

# ARQUITECTURA EN MOVIMIENTO: UN MODELO PARA LA COMPOSICION MUSICAL

*Jorge Variago, PhD  
Valley City State University, ND  
jorge.variago@vcsu.edu*

## SINTESIS

Los datos acústicos de un espacio cerrado ofrecen una inequívoca descripción numérica de sus propiedades sonoras. Como en la música, estas propiedades se ubican en el ámbito de la frecuencia, el tiempo y la amplitud. El presente trabajo propone un modelo para "*traducir*" sistemáticamente los datos acústicos de una sala en términos musicales; datos meramente numéricos se transforman – a través del método propuesto - en la esencia del proceso creativo de una composición musical.

## INTRODUCCION: PARAMETROS ACUSTICOS Y SU APLICACION

Estos parámetros están organizados en los ámbitos de las alturas (frecuencia), el tiempo y amplitud. Todos los valores corresponden a las tablas de datos y el plano arquitectónico adjunto en el Apéndice.<sup>1</sup>

### 1. ALTURAS: RESPUESTA DE FRECUENCIA Y CENTROIDE

La respuesta de frecuencia de un espacio cerrado es la medida de su espectro excitado mediante un impulso o señal de entrada (Everest, 1989; Egan, 1988). El centro de gravedad de dicho espectro (centroide) se obtiene como una media ponderada (entre frecuencias y amplitudes) de la respuesta de frecuencia (Roads, 1996). En esta sección del modelo, la frecuencia fundamental que corresponde a un tono es el único elemento tenido en cuenta para el cálculo de la media ponderada.

Los datos obtenidos demuestran que el contenido del espectro correspondiente a una fuente sonora (S) ubicada sobre el escenario es percibido de manera diferente dependiendo de la ubicación del receptor (R), es por ello que el valor centroide del espacio estudiado es un valor promedio entre los los valores obtenidos en distintas ubicaciones de S y R.

---

<sup>1</sup> La espacio elegido para la aplicación inicial del modelo propuesto es el Pabellón de Meditación del *Baughman Center* en la Universidad de Florida <http://performingarts.ufl.edu/venues/baughman-center/>

Tabla 1. Formantes y valores de centroide obtenidos en distintas ubicaciones de la S y R.<sup>2</sup>

Ubicación	Formante (pico en Hz)	Centroide (en Hz)
<b>S1 R1</b>	366	357
<b>S1 R2</b>	279	399
<b>S1 R3</b>	259	315
<b>S2 R1</b>	298	336
<b>S2 R2</b>	298	262
<b>S2 R3</b>	429	310
<b>S3 R1</b>	236	241
<b>S3 R2</b>	214	326
<b>Promedio</b>	298	319

## 1.2. Orquestación de los valores centroides

El centroide se calcula como un medio ponderado. Sin embargo, este modelo propone el proceso inverso, donde el valor centroide obtenido es el valor inicial alrededor del cual pueden orquestarse diversos complejos sonoros. En otras palabras, mediante una medición acústica primero se obtiene el valor del centroide del espectro de un espacio cerrado, que luego sirve de valor eje para la construcción (orquestación) de complejos sonoros.

El valor centroide promedio obtenido de los impulsos en el *Baughman Center* es aproximado al Mi4 o 329 Hz (con un margen de error de menos de 10 Hz). El siguiente ejemplo refleja una situación “ideal” en la cual la media del complejo es equivalente a su valor centroide porque ambas alturas tienen la misma amplitud (en términos musicales, indicación de dinámica).

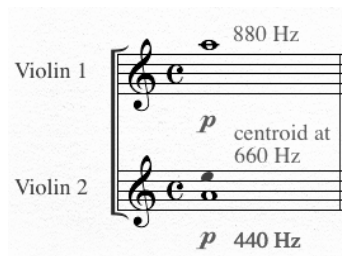


Figura 1. Orquestación del centroide (I).

<sup>2</sup> Medidas obtenidas con PVC, software para el análisis y procesamiento del sonido creado por Paul Koonce.

En el siguiente ejemplo, a pesar de la mayor cantidad de sonidos simultáneos, el centroide también es igual a la media ya que todas las frecuencias evaluadas están orquestadas con la misma dinámica.

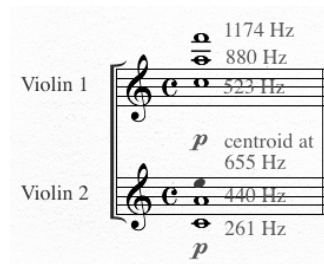


Figura 2. Orquestación del centroide (II).

El cálculo se vuelve más complejo cuando cada altura tiene una amplitud y duración diferente, en este caso utilizaremos la fórmula de la media ponderada a fin de obtener un resultado preciso.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Figura 3. Fórmula de la media ponderada.

En el siguiente ejemplo, el valor del centroide se incrementará en la dirección del sonido con mayor amplitud. El La5 a 880 Hz es cuatro veces más intenso (según la tabla de equivalencias propuesta en el Anexo) que el La4 a 440 Hz, llevando el centro de gravedad a 693 Hz. En términos musicales, la media llega a una frecuencia que esta casi un semitono por encima de la media del ejemplo anterior (Fa5) donde los mismos sonidos tenían idéntica intensidad.

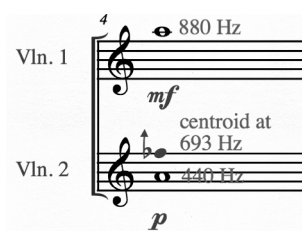


Figura 4. Orquestación del centroide (III), con media ponderada.

Esos criterios orquestacionales pueden aplicarse en un modo más dinámico siguiendo la curva reflejada por los valores obtenidos en las mediciones acústicas iniciales. Para ello podemos utilizar la orquestación y así modificar gradualmente (aumentar/disminuir) el

centroide. El siguiente extracto demuestra como las variaciones dinámicas de la nota inferior (La2) alteran sustancialmente el valor del centroide.

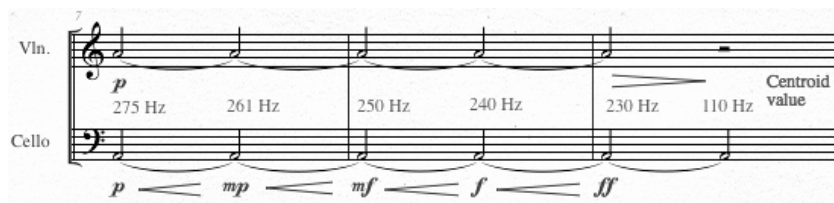


Figura 5. Dinámicas y centroide variable (I).

Para crear música "afinada al espacio", el proceso de organización de los valores del centroide puede ampliarse aún más. La frecuencia central de un espacio cerrado puede ser utilizada para crear complejos que, a pesar de su diferente configuración, comparten el mismo centro de gravedad. El siguiente fragmento muestra una aplicación del modelo propuesto, en la cual una serie de complejos de diversa configuración están basados en el mismo valor de centroide de 440 Hz (con un margen de error máximo de 10 Hz). Cada nota tiene su propia indicación dinámica de acuerdo a la tabla de equivalencias propuesta en el Apéndice.



Figura 6. Dinámicas y centroide variable (II).

Este concepto puede ser ampliado aún más mediante el cálculo del centro de gravedad de un sub-grupo en una especie de cadena de centroides o "centro de gravedad del centro de gravedad". Ese concepto permite ramificaciones (en torno al valor centroide) no necesariamente simétricas.



Figura 7. Ejemplo de aplicación de un valor de centroide único (Mi5 o 660 Hz) a través de una serie de complejos asimétricos al mismo nivel dinámico.

Este enfoque se vuelve más complejo cuando cada nota posee una indicación dinámica diferente (amplitud). De acuerdo a la tabla de equivalencias, cada nota (altura/frecuencia)

se pondera en 10 dB por indicación dinámica<sup>3</sup> a fin de mantener el mismo valor en un centro de gravedad en el Mi5. Los complejos en el siguiente ejemplo justifican la implementación de subdivisiones del semitono. El desarrollo del complejo es similar, pero con una configuración interválica diferente.

Staff	Dynamic	Frequency (Hz)
Top	<i>mf</i>	659
Top	<i>mf</i>	725
Top	<i>mf</i>	729
Top	<i>pp</i>	735
Top	<i>f</i>	768
Top	<i>ff</i>	774
Bottom	<i>mf</i>	
Bottom	<i>pp</i>	
Bottom	<i>pp</i>	
Bottom	<i>f</i>	
Bottom	<i>pp</i>	
Bottom	<i>pp</i>	

Figura 8. Dinámicas y centroide variable (III).

Es notable que los centroides de los complejos no forman parte de los complejos, Mi5 ( $\approx 659$  Hz) en el primero y Sol5 ( $\approx 774$  Hz) en el último. Este sistema de composición facilita la elaboración de piezas en torno a valores centroides que pueden permanecer siempre ocultos. A diferencia de las *músicas* (fundamentalmente tonales) en las que el centro de gravedad es un pilar estético necesario, el modelo propuesto sugiere el enfoque opuesto, donde el centro de gravedad puede ser la esencia oculta de una composición musical.

## 2. TIEMPO I: TIEMPO DE REVERBERACION - RT

El *Baughman Center* tiene un tiempo de reverberación promedio (entre las distintas bandas de frecuencia y diferentes lugares de S y R) de 2 segundos. Si sólo consideramos las bandas donde el oído humano es más sensible (250 Hz - 4000 Hz), el resultado promedio es ligeramente más largo, de 2,2 segundos. Los datos de la envolvente del RT (en los campos de frecuencia, tiempo y amplitud) constituyen la fuente del modelo orquestacional.

### 2.1. Reverberación orquestada

En este ejemplo musical, podemos ver el complejo *escrito* y la orquestación de su resultado auditivo *real* con un tiempo de reverberación de 2.2 segundos, que corresponde a los valores obtenidos en el *Baughman Center*.

<sup>3</sup> De acuerdo al Apéndice C.

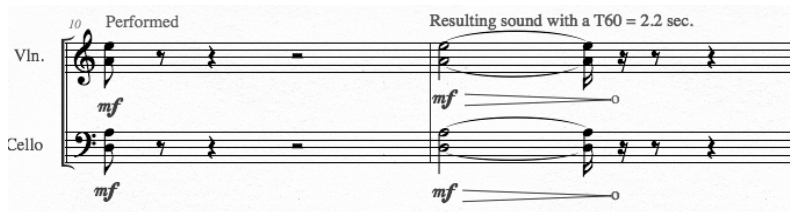


Figura 10. RT orquestada (I).

La indicación de tempo (MM = 60) facilita la traslación entre los valores musicales y de RT. El valor de RT obtenido en el *Baughman Center* ahora se puede incorporar en la música a través de la orquestación.

Cuando dos complejos aparecen en sucesión, y el ataque del segundo ocurre durante el *decay* del envolvente del primero, el resultado es de particular interés. El extracto en la Figura 11 muestra un patrón de acompañamiento estándar para los instrumentistas de cuerda y su orquestación de acuerdo a un RT de 2,2 segundos.

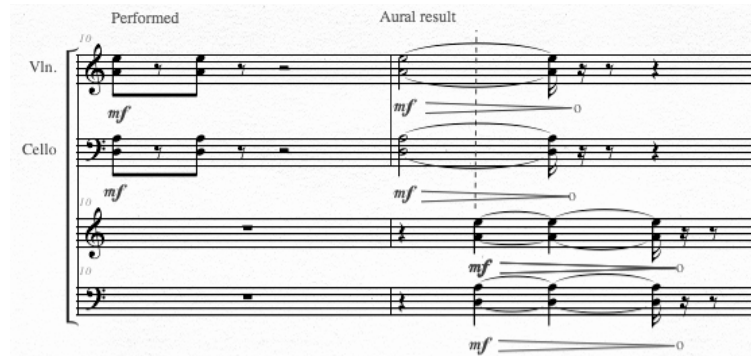


Figura 11. RT orquestada (II).

En la Figura 12, la aplicación del RT de 2,2 segundos recrea – a través de la orquestación – la ilusión auditiva de un *cluster* de 8 notas en el segundo tiempo del compás.



Figura 12. RT orquestada (III).

El extracto de la Figura 13 es un complejo con la misma dinámica a lo largo de todas las bandas de frecuencia, las que tienen un tiempo de *decay* del RT diferente (ver tablas en el Apéndice). El extracto está construido en torno al valor centroide del sitio estudiado de  $\approx 329$  Hz o Mi4 en combinación con los datos de del tiempo (*decay*) y frecuencia de sus

envolventes. La indicación de tempo es MM = 60. Todo el pasaje recrea en notación musical los datos acústicos tomados del *Baughman Center*.

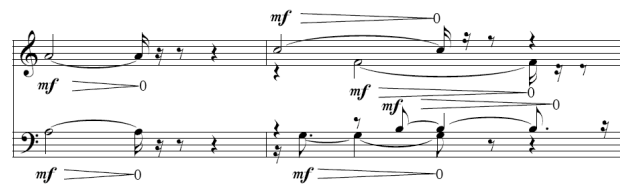


Figura 13. RT orquestada por banda de frecuencia (I).

El siguiente ejemplo considera no sólo el valor de centroide obtenido de la sala, sino también el RT por banda de frecuencia. Los tiempos de la *decay* no responden a la media general del valor RT, sino a los valores específicos de cada banda, tal como puede apreciarse en el Apéndice B.

Los valores de RT son promedios de todos los impulsos en tres subgrupos de bandas frecuencia (63 - 125, 250 - 1000, 2000 - 8000). Los valores de RT de cada grupo son (en segundos) 1.7, 2.5 y 1.65, respectivamente. El ejemplo de orquestación fue compuesto aplicando el mismo valor centroide con una distribución diferente de las alturas, y un RT independiente por banda de frecuencia.



Figura 14. RT orquestada por banda de frecuencia (II)

### 3. TIEMPO II: RITMO DE LAS REFLECCIONES INICIALES

El contenido rítmico del RT sólo se limita a la duración y envolvente. El ritmo, como la sucesión de eventos sonoros en el tiempo, no se tiene en cuenta. Sin embargo, la "identidad rítmica" de un espacio cerrado puede ser extraída de la sucesión temporal de las reflexiones iniciales. El tiempo que toma a los primeros sonidos reflejados para llegar a nuestros oídos nos da pistas sobre el tamaño y la naturaleza del entorno, definiendo de manera inequívoca las dimensiones del espacio estudiado (Blessner, B. & Salter, L. R., 2007).

En el modelo propuesto se utilizaron solamente los datos de la S1 – R1 (según la tabla del Anexo). El software *Acoustic Tools* sirvió para medir el tiempo entre las 10 primeras reflexiones después de la fuente sonora directa (impulso).

Tabla 3-1. Tiempos de *delay* (en milisegundos) de las primeras 10 reflexiones.

<b>Reflexión</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Delay</b>	3	4	5	8	9	12	22	24	25	29

Esos ínfimos tiempos de *delay* son irrelevantes para el oído humano que integra – como parte de la fuente sonora - toda la energía refractada que llega al oído en menos de 25 milisegundos que aumentan el volumen de la fuente sonora directa (Egan, 1988). A pesar de ello, las proporciones y la sucesión temporal de los "ataques" de cada una de las reflexiones pueden convertirse fácilmente en un recurso compositivo. Con el fin de extraer completamente el *ritmo* de las reflexiones, tenemos que eliminar la referencia de tiempo inicial con el sonido directo. Esto nos dará una "serie" de valores iniciales completamente aislados de su fuente y unidad de medida originales, pero que preservan intactas sus proporciones temporales originales.

Tabla 3-2. Valores de las primeras 10 reflexiones.

<b>Reflexión</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Valor</b>	1	2	3	6	7	10	20	22	23	27

La sucesión de los valores corresponde al diseño arquitectónico del *Baughman Center* y a la ubicación del impulso R1 - S1. Los cinco primeros valores provienen de las paredes laterales más cercanas y del escenario (en relación con la S1, ver Tabla 3-2), los siguientes valores son cada vez más separados y corresponden a las reflexiones provenientes de las paredes del fondo (a partir de la entrada del edificio) . La diferencia entre las reflexiones 6 y 7 es notable y representa una de las características "rítmicas" del sitio en estudio.

### 3.1. Orquestación del ritmo de las reflexiones iniciales

La *traducción* de los valores de las reflexiones en ritmo se puede lograr de diferentes maneras. Como los valores de *delay* están en milisegundos, la *traducción* musical de ellos podría ser simplemente  $v * 1000$ , de esta forma se mantendría la proporción de los eventos, así como su origen temporal. Por lo tanto, este patrón rítmico de 10 eventos en 27 segundos mantendría su relación con los datos acústicos de la sala en estudio y al mismo tiempo su relevancia musical.

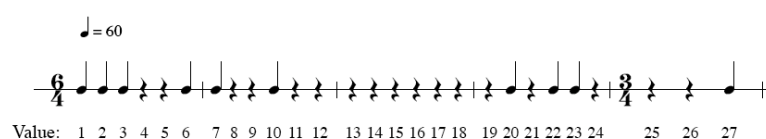


Figura 16. Estructura rítmica extraída de las reflexiones iniciales.

Otra manera sería simplemente mantener las proporciones temporales entre los valores obtenidos sin ninguna referencia a la unidad original de tiempo. Los diez eventos (correspondientes a las reflexiones) se colocan en un lapso que puede expandirse o contraerse según la unidad elegida por el compositor. Esos eventos se producen en la misma proporción que las reflexiones iniciales, pero se expanden o comprimen a voluntad del compositor. Alturas y duraciones son en este ejemplo de elección libre, sin comprometer la ubicación de los ataques. El extracto en la Figura 16 se basa en las alturas de una escala cromática ascendente (Fa # -> Re #) con una organización rítmica (tiempo) conforme a las proporciones extraídas de las reflexiones iniciales del *Baughman Center*.

Allegro ♩ = 108

Flute

*mf* *sfz* *sfz*

Value: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27

Figura 16. Orquestación de la estructura rítmica extraída de las reflexiones iniciales (I).

Furious ♩ = 240

Piano

*ff* *sfz* \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27

Figura 17. Orquestación de la estructura rítmica extraída de las reflexiones iniciales (II).

La aplicación integral de los resultados de los elementos rítmicos en un ejemplo musical tiene en cuenta la ubicación de los ataques de los eventos sonoros (campo rítmico según las reflexiones iniciales), así como sus resonancias conformes al valor de RT.

Furious ♩ = 120

Violin I

*mf* *mf* *mf*

Violin II

*mf* *mf* *mf* *mf*

Viola

*mf* *mf*

Cello

*mf*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27

Figura 18. Orquestación de la estructura rítmica extraída de las reflexiones iniciales (III). Para cuarteto de cuerdas, aplicando el RT de 2,2 segundos.

#### 4. AMPLITUD: DINAMICAS MUSICALES Y EL FACTOR G

El Factor G mide la diferencia de cantidad de presión de sonido entre la fuente sonora directa y la que es añadida por la habitación (Beranek, 1996; Egan, 1988). Su aplicación musical es de vital importancia ya que permite el uso de *crescendos* (cuando el valor de G es positivo) en la aplicación del método propuesto.

##### 4.1. Orquestación del Factor G

La implementación del Factor G en el modelo propuesto se refiere a la relación entre los valores G en ciertas frecuencias. Específicamente, las bandas medio-bajas 63, 125, 250 y 500, dividido por las medio-altas 1000, 2000, 4000 y 8000. La operación arroja un ratio de 1,35 (ver tabla en el Anexo) lo que significa que en la respuesta de frecuencia de la sala prevalecen las frecuencias medio-bajas. Esta elección se hizo con el fin de representar con precisión el *color* espectral del sitio estudiado, que en este caso particular está claramente orientado hacia las frecuencias por debajo de los 500 Hz.

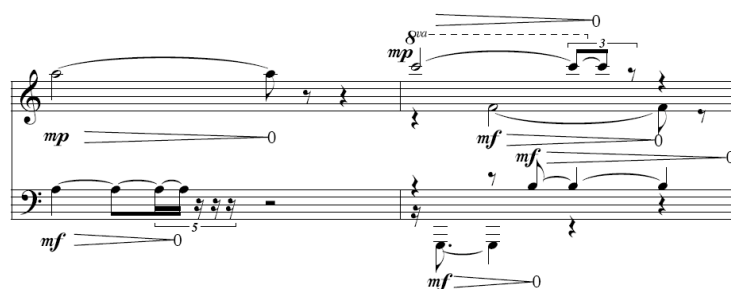


Figura 19. Ejemplo combinatorio (I).

La Figura 19 muestra una aplicación del principio anterior. El problema aquí es que las equivalencias (según Anexo C) entre las amplitudes y las indicaciones de dinámica, se estructuran en relaciones de duplicación (por ejemplo: *p* es dos veces más *intenso* que el *pp* o 10 dB más), y el ratio reflejado por las medidas del Factor G es menor a 2. En este caso, y para hacer la traducción musicalmente interesante, el valor G se redondea en 2, por lo que las frecuencias (alturas) por debajo de 500 Hz se instrumentan dos veces más fuerte que las que se ubican por sobre ese valor umbral.

Otra aplicación posible sería la de considerar al factor G directamente relacionado con la fuente sonora directa. Mediante la orquestación, el sonido refractado (que representa al valor G) permanece incorporado en las alturas de la fuente directa. Una textura polirítmica y monofónica es necesaria para lograr el efecto, así como una relación dinámica correcta entre las fuentes directas y reflejadas.

El ejemplo de la Figura 20 muestra uno de los tres escenarios posibles. El extracto está basado en un valor G negativo (fuente directa más *intensa* que el sonido reverberado). A pesar de ello, el factor G puede ser positivo (el sonido reverberado es más *intenso*), o igual a 0 (al directo y reverberado con igual intensidad).

Figura 20. Ejemplo combinatorio con un valor G negativo (II).

Esas dos últimas hipótesis podrían ser fácilmente aplicadas en el mismo extracto musical simplemente adaptando las indicaciones dinámicas. La Figura 20 evoca - a través de la orquestación - el resultado sonoro de una fuente de sonido directa y su posterior reflexión. Sin tener una instrumentación específica, podría ser un fragmento de una composición para dos pianos, u orquesta de cuerdas.

Finalmente, llegamos a una aplicación puramente creativa del modelo propuesto, en la cual los datos acústicos están presentes pero no de manera evidente. Las resonancias son orquestadas con un factor G decreciente utilizando recursos idiomáticos de la orquesta de cuerdas. Las reflexiones se diferencian de la fuente sonora directa por su indicación dinámica, con el efecto *senza vibrato*. Las indicaciones de arcos también ayudan a enfatizar los ataques de las notas que representan las fuentes directas y a enmascarar los de las refractadas. Los contrastes de color se refuerzan con el efecto *sul-ponticello*. En síntesis, el valor centroide inicial (como se ve en la Tabla 1) se transformó - a través de la aplicación del método propuesto - en un fragmento musical de 10 segundos de duración que rememora las propiedades acústicas del sitio en estudio.

Figura 21. Ejemplo combinatorio del Factor G para ensamble de cuerdas.

## 5. CONCLUSION

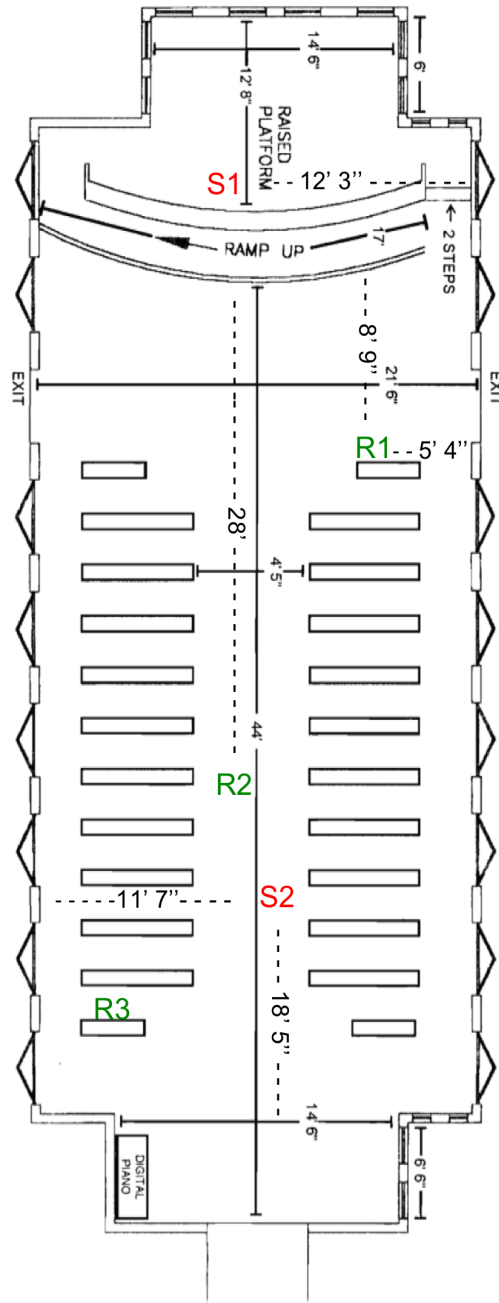
Este trabajo propone un modelo para la composición musical basado en mediciones acústicas. Sin ser exhaustiva, la propuesta pretende aportar una serie muy concreta de directrices para la colaboración interdisciplinaria en las artes.

## 6. REFERENCIAS

1. Beranek L. (1996) *Concert and Opera Halls. How they sound*. New York: Acoustical Society of America through the American Institute of Physics.
2. Blesser, B. & Salter, L. R. (2007) *Spaces speak, are you listening?* Cambridge: MIT Press.
3. Egan, N. D. (1988). *Architectural acoustics*. Boston: Mc Graw Hill.
4. Everest, F. A. (1989) *The Master Handbook of Acoustics* (2nd ed.). Blue Ridge Summit, PA: TAB Books Inc.
5. Roads, C. (1996) *The computer music tutorial*. Cambridge: MIT Press.
6. Stevens, S. S. (1957). "On the psychophysical law". *Psychological Review* 64(3): 153–181

## APENDICE

### A) Plano del *Baughman Center*.



Plano del Pabellón de Meditación del *Baughman Center* con la ubicación exacta de Fuentes Sonoras (S) y receptores (R) utilizados para los impulsos y la recolección de datos. Plano original de Zona, Humburg & Asociados Arquitectos.

B) Datos acústicos obtenidos del *Baughman Center* en las distintas ubicaciones de S y R (según el plano).

S1 R1								
F(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
snr(dB)	3	22.5	30.1	30.7	26.7	30.7	35	39.8
edr(dB)	15.7	33.3	41.6	40.8	37.4	42.6	47.3	53
EDT(s)	1.38	1.55	2.62	2.55	2.17	1.6	1.49	1.06
T30(s)	2.17	1.86	2.37	2.65	2.45	1.84	1.69	1.34
corr	-0.99	-0.996	-0.999	-1	-1	-0.999	-1	-0.999
T20(s)	2.17	1.72	2.38	2.68	2.41	1.76	1.65	1.28
corr	-0.99	-0.992	-0.998	-0.999	-0.999	-0.999	-1	-0.999
Tc(ms)	192	119	174	173	139	90	68	39
C80(dB)	2.5	0.7	-2	-2.2	-0.6	1.8	4	7.1
D50(%)	40	45	30	30	37	50	63	76
G(dB)	56.9	59.3	62.2	61.4	51.1	47.5	45.2	43

S1 R3								
F(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
snr(dB)	7.9	24.1	30.2	28.1	29.5	35.2	36.7	38.1
edr(dB)	25.2	33.9	40.3	38.5	40.6	48.4	49.6	51.4
EDT(s)	1.18	1.37	2.25	2.61	2.09	1.82	1.63	1.33
T30(s)	1.02	2.22	2.48	2.77	2.38	1.99	1.71	1.39
corr	-0.994	-0.995	-0.999	-1	-0.999	-1	-1	-1
T20(s)	1.02	2.04	2.38	2.77	2.27	2	1.68	1.37
corr	-0.995	-0.989	-0.999	-1	-1	-1	-1	-1
Tc(ms)	106	108	168	202	166	142	130	102
C80(dB)	2.2	1.4	-1.1	-4.4	-2.6	-1.4	-1.3	0.5
D50(%)	43	46	36	19	19	24	26	34
G(dB)	58.3	59	60	57.4	51.1	48.6	43.7	38.4

S2 R1								
F(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
snr(dB)	-5.7	10.9	25.2	24.8	22.3	27.1	27.6	31
edr(dB)	15.4	24.2	36.6	36	34.4	39.8	40.3	45.5
EDT(s)	0.85	1.69	2.19	2.51	2.23	1.77	1.58	1.25
T30(s)	1	1.97	2.32	2.57	2.33	1.85	1.73	1.36
corr	-0.986	-0.998	-0.999	-0.999	-1	-1	-1	-1
T20(s)	1	1.97	2.4	2.57	2.38	1.8	1.69	1.36
corr	-0.986	-0.998	-0.997	-0.999	-1	-1	-1	-1
Tc(ms)	176	147	168	171	156	128	111	88
C80(dB)	1.5	-1.4	-2.1	-2.5	-1.3	-0.2	0.2	1.6
D50(%)	54	32	16	27	29	31	37	44
G(dB)	60.9	56.8	59	56.7	46.7	43	38	34.1

S2 R2								
F(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
snr(dB)	7.8	23.3	31.9	31.3	29.9	36.8	39.8	42.8
edr(dB)	22.3	35.5	42.5	41.9	40.7	49.4	52.5	56.4
EDT(s)	1.6	1.57	2.18	2.69	2.13	1.47	1.33	0.99
T30(s)	1.62	1.9	2.29	2.65	2.51	1.8	1.64	1.33
corr	-0.998	-0.997	-0.998	-0.999	-0.999	-0.999	-1	-1
T20(s)	1.62	1.89	2.18	2.54	2.43	1.76	1.6	1.31
corr	-0.998	-0.991	-0.999	-0.999	-0.999	-0.999	-1	-0.999
Tc(ms)	100	115	135	136	104	80	61	40
C80(dB)	4.3	0.4	-0.3	1.2	1.6	2.6	4.8	6.9
D50(%)	68	37	41	44	55	55	65	76
G(dB)	58.7	57.2	58.8	54.7	45.4	43.6	41.1	37.4

S2 R3								
F(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
snr(dB)	8.5	23.3	32	31.8	32.3	37.8	39	41.9
edr(dB)	25.4	37.3	43.4	43	43.5	51.2	51.9	55.5
EDT(s)	1.15	1.75	2.16	2.42	1.84	1.53	1.38	1.07
T30(s)	1.22	1.8	2.51	2.72	2.46	1.76	1.69	1.35
corr	-0.994	-0.999	-0.999	-1	-0.999	-1	-1	-1
T20(s)	1.22	1.82	2.53	2.7	2.32	1.72	1.66	1.3
corr	-0.994	-0.998	-0.998	-0.999	-0.999	-0.999	-0.999	-0.999
Tc(ms)	67	95	119	104	85	81	82	62
C80(dB)	5.3	3.6	1.4	2.4	3.7	3.2	2.7	4.5
D50(%)	77	56	49	60	62	58	52	61
G(dB)	56	56.1	57	55.9	47.5	44.8	39.7	36

C) Tabla de equivalencias de acuerdo al estudio sobre la percepción auditiva de Stevens (Stevens, 1957).

<b>Indicación de dinámica</b>	<b>En términos musicales</b>	<b>Decibeles</b>
<i>ppp</i>	<i>Pianississimo</i> - extremadamente suave	40
<i>pp</i>	<i>Pianissimo</i> – muy suave	50
<i>p</i>	<i>Piano</i> - suave	60
<i>mp</i>	<i>Mezzo piano</i> – medio suave	70
<i>mf</i>	<i>Mezzo forte</i> – medio fuerte	80
<i>f</i>	<i>Forte</i> - fuerte	90
<i>ff</i>	<i>Fortissimo</i> – muy fuerte	100
<i>fff</i>	<i>Fortississimo</i> – extremadamente fuerte	110