



NOTAS TECNICAS #17 CONSTRUCCION

DIVISION: ARQUITECTURA (Febrero 1997)

DISEÑO ACUSTICO PARA AREAS DE ESPECTACULOS

Primordial... Cuando haya música, ésta se puede oír bajo condiciones agradables de acústica y obviamente que se pueda escuchar bien el o los oradores.

Factores a considerar en el diseño acústico de salones:

1. Intensidad del sonido
2. Ruido
3. Primeros reflejos
4. Reverberación.

INTENSIDAD DEL SONIDO

La intensidad del sonido es muy importante para oír la música o entender discursos. Generalmente se deben colocar amplificadores de sonido que deben reforzar el sonido sin producirlo artificialmente.

El sistema incluye micrófonos y altoparlantes, que deben tener una frecuencia uniforme que fluctúa entre 500 CPS y por lo menos 5000 CPS. En música, para máxima fidelidad, el límite más bajo de frecuencia puede ser hasta de 100 CPS.

Donde no se pueda bajar la reverberación al grado requerido, se puede utilizar la amplificación para contrarrestar los efectos de una reverberación excesiva. Esto se logra mediante micrófonos dirigidos directamente hacia los asientos, lo cual aumenta el sonido directo. Los parlantes se deben colocar centrados cerca de la fuente de sonido, o en condiciones especiales, se pueden distribuir por todo el salón. En ambos casos es importante proyectar solamente las frecuencias de mas de 500 CPS.

RUIDO

El ruido de fondo está relacionado con la intensidad del sonido, debido al efecto que tiene sobre la claridad, y puede causar serias distracciones cuando se trata de escuchar música. En el caso de oratoria, la intensidad del sonido debe estar por encima de determinado nivel mínimo, pero también debe tener un grado de relación mínima con el nivel de ruido del salón. De manera que en salones ruidosos se puede requerir una amplificación del sonido que no sería necesaria en salones silenciosos.

El ruido de fondo puede provenir de diversas fuentes como tráfico exterior, ferrocarriles y aviones, cuartos vecinos, ruido de ventilación, vibraciones de equipos mecánicos, y el ruido que producen los mismos espectadores. Estas fuentes pueden ser controladas por medio de diferentes métodos, algunos de los cuales dependen de la correcta planeación y del lugar donde se encuentra el edificio, así como también del uso del sonido adecuado y de construcciones que aislen las vibraciones. Los materiales acústicos son útiles principalmente para rebajar el ruido de las áreas adyacentes. Este tipo de ruido muchas veces no se toma en cuenta, pero es muy importante para aumentar la claridad en el sonido de la conversación.

PRIMEROS REFLEJOS

El control de la reflexión es el tercer factor en el diseño de áreas de espectáculos. En caso de un tono sostenido, el oído no se distingue entre los primeros reflejos que se escuchan como parte de la reverberación general. Sin embargo, las sílabas en la conversación son tan cortas que se pueden escuchar si son del sonido directo o si forman parte del sonido reflejado. El relieve de estos primeros reflejos se debe a que han perdido menos energía por distancia y absorción, que las ondas de sonido que llegan al oído después de reflejarse varias veces.

Reflejos de Refuerzo y Forma del Salón

Los experimentos han demostrado que los sonidos reflejados que llegan al oído dentro de un intervalo de 0,05 segundos después del sonido directo tienden a reforzar el sonido individual de las sílabas, mientras que los sonidos reflejados posteriores interfieren con la claridad. Este intervalo de 0,05 segundos corresponde a la diferencia de unos 50 pies, o sea del largo del recorrido entre los sonidos directos y reflejados. De modo que es posible y conveniente al diseñar un auditorio, colocar las superficies del salón en forma que el mayor sonido reflejado posible llegue a cada silla por medio de un recorrido que tenga como máximo unos 50 pies más de largo que la vía del sonido directo y de suprimir las reflexiones con recorrido superior a 50 pies.

Este refuerzo de primeros reflejos es especialmente útil cuando la intensidad del sonido sin amplificaciones es de gran ayuda. Para conseguir un grado máximo de eficacia, las superficies del salón que se utilicen a manera de refuerzo, deben suministrar vías de sonido reflejado muy cortas en relación con las vías directas, para ver que este sonido reflejado llegue al oído casi desde la misma dirección.

Para esto requieren cielos rasos no muy altos cerca del escenario y en las paredes laterales que se inclinan hacia éste Fig. 7.

Este diseño solo será efectivo en auditorios de tamaño mediano, donde se pueden acomodar entre 500 y 2000 personas. En los salones más pequeños los primeros reflejos serán más cortos en relación con el sonido directo y por consiguiente no se necesitan diseños especiales. En los salones muy grandes es casi imposible suministrar diferencias cortas entre las vías hacia todos los lugares del área. Por este motivo, el sonido no se distingue en la parte delantera central de los salones muy grandes, a pesar de que hayan sido muy bien diseñados.

El efecto de refuerzos en sonidos reflejados, cuando se trata de programas musicales, es el de impartir una calidad íntima del sonido, además de facilitar la localización de la dirección de la cual proviene el sonido. Los reflejos demorados, sobre todo si llegan por vías diferentes, hacen que el sonido sea más difuso y no direccional. Todo esto implica que es posible tener en el mismo auditorio, según la pauta que sigan los primeros sonidos reflejados, una variada acústica que puede a veces ser más íntima en asientos más distantes del escenario.

Ecos

Si el primer reflejo de un sonido corto e impulsivo como, por ejemplo una sílaba de conversación se demora más de 1.20 de segundo después del sonido directo, y si el salón es relativamente "muerto" y la repercusión general no interfiere, el primer reflejo se podrá escuchar como una clara repetición del sonido donde las superficies que reflejan los sonidos están tan lejos de la fuente del oyente como para permitir la diferencia de más de 50 pies en el recorrido. Por este motivo, las paredes posteriores generalmente son más propicias al eco.

Cuando la fuente del sonido y el oído del observador están en la misma perpendicular entre dos superficies paralelas de reflejo, el sonido que va y viene por esta línea se puede oír algunas veces como eco múltiple. En los auditorios esto sólo sucede cuando el muro que queda detrás del escenario y el muro posterior del auditorio son ambos reflejantes

ECO FOCAL

El eco representa serias dificultades de acústica cuando es producido por superficie de reflejo cóncavas, y en este caso se denomina "eco focal".

En la figura 8 se ve un eco focal, que es más fuerte que el producido por una superficie plana, porque los sonidos reflejados convergen desde una superficie cóncava. Estos sonidos convergentes, producen una concentración de energía y por consiguiente una intensidad mayor de sonido y es más grave cuando los rayos de sonido convergen y hacia un punto focal pequeño, cerca del oído del asistente.

El efecto producido es un eco extremadamente fuerte que puede ser aún mayor en intensidad que el sonido original, y que puede provenir de una dirección completamente diferente. Estos ecos siempre distraen y si son suficientemente demorados pueden impedir que se escuchen bien al orador o a la música.

Las paredes curvas son las más fuertes más comunes de los ecos focales, aunque por lo general la curvatura es pequeña, el eco no llega a ser muy fuerte. Siempre e deben suprimir los reflejos de las paredes posteriores curvas, tratándolas con material acústico adecuado, inclinando el muro hacia abajo para que el sonido no sea reflejado hacia la parte delantera del salón, o dividiendo el muro en fragmentos de pocos pies de ancho, para diseminar el sonido reflejado en lugar de enfocararlo.

Los pisos circulares causan problemas focales más serios, al igual que los techos en arco y las cúpulas, cuando el centro de curvatura queda cerca del área de asientos. El solo tratamiento acústico no es suficiente para reprimir los ecos focales en éstos tipos de diseño. Es preferible rediseñar los edificios para que los centros de las curvaturas queden lo más lejos posible del área de los asientos, o las curvaturas se deben dividir en varias partes con piezas irregulares de varios pies de ancho. El uso de paneles planos suspendidos debajo del arco principal es una solución efectiva.

Localización del Tratamiento Acústico

Para la localización del tratamiento acústico se debe aplicar la siguiente regla que es muy sencilla:

EL TRATAMIENTO ACUSTICO SE DEBE COLOCAR, EN LO POSIBLE, EN LAS SUPERFICIES QUE CAUSEN REFLEJADOS DEMORADOS, HACIA CUALQUIER LUGAR DENTRO DEL AREA DE LA SILLETERIA, EN VEZ DE COLOCARLOS SOBRE LAS SUPERFICIES QUE SUMINISTRAN REFUERZOS UTILES DE REFLEJOS.

Los muros posteriores y la parte delantera de los cielos rasos muy elevados, como también los muros laterales espaciados, deben por lo general recibir bastante tratamiento. Los cielos rasos de menos 25 pies de altura y los muros diseñados para suministrar sonidos de reflejos útiles se deben dejar sin tratar, o se deben tratar levemente en áreas parciales. Esta regla solo se aplica en salones relativamente grandes. En salones más pequeños, la superficies quedan cerca de la fuente de sonido y del asistente, así que no es necesario dar tratamiento a lugares de primeros reflejos, ni en el diseño del salón.

Escenarios

Las superficies de reflejo se pueden aprovechar muy bien en el escenario, especialmente cuando se trata de salas de música. Se obtienen mejores resultados acústicos si no se colocan cortinas muy pesadas en el escenario. Las superficies de reflejo ayudan a los mismos músicos a escuchar mejor a los demás en relación con su propio instrumento, como también a proyectar mejor el sonido hacia los espectadores.

REVERBERACION

El control de la reverberación es por lo general el factor más importante dentro del diseño acústico de auditorios. El tiempo de reverberación depende del volumen cúbico del salón y de su grado total de absorción, y se consigue con la siguiente fórmula:

$$T = 0,05/a$$

T= Tiempo de reverberación en segundos

V= Volumen en pies cúbicos del salón

A= Grado de absorción del salón en sabines

Con la información anterior es fácil calcular el grado de absorción de materiales para acabado, muebles y asistentes y el tiempo de reverberación, se puede calcular correctamente con anterioridad a la construcción.

Efecto del Tiempo de Reverberación Sobre la Oratoria y la Música

Los estudios efectuados demuestran que un tiempo de reverberación mayor de 2 segundos dificulta la comprensión del lenguaje, o la hace imposible. Si este tiempo se reduce a un segundo, las condiciones sean casi ideales, una reducción mayor representará mejores condiciones acústicas. También se ha descubierto que el reducir la reverberación compensa otras condiciones adversas como intensidades inadecuadas, ruidos e interferencias.

Elección del Tiempo de Reverberación Aceptable

En la figura 9 podemos ver un cuadro de tiempo de reverberación adecuados para diversos tipos de salones. Estos tiempos anotados no implican que otro grado de reverberación sería inaceptable.

Hay que tener en cuenta que este tiempo puede variar de acuerdo con la cantidad de espectadores que se encuentren presentes.

El tiempo de reverberación se debe calcular para salones con asistencia entre una tercera y

dos terceras partes de su capacidad total. Suponiendo que el salón tenga amplificadores adecuados de sonido, se puede calcular en la siguiente forma:

Menos de un segundo Adecuado para discursos, probablemente muy "muerto" para música

De 1 a 1,5 segundos Adecuado para discursos; regular para música

De 1,5 a 2 segundos Regular para discursos; adecuado para música

Más de 2 segundos Inadecuado para discursos, de regular a inadecuado para música.

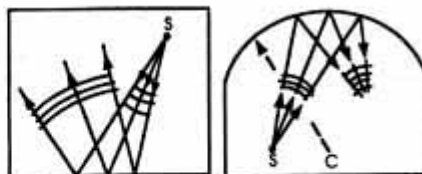
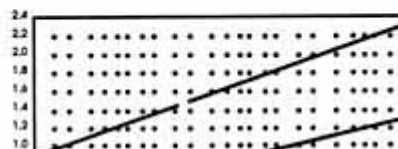
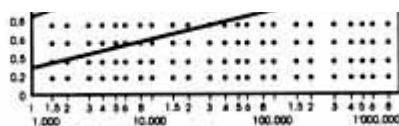


FIGURA 8: Reflexión regular del sonido en una superficie plana (izquierda) y reflexión focal de una superficie cóncava (derecha). Origen del sonido en S y centro de curvatura en C.





VOLUMEN DEL SALON - PIES CUBICOS
FIGURA 9: DURACION DE TIEMPOS DE REVERBERACION A 500 c.p.s.

NOTAS TECNICAS DESARROLLADAS POR LA UNIDAD DE SERVICIOS TECNICOS DE FIBERGLASS, COLECCIONABLES