



# “Acondicionamiento acústico de salas de reuniones y sala de ensayo, Campus Los Canelos, UACH”

Proyecto de acondicionamiento acústico - ACUS213

Daniela Narváez E.

Rafael Hayde P.

29 de noviembre de 2023



# Tabla de Contenidos

## 1 Introducción

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones

# 1 Introducción

## 1 Introducción

La importancia del acondicionamiento acústico radica en su capacidad para mejorar la experiencia auditiva de las personas que utilizan estos espacios. En el caso de las salas de reuniones, es imprescindible una óptima inteligibilidad de la palabra ya que la comprensión del mensaje oral es de suma importancia (Carrión Isbert, 1990).

En el contexto de una sala de ensayo de orquesta, el acondicionamiento acústico es crucial para lograr una reproducción fiel y equilibrada de los instrumentos musicales, permitiendo a los músicos escucharse entre sí y trabajar en conjunto de manera óptima.

# Objetivos

## 1 Introducción

- **Objetivo General:**

Proponer un acondicionamiento acústico para dos salas de reuniones y una sala de ensayo de orquesta, en el Centro de Extensión Campus los Canelos, UACh.

- **Objetivos Específicos:**

- Caracterizar acústicamente las salas.
- Analizar los parámetros acústicos de las salas.
- Generar una propuesta de diseño de acondicionamiento acústico para optimizar el sonido de las salas.
- Comparar los resultados mediante recomendaciones internacionales.
- Elaborar un presupuesto del acondicionamiento acústico para cada sala.

# Tabla de Contenidos

## 2 Antecedentes

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones

# Geolocalización

## 2 Antecedentes

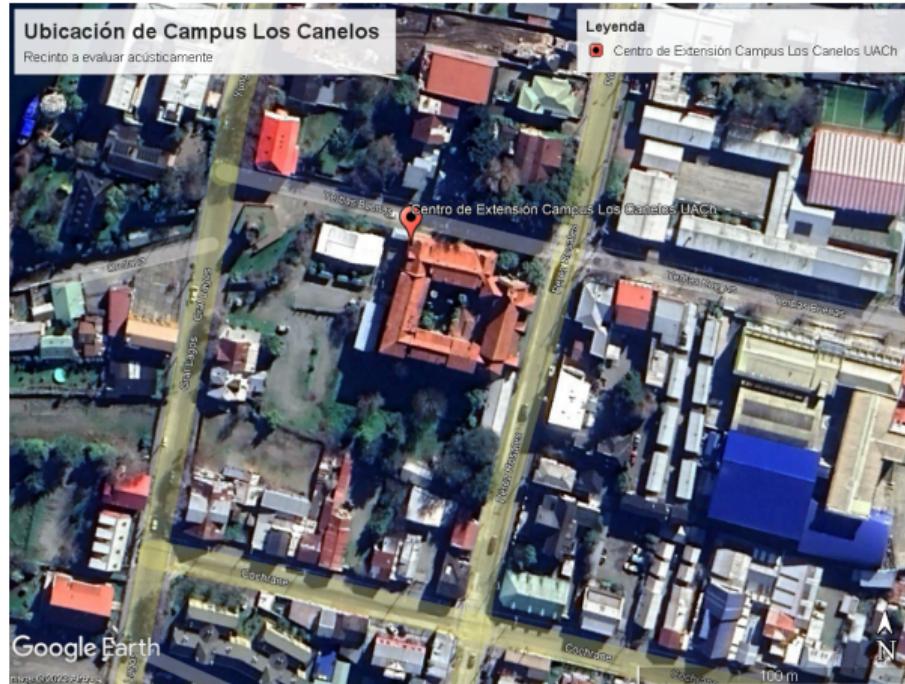


Figura: Geolocalización del lugar

# Salones

## 2 Antecedentes



Figura: Sala de ensayo OCV.



Figura: Sala de reunión 1.



Figura: Sala de reunión 2.

El volumen de cada recinto se ven en la siguiente tabla

**Tabla:** Volumen de salas

Salón	Volumen $m^3$
Sala de ensayo	179
Sala de reunión 1	115
Sala de reunión 2	101

# Tabla de Contenidos

## 3 Planificación

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones

# Cronograma

## 3 Planificación

Esta planificación se plantea por semanas, desde la semana del 21 de agosto hasta la semana del 2 de diciembre del presente año.

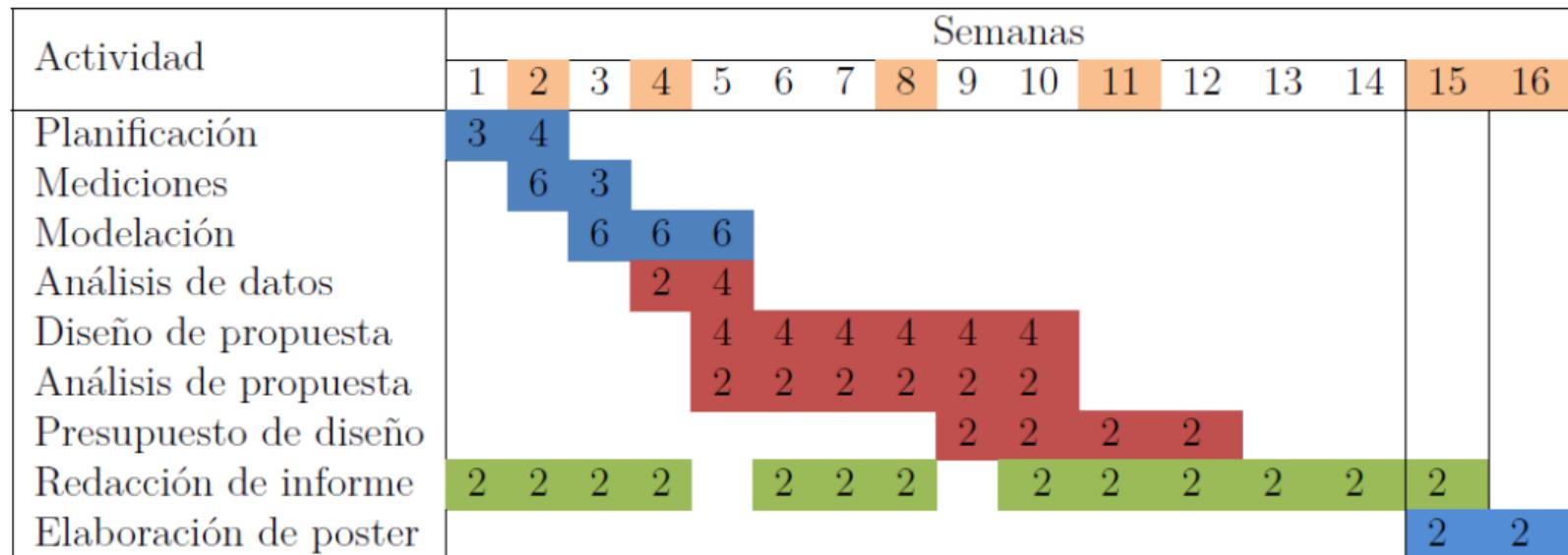


Figura: Carta Gantt del proyecto

# Tabla de Contenidos

## 4 Metodología

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones

# Medición de dimensiones de los recintos

## 4 Metodología

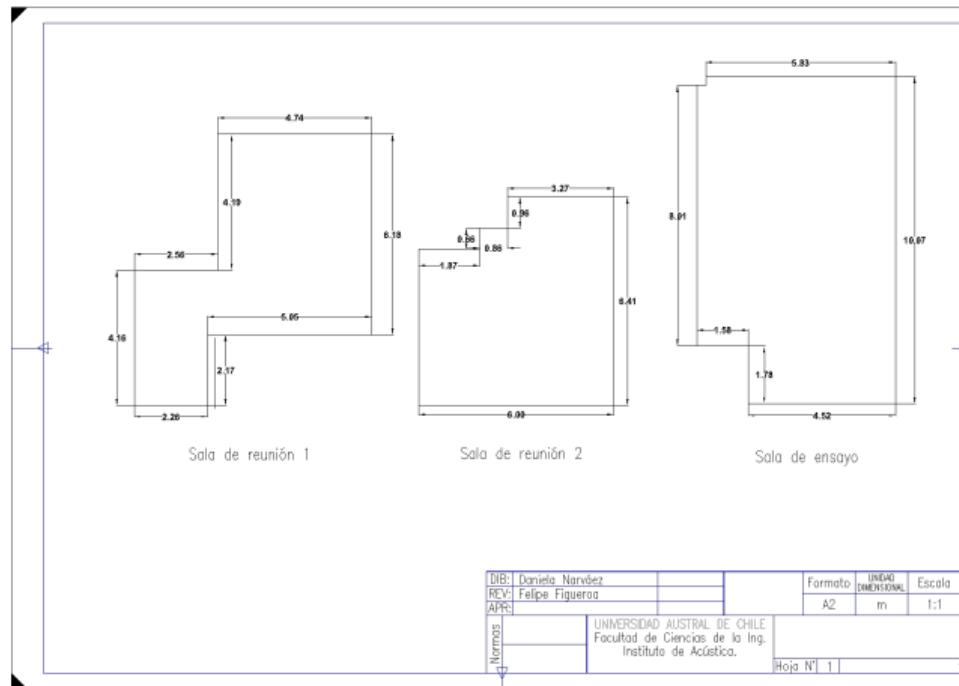


Figura: Planos de salas

# Medición de ruido de fondo

## 4 Metodología

Para poder caracterizar acústicamente los salones se realizaron mediciones de ruido de fondo y tiempo de reverberación.



Figura: Medición de ruido de fondo

# Medición de tiempo de reverberación

## 4 Metodología

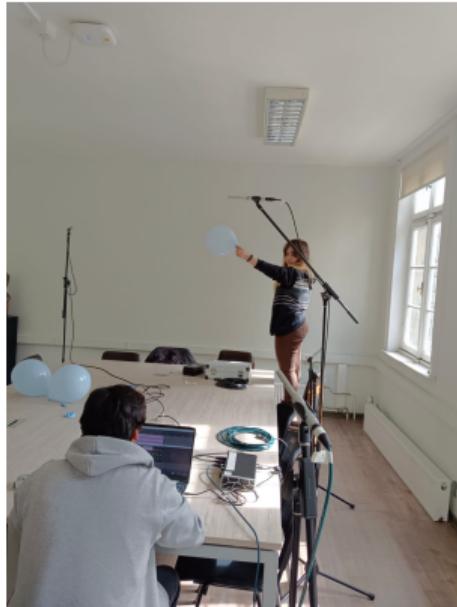


Figura: Medición de tiempo de reverberación

# Tabla de Contenidos

## 5 Recomendaciones

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones

# Salas de reuniones

## 5 Recomendaciones

Tabla: Parámetros objetivos para salas de reuniones

Parámetro	Uso	Valores	Fuente
Curvas NC	Para salas de juntas	25 - 30	Recuero
$T_{target}$	Speech/Lecture (A2)	0.6	DIN18041
$C_{50speech}$	Para la voz	$C_{50} > 0$	Marshall
STI	Transmisión del habla	$STI > 0.45$	ISO 9921

# Sala de ensayo

## 5 Recomendaciones

Tabla: Parámetros objetivos para sala de ensayo

Parámetro	Uso	Valores	Fuente
Curvas NC	Salas de conciertos y teatros de ópera	20 - 25	Recuero
$RT_{mid}$	Sala de conciertos (música de cámara)	1.3 - 1.7	Carrión
$C_{80}$	Para música sinfónica	$-2 < C_{80} < 2$	Marshall
$D_{50}$	Salas de concierto	$D_{50} < 0.5$	Thiele

# Tabla de Contenidos

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones

# Ruido de fondo

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

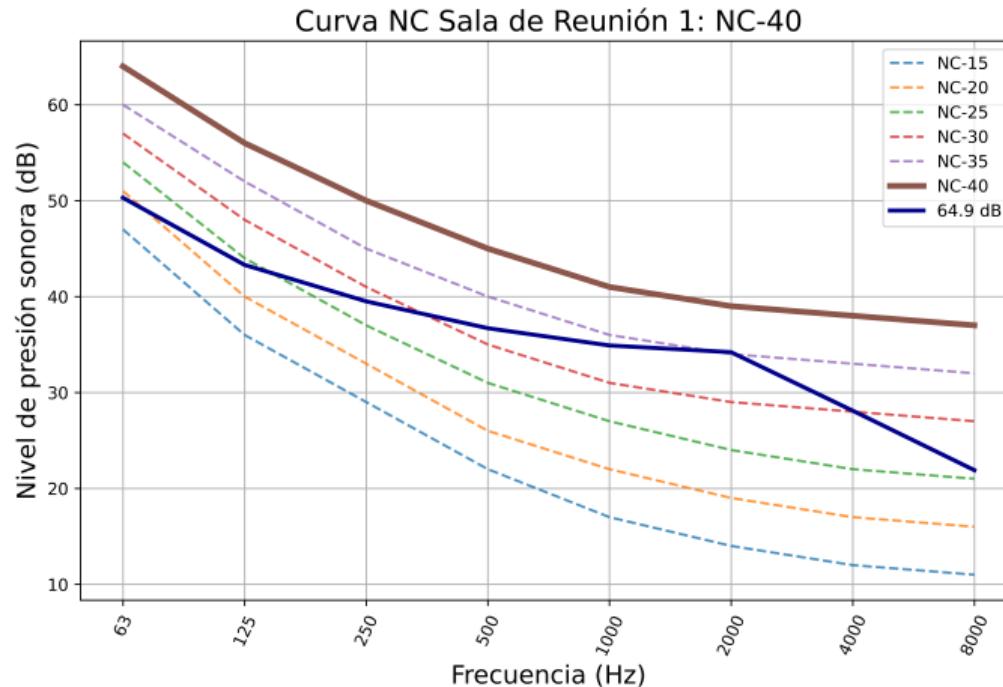


Figura: Curva NC Sala de reunión 1

# Ruido de fondo

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

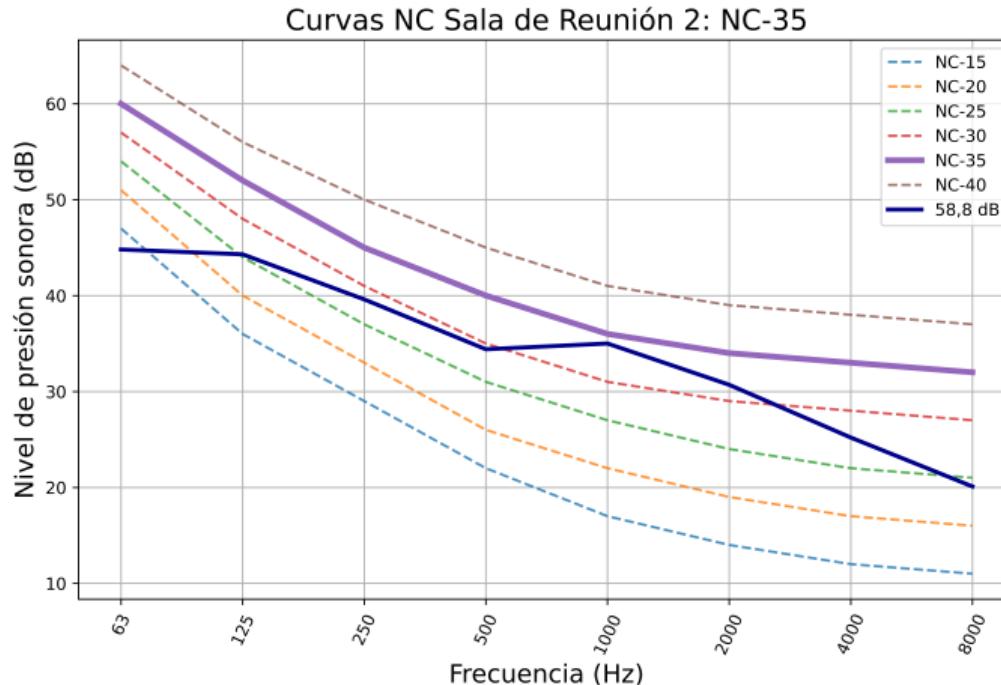


Figura: Curva NC Sala de reunión 2

# Ruido de fondo

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

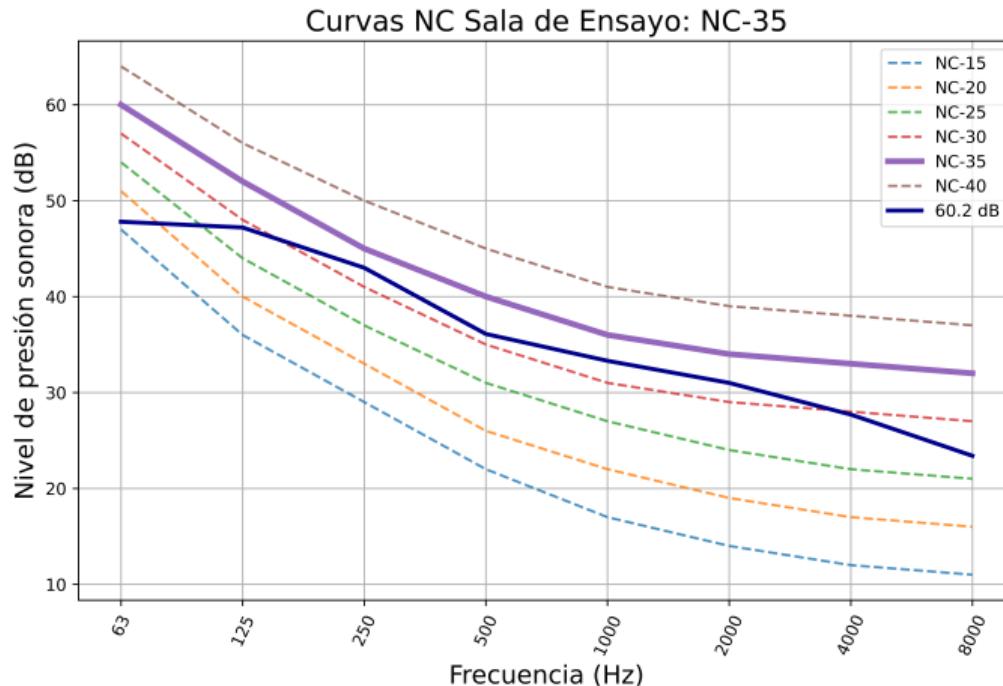


Figura: Curva NC Sala de ensayo

# Ruido de fondo

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

A continuación, se muestra una tabla donde se observa el estado de cada sala con respecto a lo recomendado.

Tabla: Estado de parámetros de ruido de fondo por sala

Salones	Curva NC recomendada	Curva NC medida	Estado
Sala de reunión 1	25 - 30	40	No cumple
Sala de reunión 2	25 - 30	35	No cumple
Sala de ensayo	20 - 25	35	No cumple

# Tiempo de reverberación

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

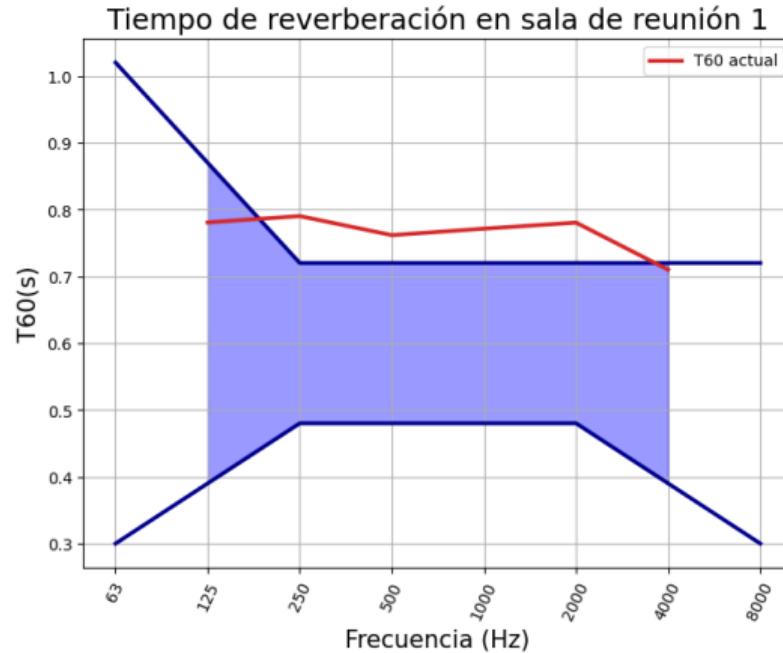


Figura: Tiempo de reverberación Sala de reunión 1

# Tiempo de reverberación

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

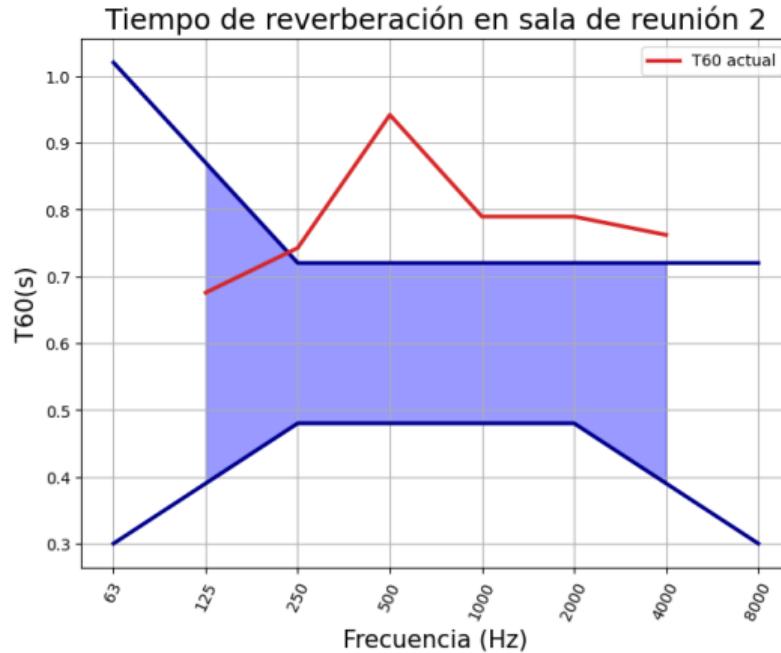


Figura: Tiempo de reverberación Sala de reunión 2

# Tiempo de reverberación

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

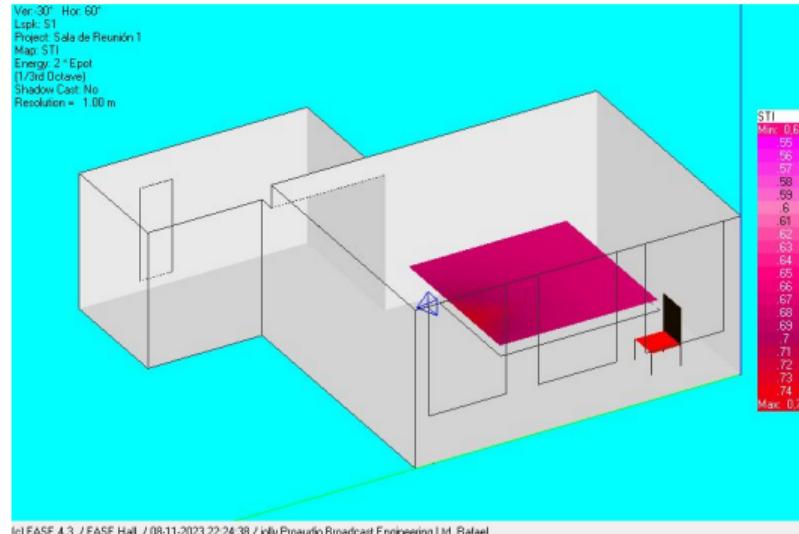


Figura: STI actual de Sala de reunión 1

# Tiempo de reverberación

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

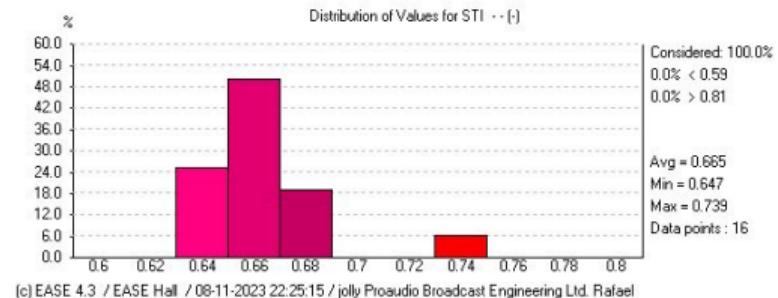


Figura: Distribución STI actual de Sala de reunión 1

# Tiempo de reverberación

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

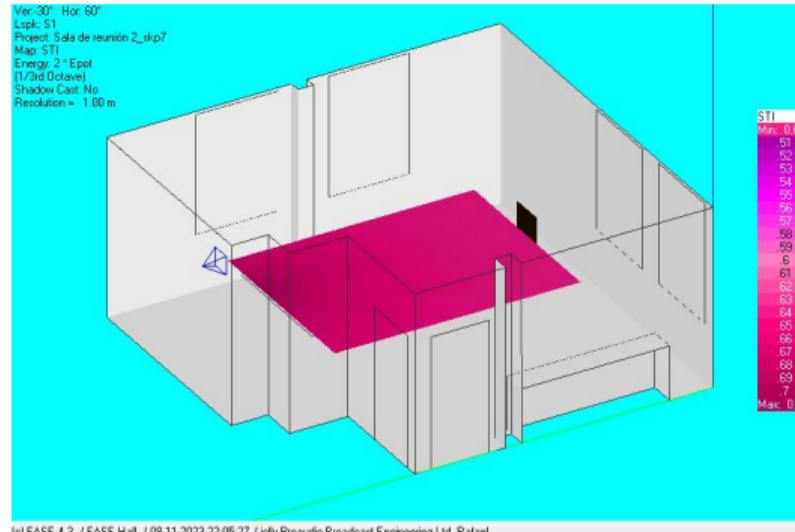


Figura: STI actual de Sala de reunión 2

# Tiempo de reverberación

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

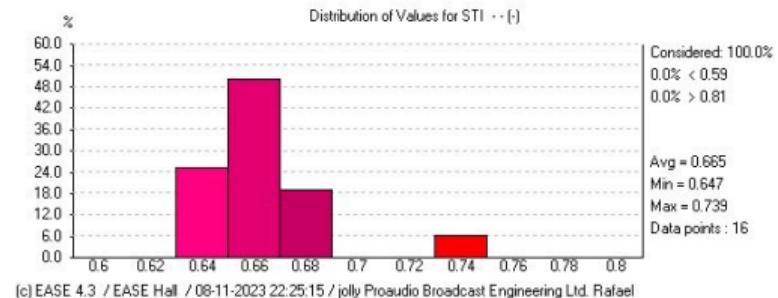


Figura: Distribución STI actual de Sala de reunión 2

# Tiempo de reverberación

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

A partir de los valores obtenidos de tiempo de reverberación, se determinaron parámetros como claridad y definición, parámetros que se compararon con los recomendados en la siguiente tabla

Tabla: Parámetros acústicos de las salas de reunión y el estado

Parámetro	Recomendación	Sala de reunión 1	Sala de reunión 2
$T_{target}(s)$	0.6	No cumple	No cumple
$C_{50speech}$	$C_{50speech} > 0$	1.79	0.89
STI	$STI > 0.45$	0.66	0.64

# Tiempo de reverberación

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

También se determinó el parámetro de definición ( $D_{50}$ ) para la sala de ensayo (ver figura 18), el cual esta fuera de lo recomendado.

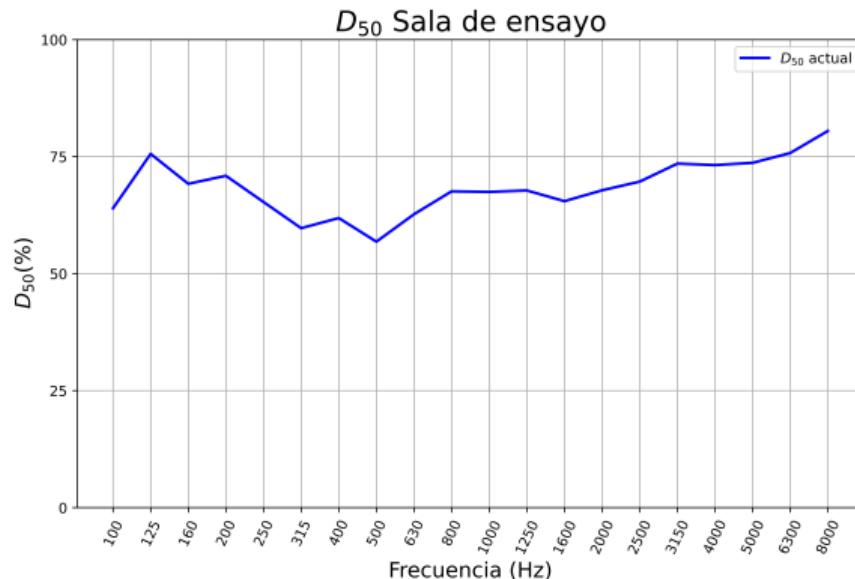


Figura:  $D_{50}$  de sala de ensayo

# Tiempo de reverberación

## 6 Parámetros acústicos obtenidos

Parámetro	Recomendación	Sala de ensayo
$RTmid(s)$	0.74	0.74
$C_{80}$	$-2 < C_{80} < 2$	6.04
$D_{50}$	$D_{50} < 0.5$	No cumple

Tabla: Parámetros acústicos de la sala de ensayo y su estado

# Tabla de Contenidos

## 7 Modelación

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones

# Modelo SketchUp

## 7 Modelación

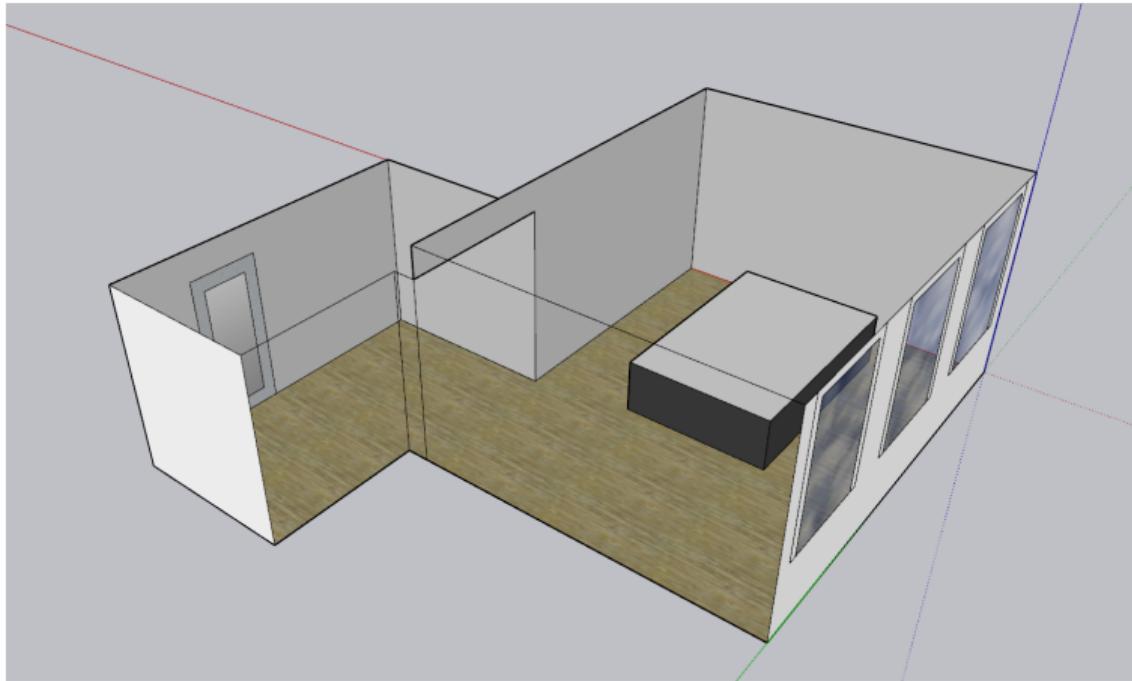


Figura: Modelo en SketchUp sala de reunión 1

# Modelo SketchUp

## 7 Modelación

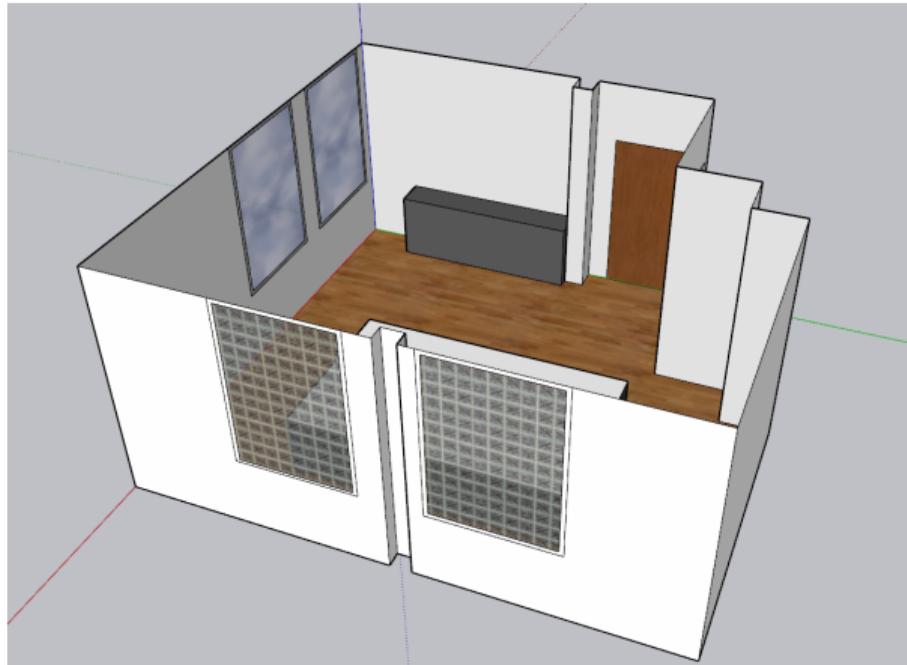


Figura: Modelo en SketchUp sala de reunión 2

# Modelo SketchUp

## 7 Modelación



Figura: Modelo en SketchUp sala de ensayo

### Comportamiento modal de sala de ensayo

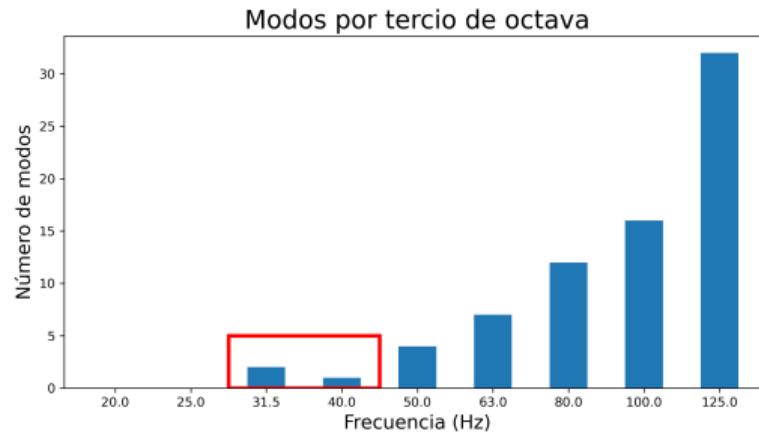


Figura: Densidad modal de sala de ensayo

# Análisis modal

## 7 Modelación

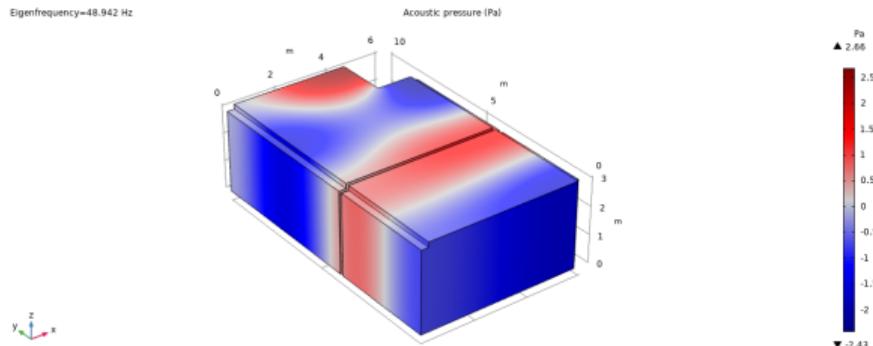


Figura: Modo en sala de ensayo

# Análisis modal

## 7 Modelación

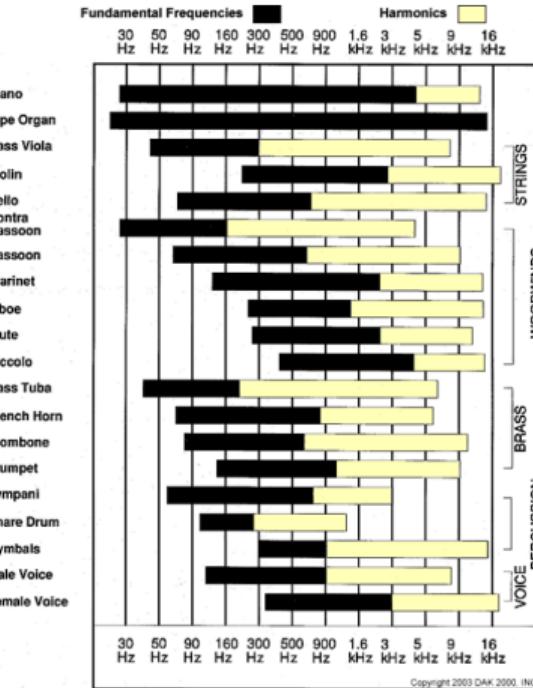


Figura: Rango en frecuencia de instrumentos musicales

Los modelos en SketchUp correspondientes, se importaron en el software EASE y se ingresó la materialidad respectiva a cada superficie, con información de coeficientes de absorción encontrados en la literatura, como se ve en la siguiente tabla:

**Tabla:** Materiales utilizados para modelo en EASE.

Material	Frecuencia (Hz)						Fuente
	125	250	500	1000	2000	4000	
Parquet	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07	Recuero
Madera	0.25	0.34	0.18	0.10	0.10	0.06	Recuero
Black Acoustic Board (2")	0.13	0.75	1	1	1	1	Blackboard
Vidrio	0.05	0.50	0.03	0.03	0.02	0.02	Recuero

# Modelo EASE con ocupación

## 7 Modelación

Para tener modelar la sala ocupada se consideró el siguiente coeficiente de absorción por persona:

Tabla: Coeficiente de absorción de una persona sentada de EASE

Frecuencia Hz	125	250	500	1000	2000	4000
Absorción $\alpha$	0.31	0.51	0.73	0.80	0.82	0.82

# Distribución de músicos en ensayo

## 7 Modelación



Figura: Distribución de músicos de cuerdas frotadas en ensayo

# Distribución de músicos en ensayo

## 7 Modelación



Figura: Distribución de músicos de instrumentos de bronce y madera en ensayo

# Distribución de músicos en salon EASE

## 7 Modelación

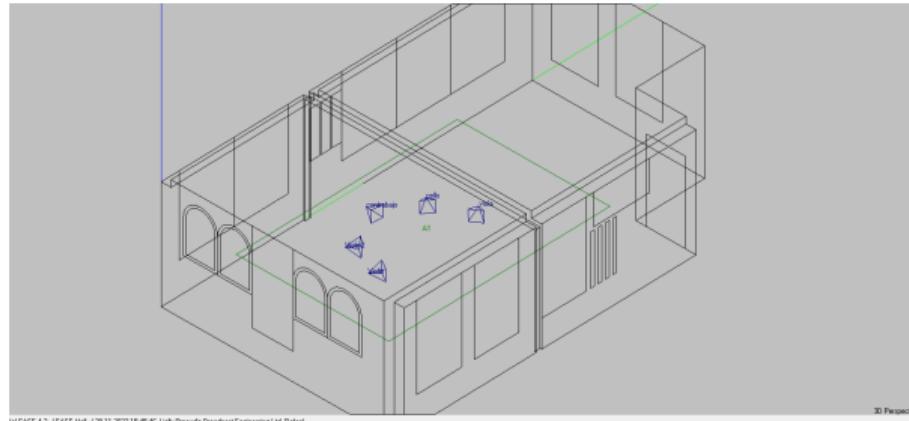


Figura: Distribución de músicos en sala de ensayo EASE

# Tabla de Contenidos

## 8 Propuesta

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones

# Sala de reuniones

## 8 Propuesta

Para las salas de reuniones se seleccionó el siguiente material.

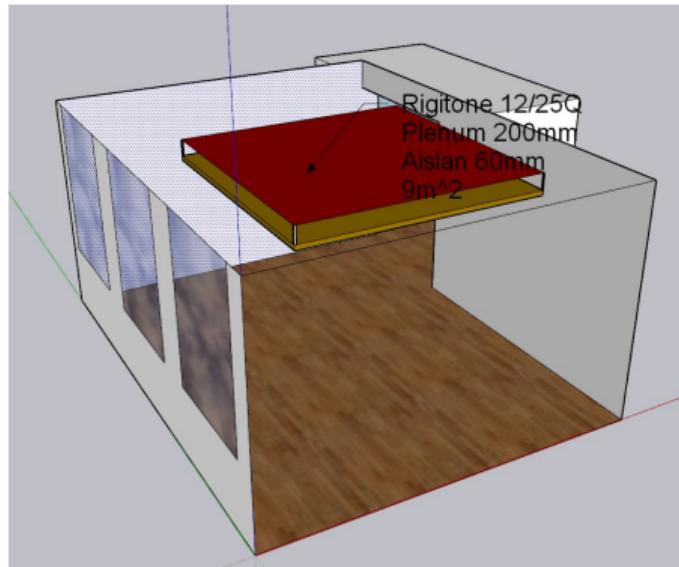


Figura: Modelo SketchUp de sala de reunión 1 acondicionado

# Sala de reuniones

## 8 Propuesta

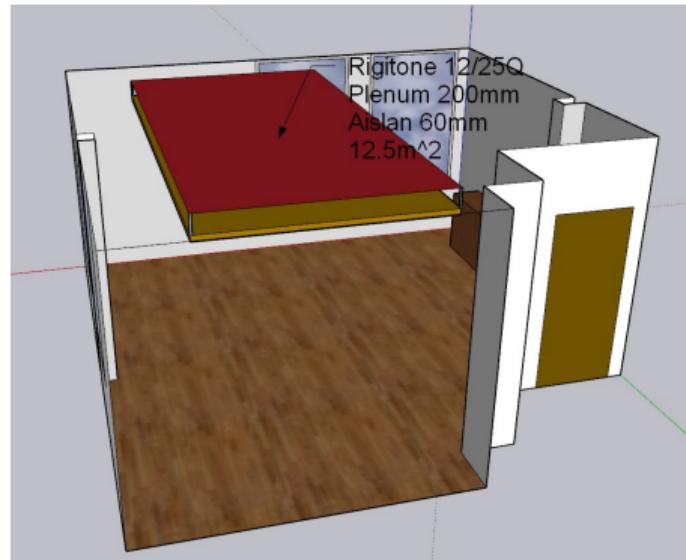


Figura: Modelo SketchUp de sala de reunión 2 acondicionado

# Sala de reuniones

## 8 Propuesta

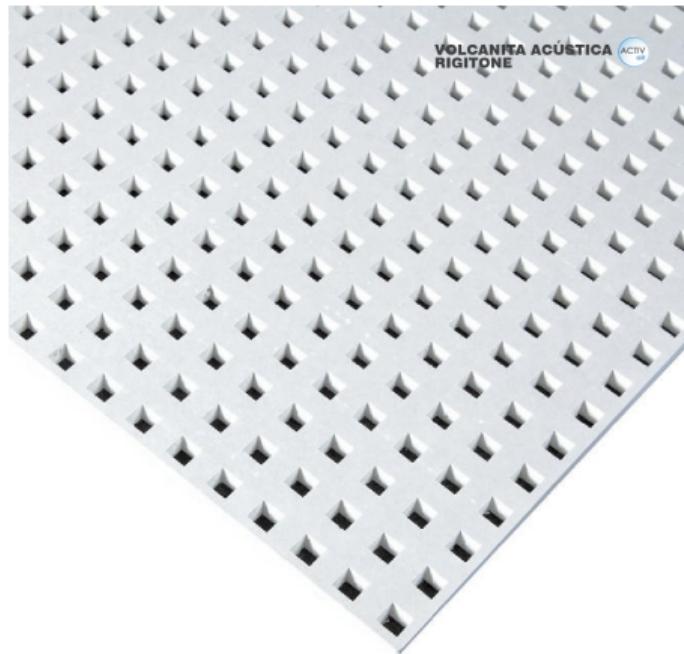


Figura: Material escogido para acondicionar salas de reunión

# Sala de reuniones

## 8 Propuesta

12/25 Q						
Plenum	200 mm					
Aislante	60 mm					
Frecuencia Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
$\alpha$	0.60	0.90	0.95	0.90	0.80	0.75

Tabla: Coeficiente de absorción de Volcanita acústica Rigitone

# Sala de ensayo

## 8 Propuesta



Figura: Modelo SketchUp de sala de ensayo sin paneles

# Resultados salas de reuniones

## 8 Propuesta

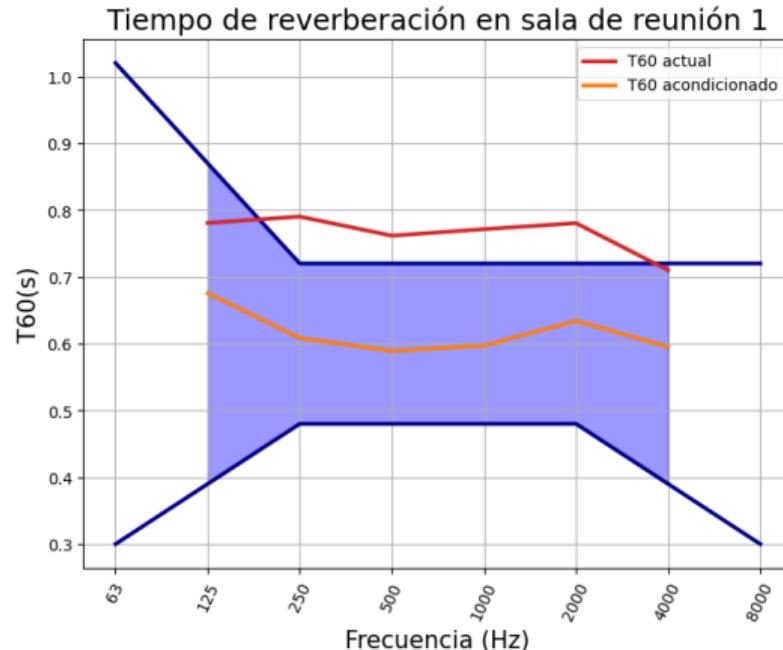


Figura: Tiempo de reverberación de sala de reunión 1 acondicionado

# Resultados salas de reuniones

## 8 Propuesta

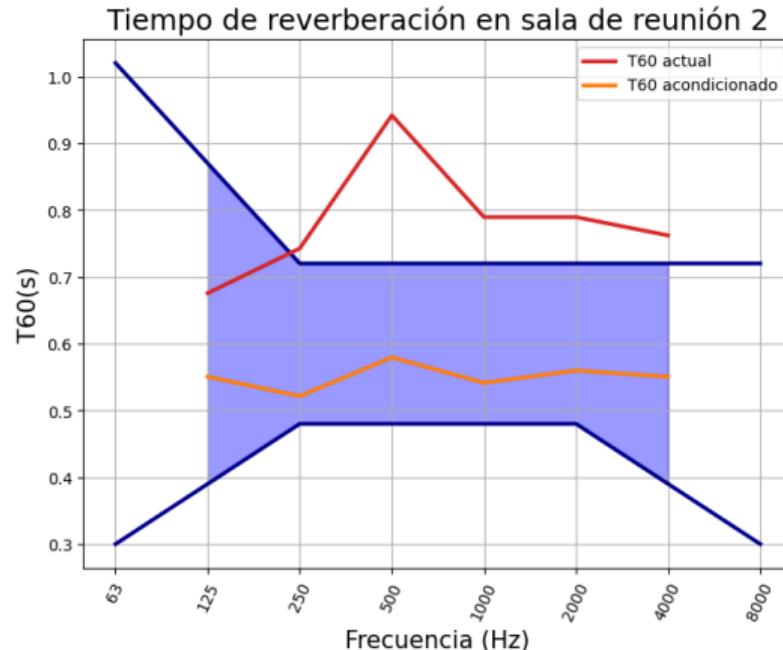


Figura: Tiempo de reverberación de sala de reunión 2 acondicionado

# Resultados salas de reuniones

## 8 Propuesta

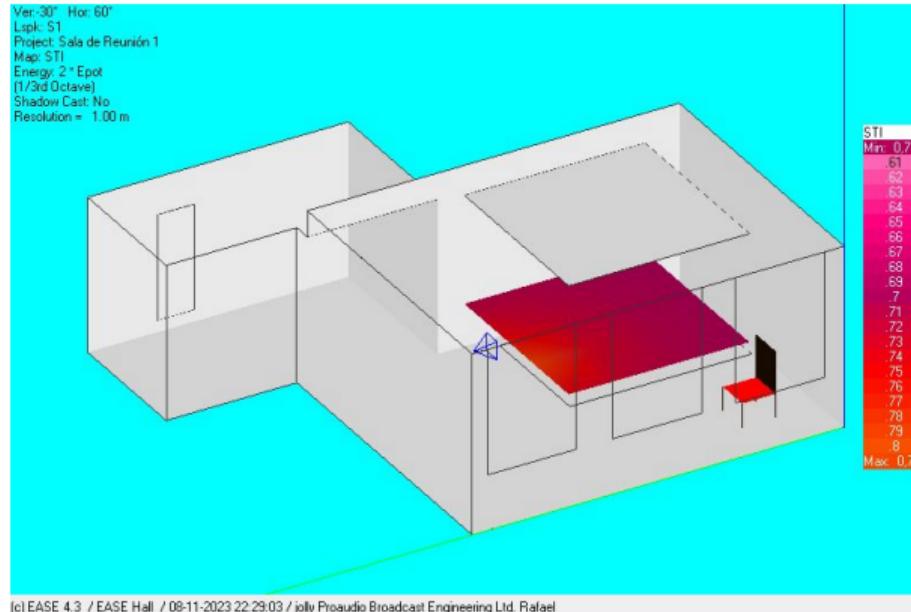


Figura: STI de sala de reunión 1 acondicionado

# Resultados salas de reuniones

## 8 Propuesta

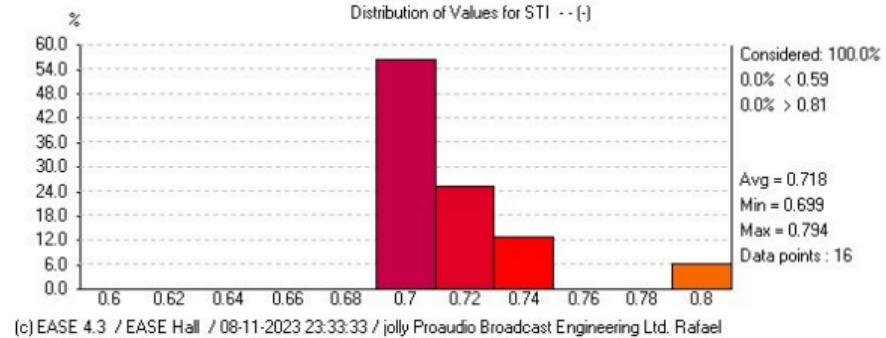


Figura: Distribución STI de sala de reunión 1 acondicionado

# Resultados salas de reuniones

## 8 Propuesta

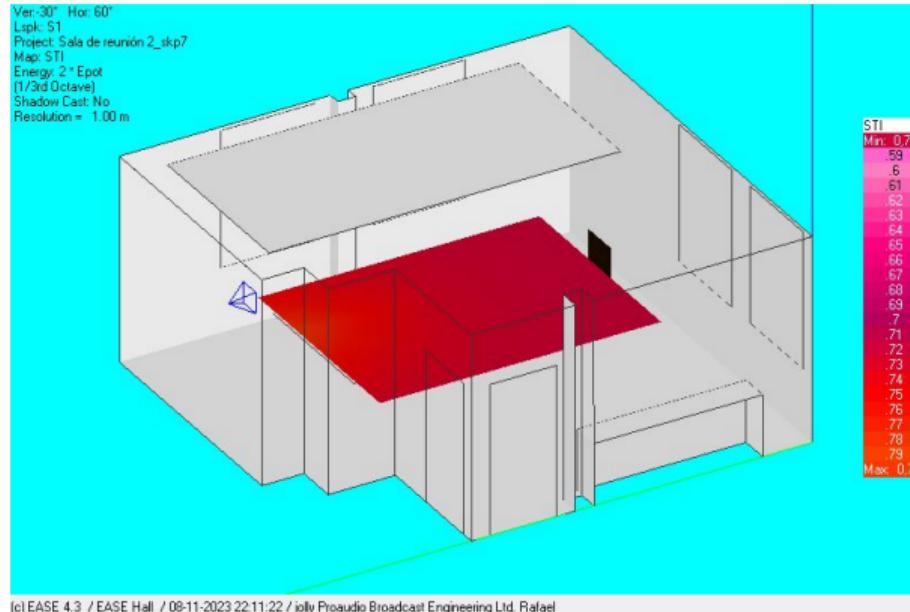


Figura: STI de sala de reunión 2 acondicionado

# Resultados salas de reuniones

## 8 Propuesta

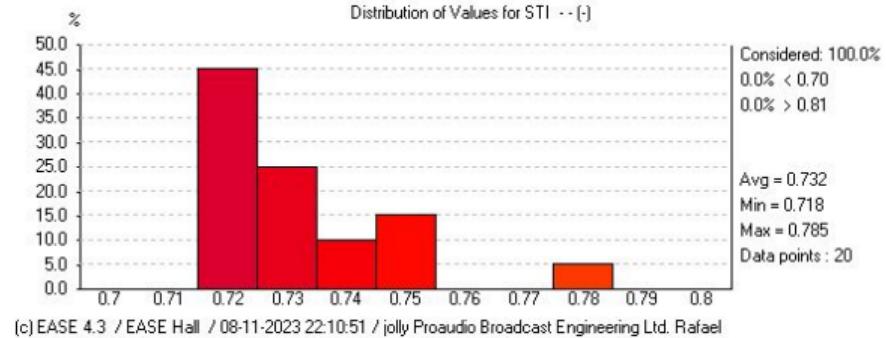


Figura: Distribución STI de sala de reunión 2 acondicionado

# Resultados salas de reuniones

## 8 Propuesta

Tabla: Parámetros acústicos de las salas de reunión del estado actual y acondicionado

Parámetro	Recomendación	Sala de reunión 1		Sala de reunión 2	
		Estado actual	Propuesta	Estado actual	Propuesta
$T_{target}$	0.6	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple
$C_{50speech}$	$C_{50speech} > 0$	1.79	3.5	0.89	3.9
STI	STI >0.45	0.66	0.70	0.64	0.72

# Resultados sala de ensayo

## 8 Propuesta

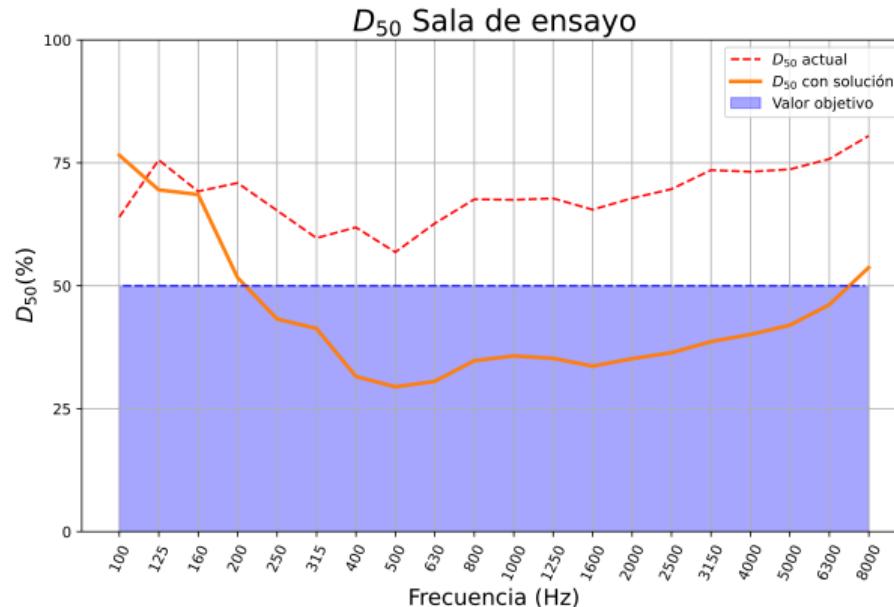


Figura: Comparación de D50 en sala de ensayo en su estado actual y acondicionado

# Resultados sala de ensayo

## 8 Propuesta

Tabla: Parámetros acústicos de la sala de ensayo del estado actual y acondicionado

Parámetro	Recomendación	Sala de ensayo	
		Estado actual	Propuesta
$RT_{mid}$	0.3 - 0.7	0.74	1.4
$C_{80}$	$-2 < C_{80} < 2$	6.04	3
$D_{50}$	$D_{50} < 0.5$	65 %	33 %

# Tabla de Contenidos

## 9 Presupuesto

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones

# Presupuesto del proyecto

## 9 Presupuesto

El presupuesto esta desglosado en la siguiente tabla por cada actividad propuesta en la carta Gantt antes presentada.

	Actividades	Horas	UF/hr	UF*	CLP
Costo ingeniería	Planificación	7	0.6	4.2	151.687
	Mediciones	9	1	9	325.044
	Modelación	18	0.8	14.4	520.070
	Análisis de datos	6	1	6	216.696
	Diseño de propuesta	24	1	24	866.784
	Análisis de propuesta	12	0.8	9.6	346.713
	Cotización de propuesta	8	0.6	4.8	173.356
	Redacción de informe	26	0.6	15.6	563.409
Costo operacional	Arriendo de equipos			1.7	60.000
	Traslados			0.1	5.000
	Total	110		89.3	3.228.762
			IVA (19%)	17	613.465
			Total (con IVA)	106.3	3.842.227

Figura: Presupuesto del proyecto

# Presupuesto de materiales

## 9 Presupuesto

# Tabla de Contenidos

10 Medición coeficiente de absorción acústica de un material

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones

# Materiales escogidos

## 10 Medición coeficiente de absorción acústica de un material

Se escogió un panel de madera ranurado de 2.4 cm de espesor, con lana de vidrio y lana mineral, midiéndolo sin plenum y plenum de 2 cm.



Figura: Materiales de medición

# Madera ranurada

10 Medición coeficiente de absorción acústica de un material

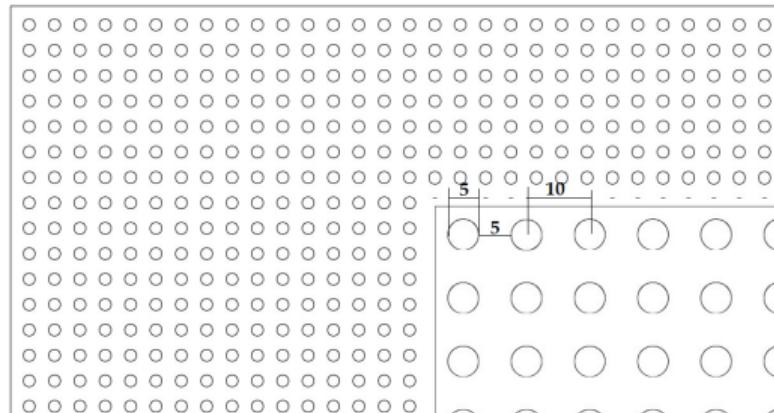


Figura: Dimensiones de madera ranurada

# Materiales escogidos

## 10 Medición coeficiente de absorción acústica de un material

Frecuencias Hz	Plenum	Madera 5/10			
		Lana mineral 5cm		Lana de vidrio 6 cm	
		0 mm	20 mm	0 mm	20 mm
250	250	0.44	0.57	0.48	0.56
	315	0.54	0.69	0.59	0.66
	400	0.73	0.89	0.78	0.83
	500	0.89	0.97	0.92	0.95
	630	0.99	0.93	0.94	0.92
	800	0.92	0.77	0.78	0.77
	1000	0.75	0.61	0.59	0.60
	1250	0.60	0.52	0.48	0.50
	1600	0.49	0.49	0.43	0.47
	2000	0.52	0.51	0.42	0.47
	$\alpha_w$	0.60	0.60	0.50	0.55

Figura: Valores de coeficiente de absorción

# Resultados

## 10 Medición coeficiente de absorción acústica de un material



Figura: Coeficiente de absorción de lana mineral

# Resultados

## 10 Medición coeficiente de absorción acústica de un material

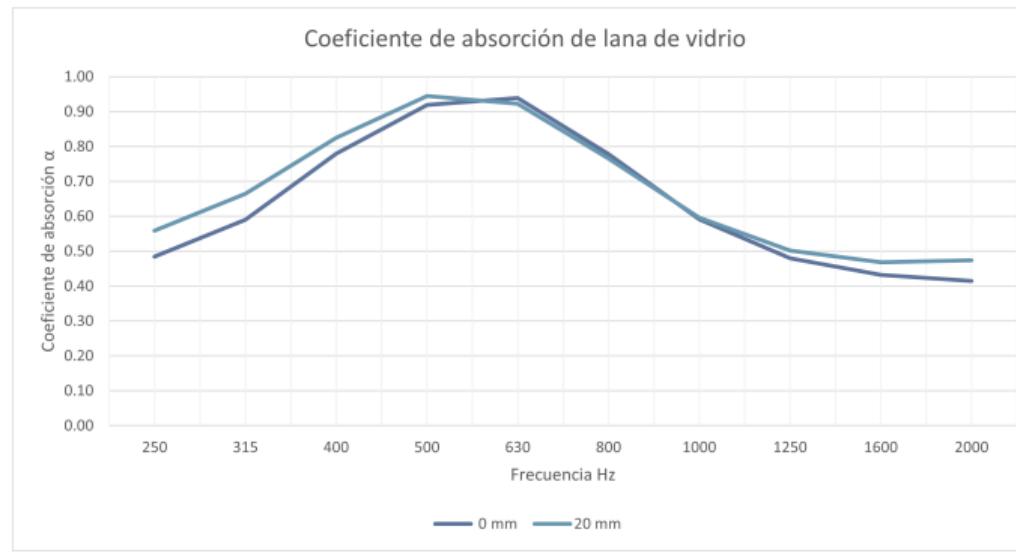


Figura: Coeficiente de absorción de lana de vidrio

# Tabla de Contenidos

## 11 Conclusiones

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones

# Conclusiones

## 11 Conclusiones

- Se logró cumplir con las actividades propuestas en el cronograma.
- A raíz de los resultados de las mediciones, se logró identificar si estos son adecuados acústicamente para el uso de cada uno de estos recintos.
- El ruido presente en los salones es el problema que predomina, incumpliendo con las curvas NC recomendadas para su uso.
- En el caso del tiempo de reverberación en las salas de reuniones según la norma DIN18041 estos no cumplen con valores acordes a su uso. Lo cual con la propuesta dada en este proyecto se logró cumplir con este criterio, además de mejorar la claridad y la inteligibilidad de la palabra en ambas salas.
- En el caso del tiempo de reverberación de la sala de ensayo, los valores eran demasiado bajos con la implementación que se realizó por parte de la administración.



# “Acondicionamiento acústico de salas de reuniones y sala de ensayo, Campus Los Canelos, UACH”

*Gracias por su atención*

