

Poliestireno Expandido

Por Alberto Dunker Daiber, Gerente ACHIPEX A.G. - www.achipexag.cl

A partir del 4 de enero de 2007 entra en vigencia las nuevas exigencias de aislación térmica para muros, ventanas y pisos ventilados, sumándose a las ya existentes para el complejo techumbre desde el año 2000, abarcando así toda la envolvente de una edificación.

La Reglamentación Térmica es una de las medidas regulatorias que permitirá iniciar, concebir, innovar y construir viviendas que se ajusten a una construcción sustentable y eficiente energéticamente. La etapa siguiente es la certificación energética

La aislación térmica forma parte de las medidas que se deben considerar para construir de manera sustentable y amigable sin contaminar el medio ambiente y así posibilitar confort, eficiencia energética, durabilidad y ecología, conceptos relevantes y centrales de una construcción eficaz y sostenible. Dentro de los materiales aislantes térmicos existentes en el mercado, el Poliestireno Expandido tiene más de 50 años de existencia y presencia en las soluciones de aislamiento térmico diverso en la Construcción.

Para el cumplimiento de las exigencias de la aislación térmica vigente para el complejo de la techumbre, extendidas y por entrar en vigencia próximamente para el resto de la envolvente, este material significa una alternativa confiable y de gran versatilidad de uso para posibilitar soluciones y sistemas innovadores y eficientes de aislamiento térmico.

Los miembros asociados a ACHIPEX, BASF Chile S.A., NOVA Chemicals Chile Ltda., Aislapol S.A., ETSA y Aislapanel S.A, lo fabrican con acuerdo a la norma chilena 1070 y su uso está garantizado por certificación. Es muy importante que los materiales aislantes térmicos estén certificados de manera de asegurar productos de calidad en el mercado y otorgar así confiabilidad de quienes lo adquieren e implementan en la práctica constructiva.

El desarrollo sustentable, basado en el uso eficiente de los recursos escasos de nuestro globo es la filosofía básica para proyectarnos en este milenio. La forma más simple de contribuir a esta causa es optimizar el consumo energético para estar en armonía y sin contaminación de nuestro ambiente.

El alto y creciente costo de los recursos combustibles para la generación de energía es prueba importante de que debemos preocuparnos por reducir su uso y utilizarlos eficientemente. Dentro de este concepto y desarrollo, el acondicionamiento térmico de las viviendas nuevas y especialmente del parque existente de viviendas juega un rol preponderante para el beneficio de la sociedad; donde la participación del aislamiento térmico de las mismas es fundamental para posibilitar confort, salud y

calidad de vida para sus usuarios. Esto significa a nivel nacional importantes ahorros energéticos, menor derroche de energía, menores gastos en calefacción y menor contaminación ambiental.

En este contexto, la Reglamentación Térmica de toda la envolvente de una vivienda nueva con destino habitacional, contenida en la OGUC, es un instrumento básico y fundamental para dar inicio y avanzar a mejorar la calidad y durabilidad de las viviendas en nuestro territorio nacional y disminuir el consumo de energía.

Las exigencias no son suficientes para lo que el país necesita, pero al menos es un paso importante que debería extenderse también al parque de viviendas existente en un futuro próximo y como otra etapa siguiente o paralela a la certificación energética de los edificios, etapa que sigue a la Reglamentación Térmica.

Nos impondrá el desafío de desarrollar soluciones constructivas eficaces y confiables técnica y térmicamente para implementarlas según el tipo de vivienda proyectada acorde a la localidad y el clima en las diferentes regiones, las que por cierto requerirán de materiales adecuados y certificados de aislamiento térmico en la envolvente para una eficiente ejecución práctica y de calidad. En una versión del año anterior de esta misma revista he informado que existen soluciones de aislamiento térmico con EPS (Expanded Poly Styrene) por el exterior de la envolvente que permiten el doble beneficio de impedir condensaciones superficiales e intersticiales durante las épocas de invierno y posibilitar ambientes frescos y confortables en verano al aprovechar la inercia térmica de los muros envolventes de masa (Ej : Hormigón, Albañilerías, etc.)

Dada la pronta entrada en vigencia de la Reglamentación Térmica y como gremio de los productores y transformadores del Poliestireno Expandido, destacamos el beneficio que significa para la sociedad chilena una correcta solución de aislación térmica en la envolvente en pos de la calidad de las viviendas, que aparte de contribuir a un mayor ahorro energético, reducir los costos de mantención y agregar mayor valor a las mismas, reduce la contaminación, protege el medio ambiente y, en definitiva, contribuye al desarrollo sustentable y a una mejor calidad de vida para los usuarios.

Para finalizar, es importante destacar que el usuario es importante y es quién habita en definitiva las viviendas. Es por ello que las viviendas deben aislarse térmicamente y ser concebidas y ejecutadas para hacerlas funcionalmente sanas y saludables, amigables y no contaminantes con el medio ambiente; y permitan al usuario bienestar, confort y mejor calidad de vida, ahorrándole importantes gastos de mantención, calefacción y de energía y salud tanto a él como al país en invierno, como asimismo, posibilitándole ambientes más frescos en el verano. Con el aislamiento térmico de EPS bien ejecutado sobre la envolvente de las viviendas se logran todos estos beneficios y, en suma, ellas son más durables y se le agrega valor al mejorar su calidad y el bienestar del usuario.

El EPS es un material versátil y noble que permite otorgar estos beneficios y posibilita por cierto la construcción sustentable y la eficiencia energética.

Aislamiento Térmico y Acústico

Autor: Fernando Cabrera, Jefe de Ingeniería en Termosistema Ltda.

En la actualidad, con una civilización en la cual la tecnología, la productividad y el ahorro representan factores determinantes para enfrentar un mundo cada vez más competitivo, un mundo en el que los recursos económicos y energéticos son cada vez más escasos y sujetos a la invariable ley de la oferta y la demanda, se viene a señalar la necesidad de aplicar el conocimiento para concebir aplicaciones ajustadas, donde la tecnología se disponga al servicio de la productividad y del ahorro energético.

Nuestro país exhibe un sostenido crecimiento, tomando posición en una comentada plataforma de despegue desde el subdesarrollo, con índices macroeconómicos satisfactorios en comparación con nuestros pares latinoamericanos.

Bajo esta perspectiva los empresarios, arquitectos, ingenieros y técnicos nacionales, juegan un papel fundamental para propiciar una base sólida y técnicamente comprometida con el desarrollo de nuestro país, generando aplicaciones eficientes desde el punto de vista funcional y energético.

Lo anterior pretende señalar que es necesario considerar edificaciones e instalaciones diseñadas inteligentemente, desde su concepción. En la actualidad aún es posible encontrarse con edificaciones derrochadoras de energía y con baja eficiencia para contrarrestar los ruidos molestos que afectan la productividad.

En nuestro país no existe una normalización térmica completa para las construcciones como tampoco para las instalaciones térmicas. Se está en vías de la normalización en edificaciones, pero es un proceso lento y sin mayor prioridad a nivel gubernamental, por lo que en el ínter tanto es nuestro deber y misión propiciar el ahorro energético y el mejoramiento de la productividad.

El presente trabajo es un breve resumen enfocado al público en general, más que el especializado, para dar a conocer las ventajas del aislamiento térmico y acústico. Ambas disciplinas son universos de conceptos que no es posible resumir en una breve presentación y son temas que pueden ser desarrollados más extensamente en otra oportunidad.

2.- AISLAMIENTO TÉRMICO

2.1. Introducción

El aislamiento térmico en la construcción de viviendas y edificaciones juega un rol fundamental para el futuro ahorro de energía. En nuestro país existen algunos prototipos constructivos que distan de ser eficientes desde el punto de vista térmico, pero dada las condiciones económicas, resultan viables a pesar de su ineficiencia. Sin duda esta situación será notablemente mejorada una vez que se normalice la tasa o

razón de pérdidas o ganancias de calor por cada elemento estructural y la envolvente como un global, proceso que ya está en marcha en nuestro país, siendo exigido ya en las techumbres y próximamente en el año 2007 en toda la envolvente, es decir paredes, pisos, ventanas y cubierta. Esto requerirá de una mayor aplicación de parte de nuestros especialistas y sin duda será una nueva fuente de trabajo.

El aislamiento térmico en las instalaciones tales como cañerías, estanques, etc. resulta fundamental desde un aspecto de ahorro de energía durante el periodo de vida útil del sistema o simplemente por un aspecto de seguridad para las personas. Los beneficios de considerar el aislamiento térmico, se obtienen a lo largo de la vida útil o ciclo de vida de los sistemas. Si bien exige una mayor inversión ésta se paga por sí sola y es fácilmente identificable considerando el período de recuperación de la mayor inversión por ahorro de energía. Entonces resulta fundamental considerar el aislamiento durante la fase de construcción, regida por especificaciones técnicas emitidas por un especialista, quien debe considerar el material adecuado y los espesores que presenten la mayor rentabilidad.

Lo anterior se menciona ya que resulta inoficioso aumentar infinitamente el espesor de un material aislante o acústico, dado que a partir de determinado nivel, sus beneficios resultan marginales no así su costo. Se debe destacar que no existe una normativa nacional al respecto, es decir, cada proyectista o diseñador puede determinar libremente el grado de aislamiento y la calidad de los elementos utilizados, dependiendo de su experiencia.

2.2. Definiciones

El flujo de calor inducido por una diferencia de temperaturas se denomina Transmisión Térmica, Transferencia de calor o tasa de flujo de calor. El calor puede ser transferido por conducción, transferencia de masa, convección o radiación. Este fenómeno puede ocurrir separadamente o como una combinación, dependiendo de las circunstancias específicas.

En general podemos definir un aislante térmico como un material o una combinación de materiales, que convenientemente utilizados, permiten retardar el flujo de energía calórica. Las ventajas de utilizar elementos aislantes en las construcciones e instalaciones se resumen a continuación:

- Conservación de la energía por la reducción de las pérdidas o ganancias de calor en cañerías, ductos, estanques, equipos, paredes y estructuras.
- Control de las temperaturas superficiales de equipos y estructuras permitiendo seguridad y confort para las personas.
- Ayudar al control de temperatura en un proceso químico, una pieza de equipamiento, o una estructura.
- Prevenir condensación del vapor sobre las superficies en ambientes con temperatura bajo el punto de rocío.

- Reducir las fluctuaciones de temperatura en los espacios cerrados cuando el calentamiento o enfriamiento no es necesario o no esté disponible.
- Proveer protección contra el fuego.

Las propiedades fundamentales de un aislante térmico son:

- Coeficiente de Conductividad.
- Permeabilidad al Vapor de Agua.

La conductividad térmica (λ) se define como la capacidad de los materiales o elementos para permitir el flujo de calor. En términos científicos es el tiempo promedio del flujo de calor a través de una unidad de área de un material homogéneo en una dirección perpendicular al plano isotérmico inducido por un gradiente de temperatura. Cada material presenta un coeficiente de conductividad, el cual es dependiente de su estructura molecular (densidad) y de las temperaturas de operación, el cual se expresa en W/mK o Kcal/hm°C.

Todos los elementos de la naturaleza presentan características de conductividad térmica, siendo el aire uno de los elementos con muy baja conductividad térmica y un bajo coeficiente de absorción de radiación. Su debilidad la presenta el fenómeno de la convección que varía sensiblemente su capacidad de transferencia térmica. Por esta razón se utilizan como aislamiento térmico materiales porosos o fibrosos, capaces de inmovilizar el aire confinado en el interior de celdillas lo más estancas posible. Se suelen utilizar como aislantes térmicos específicos materiales combinados de sólidos y gases: fibra de vidrio, lana de roca, vidrio expandido, poliestireno expandido, espuma de poliuretano, aglomerados de corcho, etc. En la mayoría de los casos el gas encerrado es el aire.

Permeabilidad al Vapor de Agua, (μ) se refiere a la propiedad de permitir la difusión del vapor de agua a través de un material. Esta es dependiente de las presiones parciales y las condiciones psicrométricas. Esta propiedad es importante especialmente en condiciones de ambientes húmedos, en los cuales las propiedades del elemento aislante se ven afectadas por la penetración del vapor de agua y la posibilidad de humedad sobre los materiales aislados propiciando la corrosión o producción de hongos. Otras propiedades que vale la pena mencionar son: Resistencia a la llama, resistencia al ozono, resistencia a los hongos y parásitos, resistencia a los agentes atmosféricos, olor, resistencia mecánica, acústicas, de seguridad, etc.

2.3. Tipos de Aislantes

Los materiales especialmente empleados como aislantes son aquellos que poseen características de baja conductividad y baja difusión de vapor de agua. A continuación se resumen los principales materiales empleados:

Lana de vidrio

Esta primera opción es una de los materiales más conocidos y clásico para ser utilizados como aislantes de techo. Cuando se tiene un techo de tejas con un machihembrado y se lo desea aislar con lana de vidrio se debe usar un producto para tal fin, que es una lana de vidrio en paneles con mayor densidad, hidrófugo e higroscópico.

Cuando se tiene un techo de chapa, la línea de producto que se debe utilizar es el traslapado con una hoja de aluminio reforzado en una cara para que actúe de resistencia mecánica, como barrera de vapor y como material reflectivo.

Lana mineral

Este material se asemeja tanto en apariencia como en su colocación a la lana de vidrio y se diferencia en que tiene alrededor de un 200% más de densidad. Cuando se tiene un techo de teja con machihembrado, se utiliza un fieltro sin revestimiento o bien otro con un papel kraft en una cara, lo que favorece la colocación.

Tanto la lana de vidrio como la mineral se encuentran en manta o en paneles rígidos, aglomerados con resinas.

Espuma celulósica

El material de espuma de celulosa, consta con un poderoso poder aislante térmico y fonoabsorbente. Ideal para aplicar por la parte inferior de galpones por ser un material 100% ignífugo de color blanco y por su rapidez al ser colocado. Tiene un coeficiente de conductividad promedio de $0,027 \text{ kcal/h}^{\circ}\text{m}^{\circ}\text{C}$.

Espuma de polietileno

El material se caracteriza por ser económico, hidrófugo y fácil de colocar. Con respecto a su rendimiento térmico se puede decir que es de carácter medio. Con respecto a su terminación es de color blanco o bien de color aluminio. Tiene un coeficiente de conductividad promedio de $0,035 \text{ kcal/h}^{\circ}\text{m}^{\circ}\text{C}$.

Espuma de poliuretano

La espuma de poliuretano es conocida por ser un material aislante de muy buen rendimiento, por consiguiente se pueden aplicar bajos espesores obteniendo rendimientos similares que otros materiales en mucho mayores espesores. Su aplicación se puede realizar desde la parte inferior o bien desde la parte superior. También tiene excelentes propiedades como aislante acústico. Genera a partir del "Punto de humeo" ácido cianhídrico, extraordinariamente tóxico para humanos.

Conductividad térmica promedio: $0,021 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$.

Coquillas (medias cañas) de lana mineral

Son tubos premoldeados con diámetro exacto de la cañería a aislar. Como toda lana mineral, es incombustible y resiste temperaturas hasta 950 °C.

Densidades: 140-160 kg/m³.

Coefficiente de conductividad promedio: 0,031 kcal/h⁰m°C.

Espuma elastomérica

Es un aislante con un excelente rendimiento en baja y media temperatura con fácil instalación, reduciendo al máximo los costos de mano de obra. Posee en su estructura, una barrera de vapor y un comportamiento totalmente ignífugo.

Coefficiente de conductividad: 0,029 kcal/h⁰m°C.

Temperatura de trabajo óptima: -40 a 115 °C.

3. AISLAMIENTO ACÚSTICO

3.1. Introducción

El sonido es un fenómeno físico que paulatinamente adquiere una mayor relevancia en el desarrollo de proyectos de nuestra especialidad y en general en las construcciones en nuestro país. El sonido cuando se torna molesto se designa como ruido. En nuestro medio existe un cierto grado de desconocimiento acerca del tema, desconocimiento que se traduce en definitiva en insatisfacción de los usuarios. La génesis de esta problemática es de carácter general e involucra a todos los profesionales participantes en la elaboración de un proyecto, incluyendo arquitectos, proyectistas e instaladores como se detalla a continuación.

Sin duda el arquitecto, el ingeniero proyectista del sistema de CVAA, el contratista o instalador y el fabricante de equipos, comparten la responsabilidad del nivel de ruido resultante en el interior de un edificio. El arquitecto establece los objetivos en el nivel de sonido y especifica los requerimientos de la estructura y las terminaciones interiores compatibles con el nivel de ruido deseado. El ingeniero proyectista o diseñador establece y especifica los requerimientos del nivel de potencia del sonido en la selección del equipamiento y unidades terminales utilizando como guía las características acústicas del espacio. El contratista selecciona, instala y ajusta los equipos y accesorios de acuerdo con las especificaciones técnicas de diseño y las instrucciones del fabricante. El fabricante es el responsable del nivel de potencia de sonido del equipo ofrecido, el cual debe estar de acuerdo con las normas de la industria.

El objetivo final de esta relación interdisciplinaria es lograr un equilibrio entre la inversión y las condiciones acústicas en un ambiente determinado. Lo anterior es importante dado que no tiene sentido invertir en equipos y accesorios aptos para obtener un muy bajo nivel de ruido si la construcción no está diseñada para el mismo objetivo o gastar grandes sumas de dinero tanto en construcción como en equipamiento para obtener un nivel de ruido menor que aquel que perfectamente sería aceptable en determinados ambientes.

Quisiera detenerme y ahondar un poco más en este último punto formulando una crítica constructiva a los ingenieros diseñadores, diciendo que no basta especificar que la instalación debe estar de acuerdo con un cierto nivel de ruido esperado en los recintos según determinada recomendación publicada por alguna institución, como por ejemplo tal capítulo de ASHRAE o más aún especificando un cierto nivel de presión tal como 40 dBA, especificación que adolece de información ya que como se verá más adelante es posible que la instalación cumpla con este objetivo pero sin embargo de igual modo en algunas frecuencias existirán niveles de ruido que afectarán a los ocupantes. Lo anterior apunta en el sentido de que al igual que en el caso del balance térmico, donde se considera la transmisión de calor por cada elemento constructivo, para el caso de nivel de ruido es necesario llevar a cabo un mínimo estudio que determine efectivamente que el sistema propuesto con equipamiento estándar, cumplirá con el nivel de ruido esperado en los recintos, tal como en el caso térmico con la temperatura de diseño, para lo cual debe considerarse las características acústicas del edificio en estudio.

Entre estas el entorno donde estará emplazado el edificio (en el centro de la ciudad o en una zona rural), capacidad de absorción de los elementos constructivos (coeficientes de absorción y transmisión de sonido), espacio y características del cielo falso, si el edificio se utilizará con plantas abiertas, nivel de ruido derivado de la operación de otras instalaciones, etc., ya que todos estos factores influyen en el resultado final.

Además durante el desarrollo del proyecto deben incluirse y coordinarse aspectos que tiendan a obtener el nivel de ruido deseado, ya que con algunas consideraciones muy sencillas, tal como curvas en la red de ductos, silenciadores adosados a los equipos principales, etc., se garantiza que con equipamiento estándar y por lo tanto a un costo razonable, se cumplirá el nivel de ruido deseado.

Resulta aconsejable solicitar la intervención de un especialista acústico en la fase de proyecto de arquitectura y durante la fase de diseño de las instalaciones, con lo cual se evitará evacuar un proyecto carente del estudio acústico y de vibración.

En publicaciones anteriores se ha descrito muy bien los conceptos relacionados con el sonido y sus implicancias. Por lo anterior a continuación me limitaré a presentar un breve extracto de un estudio mayor acerca del cálculo y control del ruido.

3.2. Principios básicos para el control ruidos

Estos principios son fundamentales para poder diseñar elementos aislantes que permitan atenuar el nivel de ruido:

- Aislamiento de sonido (pérdida por transmisión)
- Absorción en salas y encerramientos
- Absorción de sonido en ductos
- Aislamiento de vibración

En esta sección se resumen los mecanismos físicos involucrados, los cuales son necesarios y se aplican en la atenuación.

Aislamiento de sonido

Se refiere a la capacidad de una estructura para absorber energía de sonido. De la energía incidente una parte es reflejada hacia el recinto donde es producida, ver esquema en figura a continuación, otra parte es utilizada para provocar pequeños movimientos de las moléculas, las cuales por fricción lo transforman en calor y decimos que esta energía es amortiguada por la superficie de la partición o simplemente que es absorbida. En adición a esto recordemos que las ondas pueden viajar a través de materiales sólidos en forma similar a como lo hacen a través del aire. Luego parte de la energía llegará hasta los extremos de la partición y será transmitida a otras partes de la estructura del edificio, esto es llamado transmisión flanqueada. En muchos casos la energía absorbida y flanqueada son pequeñas en comparación con el nivel de energía que queda para el movimiento físico de la superficie de la partición en el lado de la habitación receptora, reapareciendo como sonido emergente.

En los casos donde se diseña la partición para permitir una muy baja transmisión a través de ésta (partición rígida), debe estudiarse cuidadosamente la cantidad de energía flanqueada, la cual puede ser un factor limitante. Cuando hablamos de aislamiento nos referimos a la capacidad de la partición para resistir tomando la energía de sonido y volviéndola en energía de vibración y por ende en calor.

Cuando hablamos de aislación acústica, entonces en cambio hablaremos de que el material de la partición maximice la energía reflejada hacia atrás y minimice la vibración del panel, es decir, la resistencia de la partición para moverse bajo una presión acústica aplicada.

La medida del aislamiento acústico, es la razón entre la energía radiada en la habitación receptora y la energía incidente sobre el lado de la fuente. Esta razón se denomina coeficiente de transmisión de sonido T, y se definió la representación en dB de éste como el índice de reducción de sonido R;

$R = 10 \log (1/T) \text{ dB}$. Cuando hablamos de la aislación o resistencia al movimiento, hablamos de índice de reducción.

3.3. Partición o tabique simple

3.3.1. El efecto de la masa y la frecuencia

Una importante cualidad para determinar la resistencia de una partición al movimiento, es la masa. A mayor masa, mayor es la fuerza de inercia resistiendo el movimiento y mayor índice de reducción del sonido. La frecuencia de la fuerza aplicada es importante. Mientras más veces por segundo intentemos mover una masa dada, la velocidad de movimiento debe ser alta, como es la fuerza de inercia resultante y por ende el índice de reducción de sonido debe ser alto. Este efecto se puede analizar en conjunto con la ley de la masa en la aislación de sonido.

$$R = 20 \log Mf - 43 \text{ dB}$$

M = es la masa superficial de la partición Kg/m²

f = es la frecuencia

Esta ecuación es válida para ondas con un ángulo de incidencia 0. Si la fuente es una habitación semi reverberante, entonces la energía incidente será en todas las direcciones. Si el ángulo de incidencia es < 80°, la ley anterior se usa como la ley de campo de incidencia, que es menor en 6 dB. Ahora si la habitación es altamente reverberante habrá incidencia entre 80 y 90°, ninguno de los anteriores puede ser aplicada y se usa la gráfica random incidencia, que se muestra en el gráfico dado a continuación "Ley de la masa para partición" donde aparecen los R en función de Mf, en cada frecuencia.

3.3.2. El efecto de la rigidez

a) Resonancia debido a la rigidez

La ley de la masa es una predicción teórica y es válida solo si la partición tiene una baja rigidez. Entonces el índice de reducción de sonido especialmente a bajas frecuencias tiene un comportamiento un tanto diferente al visto con la ley de la masa y existirán zonas que son mejor descritas en el gráfico a continuación, donde se muestran la pérdida de transmisión característica de una partición definiendo algunas zonas críticas.

b) Coincidencia debido a la rigidez

Esto está relacionado con la frecuencia crítica de algunos materiales, bajo esta frecuencia tampoco funciona la ley de la masa. Esta frecuencia ocurre cuando la onda viaja a la misma velocidad por la partición que la que viaja por el aire, esto produce una región de alta presión en una frecuencia crítica y tiene que ver como incide la onda sobre la superficie. Esto corrige y hace necesario tener una ley de la masa para

cada material como se muestra en la Fig. a continuación “Índice de reducción de sonido para materiales de construcción comunes”.

c) Damping (Amortiguamiento)

Este se usa para aminorar los efectos de resonancia y coincidencia (en las zonas respectivas) y rectificar un tanto acercándose a la ley de la masa. Recordemos que estos detrimentos son producto de la rigidez o usualmente no podemos variar la rigidez, pero si podemos incrementar el amortiguamiento. Hemos visto que un panel con suficiente masa da buena aislación pero el potencial no es utilizado porque la alta rigidez reduce el rango de frecuencia entre resonancia y coincidencia.

El efecto de amortiguamiento sobre el compartimento de la partición es efectivo donde las frecuencias de resonancia y coincidencia ocurren en la zona donde se aplica la ley de la masa no hay casi efecto.

El modo más comúnmente empleado para adicionar amortiguamiento a una partición, es aplicando en uno de sus lados una capa de mastic-like (chicle) el que tiene una alta pérdida por histéresis. Si esta capa es bien adherida a la superficie de la partición, la energía usada para desplazar la partición ahora tiene que deformar el compuesto adherido también.

Consecuentemente una mayor proporción es transformada en calor en el interior de la misma capa. Este tipo de tratamiento será efectivo sólo en particiones que tienen muy bajo amortiguamiento por sí mismas. Mientras mayor sea el amortiguamiento inherente a la estructura básica, menor será el de adherir la capa de material deformable. En estructuras de ladrillo, este efecto es mínimo. En cambio en particiones en planchas de acero o aluminio, este tratamiento brinda un gran aporte.

3.3. Particiones o tabiques de doble hoja (o doble pared)

- Obviamente es posible mejorar la aislación adicionando más masa a una partición tomando cuidado en minimizar el efecto de rigidez, pero esto es posible hasta cierto punto.

- Si se aumenta la densidad superficial de 50 Kg/m² a 200 Kg/m² (panel liviano o muro de ladrillo), se obtiene índice de reducción menor en 10 dB. Entonces una pared de ladrillo tendría que aumentar en 4 veces su espesor para conseguir este mismo efecto lo que resulta francamente prohibitivo.

La solución es construir una segunda pared idealmente separada totalmente de la primera. El índice de reducción no aumenta al doble, para esto las paredes debieron no tener soportes comunes y estar distanciadas a más menos 1 m (para el caso de ladrillo) de manera de obtener un R= 80 dB en vez de un R = 40 dB.

En la práctica esto es imposible. Usualmente en la construcción las paredes tendrán soportes comunes y unos escasos cm de separación entre ellos. Con este tipo de arreglo se consigue a lo más reducir en 10 dB el índice de reducción de ruido en media o alta frecuencia y ningún efecto en bajas frecuencias. Para evitar el efecto de

resistencia del aire en el interior de láminas, este se llena con algún material con cubierta de material absorbente. No es necesario llenar la cavidad completamente y basta con 50 mm de espesor.

3.4. Absorción de sonido en recintos

Esto se relaciona con la capacidad de las paredes o cielo o piso de evitar la reverberación. Esto depende del coeficiente de absorción de los elementos. La cuestión acá es que características de la superficie determinan sus propiedades absorbentes. Una parte de la energía es utilizada para vibrar la partición y cruzar al otro lado, pero la mayor parte es reflejada al mismo recinto. En el caso anterior de transmisión a través de particiones, si del 100% de energía incidente el 99% se refleja, sólo un 1% es tratado con aislación acústica y si el índice de reducción fuera de 30 dB, sólo el 10% del 1% sería transmitido al otro lado de la partición. El principio de absorción de sonido, tal como su nombre lo indica, es para reducir la cantidad de energía reflejada por transformación de esta en alguna forma de energía distinta a la energía de vibración. Una alternativa es calor, tal como vimos en el efecto amortiguamiento en particiones, pero ahora se requiere en la superficie inmediatamente superior en el lado de la fuente.

3.4.1. Poros absorbentes

Ubicando una cubierta que disponga de porosidad y resistencia al flujo en el rango correcto, el coeficiente de absorción aumentará dependiendo del espesor del material. El principio fundamental es que las ondas ingresan a esta textura y por efecto de la alta fricción entregan energía la cual es transformada en calor y por lo tanto la energía reflejada se reduce.

3.4.2. General

- absorbedores de resonancia simple
- absorbedores múltiples de resonancia
- panel de membranas absorbentes

Todos estos elementos se utilizan para el aislamiento acústico de espacios cerrados y en construcciones. No se profundizarán en este trabajo.

3.5. Aislamiento de ruido en ductos

3.5.1. Lining o recubrimiento interior

Las ondas de sonido que viajan por un ducto lo pueden hacer en forma plana, es decir, transversalmente al eje del ducto y otras lo harán con inclinación respecto a este. Las ondas de alta frecuencia y que viajan con inclinación llevan muy poca energía y rápidamente son atenuadas por las reflexiones de las paredes, las cuales se repiten una y otra vez. Sin embargo, las planas son las que ofrecen el mayor problema. Anteriormente vimos que parte de esta energía es lanzada fuera del ducto por vibración de las paredes, pero esta es a una tasa entre 0.3 y 0.6 dB/m de ducto. Por lo anterior el cubrir las paredes con material con cubierta porosa permite absorber energía en forma de calor y además permite el quiebre de las ondas para las bajas frecuencias, las ondas no viajan a la misma velocidad en estos materiales que en el aire, por lo que se produce una desviación o quiebre de la onda. El resultado es que la energía está siendo continuamente extraída de la porción de la onda que viaja en el aire.

Esta extracción de energía es proporcional al coeficiente de absorción del recubrimiento y a la razón P/S.

P: perímetro del recubrimiento.

S= superficie transversal del ducto.

Mientras mayor sea esta relación mayor será el efecto de atenuación.

Un ducto circular y uno cuadrado son comparables y proveen la misma atenuación, en cambio en un ducto rectangular si hacemos el alto mucho mayor que el ancho (d), obtenemos una alta razón de P/S y una mejor atenuación (maximizada). Para visualizar la atenuación en un ducto típico con recubrimiento interior ver la figura a continuación. Se observa que la atenuación es baja en bajas frecuencias ya que ésta depende de las características de absorción del material y del espesor de éste, el cual no puede ser muy grande en ductos.

También se observa que en altas frecuencias sobre 100 Hz decae la atenuación del revestimiento debido a que las ondas de alta frecuencia transportan más energía en la región cercana al centro del ducto y no tienen contacto con la superficie revestida. Este efecto es más pronunciado cuando la longitud de la onda se hace comparable más o menos con el ancho del ducto.

3.5.2. Quiebres o cambios de dirección (codos)

Vimos anteriormente que un ducto desnudo en quiebre, atenuará el sonido por un proceso de reflexión. También vimos que para frecuencias donde la longitud de onda era mayor o menor que el doble del ancho del ducto, la energía pasaba a través del quiebre fácilmente. Luego, si nosotros aislamos interiormente el quiebre nos aseguramos que ninguna de las ondas que viajan inclinadas al eje del ducto continúe viajando y son atenuadas como se muestra en la Figura a continuación "atenuación por quiebres forrados". Este tiene un importante efecto sobre las ondas de bajas y medias frecuencias.

3.5.3. Control de ruidos en la práctica

Sin duda las posibilidades de control de ruido son las siguientes:

En las edificaciones

- El arquitecto debe vigilar el coeficiente de absorción de los materiales de terminación, vigilar la masa y la rigidez de la estructura y tabiquería en su diseño.
- Determinar el ruido de fondo de manera de no exagerar el control del ruido interior y no encarecer innecesariamente el costo de las construcciones.

En los sistemas de Aire Acondicionado

- Selección del Ventilador y aparatos terminales, se refiere a una correcta selección a partir de los catálogos, cuidando el nivel de ruido esperado en los ambientes.
- Adicionando Atenuación al Sistema, se refiere a utilizar aislamiento interior en los ductos.
- Los ruidos más difíciles de atenuar son los de baja frecuencia. La selección del ventilador deber realizarse en la zona de máxima eficiencia aerodinámica.
- Utilizando Silenciadores; Estos se ubican en la boca de descarga de los ventiladores o entre las conexiones de dos espacios. La atenuación está en directa relación con el largo del atenuador y el ancho del paso de aire. Mientras más largo es un atenuador, mayor atenuación de baja frecuencia.

Silenciadores o Atenuadores de Ruido

Los atenuadores pueden ser rectos o con quiebres. En el caso de los rectos éstos se calculan igual que en el caso de ductos rectos con aislación interna. En el caso de los ductos con quiebre (en 90°) su atenuación será la suma de la atenuación del tramo recto más la suma de la atenuación en el codo.

3.5.4. Coeficientes de Absorción ()

Cuando una onda sonora incide sobre una superficie, lo que equivale a energía incidiendo, dependiendo de las características constructivas de esta, una parte de la energía es absorbida por la estructura en forma de calor o movimiento, otra parte es transmitida al espacio adyacente y el resto es devuelto a la habitación reflejada. El proceso físico es muy sencillo, cuando la onda alcanza la superficie esta comprime el plano molecular de aire inmediato a la superficie. Debido a que las superficies son mucho más pesadas que el aire, o más precisamente, tienen una mayor impedancia que el aire, este plano molecular límite sólo puede expandirse de vuelta al interior de la sala, y entonces otra onda acústica es irradiada de vuelta al recinto. Ahora, no toda la energía incidente es irradiada de regreso porque existe algún movimiento de la superficie y algo de energía debe ser usada para este efecto y sin duda una parte de la energía será transmitida hacia el otro lado de la superficie. El punto importante es que la energía reflejada es menor que la energía incidente y lo que se trata es determinar cuanto menor es.

Una medida de la cantidad de energía absorbida por una superficie es su coeficiente de absorción. Este es el promedio de la energía absorbida por una superficie a partir de la energía incidente sobre ella. Este usualmente se denota por α y están tabulados para gran cantidad de materiales típicos de la construcción, incluyendo la absorción por efecto de personas y mobiliario. Para el caso de una habitación compuestas por diferentes superficies se calcula el coeficiente de absorción promedio como sigue:

Donde S_i y α_i son las áreas y coeficientes de absorción de cada superficie y S la suma de todas las superficies. De lo anterior se tiene entonces que la energía devuelta al recinto, digamos W_{ref} debe ser del modo:

$W_{ref} = W (1 - \bar{\alpha})$, donde W es la energía incidente.

Este proceso de reflexión es continuo y se repite una y otra vez produciendo el efecto denominado reverberación. Después de un análisis matemático es posible demostrar que la relación entre nivel de presión y energía a una distancia r desde la fuente en un recinto cerrado es la siguiente:

Donde

Q : Factor de directividad de la fuente en la dirección de r .

R_c : Constante de la habitación $S_a / (1 - \bar{\alpha})$ m².

S : Superficie total de la habitación m².

$\bar{\alpha}$: Coeficiente de absorción promedio en la habitación.

El factor Q° depende de las características de la fuente considerada y también de su posición relativa a la superficie de la habitación, los cuales se encuentran tabulados dependiendo de la aplicación. A continuación en la tabla se muestran algunos de ellos.

Además existen gráficos a partir de los cuales es posible determinar directamente, conocidos R_c , Q° y la distancia r , el nivel de presión absorbido por la habitación. A continuación se proporcionan la capacidad de absorción de ruido de materiales comúnmente empleados en nuestro medio, para cada octavo de banda en el espectro de frecuencia normal para nuestro oído.

Caracterización de campos sonoros utilizando una sonda intensimétrica p-p

Extracto del artículo de Cadae 2006 - BS. AS. Por Adrian Montoya, Sebastián Rolón & Ricardo Pesse del Centro de Investigaciones en Acústica de la Universidad de Santiago de Chile.

Actualmente, los sistemas de climatización son parte importante de toda infraestructura industrial en el país. Siendo uno de los principales generadores de ruido tanto aéreo como estructural. En toda industria, una situación operacional muy común es el que un gran número de máquinas funcione simultáneamente en un mismo ambiente o espacio y que, por razones de productividad, no sea posible apagarlas. Ya sea porque ellas forman un sistema completo destinado a una función común (como es el caso de los sistemas de climatización, donde los principales problemas de ruido son generados por los ventiladores, bombas y compresores que componen estos sistemas), por cuestiones de diseño de la infraestructura o por razones de disponibilidad de espacio. Cualquiera fuese el motivo, el poder determinar cuanto, del nivel de ruido total existente, es provocado por cada máquina, es de muchísima importancia para cualquier intento de reducción del ruido.

En Chile, controlar el ruido producido por todas estas fuentes de ruido, sea de manera global o parcial, esta fuertemente respaldado por dos Decretos Supremos. El primero establece máximos niveles de ruido permisibles, velando por la comunidad en general (D.S 146 MINSEGPRES), mientras que el otro, establece dosis máximas de niveles de ruido, destinado específicamente a velar por la salud de los trabajadores en sus respectivos puestos de trabajo (D.S. 594 MINSAL). Actualmente, la gran mayoría de los proyectos de Control de ruido se inician porque uno o ambos decretos están siendo incumplidos. Sin importar su objetivo final, todo proyecto de control de ruido parte por un diagnóstico de la situación, que está destinado específicamente a localizar la principal fuente de ruido y determinar sus niveles dentro del rango de frecuencias audibles por el ser humano (20 a 20.000 ciclos por segundo).

La importancia de la potencia sonora

Dentro de todos los parámetros que describen el sonido, la potencia sonora es, sin duda, el más importante de todos. Esto se debe principalmente a que su valor es independiente tanto del entorno en el que se encuentra la fuente sonora como de la distancia; por ello, es considerado un parámetro intrínseco de la fuente de ruido. La causa de la radiación de sonido es justamente la potencia sonora, y el efecto, la presión sonora, que es lo que finalmente sentimos o percibimos como “sonido”.

En Control de Ruido industrial y ambiental, la potencia sonora es la información más valiosa, dado que con ella es posible: (i) obtener un diagnóstico inicial de la forma en la que una fuente genera energía sonora; (ii) predecir niveles de presión sonora, direcciones y extensiones de la propagación del ruido; (iii) clasificar distintos tipos de maquinarias; y con todo lo anterior, finalmente (iv) proponer soluciones óptimas de control de ruido. La necesidad de precisión en las mediciones de potencia sonora es por lo tanto vital para evitar una distorsión en la perspectiva general y particular del problema acústico real debido al arrastre de errores desde el inicio.

Obtener los niveles de potencia sonora que una máquina en particular genera no es tan simple. La razón de esto es que la potencia, por lo menos en la actualidad, no es un parámetro medible y debe ser calculado mediante la relación que existe entre potencia (no-medible), intensidad (medible), y presión sonora (medible) (Ver Fig.1).

Hoy en día, el parámetro acústico más simple de medir es la presión sonora, parámetro en el cual se basan los métodos de medición de potencia sonora más empleados. La mayor desventaja de estos métodos es que precisan de recintos o ambientes acústicamente especiales debido a que la relación entre presión e intensidad sonora (Ecuación 1) existe únicamente bajo dichas condiciones, relación de la cual se precisa, ya que como se muestra en la Ecuación 2, es la intensidad la que está directamente relacionada con la potencia sonora. Por lo tanto, determinar los valores de potencia sonora generados por una máquina en particular precisaría desmontarla y trasladarla a dichos recintos especialmente acondicionados, algo insostenible ya sea por razones económicas, prácticas (tamaño y espacio) o simplemente por las características operacionales de las mismas (maquinaria que no funciona si no está conectada a otra, como es el caso de los sistemas de climatización).

LA INTENSEMETRÍA ACÚSTICA

En los últimos años, el avance de las tecnologías digitales y la alta calidad de los transductores electro-mecano-acústicos hicieron posible el medir la intensidad sonora en forma directa: la intensimetría acústica. Mediante ésta, se fue desarrollando una variedad de aplicaciones que van desde la posibilidad de detectar fugas en aislaciones acústicas deficientes, medir la absorción acústica de materiales, determinar la eficiencia de radiación de superficies, hasta la posibilidad de determinar la potencia sonora de fuentes sin precisar de recintos especiales.

A la vez, todas ellas aprovechan, de alguna forma, la posibilidad de medir directamente el valor de la intensidad sonora sin necesidad de “pasar” por la presión y el hecho de que la intensidad sonora es una cantidad vectorial: posee magnitud y dirección, y por lo tanto, indica la dirección del flujo de energía sonora en un punto o el camino que la energía sonora sigue al propagarse por el medio.

La obtención de la potencia acústica mediante el método intensimétrico se basa principalmente en el Teorema de la Integral de Gauss, que señala que la integral de volumen de la divergencia de cualquier vector de campo puede ser expresado en términos de la integral de superficie (la superficie que encierra al volumen) de la componente del vector normal a la superficie. Es decir, la potencia sonora irradiada desde la fuente se define como la suma total del flujo de energía que atraviesa a la superficie que encierra completamente a la fuente (Figura 2).

Una de las principales ventajas del uso de la intensimetría para la determinación de la potencia sonora es la posibilidad de realizar mediciones in situ y en presencia de altos niveles de ruido de fondo estable. Si la fuente fuese puesta fuera de la superficie que previamente la rodeaba, al medir en esa superficie la intensidad sería cero, puesto que la energía que fluye hacia el interior de la superficie, y que se mide con el sistema intensimétrico, posteriormente sale de la superficie en estudio, y por ende al integrar el resultado es intensidad nula. Bajo esta suposición es que se declara la posibilidad de realizar mediciones de potencia de una fuente en presencia de otra u otras, sin que el resultado sea alterado (fig. 3).

Lo anterior se cumpliría para el caso en que el ruido de fondo, o ruido externo a la superficie, fuese estacionario (con niveles temporalmente inestables) y que dentro de la superficie de medición no haya absorción alguna que haga que la energía externa que ingresó a la superficie, no salga de ella. A su vez, el ruido generado por la fuente debe tener también características estacionarias o estables. Si bien esto se cumple en ciertas condiciones, desafortunadamente no es posible cumplirlas en una situación real de maquinarias: funcionando simultáneamente, con niveles de potencia sonora similares y en ambientes generalmente extensos (reverberación del sonido alta). Es debido, justamente, a la interacción de cada uno de los campos sonoros que estas fuentes de ruido generan lo que provoca errores al medir la intensidad sonora en un punto, y como consecuencia, el obtener datos de potencia sonora inválidos, ya sea para ser utilizados en una modelación de propagación del sonido en el ambiente, utilizando software especializado (SoundPlan, CadnaA, etc). o para proponer soluciones prácticas de disminución de ruido en la máquina. Es por esa razón que es necesario un estudio mas profundo, acerca del tipo de interacción de cada campo sonoro generado por una fuente de ruido.

CARACTERIZACIÓN DE CAMPOS SONOROS

Debido a la complejidad, desde el punto de vista matemático, que significa lograr expresar y relacionar la interacción e interferencia de campos sonoros, se vuelve mucho más práctico el caracterizarlos a partir de comparaciones de su estado, al momento de medir, con estados de campos sonoros más simples y con características ya conocidas. Esto ayuda a definir posiciones de medición en las cuales las

interferencias e interacciones de los distintos campos sonoros (sean, otras maquinas alrededor de la principal, reverberación del lugar o ruido proveniente del exterior de la industria) no afectarían significativamente la medición de intensidad, obteniendo a su vez valores de potencia sonora válidos y representativos de la maquina bajo estudio. En la figura 4 se muestra el caso de mediciones de potencia sonora, caracterizando los campos sonoros, de dos motores a combustión interna de pruebas operando simultáneamente en un recinto con un tiempo de reverberación medio de 2,8 segundos, donde se pueden observar los resultados de niveles de potencia por tercio de octava y con ponderación A, de cada una de las fuentes de ruido de manera independiente. Por lo tanto, si bien es un proceso extra de largo análisis y cálculo, los beneficios de hacerlo son muchos, ya que caracterizando los campos sonoros es posible determinar la potencia sonora en el lugar de operación de la máquina y sin necesidad de apagar ninguna de las otras presentes. A su vez, hace posible identificar cual es la máquina que mayor ruido genera y el grado de contribución de ésta al ruido total existente en el lugar. Más aún, al haber realizado mediciones representativas de la intensidad a través de toda la superficie que encierra la máquina, es posible localizar el sector del cual proviene el mayor nivel de ruido.

La figura 5 muestra un ejemplo de mediciones realizadas a un compresor de aire, donde se muestra por colores, los valores de intensidad obtenidos en un grupo de frecuencias y en ponderación global A según su posición dentro de la superficie paralelepípeda que encerraba la fuente. Se puede observar un fuerte contenido de energía en los 400 Hz (rojo intenso) y a su vez localizaciones de ruido: pequeñas zonas de 60 dB en los 600 Hz y 800 Hz (pequeña área de color rosa) y en la zona superior, 70 dB en ponderación global A (línea color verde). Información muy útil al momento de proponer una solución acústica óptima.

La intensimetría, junto con una correcta caracterización de los campos, ofrece por lo tanto una gran gama de beneficios y facilidades al momento de realizar un proyecto de control de ruido en sistemas de climatización industrial, logrando sectorizar el ruido y clasificar cada una de las piezas que lo conforman según su contribución al nivel de ruido total.

Procesos térmicos en la elaboración del vino

Por Manuel Silva, Interma S.A

RETROSPECTIVA

Hace mucho tiempo que comencé a escribir acerca de la participación de nuestra especialidad en este tema en donde además existen muchos aspectos que tratar. Este artículo sólo tiene la intención de hacer notar la relevancia de nuestra especialidad en este rubro. Antes de entrar de lleno a lo indicado y haciendo una retrospectiva -ya que hace más de 20 años que llevo en esta materia- puedo decir que muchas instalaciones efectuadas en general han sido sobredimensionadas. En cuyo caso, el cliente ha tenido que hacer una sobre-inversión con un mayor consumo energético de lo cual quizás nunca se de cuenta o también deficitarias, en las que si se dio cuenta de alguna forma pudo corregir y en otras conscientemente sabe que no hay corrección. No tengo claro si se debió a una mala información del usuario o una mala definición del proyectista. Quisiera destacar que existen instalaciones automatizadas que no han podido cumplir con lo requerido por falta del personal calificado de operación.

PARTICULARIDADES

Cada proyecto requiere del conocimiento total de la necesidad planificada para una bodega, cuyos requerimientos viníferos son definidos por el enólogo y que no siempre son los mismos. De esta forma quién desarrolle un proyecto térmico de esta naturaleza debe tener claro cuáles son los procesos que involucran lo solicitado por el cliente y colaborar así en tomar las decisiones correctas. Podemos decir que el enólogo no es un especialista en estos temas y que es el responsable de la elaboración del vino cuyo precio final puede ser mayor o menor a lo estimado, lo que involucra millones de pesos en juego.

Se debe tener presente por otra parte la importancia de nuestros sistemas, en particular el de generar frío pues es el corazón del proceso de vinificación, que en caso de fallar en los tiempos de vendimia sería un desastre para la viña ya que se puede perder parte o toda la producción o alternativamente obtener un producto comercialmente malo. Esto implica en el fondo, asegurar un sistema confiable en todas sus partes dado que estas bodegas se encuentran repartidas por el norte desde Ovalle y por el sur hasta el Bio-Bio y además siempre hacia el interior de la carretera y en sus últimos tramos en vías rurales.

Casi siempre las emergencias ocurren en días y horas fuera de lo "normal" y para superar dicha situación se requiere de tiempo para llegar - teniendo presente que otra cosa es llegar con los repuestos adecuados para resolver el problema, siendo de la mayor relevancia disponer de un buen y experimentado servicio técnico-. En la actualidad existen en nuestro país más de 150 bodegas productoras de vino, con una plantación estimada de más 100.000 hts. de viñedo y un volumen de exportación que

bordea los US\$ 900 millones. Esto último se ha logrado debido a que los propietarios han implementado tecnología de punta para obtener mejores vinos. Cabe consignar que estas inversiones comenzaron hace 27 años atrás, cuando las exportaciones sumaban unos US\$ 50 millones.

PROCESOS Y SECUENCIAS

Los siguientes procesos requieren de la intervención de nuestra especialidad, los que no necesariamente se efectúan todos, pues en general los vinos tintos y blancos siguen distintos caminos y será el enólogo quien determine los pasos y los rangos de temperatura en los tiempos deseados:

- Enfriamiento directo de la uva recién vendimiada.
- Enfriamiento del mosto después de pasar por la moledora.
- Maceración por frío mecánico del mosto dentro de la cuba.
- Calentamiento del mosto dentro de la cuba para iniciar el proceso de fermentación alcohólica junto con las levaduras.
- Enfriamiento de las cubas, durante el proceso de fermentación alcohólica pues en esta etapa además se libera calor y se produce gas carbónico.
- Maceración por termovinificación, proceso especial que requiere vapor.
- Maceración por expansión flash.
- Ventilación de la bodega para eliminar el gas carbónico (CO₂) del interior.
- Control de la temperatura del vino en el interior de las cubas con frío o calor.
- Enfriamiento del vino en el proceso de estabilización a bajas temperaturas.
- Enfriamiento de las salas de barricas.
- Calentamiento de la zona o cubas para efectuar la fermentación maloláctica.
- Enfriamiento de las salas de guarda de botellas.
- Producción de agua caliente para el proceso de lavado sanitario de la bodega.