

**DISEÑO DE DUCTOS Y REJILLAS PARA DISTRIBUCIÓN DE AIRE ACONDICIONADO
PARA EL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN**

**YEISON ANDRES LAYOS OSORIO
EDISON BUSTAMANTE
JEISON ESNEIDER GÓMEZ ARANGO**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE TECNÓLOGO

**Asesor
ARLEY SALAZAR HINCAPIE
Ingeniero Mecánico**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO – IUPB
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA Y AFINES
MEDELLÍN
2013**

2013 NOTAS DE ACEPTACIÓN

Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado
Medellín, Noviembre de 2013.

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias al creador nuestro Dios por la fortaleza para culminar nuestra carrera de manera exitosa.

Agradecemos a nuestra familia por su apoyo incondicional y espera en nuestra ausencia mientras luchábamos por el título anhelado.

A nuestro asesor técnico Arley Salazar Hincapie por su direccionamiento en la realización del trabajo escrito y actividades de montaje.

Al cuerpo docente que participó con el aporte de sus conocimientos para hacer realidad este proyecto.

A la institución Universitaria Pascual Bravo por sus enseñanzas a largo de nuestra carrera, las cuales fueron bases intelectuales para el desarrollo del proyecto.

A todos nuestros compañeros de trabajo de grado, quienes con su aporte individual contribuyeron a la estructuración del proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	10
1.EL PROBLEMA	111
2.JUSTIFICACIÓN	12
3.OBJETIVOS	13
3.1.OBJETIVO GENERAL	133
3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4. REFERENTES TEÓRICOS	14
4.1 LA FIBRA DE VIDRIO COMO AISLAMIENTO PARA DUCTOS DE AIRE ACONDICIONADO	14
4.2 BENEFICIOS DE LA FIBRA DE VIDRIO	14
4.2.1 Conservación de Energía	15
4.2.2 Reducción del Ruido	15
4.2.3 Reducción de condensación	15
4.3 TIPOS DE FIBRA DE VIDRIO AISLANTE	16
4.3.1 Fibra de Vidrio Duct Line	16
4.3.2 Fibra de vidrio "Duct Board".	16
4.3.3 Fibra de Vidrio tipo "Duct Wrap".	18
4.3.4 Fibra de Vidrio de Lámina Comercial	18
5. METODOLOGÍA	20
5.1. TIPO DE ESTUDIO	20
5.2. MÉTODO	20
5.3. POBLACIÓN	20
5.3.1 Fuentes primarias	21
5.3.2 Fuentes secundarias	21
5.4. PROCEDIMIENTO	21
6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO	22
6.1 CONDICIONES DE DISEÑO	22
6.2 CARACTERÍSTICAS DEL ESPACIO A ACONDICIONAR	22
6.3 CONDICIONES DEL MATERIAL USADO PARA LA FABRICACIÓN FIBRA DE VIDRIO.	23
6.3.1 Características de la fibra de vidrio para transporte de aire acondicionado.	23
6.3.2 Estándar de fabricación y montaje de ductos en Fibra de Vidrio	24
6.3.2.1 Prefabricación de ductos fibra de vidrio	24
6.4 INSTALACIÓN DE SOPORTES PARA DUCTOS EN FIBRA DE VIDRIO.	29
6.5 SELECCIÓN DE DIFUSORES DE SUMINISTRO DE AIRE ACONDICIONADO	31
6.5.1 Difusores de 4 Vías con damper	32
6.6 BALANCEO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	32
6.6.1 Herramienta requerida para realizar un balanceo de flujo de aire.	32

7. RESULTADOS DEL PROYECTO	34
7.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE DUCTOS	34
7.1.1 Cálculo del ramal AB	35
7.1.2 Cálculo ramal BC	35
7.1.3 Cálculo ramal CD	36
7.1.4 Cálculo de Ramales BE, BF, CH, CG, CH, DI, DJ.	37
7.2 DIMENSIONAMIENTO DE DIFUSORES 4 VÍAS CON DAMPER	39
7.3 PLANO FINAL DISTRIBUCIÓN DE DUCTOS	39
7.4 REPORTE FOTOGRÁFICO FABRICACIÓN, INSTALACIÓN Y ASPECTO FINAL DE LA OBRA	40
8. CONCLUSIONES	401
9. RECOMENDACIONES.	42
BIBLIOGRAFÍA	43

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Espacio entre soportes	29
Tabla 2. Dimensiones de los ramales	38
Tabla 3. Selección de Difusores	39

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Fibra de Vidrio Duct Liner.	16
Figura 2. Lámina de Fibra de Vidrio "Duct Board".	17
Figura 3. Fibra de Vidrio tipo "Duct Wrap".	18
Figura 4. Fibra de Vidrio en Lámina Comercial.	19
Figura 5. Plano Planta Laboratorio de Refrigeración	23
Figura 6. Paso 1 Marcación de Líneas	25
Figura 7. Paso 2 Corte Fibra	25
Figura 8. Paso 3. Corte de fibra #2.	26
Figura 9. Paso 4 Ensamble de ducto.	26
Figura 10. Acción 1 para sellado de ductos.	27
Figura 11. Acción 2 para sellado de ductos	27
Figura 12. Acción 3 para sellado de ductos	28
Figura 13. Acción 4 para sellado de ductos	28
Figura 14. Sistema de soporte par ductos en fibra de vidrio.	29
Figura 15. Soporte para ducto Tipo Trapecio	30
Figura 16. Difusor 4 vías con dámper.	32
Figura 17. Esquema distribución de aire en el laboratorio de refrigeración IUPB.	34
Figura 18. Cálculo del tramo AB	35
Figura 19. Cálculo tramo BC	36
Figura 20. Cálculo dimensiones tramo CD	37
Figura 21. Cálculo de dimensiones ramales BE, BF, CH, CG, CH, DI, DJ	38
Figura 22. Plano distribución de ductos.	40
Figura 23. Fotos reales montaje Laboratorio de Refrigeración	40

RESUMEN

El cálculo de los conductos se ha realizado bajo el método de pérdida de carga constante, tal método permite la utilización de un ductulador para calcular las medidas internas de los ductos rectangulares en fibra de vidrio, material que se ha seleccionado en el capítulo de la fundamentación teórica por sus altas características de aislante y resistencia en las instalaciones de aire acondicionado.

Un software ha permitido la verificación de los valores obtenidos por medio del proceso analítico, garantizando así que las medidas de los conductos cumplen con los requisitos del sistema.

El proceso de instalación se ha realizado siguiendo los estándares de la norma ASHRAE y SMACNA.

El diseño y selección de los elementos terminales como difusores, rejillas y dampers cumplen con los requerimientos de caudal en cada una de las zonas a acondicionar. Estas han sido suministradas y fabricadas bajo los estándares de calidad y aplicación adecuados, acordes al diseño.

Una vez finalizada la instalación de los conductos, se ha verificado por medio de un anemómetro que los caudales de aire están de acuerdo al diseño aquí propuesto para la distribución de aire en el segundo nivel del laboratorio de refrigeración y aire acondicionado, estos valores no deben mostrar desviaciones mayores de un 10% en caudales, +/- 5% en humedad relativas, y +/- 2 °C en temperatura, con respecto de cada uno de los valores establecidos en el diseño.

ABSTRACT

The calculation of the ducts has been conducted under the method of constant pressure drop, such method allows the use of a ductulator to calculate the internal measures of rectangular ducts in fiberglass, a material that is selected in the chapter of the Groundwork theoretical for their high insulating characteristics and resistance aerated conditioning facilities.

Software has permitted verification values obtained through the analytical process, thus ensuring that the steps of the ducts will meet system requirements.

The installation process has been made following the ASHRAE standards and SMACNA.

The design and selection of the terminal elements and diffusers, gratings and dampers meet flow requirements in each of the zones to be air conditioned. Have been supplied and are manufactured under quality standards and appropriate application, in accordance to the design.

Once completed the installation of the ducts has been verified by an anemometer air tails that are according to the design here proposed for the distribution of air in the second level of refrigeration and air conditioner laboratory, these values should not be show deviations greater than 10% in flow, + / - 5% relative humidity, and + / -2 ° C in temperature, with respect to each of the values set in the design.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en el diseño, montaje y calibración de un sistema de distribución para aire acondicionado para garantizar las condiciones de temperatura del aire al interior del laboratorio.

Durante el desarrollo del trabajo, ampliaremos con detalle el procedimiento de diseño específico acorde a las necesidades de aire del laboratorio pascual bravo. Describiendo paso a paso como se ha calculado cada tramo del diseño.

Un capítulo de este trabajo se dedicará a la sección de montaje, con un reporte fotográfico del procedimiento de trazado, corte, armado e instalación de los ductos en el laboratorio.

Para el suministro de aire en cada punto se ha de seleccionar los difusores para aire acondicionado que cumplan con las necesidades específicas en cada zona. Estos deben de ser multidireccionales en las cuatro direcciones, con damper para ajustar el flujo de aire y aletas que lo direccionará. Una tabla de cálculo rápido permitirá la selección de este tipo de difusores, su uso y empleo sera descrito en este trabajo.

EL PROBLEMA

El laboratorio de refrigeración de la institución Universitaria Pascual Bravo dentro de su laboratorio de refrigeración cuenta con un equipo Split Central de 5 TR el cual suministra frío a través de un ventilador con una capacidad de 2000 pies cúbicos por minuto (CFM). Este aire debe distribuirse en toda el área del laboratorio para garantizar 3 condiciones esenciales en el confort de las personas; velocidad de Aire, temperatura y humedad relativa. Llevar el aire hasta los puntos de ocupación por parte de los estudiantes bajo los valores que exige el código ASHRAE es la razón de ser de este proyecto.

El cálculo adecuado de los ductos permitirá desarrollar perfiles de velocidad acordes a la norma, las cuales oscilan entre 0,18 – 0,25 m/s con temperaturas entre los 23 – 25 °C a humedades relativas que van desde 40% hasta un 60%. Los ductos que se diseñen deben contar con la superficie interna que reduzca las pérdidas y con un asilamiento que garantice la mínima transferencia de calor del medio hacia el aire acondicionado. Alcanzando así el punto de confort en el que los ocupantes manifestaran satisfacción con la condiciones al interior del laboratorio de refrigeración aire acondicionado de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

1. JUSTIFICACIÓN

El transporte del aire acondicionado exige unos cálculos muy precisos para garantizar los valores techo de confort en las personas que ocuparan el resinto. Su diseño debe de hacerse teniendo en cuenta que los niveles de ruido generados por el alto flujo de aire no deben de sobrepasar los valores aceptados por la norma, pues por tratarse de un espacio que sera empleado para fines educativos, esta variable es de total interés si de hergonomia laboral se trata.

La distribución debe de realizase de manera que la dirección en la que se impulse el aire a través del espacio a condicionar sea uniforme, pues una mala distribución del aire generara satisfacción en unos puntos mientras que en otros generar incorformismo con los valores de velocidad, flujo, temperatura y humedad relativa. Por eso se han de seleccionar e instalar los elementos de distribución como rejillas y difusores de suministro que garantice la uniformidad del flujo en toda el área del laboratorio.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar el sistema de ductos para la distribución de Aire acondicionado al interior del laboratorio.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el procedimiento de fabricación e instalación para ductos en fibra de vidrio.
- Diseñar la red de conducto para una capacidad instalada de 5 toneladas de refrigeración.
- Seleccionar los elementos terminales como difusores de suministro, para distribución de aire localizado en el laboratorio del pascual bravo.
- Describir el método y los materiales necesarios para realizar un balanceo una vez finalizada la instalación de los conductos.

4. REFERENTES TEÓRICOS

Para la realización de un correcto diseño han de tenerse en cuenta los referentes teóricos planteados en el apartado de descripción del estado de arte planteado en el trabajo teórico. Mas sin embargo se profundizará ahora en nuestro caso específico que corresponde al diseño e instalación de ductos en fibra de vidrio, material que se ha seleccionado para la fabricación de nuestro sistema.

4.1 LA FIBRA DE VIDRIO COMO AISLAMIENTO PARA DUCTOS DE AIRE ACONDICIONADO.

Como aislamiento para los sistemas de aire acondicionado la fibra de vidrio se utilizan en la mayoría de los sistemas de conducto para transporte de aire y sirven como componente clave en un buen diseño, operación y mantenimiento en este tipo de sistemas. Este tipo de materiales para aislamiento son diseñados bajo especificaciones que permiten a las edificaciones mantener la temperatura del aire deseada al interior, además a controlar el fenómeno de condensación, ruido, y también contribuyen a la calidad del ambiente interior y el confort del edificio. La fibra de vidrio como aislamiento del conducto se presenta en tres formas:

- Fiber Glass Duct Liner
- Fiber Glass Duct Wrap
- Fiber Glass Duct Board

4.2 BENEFICIOS DE LA FIBRA DE VIDRIO

Como se mencionó anteriormente, la fibra de vidrio constituye un elemento clave por sus beneficios durante la operación como son la conservación de la temperatura al interior del ducto (ahorro de energía), la condensación, y la reducción del ruido en el interior del espacio acondicionado.

4.2.1 Conservación de Energía

El papel de aislamiento de fibra de vidrio para fabricación de conductos, aislamiento, y revestimiento de este, se ha vuelto aún más importante en el creciente énfasis en la ventilación como un elemento crítico del diseño de edificios. El aumento de los requisitos de ventilación ha tomado importancia en el consumo energético de un edificio, por lo que la eficiencia del suministro de aire de un parámetro de diseño esencial. Al reducir la transferencia de calor a través del sistema de conductos, los ductos de aire en fibra de vidrio permiten a los sistemas de climatización de un edificio suministrar aire acondicionado a una temperatura de diseño sin sobrecargar la fuente primaria de aire.

4.2.2 Reducción del Ruido

Sin aislamiento de fibra de vidrio de tratamiento de aire, el ambiente acústico de edificios mecánicamente acondicionado puede ser muy comprometida, lo que resulta en la reducción de la productividad y una disminución de la comodidad de los ocupantes. Tabla conducto de fibra de vidrio y revestimiento interno del conducto reducir la transmisión de ruido HVAC a través del sistema de conductos. Aislamiento de fibra de vidrio en los sistemas de tratamiento de aire también reduce la transferencia de ruido (cross-talk) de una habitación a otra a través de los conductos

4.2.3 Reducción de condensación

El revestimiento interno en fibra de vidrio en un conducto, envoltura de conductos, y fabricación de conductos en este tipo de material logra reducir la condensación en las superficies del conducto, aminorando de este modo la oportunidad para el crecimiento microbiano, así como otros daños edificio relacionado con la humedad. Se formará condensación sobre cualquier superficie del conducto con una temperatura igual o menor que la temperatura del punto de rocío. La humedad puede permanecer en el lugar o presentarse en forma de goteo, causando daños de humedad y creando un riesgo de contaminación microbiana por la formación de bacterias.

4.3 TIPOS DE FIBRA DE VIDRIO AISLANTE

Existen cuatro tipos de productos de fibra de vidrio con aislamiento para la fabricación de conductos de aire en el mercado hoy en día:

4.3.1 Fibra de Vidrio Duct Line

Este tipo de fibra de vidrio para revestimientos de conductos son mantas o tableros de aislamiento de fibra de vidrio, ya sea con un revestimiento o una esterilla fibrosa en la superficie expuesta a la corriente de aire. Se utilizan como un aislamiento térmico y acústico y se aplican a la parte interior de la hoja de material cuando se fabrican ductos de metal galvanizado con sujetadores de metal y adhesivos. Están disponibles en una variedad de densidades y espesores. En la figura 1 se puede observar claramente como es esta derivación de la fibra de vidrio.

Figura 1. Fibra de Vidrio Duct Liner.



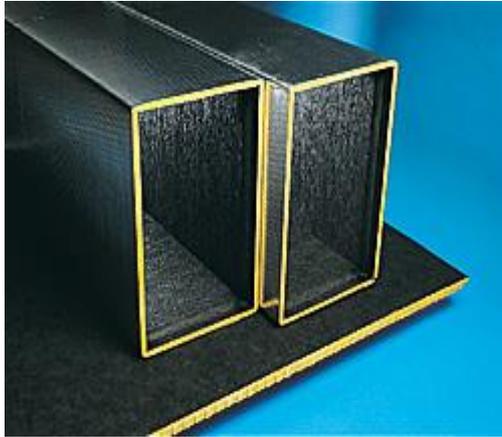
Fuente: CARRIER, Carrier Air Conditioning Company. Manual de Aire Acondicionado. New York. McGraw Hill. (1999) .P56

4.3.2 Fibra de vidrio "Duct Board".

Los conductos de fibra de vidrio se fabrican a partir de 1", 1-1/2" o 2" de espesor de aislamiento a partir de láminas rígidas los cuales se fabrican de fibras de vidrio inorgánicas unidas con resina. Esta unión mantiene las fibras en su lugar a lo largo de la vida de la instalación. Este tipo de fibra de vidrio es muy resistente en los sistemas de aire acondicionado y ventilación en aplicaciones residenciales y comerciales que operan a 2" c.a de presión estática, y hasta 2.400 pies por minuto de velocidad interna.

La figura 2 nos muestra claramente en que consiste este tipo de láminas

Figura 2. Lamina de Fibra de Vidrio “Duct Board”.



Fuente: ASHRAE, The Fundamentals volume of the ASHRAE Handbook, ASHRAE, Inc., Atlanta, GA, USA, 2005. P56

La superficie exterior de la junta se fabrica de aluminio reforzado / o también conocido como laminado kraft el cual funciona como una barrera de aire y retarda el vapor de agua. Las láminas de Fibra de vidrio (duct Board) actúan como un sistema de control de pérdida o ganancia de calor a través de la pared del conducto, ayudan a controlar la condensación de humedad, y son sustancialmente herméticas cuando se fabrican y se sellan correctamente. Los ductos se pueden construir ya sea en el taller del contratista o directamente en el lugar de trabajo.

Los sistemas de ductos fabricados con este material proporcionan beneficios acústicos y térmicos, además de ciertas ventajas económicas y de ingeniería en algunas aplicaciones.

4.3.3 Fibra de Vidrio tipo “Duct Wrap”.

Este tipo de fibra de vidrio se utiliza para el aislamiento de conducto a manera de envoltura y consiste en una manta flexible y elástica, que se aplica al exterior de los conductos de fabricación metálica. Se puede cortar fácilmente y ajustarla para lograr una manta aislante exterior térmicamente eficaces sobre

superficies de conductos rectangulares o redondos, ovoides o de forma irregular. La envoltura aislante se fabrica de manera laminada con una barrera de vapor en su parte externa y está disponible en varios espesores y densidades. Cuando se aplica a la parte exterior de conductos metálicos, este producto controla la condensación y reduce la pérdida o ganancia de calor. En La figura 3 podemos apreciar la forma de este tipo de fibra de vidrio.

Figura 3. Fibra de Vidrio tipo “Duct Wrap”.



Fuente: TRANE, Air Diffusion Council Flexible Duct Performance and Installation Standard, 4th Ed. McGraw Hill, 2003. P98

4.3.4 Fibra de Vidrio de Lámina Comercial

La fibra de vidrio en presentaciones de láminas es de las más comerciales y estas se fabrican en diferentes valores de rigidez, de flexible a totalmente rígida. Están disponibles sin recubrimiento o con recubrimiento. Estas se usan para conductos circulares, rectangulares, ovalados, o de forma irregular, cámaras de aire, refrigeradores, y otros equipos y se utilizan para reducir la pérdida o ganancia de calor a través del conducto, el recinto, paredes o equipos. La figura 4 muestra la presentación de este tipo de fibra de vidrio.

Figura 4. Fibra de Vidrio en Lámina Comercial.



Fuente: JHONSOSN CONTROLS, Calefacción, ventilación y aire acondicionado. Análisis y Diseño, Ed Limusa, México, D.F 2008. P89

5.METODOLOGÌA

5.1. TIPO DE ESTUDIO

El desarrollo de esta sección del trabajo es netamente práctico, un estudio de los métodos técnicos permitirá desarrollar un montaje adecuado. El estudio de herramientas informáticas como software de selección y herramientas manuales como el ductulador permitirán la realización de un diseño acorde a la capacidad real del sistema.

5.2. MÉTODO

La metodología para el diseño e instalación de la red de conductos parte de la experiencia de personal con amplio recorrido en el campo del la refrigeración y el aire acondicionado. Este método de obtención de información basado en los conocimientos adquiridos por el personal de apoyo permitirán un diseño óptimo y correcto de la red conductos.

5.3. POBLACIÓN

La red de conductos de aire será diseñada bajo la supervisión de un ingeniero experto en el tema de consultorías en aire acondicionado, mientras que la fabricación e instalación será realizada por un técnico capacitado por la empresa Fiber Glass en fabricación e instalación de ductos en fibra de Vidrio. Esta persona estará en capacidad de cortar el material en las secciones de acuerdo al plano, armarlas e instalarlas en el sitio siguiendo a cabalidad el plano de diseño.

5.3.1 Fuentes primarias

La información necesaria para fundamentar el diseño se ha obtenido de manuales universales que rigen la ingeniería del Aire Acondicionado, los cuales han sido redactados teniendo en cuenta que todo diseño debe seguir unos lineamientos de ingeniería demostrados y sustentados matemáticamente que permiten corroborar los cálculos rápidos que se pueden realizar a través otro tipo de fuentes más modernas como hojas de cálculo rápido en excel o programas de computadora que aminoran el tiempo de cálculos y diseño de redes de conductos.

5.3.2 Fuentes secundarias

Como fuentes secundarias hemos utilizado la bibliografía propia de cada fabricante, los cuales establecen un método propio para cálculo, fabricación e instalación no muy distante de los estándares internacionales establecidos por los expertos de la materia.

5.4. PROCEDIMIENTO

Recopilación de la información, asesorías técnicas, informes de avance, reuniones de equipo, elaboración del informe final y entrega del anteproyecto y posteriormente el proyecto de grado acompañado de un artículo.

6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

A continuación se detalla las características, requisitos y procedimientos mínimos del laboratorio de refrigeración en cuanto a las necesidades de Aire acondicionado de acuerdo a la carga térmica de refrigeración para la capacidad de acoger personas y equipos dentro del espacio asignado. Como también los procesos de fabricación, instalación de ductos y balanceo de flujo una vez arrancado el equipo para comprobar la eficiencia del diseño de distribución de aire.

6.1 CONDICIONES DE DISEÑO

Las condiciones de diseño de las áreas se definen en los siguientes parámetros:

AMBIENTE ACONDICIONADO

- Temperatura Ambiente 82,4 F- 88 °F
- Temperatura de Diseño 73,4°F
- Humedad relativa (general) 75 F- 55%
- Ambiente Tropical Latitud: 6.21
- Carga Térmica del espacio: 5 TR
- Caudal de Aire: 2000 CFM

CRITERIOS GENERALES	Criterio de ruido	35 - 15 NC
• Velocidad de difusores	400 - 500 FPM	
• Velocidad de rejillas	400 - 500 FPM	
• Velocidad máxima en	Conductos principales	1500 – 2000 FPM
• Velocidad máxima en	Conductos secundarios	1000 – 1500 FPM

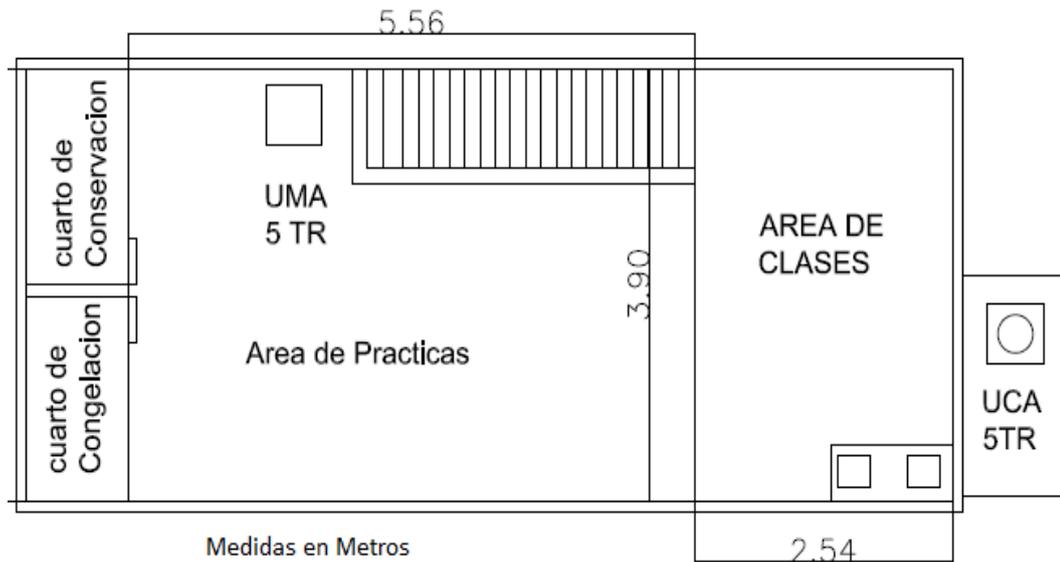
CONDICIONES AMBIENTALES

- | | | |
|--------------------------------------|--------|----------|
| • Temperatura media anual Medellín : | 22.1°C | 365 días |
| • Temperatura máxima media anual: | 29.2°C | 365 días |
| • Temperatura mínima media anual: | 16.3°C | 365 días |

6.2 CARACTERÍSTICAS DEL ESPACIO A ACONDICIONAR

A continuación en la figura 5 se muestran las características del espacio a acondicionar con sus medidas para la distribución del sistema de ductos al interior del laboratorio.

Figura 5. Plano Planta Laboratorio de Refrigeración.



Fuente: Plano realizado en AUTO CAD V2008, Area Laboratorio IUPB.

Fuente: Plano real de diseño laboratorio de Refrigearción y Aire Acondicionado Institución Universitaria Pascual Bravo.

6.3 CONDICIONES DEL MATERIAL USADO PARA LA FABRICACIÓN FIBRA DE VIDRIO.

Se suministrarán conductos y accesorios construidos en lámina de fibra de vidrio rígida donde lo requieran los planos en los sistemas de acondicionamiento con unidades fancoil. Los accesorios serán fabricados de acuerdo a las normas SMACNA y con los refuerzos transversales si son necesarios, para las uniones longitudinales de los conductos se utilizará cinta con refuerzo metálico adhesiva lo mismo que para las uniones transversales, asegurando la hermeticidad y la rigidez. Ubicados al interior del cielo falso, se coordinaran con las instalaciones eléctricas, de iluminación y otras, evitando desvíos y cambios de sección que reduzcan la eficiencia del sistema.

Los colgantes se fabricarán de acuerdo con las normas FIBROUS GLASS DUCT CONSTRUCTION STANDARDS y las especificaciones generales para este tipo de aplicaciones.

6.3.1 Características de la fibra de vidrio para transporte de aire acondicionado.

La fibra de vidrio por su baja conductividad térmica, poca generación de ruido en el transporte de aire acondicionado y su facilidad de corte y agilidad en el

manejo durante la fabricación de ductos de sección rectangular la hace apta para esta aplicación contando con las siguientes características:

- Máxima Velocidad de 2400 a 6000 Pies /minutos
- Presión Estática : +/- 2 in c.a (baja Presión)
- Límite de capacidad Practico 25 TR.

6.3.2 Estándar de fabricación y montaje de ductos en Fibra de Vidrio

En esta sección se define el procedimiento para la fabricación de los ductos en fibra de vidrio que se instalaran en el Laboratorio de Refrigeración.

6.3.2.1 Prefabricación de ductos fibra de vidrio

Tipo: Sección Rectangular

Requerimientos:

- Materiales: Lámina de fibra de vidrio, cinta foil, pegante.
- Herramientas y equipos: Cuchillo (con vaina en cuero), regla.
- Número de operarios: 1 Operario.
- Tiempo requerido: Una hora (10Mts2/Hr.)
- Elemento de protección personal: Gafas, Guantes, Mascarillas. Conos de seguridad y cinta de seguridad para delimitar el área, Bolsa de polietileno para desechos.

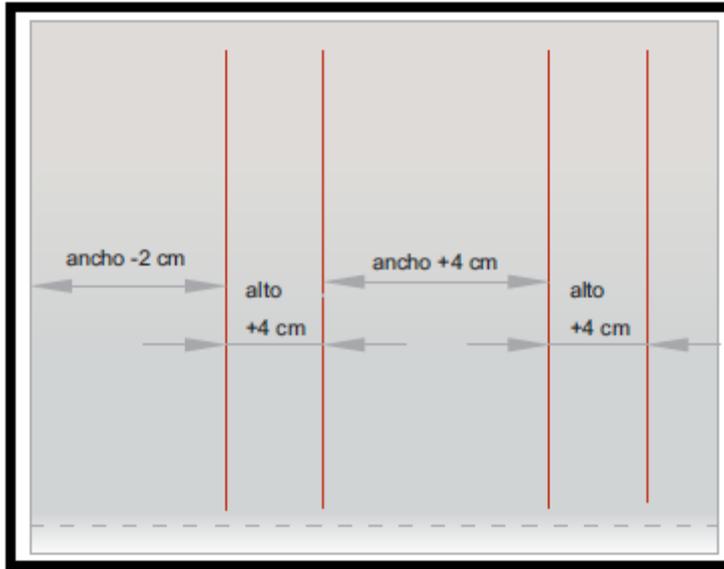
Procedimiento

- Determinar dimensiones de la lámina
- Preparación de las herramientas
- Trazado de líneas guía y cortes

Una vez realizados los pasos anteriores procedemos con la fabricación de los ductos siguiendo los pasos a continuación:

Paso 1: Comenzando por el borde izquierdo y con ayuda de regla y escuadra, hacer las marcas y dibujar líneas guías para el corte, Trazar 4 líneas en el panel a las distancias que marca la figura 6.

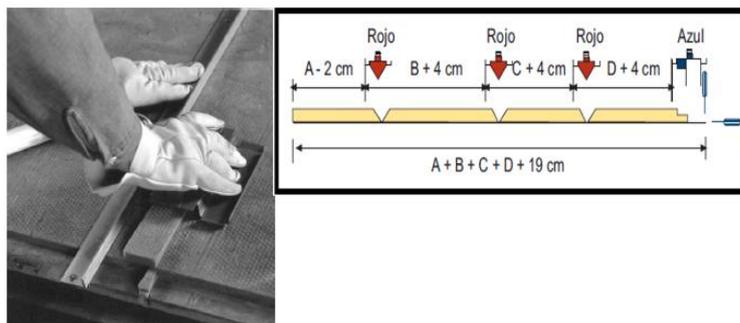
Figura 6. Paso 1 Marcación de Líneas



Fuente: BOTERO, Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado. Prentice-Hall hispanoamericana, 1997.P189

Paso 2: Segundo paso Pasar la cuchilla roja por las tres primeras líneas de izquierda a derecha. La cuchilla debe estar a la derecha de cada línea y el borde de su patín izquierdo debe coincidir con la línea como lo muestra la figura 7.

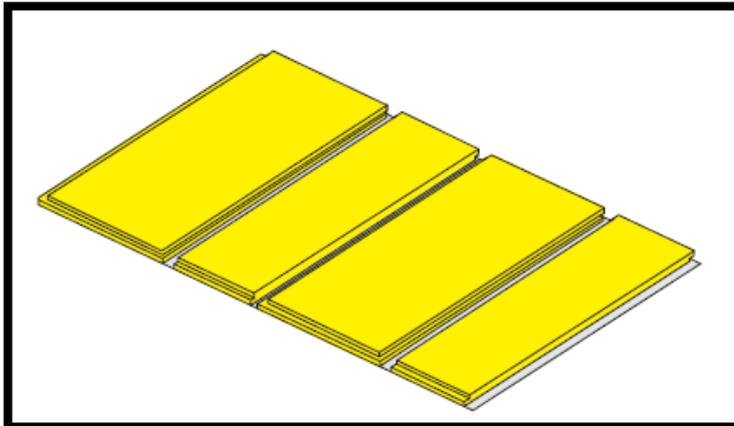
Figura 7. Paso 2 Corte Fibra



Fuente: BOTERO, Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado. Prentice-Hall hispanoamericana, 1997.P190

Paso 3: Por la última línea debe pasarse la cuchilla azul. El sentido de paso es de hembra a macho. La cuchilla debe estar a la derecha de cada línea y el borde de su patín izquierdo debe coincidir con la línea, con el fin de obtener los cortes en la lámina como sigue a continuación en la figura 8.

Figura 8. Paso 3. Corte de fibra #2.

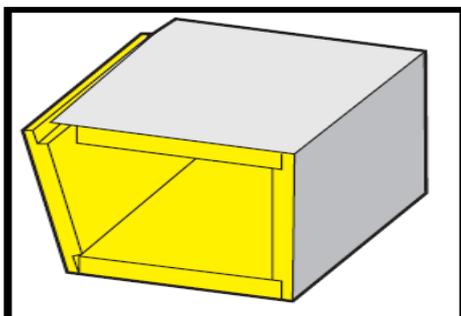


Fuente: BOTERO, Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado. Prentice-Hall hispanoamericana, 1997.P191.

Paso 4: Se pliegan bien los ingletes y se forma un conducto recto grapando el solape de papel. Se recomienda aplastar ligeramente el conducto para grapar para que cuando este recupere su forma rectangular el papel de unión quede bien tensado. Doble la lámina ya cortada para moldear el tramo del ducto. Cerciórese de que las esquinas se doblen en el punto de la línea de centro.

Alinear los bordes cuidadosamente, luego se hala el foil de traslapo lo más lejos posible. Se empuja hacia abajo sobre el punto de sello y se cose con grapas cada dos pulgadas (2"). Después de haber cosido, se procede a completar el sello, cerrando el acople con cinta autoadhesiva de foil de aluminio. Precaución: La superficie donde se aplica la cinta foil debe estar limpia, seca y libre de grasa o sustancia contaminante. Al aplicarse, se debe afirmar con ayuda de una espátula plástica para tener una unión sin burbujas de aire. Finalmente obtenemos un ducto como el mostrado en la figura 9.

Figura 9. Paso 4 Ensamble de ductos



Fuente: BOTERO, Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado. Prentice-Hall hispanoamericana, 1997.P193

Paso 5. Sellado de Ductos.

Los pasos para el sellado de ductos se describen en las figuras 10,11, 12 y 13 como sigue

Figura 10. Acción 1 para sellado de ductos.



Fuente: CEBRIÁN, Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales. DTIE 9.03. ATECYR, 2004.P67

Figura 11. Acción 2 para sellado de ductos.



Fuente: CEBRIÁN, Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales. DTIE 9.03. ATECYR, 2004.P67

Los ductos de aire pueden perder hasta un 20% del aire que distribuyen debido a fugas, agujeros, espacios, y malas condiciones. Y si no son protegidos con un buen aislante, pueden hacer que su sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado trabaje más, aumentando así sus facturas de electricidad. Una de las mejores soluciones es sellar y aislar sus ductos con un sellador de masilla y con cinta metálica.

Figura 12. Acción 3 para sellado de ductos.



Fuente: CEBRIÁN, Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales. DTIE 9.03. ATECYR, 2004.P68

Con el objetivo de evitar fugas de aire se debe de sellar el ducto para garantizar la mayor hermeticidad posible.

Las fugas en los ductos permiten que el aire se escape o introduzca en el sistema de ductos, lo que incrementa sus costos de energía. Las fugas en los ductos de suministro de aire desperdician energía ya que permiten que el aire calentado o enfriado se escape en áreas sin aire acondicionado como espacios angostos o áticos. Las fugas en los ductos de retorno de aire causan el efecto opuesto. Estas fugas permiten que el aire no acondicionado de estos mismos espacios entre al sistema de ductos, mezclando el aire calentado o enfriado en los ductos.

Figura 13. Acción 4 para sellado de ductos



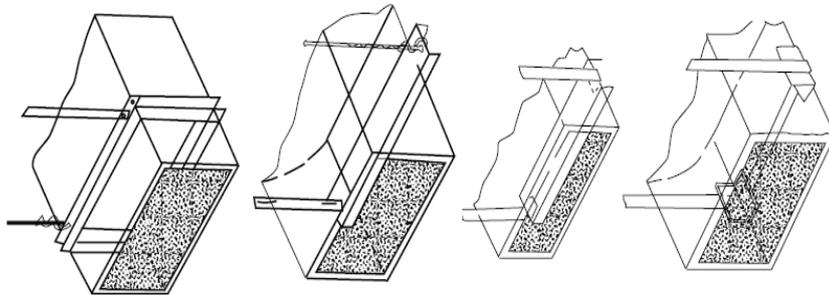
Fuente: CEBRIÁN, Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales. DTIE 9.03. ATECYR, 2004.P69

6.4 INSTALACIÓN DE SOPORTES PARA DUCTOS EN FIBRA DE VIDRIO.

Existen varios sistemas de suspensión que pueden emplearse en un sistema de ductería (Figura No. 14)

- De tornillo o de alambre
- Con tiras de lámina
- Directo del refuerzo
- Con protector para evitar el corte del recubrimiento.

Figura 14. Sistema de soporte par ductos en fibra de vidrio.
Sistema de Suspensión



Fuente: WILLIAM C. Whitman, WILLIAM M. Johnson, Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado, Marcombo, España, 2008. P45

El sistema de ductería debe soportarse, tal y como se indica en la siguiente Tabla 1, donde aparece el espaciamiento de la suspensión entre soportes.

Tabla 1. Espacio entre soportes

Espaciamiento de la Suspensión

Lado más largo del Ducto	Espaciamiento de la Suspensión
0" - 35"	8' Máx. entre centros
36" - 59"	6'
60" y más	4'

Fuente: WILLIAM C. Whitman, WILLIAM M. Johnson, Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado, Marcombo, España, 2008. P46

Para utilizar como trapecio:

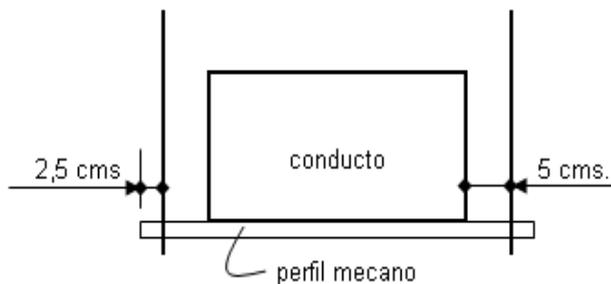
Sera necesario utilizar perfil mecano ranurado medio (22 mm), en conductos en lo que la cara a soportar no sea mayor de 80”.

Perfil mecano ranurado alto (41 mm), en conductos desde 81” hasta 112”.

Conductos por encima de 112” hay que evaluar otro tipo de soporte puesto que el perfil mecano viene hasta 3.0 mts.

La distancia entre un soporte y la cara del conducto será de 5 cms. Y la distancia entre el soporte y el extremo de este será de 2.5 cms.

Figura 15. Soporte para ducto Tipo Trapecio



Fuente: WILLIAM C. Whitman, WILLIAM M. Johnson, Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado, Marcombo, España, 2008. P46

Cuando se soporte un codo, la máxima separación entre soportes será de 2 pies (0.61 mts).

Es importante tener presente estas recomendaciones:

- No debe haber más de una unión transversal entre suspensiones.
- Si el perímetro del ducto no pasa de 80” y no está reforzado, puede haber dos uniones entre los suspensores.
- Debe colocarse de tal forma que sostengan todas las conexiones y accesorios, evitando que las uniones sean sometidas a tensión.
- Se recomiendan los suspensores en forma de canaleta de 1”x2”x1”.
- Los suspensores en tiras o cintas de lámina deben ser calibre 12 ó más. También se pueden emplear varillas de 1/4”.
- Todos los sistemas de suspensión deben tener la capacidad de soportar una carga de tres veces más la carga original. Puede coincidir que el espaciamiento de los refuerzos sea el de la suspensión.

- En este caso, se emplean tiras de 1" calibre 18 o más, las cuales se atornillan a los costados del refuerzo, para sostener el ducto. También puede reemplazarse las tiras por alambre calibre 12.
- Cuando la suspensión se conecta al elemento de refuerzo, la carga debe ser transmitida a los lados y al fondo del refuerzo.
- Para fijar la suspensión a la estructura del edificio, se emplean pines o clavos de acuerdo al material de esa estructura, a fin de evitar corrosión galvánica.

6.5 SELECCIÓN DE DIFUSORES DE SUMINISTRO DE AIRE ACONDICIONADO.

Para algunas personas, un difusor es sólo un pedazo de metal que cubre un agujero en el techo. Los ocupantes no siempre entienden lo que hace el difusor, en cambio, pueden verlo como el mal necesario que sopla aire demasiado caliente o demasiado frío en ellos hora tras hora.

Los fabricantes de difusores a menudo fabrican sus productos basados en el Índice de desempeño del aire del difusor (ADPI). Esta designación ayuda a los contratistas e ingenieros seleccionar el difusor adecuado que hará que los ocupantes estén cómodos, garantizando al mismo tiempo que la ventilación adecuada mezcla se proporciona.

ADPI se define por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y de Aire Acondicionado (ASHRAE) Estándar 113 como el porcentaje de puntos de medición en una habitación que se encuentran dentro de las temperatura de ASHRAE y rangos de velocidad para una mayor comodidad. ADPI se basa en la aceptación y reconocimiento de que no es posible conseguir un nivel de confort de 100 por ciento, pero el 80 por ciento de aceptación es alcanzable y medible. Para un entorno de oficina en el modo de refrigeración, por ejemplo, los diseñadores deben planear tener un ADPI de más de 80. (ADPI no debe ser utilizado como una medida del rendimiento para condiciones de calentamiento).

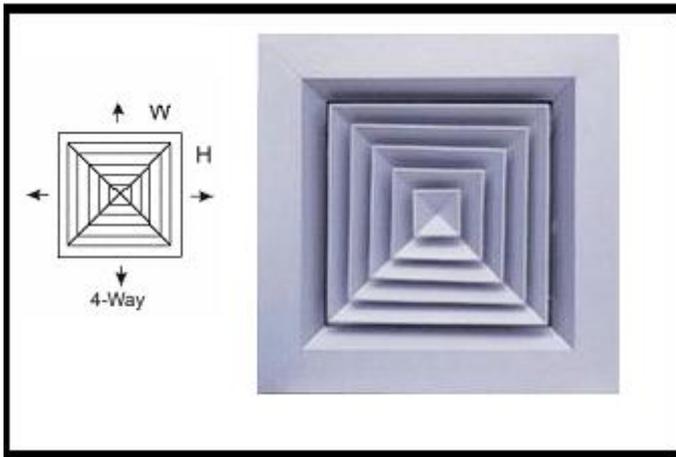
Decidir qué difusor va utilizar en una aplicación puede ser un reto, especialmente cuando el objetivo es lograr un ADPI de 80 o más en todas las condiciones de carga del espacio. Los diseñadores suelen mirar a las características del tiro de un difusor, para que sepan dónde están los puntos de velocidad se encuentran en un ambiente (por ejemplo, cuando en términos de distancia del difusor, la velocidad del aire está afectando a 150 ppm, 100 ppm y 50 ppm).

6.5.1 Difusores de 4 Vías con damper

Estos se utilizan para suministrar aire al nivel del techo. Las cuchillas curvadas desvían el aire en una, dos, tres o cuatro direcciones, dependiendo de dónde se encuentra el difusor. Este difusor es el más adecuado para garantizar una buena distribución de aire en el espacio. Sus medidas se definirán para cumplir con el código ASHRAE.

En la figura 16 podemos ver un esquema de este tipo de difusor, las medidas $W \times H$ se definirán como resultado de este proyecto para garantizar un nivel del confort en la zona superior al 80% como lo indica el código ASHRAE en su estándar 113.

Figura 16. Difusor 4 vías con damper.



Fuente: ASHRAE, The Fundamentals volume of the ASHRAE Handbook, ASHRAE, Inc., Atlanta, GA, USA, 2005.P 3455

6.6 BALANCEO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.

Inicialmente se hará una medición en cada rejilla o difusor del sistema seleccionado, quitando la araña en los difusores con damper abiertos de todos ellos y en las rejillas de retorno también.

La medición se efectúa con el anemómetro, registrando la velocidad en cada rejilla o difusor. Con ésta medición se efectúa el cálculo del caudal ya que se conoce el área de cada elemento de distribución de aire. Estos datos se comparan con los datos aprobados y se toma la decisión de cerrar o abrir las compuertas de volumen, según presenten mayor o menor cantidad de aire en

el ramal medido. Igualmente se ajustan los controles de volumen para cada rejilla o difusor.

Se hace nuevamente la medición del sistema, se calcula y se vuelve a comparar con el plano aprobado.

Estas operaciones se efectúan hasta que los sistemas queden de acuerdo a los planos en cantidades similares.

6.6.1 Herramienta requerida para realizar un balanceo de flujo de aire.

La recomendación inicial para la instrumentación es que cuenten con una calibración no mayor a un año. Asimismo, el listado siguiente presenta el mínimo necesario para realizar las mediciones; sin embargo, en el documento NEBB (sección 6) se puede encontrar de manera más puntual y desglosada toda la instrumentación, según el tipo de balanceo requerido:

- Tubo de Pitot Se utiliza para calcular la presión total, también denominada presión de estancamiento, presión remanente o presión de remanso (suma de la presión estática y de la presión dinámica). Mide la velocidad en un punto dado de la corriente de flujo, no la media de la velocidad del viento
- Termómetro Para medir temperatura de aire (existen varios tipos)
- Caudalímetro Para medir el flujo de agua Valómetro Mide los CFM de los difusores Manómetros Para medir caídas de presión, las cuales se pueden interpretar en flujo (CFM) Multímetro Para medir las variables eléctricas necesarias, ya sea en manejadoras, bombas, entre otras

7. RESULTADOS DEL PROYECTO

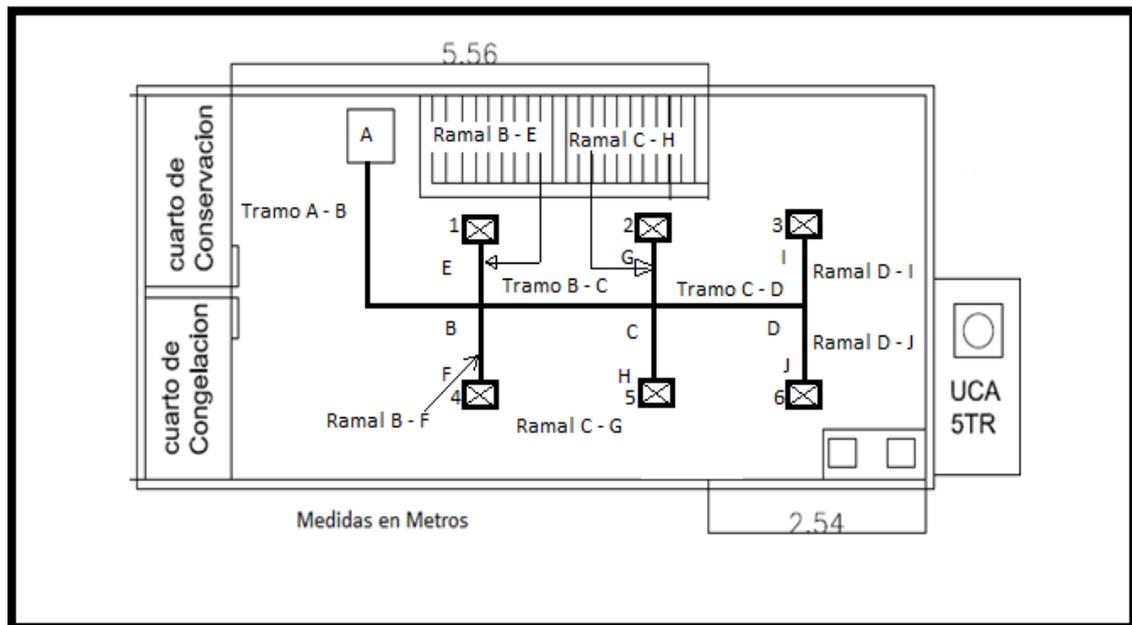
7.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE DUCTOS

En esta sección se definen las dimensiones de los ductos A x B de acuerdo a las necesidades de carga térmica en el espacio del laboratorio de refrigeración.

Recordemos que la carga térmica en el espacio tiene un valor de 5 TR lo que requiere un volumen de 2000 CFM, capacidad de flujo volumétrico instalada en el equipo del laboratorio capacidad de enfriamiento, este será nuestro punto de partida para el diseño.

En la figura 17 se muestra la distribución de los ductos y difusores en el área del laboratorio.

Figura 17. Esquema distribución de aire en el laboratorio de refrigeración IUPB.



Fuente: Diseño en AUTO CAD 2008 Laboratorio de Refrigeración IUPB.

Para los cual calcularemos las dimensiones de los ramales principales AB, BC, CD y las dimensiones de las derivaciones BE, BF, CH, CG, CH, DI, DJ.

Teniendo en cuenta que para los ramales de las derivaciones manejará un caudal de 333 CFM por cada difusor, lo que simplifica los cálculos a un solo ramal de derivación pues los otros ramales transportaran la misma cantidad de

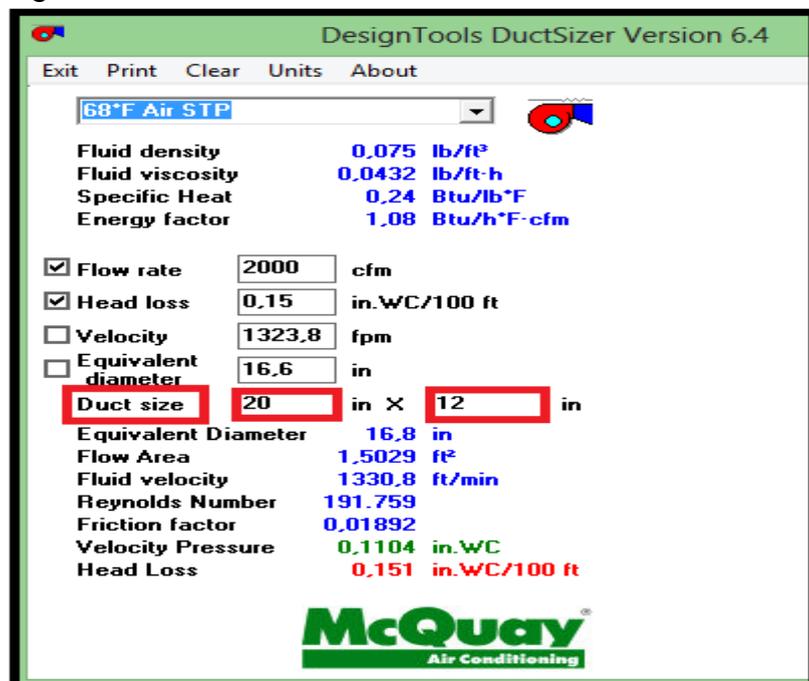
flujo de aire, con una caída de presión de 0,15 in w.a /100 pies (Caída de presión recomendada para fibra de vidrio).

Los cálculos de las dimensiones se realizaran a través del software Duct Sizer de McQuay.

7.1.1 Cálculo del ramal AB

Para el cual se tiene un caudal de 2000 CFM, una caída de presión de 0,15 in wa/100 pies, temperatura de aire 12 °C. En la figura 18 se resumen los resultados, resaltando la dimensión del ducto.

Figura 18. Cálculo del tramo AB.



Fuente: Software Daikin McQuay, Design Tools, Duct Sizer Version 6.4. 2004.

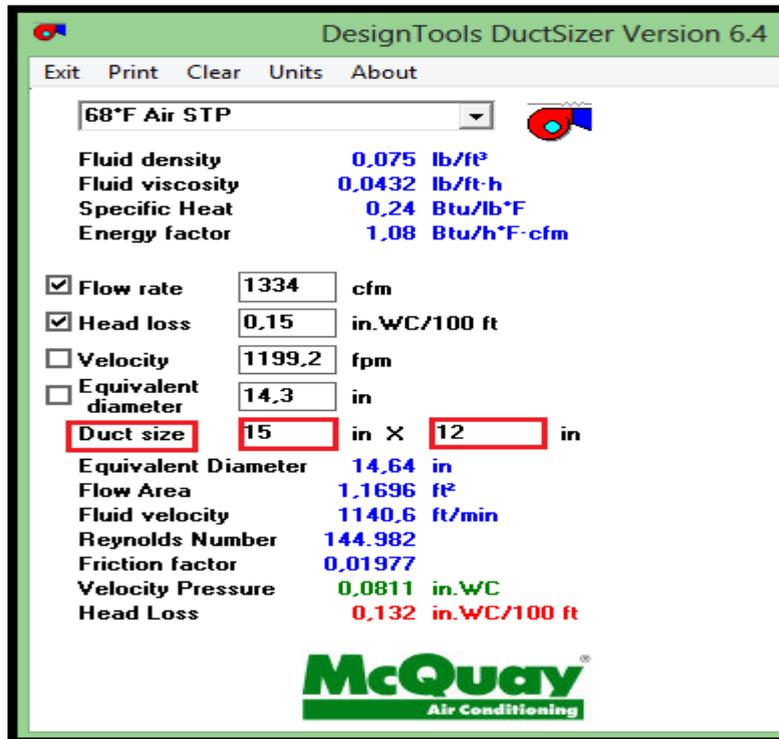
El tamaño de este tramo debe de ser de 20 x12, estas medidas son interiores.

7.1.2 Cálculo ramal BC

El ramal BC transporta un flujo de aire equivalente a 1334 CFM, ya que en los ramales

BE, BF, se han distribuido 666 CFM. (2000 CFM – 666 CMF = 1334 CFM). Por lo que el área del ducto y sus dimensiones deben de calcularse teniendo en cuenta esta extracción. El cálculo a través del software se puede ver en la figura 19.

Figura 19. Cálculo tramo BC



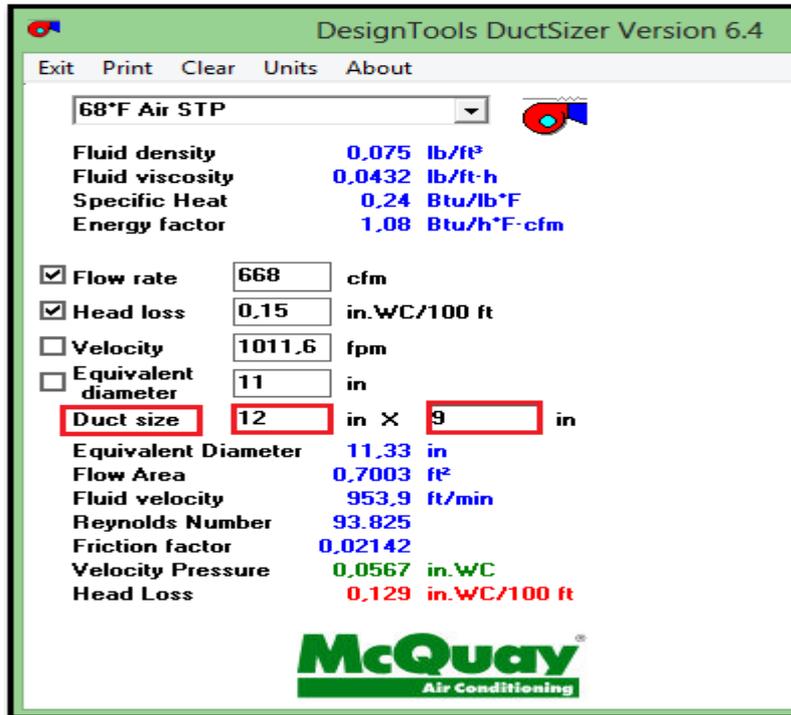
Fuente: Software Daikin McQuay, Design Tools, Duct Sizer Version 6.4. 2004.

Las dimensiones del tramo BC deben de ser de 15" x 12", medidas internas del ducto.

7.1.3 Cálculo ramal CD

El tramo CD lleva un cauda equivalente a 668 CFM, ya que en los ramales CG, CH se distribuyeron 666 CFM; 333 CFM por cada difusor. El cálculo de las dimensiones debe de hacerse para un caudal de 668 CFM, en la figura 20 se ilustran los resultados para este tramo usando el software McQuay.

Figura 20. Cálculo dimensiones tramo CD



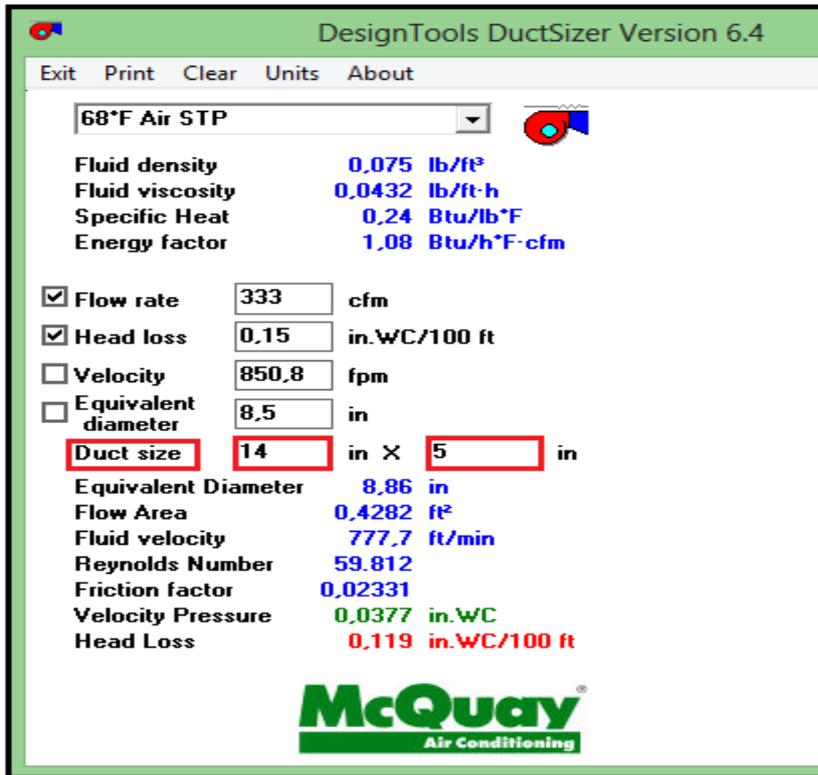
Fuente: Software Daikin McQuay, Design Tools, Duct Sizer Version 6.4. 2004.

Las dimensiones del tramo CD deben de ser 12 x 9, medidas internas.

7.1.4 Cálculo de Ramales BE, BF, CH, CG, CH, DI, DJ.

El flujo de aire a través de los ramales BE, BF, CH, CG, CH, DI, DJ, es igual, el cual corresponde a un flujo de 333 CFM/difusor, lo que da un total de 2000 CFM aproximadamente. Por lo que calcular las medidas de uno solo para conocer la del resto de los ramales es válido y suficiente como lo indica la figura 21.

Figura 21. Cálculo de dimensiones ramales BE, BF, CH, CG, CH, DI, DJ.



Fuente: Software Daikin McQuay, Design Tools, Duct Sizer Version 6.4. 2004.

Las dimensiones de las derivaciones BE, BF, CH, CG, CH, DI, DJ deben de tener una medida de 14" x 5", las cuales son interiores.

Los resultados de las dimensiones de cada ramal se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Dimensiones de los ramales.

Ramal	Caudal CFM	Lado A Pulg	Lado B Pulg
AB	2000	20	12
BC	1334	15	12
CD	668	12	9
BE	333	14	5
BF	333	14	5
CG	333	14	5
CH	333	14	5
DI	333	14	5
DJ	333	14	5

Fuente: Tabla realizada en Excel 2010.

7.2 DIMENSIONAMIENTO DE DIFUSORES 4 VÍAS CON DAMPER.

La selección de los difusores debe de realizarse teniendo en cuenta el caudal de aire de los ramales BE, BF, CH, CG, CH, DI, DJ, a los cuales les corresponden los difusores 1, 2, 3, 4, 5, 6 respectivamente, a través de los cuales se suministrarán 333 CFM de aire y debe de distribuir en las 4 direcciones cardinales dentro del laboratorio.

Para este dimensionamiento usaremos la tabla 3, la cual usa como parámetros de selección el caudal de aire a suministrar y el tipo de difusor.

Para nuestro caso los parámetros son:

- Caudal de aire a suministrar: 333 CFM
- Tipo Difusor: Difusor de suministro 4 vías con damper. DS4VCD

Tabla 3. Selección de Difusores

RANGO DE FLUJO DE AIRE	RS1HCD	RS1HSD	DSAM4VCD	DSAM4VSD	RRAFSD	RRAFCD
0-80 CFM	6"x6"	6"x6"	6"x6"	6"x6"	6"x6"	6"x6"
90-100 CFM	8"x6"	8"x6"	8"x6"	8"x6"	8"x6"	8"x6"
110-220 CFM	10"x6"	10"x6"	8"x8"	8"x8"	10"x6"	10"x6"
230-270 CFM	12"x6"	12"x6"	10"x10"	10"x10"	12"x6"	12"x6"
280-340 CFM	12"x6"	12"x6"	12"x12"	12"x12"	14"x6"	14"x6"
350-360 CFM	14"x6"	14"x6"	12"x12"	12"x12"	16"x6"	16"x6"
380-450 CFM	16"x6"	16"x6"	12"x12"	12"x12"	24"x6"	24"x6"

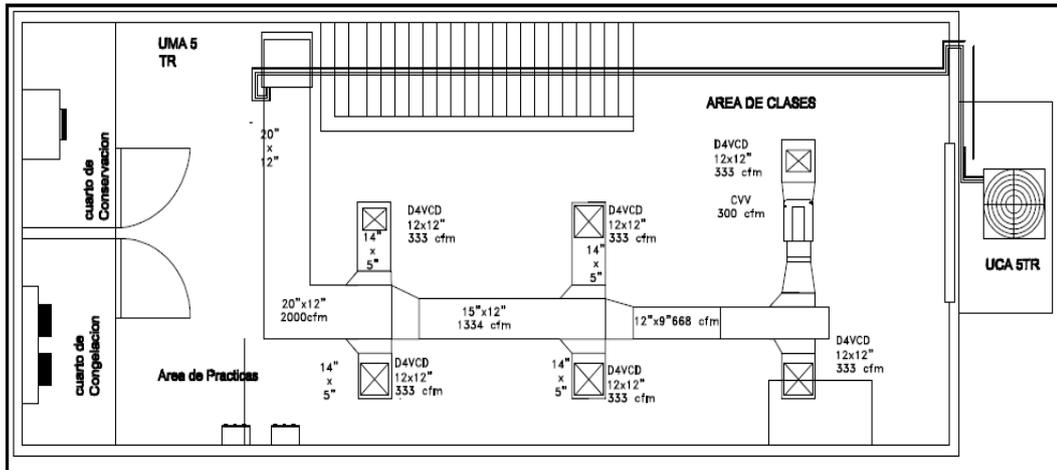
Fuente: SERVIPARAMO S.A, www.serviparamo.com/ Notas Técnicas de instalación.

7.3 PLANO FINAL DISTRIBUCIÓN DE DUCTOS

Según los cálculos realizados a través del software Mac Quay y la selección de los difusores se diseñó la red de conductos junto con los elementos finales de

distribución (difusores 4 vías con damper). El diseño se puede observar en la figura 22.

Figura 22. Plano distribución de ductos.



Fuente: Plano final, diseño de distribución de ductos. Realizado en AUTO CAD 2008.

7.4 Reporte fotográfico fabricación, instalación y aspecto final de la obra.

La siguiente fotografía ilustra algunas etapas del proceso de instalación de ductos y rejillas en el laboratorio de refrigeración.

Figura 23. Fotos reales montaje Laboratorio de Refrigeración.



Fuente: Fotografías del montaje. Tomadas en mayo de 2013.

CONCLUSIONES

La selección del material para la fabricación de ductos puede simplificar o hacer más difícil el procedimiento de fabricación de estos, por tal motivo la fibra de vidrio es el material más adecuado para la construcción de ductos pues hace este proceso más rápido y ágil durante su etapa de diseño.

Los ductos en fibra de vidrio generan menos ruido debido a las velocidades del aire en su interior y minimizan la transferencia de calor del medio exterior hacia el aire acondicionado.

Los difusores de 4 vías con damper permiten una distribución uniforme en el espacio acondicionado debido a la característica de construcción que permite suministrar aire en las 4 direcciones.

El uso de un software para el cálculo de ductos simplifica las tareas de diseño y proporciona información relevante como la velocidad del aire en pies por minuto (FPM), caída de presión, número de Reynolds, los cuales pueden ser útiles si se desean realizar otro tipo de cálculos en el sistema como la generación de ruido.

RECOMENDACIONES

El diseño de los sistemas de ductos fabricados en fibra de vidrio debe de realizarse teniendo en cuenta una caída de presión constante de 0,15 in w.a.

La fabricación de ductos debe de hacerse con la herramienta adecuada y certificada por los fabricantes de fibra de vidrio, que garanticen un corte perfecto y la generación de superficies aptas para su unión.

Los ductos deben de sellarse con cinta foil para evitar fugas de aire y así desperdicios de energía eléctrica.

Los soportes durante la instalación se han de instalar de acuerdo a los estándares internacionales que definen la distancia mínima entre soporte y soporte para evitar fallas estructurales en el sistema de ductos.

Los difusores deben de seleccionarse de acuerdo a los flujos de aire acordes al diseño, ya que una medida inadecuada genera mala distribución del aire y ruidos molestos para los ocupantes del espacio.

BIBLIOGRAFIA

CARRIER, Carrier Air Conditioning Company. Manual de Aire Acondicionado. New York. McGraw Hill. (1999).

ASHRAE, The Fundamentals volume of the ASHRAE Handbook, ASHRAE, Inc., Atlanta, GA, USA, 2005.

HVAC Systems -- Duct Design, 3rd Ed., SMACNA, 1990.

TRANE, Air Diffusion Council Flexible Duct Performance and Installation Standard, 4th Ed. McGraw Hill, 2003.

JHONSOSN CONTROLS, Calefacción, ventilación y aire acondicionado. Análisis y Diseño, Ed Limusa, México, D.F 2008.

BOTERO, Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado. Prentice-Hall hispanoamericana, 1997.

MIRANDA Ángel Luis; JUTGLAR Banyeras Luis, técnicas de refrigeración, Marcombo, 1ª ed. 2009.

WILLIAM C. Whitman, WILLIAM M. Johnson, Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado, Marcombo, España, 2008.

CEBRIÁN, Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales. DTIE 9.03. ATECYR, 2004.