

CAPÍTULO V – La Acústica.

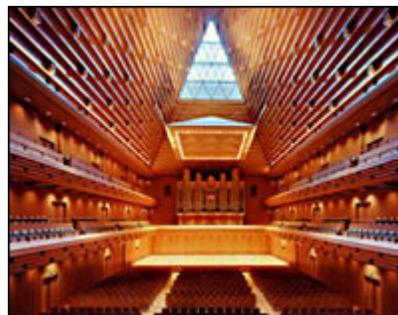
5.1 – Introducción.

“And here we go again, we’ve taken this to the end, with every waking moment, we faced this silent torment... I’d Sacrifice, I’d sacrifice myself to you, right here tonight, because you know that I love you... Darkness, is all I want to see, I could never put in two words, what it is you mean to me... I’d sacrifice, I’d sacrifice myself to you, right here tonight, because you know that I love you...”

Sean Brennan – Sacrifice, London After Midnight (1992)

La acústica es un tema muy importante para el proyecto de tesis a diseñar, ya que va completamente ligada del proyecto arquitectónico. Esto se debe a que, por ser una sala de concierto adjunta a estudio de grabación, requiere de un análisis acústico para que el inmueble sea apto para presentaciones de carácter musical, principalmente. A su vez, la forma que se le brinda al espacio lleva ya un análisis acústico que cumpla con las necesidades auditivas de los usuarios a los que va enfocado.

Para este capítulo, se pretende indagar sobre el estudio de la acústica y los diversos fenómenos que forman parte de la misma. Además, busca acercarse lo mejor posible al proyecto arquitectónico, ya que en este capítulo, surgirán completamente las ideas necesarias para que el proyecto cumpla con los requisitos de diseño acústico, mediante los materiales y la forma final que identifique al Estudio de Grabación con Sala de Conciertos Adjunta.



Tokio Opera City Concert Hall

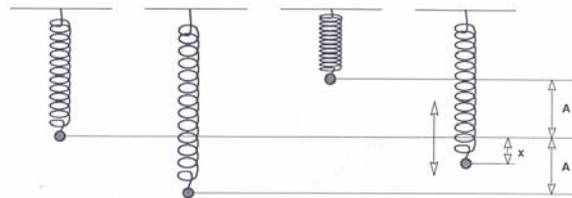
http://www.bsotour.org/culture_tour/city_pages/20021004.asp

5.2– Antecedentes.

“Ein junger Engel tritt vor den Tempel, Unter seinen Schwingen klebt ihr Speichel von seinen Wimpern tropft frisches Blut, Er öffnet seine Hände und schreit nach mehr, Ich schliesse meine Augen und lecke ihre Flut auf den Stufen liegen faule Leiber, Erbrachte Liebesopfer von der Sonne verhermt, Vertrocknet sind auch meine Küsse, Die ich einst aus Liebe gab auf einem Felsen ausgebreitet, Zwischen den Klippen zerquetscht und niedergestreckt, Unter brennenden Fragmenten meines Zentrums, Streue ich meine Tränen in die Glut, Unter meinen Händen welken ihr Blumen, In meinem Mund gerinnt ihr Speichel, Ich reiss meinen Körper aus der Flut, Der Engel wirft die Schwingen in die Glut, Ich spucke meine Sünden, Er öffnet seinen Schlund, Ich lecke seine Wunden mit meinem Mund, Ihr Herz hab ich geküsst, Ihr Fleisch auf dem Portal geliebt, Ihr Zunge versteinert am Fuss des Monuments und ihre Asche unter den Engeln verstreut, Ich will nur leben...”

Tilo Wolf – Schakal, Lacrimosa (1994)

“El término ‘acústica’ proviene del griego *Akousticós* y éste a su vez de *Akuein* que significa oír” (Calvo, 1991: 15). La acústica, estudia los principios del sonido que se producen en un medio de oscilación elástica, los fenómenos relacionados con la propagación del sonido, los dispositivos para la amplificación, transmisión, registro y reproducción del sonido, los problemas que el ruido y sus efectos provocan, además de las condiciones acústicas de determinado lugar y la finalidad que éste tiene; la función de los órganos fónicos y auditivos, en especial al conjunto de sensaciones y percepciones correspondientes al estímulo acústico exterior.

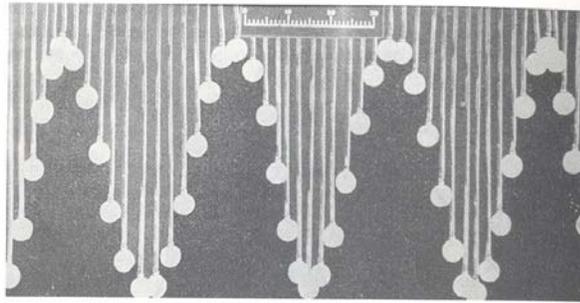


Movimiento Oscilatorio Rectilíneo (Calvo, 1991: 22)

“Entre los fenómenos más importantes de la acústica física figuran aquellos que tienen lugar durante la incidencia de la onda sonora sobre una superficie reflectante (reflexión) o durante el encuentro con un obstáculo de dimensiones especiales (refracción); el aumento de la amplitud que se verifica cuando las dimensiones del medio, están en relación sencilla con la longitud de onda (reverberación); la variación regular de la intensidad que se produce cuando dos o más ondas de características especiales se encuentran (interferencia); el complejo de los fenómenos que se producen cuando una onda sonora atraviesa un cuerpo en especial poroso (absorción); los cambios en las características de las ondas al atravesar orificios o rodear esquinas (difracción) y el comportamiento del sonido en un local (difusión)”. (Calvo, 1991:16)

Como podemos observar, la acústica física, está dedicada al estudio de los fenómenos que se producen durante la producción y propagación del sonido. Todos estos caracteres que sobresalen, desde el origen de una onda sonora, propician una

diversidad de fenómenos que son objeto de estudio para la acústica física. Dichos eventos, se pueden generar en los tres elementos físicos existentes en la naturaleza, los sólidos, líquidos y gaseosos. Así, podemos explicar que la acústica física, es la ciencia que se dedica a estudiar todos los eventos físicos que se producen en el sonido.



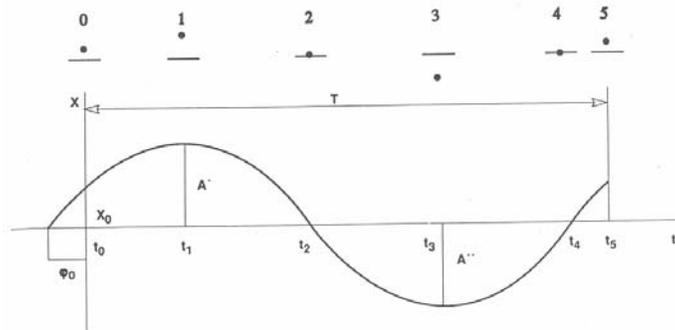
Movimiento Oscilatorio Rectilíneo (Calvo, 1991: 23)

Otra rama de la acústica, es la Acústica Arquitectónica, la cual está dedicada a los aspectos constructivos de inmuebles. Dentro de este estudio, se añade el ruido, el cual, ha sido generado durante la era industrial de nuestra época. Así, el ruido, junto con los sonidos desagradables, causan incomodidad y desagrado, además afectan el equilibrio emocional y nervioso de las personas. Por ende, la arquitectura, como preceptor del ambiente y confort de las personas, debe tomar en cuenta las condiciones acústicas del diseño espacial.

De esta manera, tenemos también a la electroacústica, la cual se encarga del estudio de la conversión de las señales eléctricas en sonoras y viceversa, para la amplificación, el registro y la reproducción del sonido. Gracias a este estudio, se puede observar el desarrollo de una serie de equipos y de instrumentos complejos, en donde la electroacústica juega un papel muy importante para su diseño y construcción. Actualmente, sabemos que las señales del sonido se transmiten de manera eléctrica, por lo que esta ciencia ocupa una parte importante para su estudio.

En cuanto a la fonación se refiere, esta ciencia, se ocupa de la parte fonética que comprende el estudio del mecanismo de emisión vocal, viéndolo desde un punto

mecánico, acústico y nervioso. Con esto, nos referimos al estudio de las características objetivas de la voz humana. Aquí, se analiza a la voz y su evolución temporal, a través de la composición espectral.



Movimiento Armónico (Calvo, 1991:27)

Finalmente llegamos a la acústica musical, cuyo campo abarca al estudio de los sonidos musicales, generalmente complejos. Ésta, se basa principalmente en las nociones que hacen referencia a las escalas musicales y sus intervalos, así como el funcionamiento de las diversas teorías musicales y los instrumentos musicales. Cabe mencionar, que la acústica musical, también puede enfocarse a la técnica de construcción de los mismos instrumentos que estudia, ya sean tradicionales, eléctricos o electrónicos, dependiendo de las características de los sonidos que emiten, “así como los problemas constructivos relacionados con los instrumentos de la música experimental” **(Calvo, 1991: 18)**.

5.3– El Sonido.

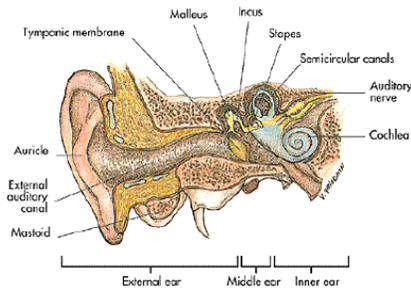
“Born from silence, silence full of it, a perfect concert my best friend, so much to live for, so much to die for, if only my Herat had a home... Sing what you can't say, forget what you can't play... Hasten to drown into beautiful eyes, walk within my poetry, this dying music – My loveletter to nobody, never sign for better world, it's already composed, played and told, every thought the music I write, everything a wish for the night, wrote for the eclipse, wrote for the virgin, died for the beauty the one in the garden, created a kingdom, reached for the wisdom, failed in becoming a god...”

Tuomas Holopainen – Dead Boy's Poem, Nightwish (2000)

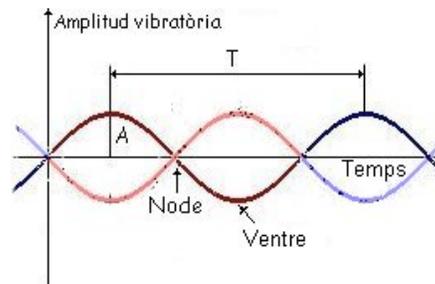
“El sonido se puede definir como todo agente físico que impresiona el sentido del oído.” **(Calvo, 1991: 18)** Éste se produce por las vibraciones que generan los cuerpos y se propaga por medio de un movimiento ondulatorio, el cual penetra por la oreja hasta llegar a la membrana del tímpano, impresionando al nervio acústico,

para poder experimentar la sensación sonora. Para que esto se produzca, es necesario que el cuerpo realice un movimiento vibratorio.

Además de esto, es necesario contar con un medio transmisor y un elemento receptor. El primero, debe también ser material, ya sea sólido, líquido o gaseoso. El medio, generalmente es el aire y es por donde se propagan las vibraciones desde el medio transmisor y el receptor. Por lo tanto, si no existe un medio receptor, no hay sonido, solamente un movimiento vibratorio.



www7.nationalacademies.org



www.xtec.es

“Llegado este momento se puede enunciar otra definición más técnica del sonido diciendo que es ‘La sensación experimentada cuando llegan al oído ondas producidas por determinados movimientos vibratorios’. La moderna ciencia electroacústica ha permitido la separación en el tiempo y en el espacio de los tres elementos necesarios para la existencia del sonido. En efecto las posibilidades de grabación de señales acústicas posibilita en el que un determinado sonido pueda ser recibido en un momento posterior a su producción y en otro lugar distinto al que ha sido producido. En cualquier caso siempre habrá un elemento receptor capaz de recibir las ondas sonoras producidas por el movimiento vibratorio que produjo el cuerpo productor.” (Calvo, 1991: 19)

El sonido que se propaga a través del aire, parte de características físicas vibratorias, que surgen desde un aparato emisor y va transmitiéndose por el espacio, a través de un movimiento de transmisión, hasta llegar al punto final, el receptor. Estas cualidades del sonido, son inigualables, ya que las ondas que propician el sonido, se expanden por el espacio y el tiempo, para poder llegar hasta el punto de encuentro final. En la música, estas vibraciones son generadas de principio por un instrumento, el cual se propaga, por medio de instrumentos electrónicos, como micrófonos y amplificadores y el sonido que surge de estos aparatos, continúa propagándose hasta llegar a un receptor, que es el oído de la persona que se encuentra escuchando la música en un espacio determinado. Estas ondas son

invisibles al ojo humano, pero el sentido del tacto, permite tener un ejemplo real de lo que es una vibración del sonido.

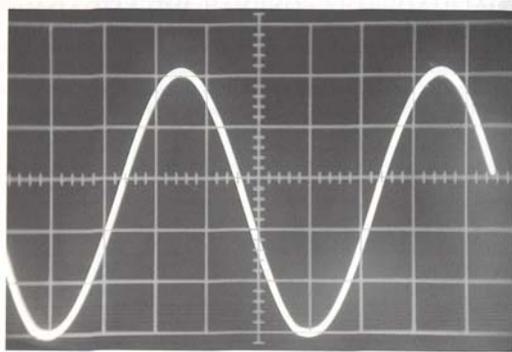
Por lo mismo de la música, el complemento que provoca su creación, es el sonido, el cual atraviesa, a través de un medio para poder estremecer nuestros sentidos. El proyecto en sí, se basa en el género del sonido, para poder crear música, con las vibraciones y el rebote del sonido, se puede generar un ambiente musical que cumpla con las necesidades de los músicos y de los espectadores.

5.4– Fenómenos Acústicos.

"In my hands, a legacy of memories, I can hear you say my name, I can almost see your smile, feel the warmth of your embrace... But there is nothing but silence now, around the one I loved, is this our farewell? Sweet darling, you worry too much, my child. See the sadness in your eyes You are not alone in life Although you might think that you are... Never thought. This day would come so soon We had no time to say goodbye How can the world just carry on? I feel so lost when you are not by my side... But there's nothing but silence now, around the one I loved Is this our farewell?"

Sharon den Adel – Our Farewell, Within Temptation (2000)

En la naturaleza, existen algunos fenómenos acústicos, los cuales se definirán dentro de este inciso. Estos fenómenos, tales como las Reflexión, Refracción, Difracción y Absorción, son una serie de eventos que se dan "cuando en un medio elástico se propaga una onda sonora y ésta se encuentra con una superficie de separación entre el medio en el que se propaga y otro de diferente densidad" (Calvo, 1991: 141).

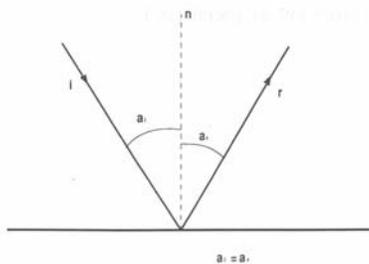


Intensidad del sonido (Calvo, 1991: 102)

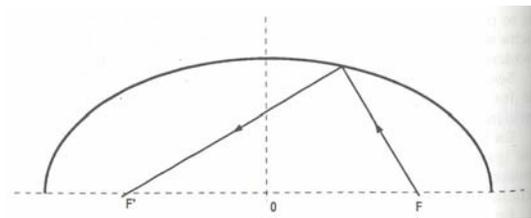
"Una onda sonora sufre una *Reflexión* cuando al incidir sobre una superficie se propaga en el mismo medio con sentido diferente al anterior. Para que dicha superficie actúe como reflectante es preciso que sea opaca a la onda incidente, es decir, que impida su propagación en dicha superficie. En toda reflexión regular el ángulo de incidencia y el ángulo de

reflexión son iguales, estando en el mismo plano los rayos incidente y reflejado. En consecuencia, si la onda incide perpendicularmente a la superficie, ésta se refleja siguiendo la misma dirección pero en sentido contrario.” (Calvo, 1991: 141)

El fenómeno de la reflexión, dentro de la acústica, se define cuando existe un sonido que se propaga en el medio con un sentido diferente al que lo inició. Para esto, se deben tomar en cuenta dos factores, que son la longitud de la onda que lo provoca y la densidad del medio reflector por el que se propaga. Así, podemos darnos cuenta, al graficar el movimiento de la onda sonora, que la reflexión puede llegar a ser regular o difusa. Todo esto depende si la longitud presencia irregularidad o igualdad en su magnitud. Cabe mencionar que si la superficie es de forma elíptica, la onda reflejada pasa por otro foco o punto emisor, en cambio, si la superficie de la forma es parabólica, las ondas que se propagan, toman una paralela en dirección al eje de la parábola emisora.

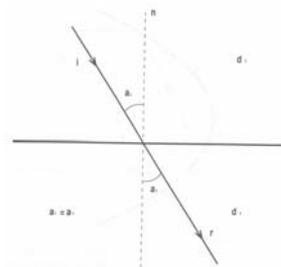


Fenómeno de Reflexión (Calvo 1991: 142)



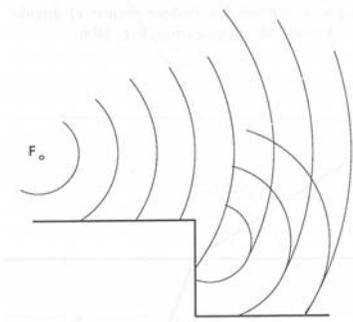
Reflexión Elíptica (Calvo, 1991: 142)

Otro fenómeno de estudio para la acústica es la Refracción, la cual se desarrolla cuando una onda sonora incide sobre una superficie y llega a atravesarla. En este evento del sonido, debemos notar que la onda debe ser directamente proporcional a la densidad del medio en el que se propaga, por lo que las densidades de los medios en los que se desenvuelve, debe notarse desde una onda incidente y una onda refractada.

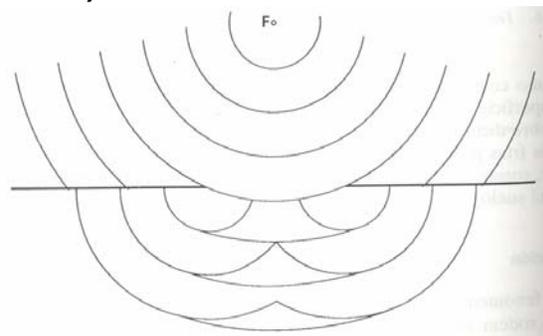


Fenómeno de la Refracción (Calvo, 1991: 144)

El fenómeno de Difracción es el que da la posibilidad de que una onda sonora pueda rodear cualquier obstáculo que se le enfrente, para continuar con su propagación, incluso difundirse a través del medio, a través de una pequeña abertura. En el caso de rodear un obstáculo, las ondas se convierten en centros emisores y provocan un rebote de sonido, para continuar con su recorrido. En cambio, cuando se trata de pasar por una pequeña abertura, la onda actúa como un conjunto de emisores que se propagan por el perímetro del orificio por el cual pasa. Por lo tanto, los sonidos agudos, “son los que quedan más expuestos a producir zonas de sombra cuando se encuentran con un obstáculo” **(Calvo, 1991: 148)**.



Difracción al rodear un Obstáculo (Calvo, 1991: 146)



Difracción cuando penetra por una abertura Calvo, 1991: 146)

Al nombrar todos estos fenómenos que existen en la naturaleza, se desarrollan otro tipo de eventos secundarios también denominados como fenómenos acústicos. Por lo que, comenzaremos definiendo a la frecuencia natural de vibración y a las vibraciones forzadas. Ahora, se define al primero, como “un cuerpo que es posible realizar movimientos vibratorios y que obtiene un máximo desplazamiento con un mínimo de esfuerzo” **(Calvo, 1991: 152)**.

Existen las vibraciones forzadas, que se producen cuando un cuerpo vibra con una frecuencia diferente a su frecuencia original y que es causado por otro cuerpo vibrante. Con este evento se sufre un retraso de fase entre ambas vibraciones ocasionadas, ya que las dos frecuencias son iguales y la amplitud de vibraciones forzadas es proporcional a la de la fuerza resultante.

El fenómeno de la resonancia, es un fenómeno similar al de las vibraciones forzadas, que es “cuando un cuerpo es excitado con una frecuencia natural igual o

semejante a la suya” (Calvo, 1991: 152). Normalmente se le conoce a la resonancia como la existencia de un lugar en donde el sonido se extingue prolongadamente, aunque esa definición es errónea. En la naturaleza existen dos tipos de resonancia, la aguda y la amplia. La primera se da cuando un cuerpo responde solamente a frecuencias iguales y la segunda se produce cuando un cuerpo responde a frecuencias distintas a la original.

La acústica musical, se encarga del estudio de las relaciones entre la acústica y el arte musical. Principalmente se ocupa de los principios físicos de las diversas teorías musicales, así como de los problemas de la acústica física que se plantean por las vibraciones de los cuerpos sonoros, concluyendo en la constitución y funcionamiento adecuado de los instrumentos musicales. Gracias a la gran difusión que se le ha dado a la música, por medio de equipos utilizados en la grabación, reproducción y transmisión, en la actualidad, se pueden inventar gran cantidad de máquinas novedosas que vayan intencionadas a un propósito muy preciso, que es el continuar generando música. El mundo sonoro nos fue revelado primero a través del micrófono y de esta manera, fueron surgiendo más instrumentos secundarios que le fueron dando a la música un papel muy importante en nuestra sociedad.

5.5– Materiales Acústicos.

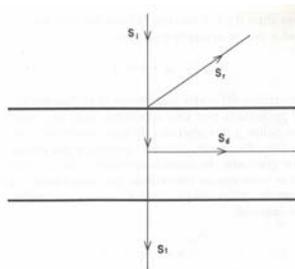
“Have you ever loved a woman who should be that little intruder in the one that you should be...Share the snake with us, swallow the snake for us... Have you ever loved a woman who instead of give or take would seduce you with a trade... Share the snake with us, swallow the snake for us... You have learnt heaven through impure lips so different from what you have been told so different from what you have seen and now that you learnt you will have to release the tender arms of a woman which would have strangled you to let you live you will have to elect the fainting arms of this cross which are just killing you to let you live...”

Fernando Ribeiro – Magdalene, Moonspell (1999)

Para este inciso, referente a los materiales acústicos, se debe iniciar definiendo el fenómeno de absorción, para tener una mayor claridad de cómo los materiales se comportan ante la situación acústica dentro y fuera de un edificio. Cabe mencionar que con los materiales, se puede dar una aproximación hacia cómo va a quedar definido finalmente el proyecto arquitectónico.

“Cuando el avance regular de una onda sonora es impedido por un paramento, la energía de ésta se reparte en partes variables entre el sonido reflejado, el sonido transmitido y el sonido disipado, denominándose absorción a la suma del sonido transmitido y el sonido disipado. Desde el punto de vista acústico, todo material queda definido por unos coeficientes que determinan las propiedades absorbentes, reflectantes y transmisoras de dicho material. El coeficiente de absorción y el de reflexión son complementarios, y se refieren a la unidad de superficie o metro cuadrado, estando comprendidos sus valores entre 0 y 1.” (Calvo, 1991: 150)

De esta manera, el fenómeno de la absorción, se basa principalmente en formulaciones que se encargan del cálculo de los diversos materiales absorbentes del sonido, que posteriormente se enlistarán. Podemos agregar, que existen diversos materiales que tienen mayor capacidad de absorción del sonido que otros, por lo tanto, se enuncian algunas fórmulas que determinan qué material es mejor para la absorción de la onda sonora, en cambio, existen algunos otros que tienen menor capacidad de absorción, por lo que no son buenos materiales sonoros. De esta manera, podemos darnos cuenta de que los coeficientes de absorción de algún material, adopta valores distintos a los de la frecuencia que los emite, por lo que se determina la irregularidad del sonido en función a su longitud de onda.



Fenómeno de Absorción (Calvo, 1991: 149)

El siguiente cuadro muestra los coeficientes de absorción de los diversos materiales de uso común:

Material	Frecuencias (Hz)						
	128	256	512	1,024	2,048	4,096	
Corcho aglomerado de 25 mm	0,14	0,25	0,40	0,25	0,34	0,21	
Fibra de vidrio de 50 mm		0,38	0,63	0,78	0,87	0,83	0,77
Lana de roca de 25 mm	0,26	0,45	0,61	0,72	0,75		
Fieltro de 50 mm		0,15	0,33	0,61	0,84	0,75	0,70
Enlucido de yeso y Vermiculita	0,12	0,10	0,07	0,09	0,07	0,07	
Tirolesa de 18mm		0,08	0,09	0,10	0,18	0,50	

Tejido de algodón de 330 g/m	0,03	0,04	0,11	0,17	0,24	0,35	
Suelo de goma de 5 mm		0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,10
Linoleum sobre cemento		0,02		0,35		0,60	
Suelo de corcho de 20 mm	0,08	0,02	0,08	0,19	0,24	0,21	
Alfombra s/filtro de 12 mm	0,11	0,14	0,37	0,43	0,27	0,27	
Madera barnizada de 15mm	0,10	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	
Vidrio		0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Mármol	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	
Hormigón		0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
Ladrillo sin enlucir		0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05
Agua quieta		0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Enlucido de yeso sobre pared	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	
Revocado de cal		0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
Enlucido de cemento	0,02	0,02	0,06	0,08	0,04	0,05	
Plantas de escayola	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	
Ventana abierta	1	1	1	1	1	1	
Rejilla de ventilación	0,50	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25	
Arena seca		0,15	0,35	0,40	0,50	0,55	0,80
Arena húmeda	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	
Músico con instrumento	0,40	0,85	1,15	1,40	1,20	1,20	
Público mixto	0,30	0,32	0,37	0,44	0,36	0,36	
Butaca tapizada terciopelo		0,30	0,32	0,27	0,30	0,33	0,33
Butaca tapizada plástico		0,20	0,20	0,25	0,30	0,30	0,30
Butaca de madera		0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04

(Calvo, 1991: 151)

Con esta tabla podemos ejemplificar la diversidad de materiales que son utilizados y determinantes para el fenómeno de absorción, en cuanto a acústica se refiere. Además, hay que tomar en cuenta de que existen elementos, tales como muebles o personas, en donde los coeficientes de absorción se sustituyen por unidades de absorción, los cuales pueden ser mayores a la unidad. Para concluir y dar una mayor claridad a la absorción, se puede clasificar como “el proceso en el cual la energía sonora se convierte parcialmente en calor y en vibración mecánica de los materiales” (Seto, 1975: 154).

5.6– Conclusiones.

“A new serum eradicates the illness. An old man rises from his wheelchair .When suffering unknown attacks the painless and common animals are becoming rare. As water spins in circles twice, spiders, snakes and the little mice get twisted around and tumble down. When nature calls we all shall drown. If the earth is dying of a growing thirst rain shall fall on dried out soil. And every kind of bud shall burst a sough of relief to insects - turmoil. As water spins in circles twice, spiders, snakes and the little mice get twisted around and tumble down. When nature calls we all shall drown.”

Johan Edlund – Gaia, Tiamat (1999)

Para concluir con este capítulo referente a la acústica, debemos enfocar el tema dentro de la arquitectura, que va a darnos el resultado final de este proyecto de investigación. Debemos señalar que una sala bien diseñada acústicamente, debe brindar una calidad en cuanto a claridad de sonidos se refiere. Además, debe aislarse de ruidos extraños producidos desde el exterior y con una buena distribución del sonido mismo.

“ El sonido que llega a un oyente por dos caminos que difieren grandemente en longitud produce un efecto de agitación o tremulación desagradable llamado eco. La tremulación en un sala se presenta entre un par de paredes opuestas paralelas, lisas y de alta reflectividad. El sonido es reflejado hacia atrás y hacia adelante entre las paredes produciendo ecos múltiples. Enfoque del sonido es la concentración del sonido en un punto del recinto debido a la reflexión en superficies curvas o circulares. El resultado es una distribución desigual del sonido. Punto sordo es la región de deficiencia de sonido, esto es, casi no se oye en ese punto y se debe a la interferencia destructiva de dos o más ondas sonoras. A causa de la difracción del sonido, esto es, las ondas sonoras se doblan alrededor del obstáculo, el obstáculo puede servir como barrera efectiva, si su tamaño es comparable con la longitud de onda del sonido. Una sombra acústica se forma al otro lado del obstáculo.” (Seto, 1975: 156)

Con estos términos dados por el autor, podemos darnos cuenta de que un buen diseño para una sala de conciertos, debe cumplir con ciertos requisitos que la acústica estipula. Por ejemplo, no se puede tener un buen diseño acústico en un inmueble, si alguno de estos fenómenos no óptimos ocurren, ya que con esto no podemos dejar satisfecho al usuario del edificio, por lo que se deben tomar en cuenta estos términos para el buen diseño de un espacio acústico. Por lo tanto, estos principios que la acústica determinan, no deben existir al momento de utilizar un espacio, ya que causaría el rediseñar la acústica del inmueble, para el confort del usuario y para que el edificio mismo cumpla con las normatividades que la acústica promulga.