO |

**Estimación ciega de parámetros acústicos de un recinto**

*Tesis final presentada para obtener el título de Ingeniero de Sonido de la Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF)*

**TESISTA: Maximiliano Adriel Ortiz (40.440.819)**

**TUTOR: Martin Bernardo Meza (Ing.)**

Fecha de defensa: mes y año | Locación (ej. Sáenz Peña), Argentina

**AGRADECIMIENTOS**

Esta tesis es el fruto de un año y medio de intenso trabajo con el que se culmina mi paso por la formación profesional universitaria. Esto no habría sido posible sin la ayuda de todas las personas que directa o indirectamente me acompañaron a lo largo de estos años, a los cuales me gustaría agradecer.

En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad Nacional de Tres de Febrero, a su Rector Lic. Aníbal Jozami, a todo el personal docente y no docente de la Universidad y de la carrera de Ingeniería de Sonido. A su coordinador Ing. Alejandro Bidondo y a los profesores y ayudantes de la carrera, por su enorme vocación y dedicación para formar profesionales.

Un especial agradecimiento a mi querido amigo y tutor Ing. Martin Meza, quien dispuso de su tiempo y conocimientos para hacer posible este trabajo. A Gaspar Bevilacqua, que me acompañó desde el primer día en cada materia y me ayudó con las mediciones de esta investigación.

A todos mis compañeros de la carrera, quienes me guiaron a lo largo de estos años y no me dejaron bajar los brazos. Sin su ayuda y amistad este camino hubiera sido mucho más difícil.

Por último, pero no menos importante, a mis abuelos Ester y Nelson por su cariño y esfuerzo para asegurarme una educación de calidad. A mis hermanas, Eliana y Melisa, por siempre apoyarme y alentarme en todos mis proyectos. A mi novia Zoé, por acompañarme a lo largo de todo este trabajo y por su amor que hace que todo sea más fácil.

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

[RESUMEN v](#_Toc113877461)

[ABSTRACT vi](#_Toc113877462)

[1. INTRODUCCIÓN 61](#_Toc113877463)

[1.1. FUNDAMENTACIÓN 61](#_Toc113877464)

[1.2. OBJETIVOS 61](#_Toc113877465)

[1.2.1. Objetivo general 61](#_Toc113877466)

[1.2.2. Objetivos específicos 61](#_Toc113877467)

[1.3. ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN 62](#_Toc113877468)

[2. MARCO TEÓRICO 63](#_Toc113877469)

[3. ESTADO DEL ARTE 64](#_Toc113877470)

[4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 65](#_Toc113877471)

[4.1. DISEÑO PRUEBA OBJETIVA: DEFINICIÓN DE VARIABLES. MUESTRA 65](#_Toc113877472)

[4.2. DISEÑO PRUEBA SUBJETIVA: ENCUESTA Y MUESTRA (SI EXISTIERA) 65](#_Toc113877473)

[5. VALIDACIÓN DE LAS PRUEBAS 66](#_Toc113877474)

[6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS: APLICACIONES ESTADÍSTICAS 67](#_Toc113877475)

[7. CONCLUSIONES 68](#_Toc113877476)

[8. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN 69](#_Toc113877477)

[BIBLIOGRAFÍA 70](#_Toc113877478)

[ANEXO I. FORMATO INTERNO 1](#_Toc113877479)

[AI 1. Numeración 1](#_Toc113877480)

[AI 2. Palabras Clave (tamaño 10) 1](#_Toc113877481)

[AI 3. Títulos y Subtítulos 1](#_Toc113877482)

[AI 4. Figuras, Tablas, Ecuaciones y Notas al pie (tamaño 10) 2](#_Toc113877483)

[AI 5. Bibliografía 5](#_Toc113877484)

**ÍNDICE DE FIGURAS**

[Figura 1. Comparación de los tiempos de reverberación entre el promedio espacial y la simulación del Hall 4. 4](#_Toc113876732)

[Figura A1. Comparativa de los índices de reducción sonora entre la medición de laboratorio, la predicción del modelo propuesto y el programa INSUL para el caso “16-103-16 (1)”. 4](#_Toc113876733)

**ÍNDICE DE TABLAS**

[Tabla 1. Lista de materiales utilizados en la comparativa y sus características físicas. 5](#_Toc113875705)

RESUMEN

Su contenido no debe superar una página. Se indicarán los objetivos del trabajo, los métodos y resultados principales. A dos espacios debajo del resumen, en la misma página, se colocarán hasta 5 palabras clave que identifican los contenidos del trabajo.

**Palabras Clave:**

ABSTRACT

Ídem que para castellano.

**Keywords**

INTRODUCCIÓN

FUNDAMENTACIÓN

Breve fundamentación del trabajo de tesis en forma clara y concisa, estableciendo la relevancia y pertinencia del mismo en el ámbito del conocimiento donde se desarrolle. Debería establecerse la ubicación del trabajo dentro del estado del arte, pero sin desarrollar el detalle que se hará en los siguientes capítulos. No deben incluirse resultados ni detalles experimentales. Es deseable que no supere las 4 hojas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Resumir en una sola frase el objetivo de la investigación.

Objetivos específicos

* Listar los distintos objetivos siguiendo un orden metodológico. Recordar que la revisión bibliográfica no es un objetivo específico.
* Identificar los recintos, paramentos verticales y horizontales y revestimientos fonoabsorbentes que conforman el estudio de grabación.
* Realizar simulaciones de tiempo de reverberación e indicadores de inteligibilidad de la palabra mediante el programa EASE.
* Obtener el índice de reducción sonora *R* de los distintos detalles constructivos mediante el programa de predicción INSUL.
* Realizar mediciones in situ de los descriptores de acondicionamiento acústico según norma ISO 3382-1.
* Realizar mediciones in situ según norma ISO 16283-1 para obtener los índices de aislamiento acústico a ruido aéreo.
* Comparar los resultados de las simulaciones respecto a los valores obtenidos de las mediciones.
* Realizar propuestas de mejora a implementar.

ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN

Indicar en distintos párrafos el contenido de cada uno de los capítulos que conformarán la tesis.

En el capítulo 2 se presenta el marco teórico donde se detallan los parámetros e indicadores necesarios para el desarrollo de la investigación.

En el capítulo 3 se hace referencia a aquellas investigaciones vinculadas con el tema a desarrollar en esta tesis.

En el capítulo 4…

MARCO TEÓRICO

En el Marco Teórico debemos incorporar la bibliografía, artículos de revistas, ponencias de congresos, links de Internet o todo aquello que haya contribuido a formar el cuerpo del saber sobre el que va a basarse la investigación, incorporando los procesos y ecuaciones necesarios.

Puede ser uno varios capítulos donde se detallen los parámetros, indicadores y conceptos teóricos referentes al tema a tratar. Se recomienda no utilizar conceptos muy básicos, como definición de nivel de presión sonora, ponderación A, etc.

ESTADO DEL ARTE

Puede ser uno o varios capítulos que desarrollen el estado del arte del área de conocimiento donde se inserta la tesis. La profundidad del enfoque en el tratamiento de los temas debe ser adecuado para el entendimiento posterior de los resultados y discusiones de la tesis. No es necesario que sea autocontenido, es recomendable el uso amplio de referencias a trabajos previos que se encuentren en la literatura abierta sobre el tema.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación implica desarrollar las previsiones generales del plan para el experimento, definiendo el tipo de investigación a realizar, su alcance, etc. Dado que en este ejercicio se trata de evaluar subjetivamente alguna variable, debe explicarse en términos amplios el plan a desarrollar, el que se pormenorizará en los puntos siguientes. Es importante explicar todo el diseño para que se tenga una visión completa, sin redundar en las explicaciones que van a realizarse en los puntos que siguen. De este modo, el lector o evaluador del proyecto, tienen una primera impresión de la totalidad.

DISEÑO PRUEBA OBJETIVA: DEFINICIÓN DE VARIABLES. MUESTRA

Está claro que, si la investigación no tiene una parte subjetiva, el título de este ítem será: **Diseño de la Investigación, variables y muestra.**

En esta parte deben definirse las variables que serán medidas, y cuáles son las que se estima llevar a la evaluación subjetiva. Debe incluirse un diagrama de los equipos a emplear en las mediciones y un diseño preciso de cómo se llevarán a cabo.

DISEÑO PRUEBA SUBJETIVA: ENCUESTA Y MUESTRA (SI EXISTIERA)

En primer lugar debe definirse si se recurrirá a una muestra probabilística o no probabilística, la cantidad de sujetos que se encuestarán, y la justificación de ese decisión. Aquí debe desarrollarse también de modo completo el cuestionario y el desarrollo de la encuesta, es decir definir las preguntas, las muestras que se presentarán a los encuestados, las series de pruebas, duración, etc. Debe incluso definirse con exactitud el recorrido que hará cada encuestado, el lugar, las características del equipamiento a emplear, etc.

VALIDACIÓN DE LAS PRUEBAS

Las pruebas se validarán siguiendo los criterios estadísticos que permiten determinar la existencia o no de errores en alguna o algunas encuestas y considerar si son incluidas o no en el conjunto de respuestas. Como las pruebas no se realizarán todavía, deben plantearse los métodos elegidos y explicarlos.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS: APLICACIONES ESTADÍSTICAS

Aquí se aplicarán los métodos estadísticos que nos permitan concluir los resultados y proyectar diferentes facetas de los datos obtenidos. Como las pruebas no se realizarán todavía, deben plantearse los métodos elegidos y explicarlos.

CONCLUSIONES

En las conclusiones del Plan de Investigación, debe plantearse cómo será la exposición de los resultados y qué es lo que se espera obtener en resumen de las pruebas que se realicen.

LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Las líneas futuras de investigación dentro del plan, suponen expresar qué posibles cuestiones que se encontrarán se dejarán para ser profundizadas más adelante por otras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Topa, M., Toma, N., Kirei, B., Crişan, I., Evaluation of Acoustic Parameters in a Room, WSEAS International Conference on SIGNAL PROCESSING, 41-44 (2010).

[2] Escobar, V. G., Morillas, J. B., Analysis of intelligibility and reverberation time recommendations in educational rooms, Applied Acoustics 96, 1-10 (2015).

[3] Murphy, W. J., Xiang, N., Room acoustic modeling and auralization at an indoor firing range, The Journal of the Acoustical Society of America, 3868‐3872 (2019).

[4] Kato, K., Ueno, K., Kawai, K., Musicians’ Adjustment of Performance to Room Acoustics,

Part III: Understanding the Variations in Musical Expressions, Journal of the Acoustical Society of America, 123(5), 3610 (2008).

[5] ISO/CD 3382‐1:2009, Acoustics. Measurement of room acoustic parameters. Part 1: Performance spaces, International Organization for Standardization, Geneva (2009).

[6] IEC 60268‐16:2020, Sound system equipment. Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index, International Electrotechnical Commission, Geneva (2021).

[7] Oppenheim, A. V., Ian, A. S., Signals and systems, 2da edición, Pearson, London (1996).

[8] Papadakis, N. M., Stavroulakis, G. E., Review of Acoustic Sources Alternatives to a Dodecahedron Speaker, MDPI, 1‐32 (2019).

[9] Pätynen, J., Katz, B. F., Lokki, T., Investigations on the balloon as an impulse source, The Journal of the Acoustical Society of America, 129(1), 27‐33 (2011).

[10] Farina, A., Simultaneous measurement of impulse response and distortion with a swept‐sine technique, (2000).

[11] Duangpummet, S., Karnjana, J., Kongprawechnon, W., Unoki, M., Blind Estimation of Room Acoustic Parameters and Speech Transmission Index using MTF‐based CNNs, ELSEVIER, 1‐12 (2021).

[12] Kendrick, P., Li, F. F., Cox, T. J., Blind Estimation of Room Acoustic Parameters and Speech Transmission Index using MTF‐based CNNs, ACTA Acustica United With Acustica, 1-11 (2007).

[13] Kendrick, P., Li, F. F., Cox, T. J., Monaural room acoustic parameters from music and speech, The Journal of the Acoustical Society of America, 1‐11 (2008).

[14] THE ACE CHALLENGE, Extraído el 18 de abril del 2022, <http://www.ee.ic.ac.uk/naylor/ACEweb/index.html>

[15] Eaton, J., Gaubitch, N. D., Moore, A. H., Naylor, P. A., Estimation of room acoustic parameters: The ACE Challenge, IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 1‐10 (2016).

[16] Parada, P. P., Sharma, D., Van Waterschoot, T., Naylor, P. A., Evaluating the Non-Intrusive Room Acoustics Algorithm with the ACE Challenge, IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 1‐5 (2015).

[17] Prego, T. M., Lima, A. A., Zambrano‐López, R., Netto, S. L., Blind estimators for reverberation time and direct‐to‐reverberant energy ratio using subband speech decomposition, IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 1‐5 (2015).

[18] Loellmann, H., Brendel, A., Vary, P., Kellermann, W., Single‐Channel Maximum Likelihood T60 Estimation Exploiting Subband Information, IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 1‐5 (2015).

[19] Bryan, N. J., Impulse Response Data Augmentation and Deep Neural Networks for Blind Room Acoustic Parameter Estimation, Adobe Research, 1‐5 (2019).

[20] Smith, S. W., The scientist and engineer’s guide to digital signal processing, 6ta edición, Calif: California Technical Pub, (1997).

[21] Liu, Y. W., Fourier Transform Applications, InTech, (2012).

[22] Schroeder, M. R., New method of measuring reverberation time, The Journal of the Acoustical Society of America, 37(6), 1187‐1188 (1965).

[23] Lundeby, A., Vigran, T. E., Bietz, H., Vorländer, M., Uncertainties of measurements in room acoustics, Acta Acustica united with Acustica, 81(4), 344‐355 (1995).

[24] Schroeder, M. R., Modulation transfer functions: Definition and measurement, Acta Acustica united with Acustica, 49(3), 179‐182 (1981).

[25] [ANSI/ASA S1.1-2013 - Acoustical Terminology, Acoustical Society of America, Washington (2013)](https://webstore.ansi.org/standards/asa/ansiasas12013)

[26] Basheer, I. A., Hajmeer, M., Artificial neural networks: fundamentals, computing, design, and application, Journal of microbiological methods, 43(1), 3‐31 (2000).

[27] Rosenblatt, F., The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain., Psychological review, 65(6), 386 (1958).

[28] Hornik, K., Approximation capabilities of multilayer feedforward networks, Neural networks, 4(2), 251‐257 (1991).

[29] Nishijima, T., Universal approximation theorem for neural networks, Cornell University, (2021).

[30] Chollet, F., Deep learning with Python, Simon y Schuster, (2021).

[31] Albawi, S., Mohammed, T. A., Al‐Zawi, S., Understanding of a convolutional neural network, International Conference on Engineering and Technology (ICET), 1‐6 (2017).

[32] Delft University of Technology, Extraído el 2 de Febrero del 2023, <https://www.tudelft.nl/en/>

[33] Stewart, R., Sandler, M., Database of omnidirectional and B‐format room impulse responses, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 165‐168 (2010).

[34] Kingma, D. P., Ba, J., Adam: A method for stochastic optimization, International Conference on Learning Representations, (2014).

[35] Abadi, M., Agarwal, A., Barham, P., TensorFlow: Large‐Scale Machine Learning on Heterogeneous Systems, Extraído el 27de Enero del 2023, <https://www.tensorflow.org/>

[36] Myers, L., Sirois, M. J., Spearman correlation coefficients, differences between, Encyclopedia of statistical sciences, vol. 12, (2004).

[37] Behringer ECM8000, Extraído el 18 de Enero del 2023, <https://www.behringer.com/product.html?modelCode=P0118>

[38] Sony MHC‐EC99, Extraído el 18 de Enero del 2023, <https://www.sony.es/electronics/support/audio-systems-mhcseries/mhc-ec99>

[39] Ortiz, M. A., Repositorio de trabajo: Estimación ciega de parámetros acústicos de un recinto, Extraído el 24 de Noviembre del 2022, <https://github.com/maxiaortiz22/blind-estimation-of-acoustics-parameters>

[40] REW: Room Acoustics Software, Extraído el 10 de Enero del 2023, <https://www.roomeqwizard.com/>