

# **Informe de diseño**

Brayan Sierra - 20212020036

Andres Acevedo - 20221020107

Angelo Ibañez - 20212020007

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Ciencias de la Computación II

2 de octubre de 2023

## Normativa

El documento “Condiciones acústicas en las aulas de clase: Una revisión de la literatura” de la revista Investigación e Innovación en Ingenierías, presenta la siguiente tabla para las aulas de clase:

Tabla 1. Valores TR y ruido de fondo recomendados

Norma	Valor tiempo de reverberación	Valor ruido de fondo
ANSI S12.60	0.6-0.7 s	35 dB
BB93	0.8 s	35 dB(A)
NTC 4595	1 s	45 dB

Por lo que nos vamos a regir de la Norma Técnica Colombiana 4595. De forma que por aula se van a admitir 45 decibeles, y como tiempo de reverberación 1s. Además se va a tener en cuenta si la clase es:

- Ambiente A: Clases que no requieren instalaciones técnicas, equipos, ni características ambientales de gran complejidad (4.2.1 NTC 4595)
- Ambiente B: Se requiere exclusión de interferencias auditivas entre usuarios, como bibliotecas, aulas de informática y centros de ayudas educativas (4.2.2 NTC 4595)
- Ambientes C: Lugares con altas especificaciones de seguridad y demanda de servicios de aseo, como laboratorios de ciencias, aulas de tecnología, y talleres de artes plásticas (4.2.3 NTC 4595)
- Ambientes F: Condiciones especiales de comodidad auditiva y visual, como salones de música (4.2.3 NTC 4595)

Es así como los niveles máximos de intensidad de sonido por tipo de ambiente son los siguientes (Tabla 10. Niveles máximos de intensidad de sonido. NTC 4595):

- Ambientes B y F de 35 a 40 dB
- Ambientes A y C (laboratorio) 40 a 45 dB
- Ambientes C (Artes y Oficinas) 45 a 50 dB

Cada tipo de ambiente requiere de un tiempo de reverberación (Tabla 12. Tiempos de reverberación. NTC 4595):

- Ambientes B: 0.9 segundos.
- Ambientes A: 0.9 a 1 segundo.
- Ambientes C: 0.9 a 1.2 segundos.
- Ambientes F: 0.9 a 2.2 segundos.

Como se ha definido que el colegio simplemente va a funcionar en el horario diurno que de acuerdo a la resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, es de las 7:01 a las 21:00 horas. Además, esta resolución indica que los sectores de universidades, colegios, escuelas tienen un máximo permisible de niveles de emisión de ruido de 65dBA.

Por otro lado, es necesario tener en cuenta que el ruido exterior que habrá será el de un parque que queda al frente, que emite 65dBA como máximo (conforme a la misma resolución). Esto se va a tener en cuenta, para el máximo de sonido permitido en cada aula, ya que se calculara la cantidad de sonido del aula, con la cantidad de sonido filtrado del parque dentro del aula, utilizando la siguiente fórmula:

$$10\log\Sigma 10^{\frac{NPS}{10}}$$

Siendo NPS la intensidad del sonido.

Además se va a utilizar el criterio de ruido NC, que fue establecido en Estados Unidos, para calificar el ruido que se pueda generar dentro de algún espacio. Dependiendo de la frecuencia del sonido, hay una intensidad de sonido diferente, ya que unos ruidos pueden ser más o menos molestos que otros. Es así que se establece la siguiente tabla, que clasifica el NC dependiendo la frecuencia, y la intensidad del sonido.

NC - the Noise Criterion								
Noise Criterion	Octave Band Center Frequency (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	Sound Pressure Levels (dB)							
NC-15	47	36	29	22	17	14	12	11
NC-20	51	40	33	26	22	19	17	16
NC-25	54	44	37	31	27	24	22	21
NC-30	57	48	41	35	31	29	28	27
NC-35	60	52	45	40	36	34	33	32
NC-40	64	56	50	45	41	39	38	37
NC-45	67	60	54	49	46	44	43	42
NC-50	71	64	58	54	51	49	48	47
NC-55	74	67	62	58	56	54	53	52
NC-60	77	71	67	63	61	59	58	57
NC-65	80	75	71	68	66	64	63	62
NC-70	83	79	75	72	71	70	69	68

Figura 2. Criterio de ruido (NC)

También, es necesario tener en cuenta que las actividades se deberían mantener en su rango recomendado con el fin de garantizar el confort. Los rangos se muestran a continuación:

Type of Room - Space Type	Recommended NC Level NC Curve	Equivalent Sound Level dB <sub>A</sub>
<b>Schools</b>		
- Lecture and classrooms	25-30	35-40
- Open-plan classrooms	35-40	45-50
Movie motion picture theaters	30-35	40-45
Libraries	35-40	40-50
Legitimate theaters	20-25	30-65
Private Residences	25-35	35-45
Restaurants	40-45	50-55
TV Broadcast studios	15-25	25-35
Recording Studios	15-20	25-30
Concert and recital halls	15-20	25-30
Sport Coliseums	45-55	55-65
Sound broadcasting	15-20	25-30

Figura 3. Criterios recomendados

## Materiales

Utilizando la tabla proporcionada por la página Bunker Audio sobre los coeficientes de Absorción Acústica de Materiales, se seleccionaron los siguientes materiales junto a su nivel de absorción dependiendo el tipo de frecuencia recibida.

Nombre del material	Bandas de Frecuencia [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
Ladrillo, muro con enlucido de yeso	0,013	0,015	0,020	0,028	0,04	0,05
Ladrillo, muro visto	0,024	0,025	0,032	0,042	0,05	0,07
Ladrillo pintado	0,012	0,014	0,017	0,020	0,023	0,025
Mármol	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
Panel de fibra de madera	0,47	0,52	0,50	0,55	0,58	0,63
Panel de pino	0,098	0,11	0,061	0,081	0,082	0,11
Tablex	0,14	0,20	0,32	0,43	0,51	0,66

Figura 4. Materiales de los muros

Dependiendo del material de la construcción, y la frecuencia del sonido del aula, se va a absorber ese sonido con los coeficientes de construcción que se ven en la tabla.

## Diseño de clases

Con el propósito de ver el diseño del aplicativo se representó en el lenguaje unificado de modelado (UML por sus siglas en inglés), lo cuál resultó en el siguiente diagrama (ver figura 1):

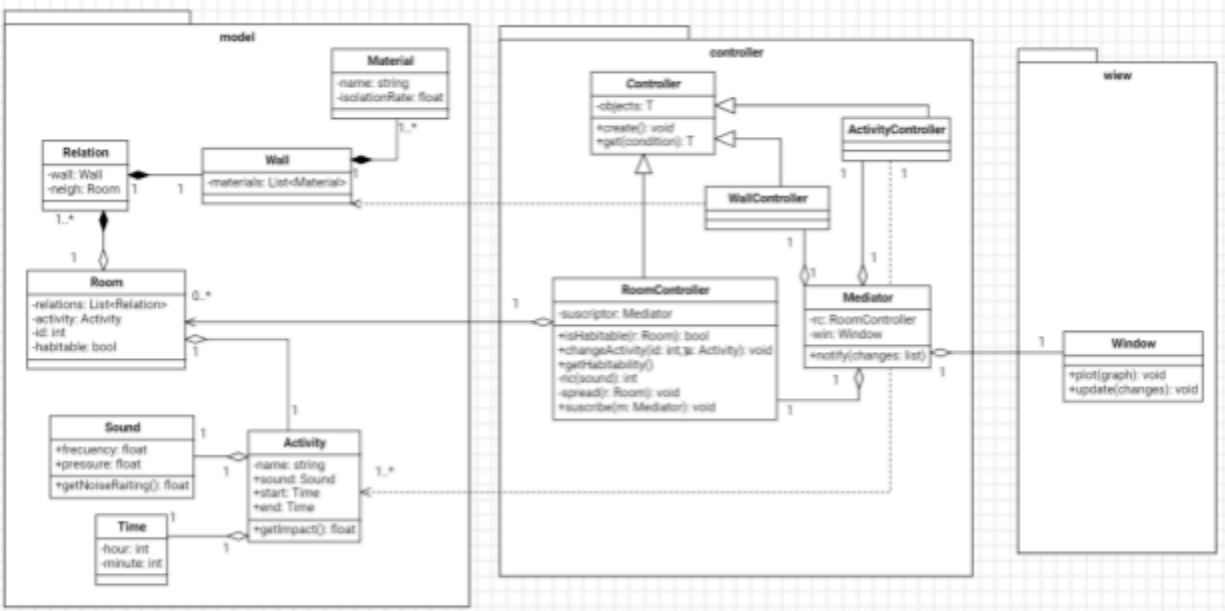


Figura 5. Diagrama de clases

En el diagrama se observa clases como el programa está dividido por capas o paquetes, los cuáles siguen el modelo-vista-controlador (MVC). También se observan clases como Sound, Controller, Structure... etc; las cuáles serán detalladas a continuación:

### Modelos

- **Sound**: Contiene los datos de un sonido, para este caso se tiene en cuenta la presión medida en decibelios y la frecuencia medida en hertz.
- **Room**: Si se viese la relación entre las habitaciones por su adyacencia, entonces Room sería un nodo.  
Además, contiene la abstracción de la habitación, que para este case se tiene en cuenta la actividad que se está realizando y sus relaciones con sus vecinos.
- **Activity**: Es la actividad que se puede realizar en una habitación, y se tiene en cuenta su nombre (danza, canto, lectura.. etc) y el sonido que causa dicha actividad.

- **Wall:** Su abstracción está relacionada con la pared que comparte con su vecino, su propósito es almacenar información que permita calcular la propagación del sonido a una vecindad.
- **Relation:** Ayuda a resolver la relación muchos a muchos entre Wall y Room. Además, permite relacionar el muro con el vecino adyacente.

### **Controladores**

- **Controller:** Es una clase abstracta que es a groso modo una fábrica.
- **RoomController:** Entre sus responsabilidades se encuentran fabricar las habitaciones y otras operaciones relacionadas con el control de los atributos de Room. Además, implementa el cálculo del criterio de ruido y la propagación del sonido.
- **WallController:** Controla lo relacionado con Wall.
- **ActivityController:** Controla lo relacionado con Activity.
- **Mediator:** Coordina los controladores con la vista.
- 

### **Vista**

- **Window:** Se encarga de la parte gráfica (el plot y el coloreado).

## Propuesta de propagación del sonido

Para la propagación del sonido, se planteó modelada con base en el patrón de diseño Observer, tomando a RoomController como el notificador. Se sabe que la clase RoomController puede actualizar las actividades de una habitación dada, una vez se llama este método para cambiar la actividad, si la actividad es distinta a None, es decir, si se está cambiando de no tener una actividad a poseer una y no viceversa, este método llama al método de propagación "spread".

Spread, dado el id del room que se le pasa como atributo a changeActivity, toma el room de la actividad actualizada y empieza a iterar en sus relaciones para hallar a sus vecinos o habitaciones adyacentes, así como los muros entre estos. Con base en el material del muro y su aislamiento, se calcula el ruido disminuido luego de pasar por el muro y, en caso de que el vecino posea una actividad, se le sumará el sonido propagado al sonido de la actividad ya presente.

Para calcular como se verá afectada la intensidad o presión del sonido luego de pasar por el muro, se utiliza esta fórmula:

$$I_f = I_i * 10^{-\frac{L}{10}}$$


Donde:

- $I_f$  es la intensidad final del sonido.
- $I_i$  es la intensidad inicial del sonido.
- $L$  es el nivel de reducción del sonido en decibelios (dB) proporcionado por el material.

En cuanto a la frecuencia, esta no se ve afectada como tal cuando pasa por un material, sin embargo, si cambia el efecto de la atenuación de la intensidad dependiendo de qué tan alta sea la frecuencia. Esto es evidente en la tabla de materiales, en donde se ve como, dependiendo de la frecuencia recibida, el coeficiente de atenuación cambia. Por lo que en este caso la variable  $L$ , va a fluctuar dependiendo de la frecuencia del sonido fuente.



## Referencias

- Cristiano 2008. (2020, 22 abril). *Suma de ruidos* [Vídeo]. YouTube.  
 Suma de Ruidos
- <https://www.bunker-audio.com>. (s. f.-b). *Coeficientes de absorción acústica de materiales*. Bunker-Audio © 2014. [Coeficientes de Absorción Acústica de Materiales](#)
- Editor Engineeringtoolbox. (2024, 4 abril). *NC - the Noise Criterion* [NC - the Noise Criterion](#)
- [Normas Técnica Colombiana NTC 4595 Ingeniería Civil y Arquitectura Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambiente](#)