 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# **MÓDULO DE AIRE ACONDICIONADO ENFOCADO A LA FILTRACIÓN DEL AIRE**

José Felipe Pinzón Sánchez

Pedro Pablo Pérez Pérez

Programa Académico

Tecnología electromecánica


Director(es) del trabajo de grado

Daniel Sanín Villa

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**Fecha**

**20/05/2019**


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## RESUMEN

---

El diseño y montaje de este módulo representa la innovación y algunos conocimientos adquiridos en la institución, aplicándolos en este caso en el módulo de aire acondicionado del laboratorio de fluidos, este consiste de un ducto en el cual se encuentran filtros de diferentes porcentajes de eficiencia e instrumentos de medición de temperatura, humedad y presión, además de un dámper con el cual se varia de forma manual la cantidad de aire que circula proveniente del evaporador del banco de aire acondicionamiento ya instalado, lo cual pretende ampliar el campo de estudio de estos sistemas ofrecidos por la universidad, beneficiando a estudiantes de pregrados, posgrados y diplomados relacionados a sistemas de aire acondicionado.


Además, se presentan planos constructivos del módulo y de los elementos instalados para el soporte de este. También, las respectivas fichas técnicas de los instrumentos usados para realizar mediciones, pensando en el futuro mejoramiento de este sistema.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## RECONOCIMIENTOS

---

Agradecimiento a los profesores Daniel Sanín villa y Adrián Felipe Martínez en servir de asesores y guías en el proceso de realización del proyecto de grado y al laboratorista Juan Sebastián Tabares Bedoya por brindar continuamente instrumentos e ideas que permitieron facilitar el desarrollo del proyecto de grado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


# ACRÓNIMOS

CFM: Cubic feet per minute.


CDA: Centímetros de agua.

# TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1 Generalidades.....	6
1.2 Objetivo general .....	6
1.3 Objetivos específicos.....	7
1.4 Organización del proyecto .....	7
2. MARCO TEÓRICO .....	8
3. METODOLOGÍA .....	14
3.1 Reconocimiento del actual equipo de aire acondicionado.....	14
3.2 Estado de la cabina de acrílico .....	15
3.3 Estado del ventilador .....	16
3.4 Estado del dämper .....	17
3.5 Termohigrómetros.....	18
3.6 Filtros de aire .....	19
3.7 manómetros .....	20
3.8 Anemómetro .....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1 Vistas del nuevo banco de aire acondicionado .....	23

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

4.2 Componentes .....	23
4.2.1 Dámper .....	23
4.2.2 Termohigrómetro .....	24
4.2.3 Filtro tipo panel .....	25
4.2.4 Manómetro .....	26
4.2.5 Anemómetro .....	27
4.3 Practica de laboratorio experimental-teórico del banco de aire acondicionado .....	27
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	31
5.1 Conclusiones .....	31
5.2 Recomendaciones .....	32
5.3 Mantenimiento .....	33
5.4 Detección de daños y reparación .....	36
REFERENCIAS .....	38
ANEXOS.....	40

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# 1. INTRODUCCIÓN

---


## 1.1 Generalidades

Los sistemas de aire acondicionado son usados para aumentar el confort en cierto espacio, esto implica modificar las características normales del aire, siendo las más comunes la temperatura, la humedad y la contaminación presente. Esto se realiza mediante un sistema que según la necesidad modifica uno o varios atributos del aire exterior para entregar un aire con nuevas características, en este caso disminuye la cantidad de contaminación provocada por partículas sólidas flotantes presentes en el aire, las cuales afectan perjudicialmente al sistema respiratorio, esto se realiza gracias una serie de filtros por los cuales se obliga a fluir al aire.

Mediante este módulo se trata de modificar y optimizar el funcionamiento del equipo de aire acondicionado del laboratorio de fluidos. Este trabajo se realiza con la intención de mejorar la capacidad del equipo para mejorar la calidad del aire respecto a las partículas sólidas flotantes, permitiendo analizar a la comunidad estudiantil los efectos que se presentan en este tipo de sistemas.

## 1.2 Objetivo general

Consiste en el diseño y elaboración de un módulo para analizar el comportamiento de los filtros de aire acondicionado con diferentes niveles de eficiencia. Este producto beneficiara a la comunidad ITM, para realizar prácticas de laboratorio en termodinámica, refrigeración, maquinas térmicas, mecánica del medio continuo, mecánica de fluidos y fortalece las instalaciones para ofrecer cursos de extensión en acondicionamiento de aire.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### 1.3 Objetivos específicos


Diseñar y construir un sistema que permita retirar partículas sólidas flotantes del aire que fluye por este equipo, además de analizar didácticamente los fenómenos que se presentan en este proceso.

Realizar planos del módulo y fichas técnicas de los instrumentos instalados que permitan una futura optimización del equipo.

Diseñar una práctica de laboratorio que permita utilizar el módulo de filtración de aire para fines de aprendizaje.

### 1.4 Organización del proyecto

Se inicia realizando un reconocimiento de las condiciones actuales del equipo, luego se analiza el ventilador instalado en el equipo con la intención de hallar fallas, se observa que este no satisface la cantidad mínima de CFM deseados (la cual es de 250 CFM) por lo que al ventilador ya existente se le cambia el aspa y se logra obtener 300 CFM, luego se inicia la construcción e instalación del nuevo módulo respecto al diseño propuesto y finalmente, se evalúa completamente el módulo para asegurar su correcto funcionamiento. Todo lo nombrado en esta sección se explica de forma más detallada posteriormente.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 2.MARCO TEÓRICO

---

### **William Carrier (1876-1950)**

En 1902 William Carrier Fue la persona que sentó las bases del aire acondicionado moderno y el concepto de climatización.

A partir de un problema que tenía un impresor neoyorquino con las condiciones del papel impreso debido a la variación de calor y humedad, fue esto lo que despertó en Carrier la curiosidad para resolver el problema. Diseñó una máquina que controlaba la humedad por medio de tubos enfriados, convirtiendo a esa máquina en la primera climatizadora de la historia.


El funcionamiento actual del aire acondicionado se basa en 3 principios fundamentales que son:

- El calor se transfiere del cuerpo más caliente al más frío.
- Al ocurrir un cambio de estado de líquido a gaseoso se presenta una interrupción en el aumento de calor solo durante el cambio de estado.
- Existe una relación directa entre la presión y la temperatura de un gas cuando el volumen es constante.

### **Como ocurre la transferencia de calor**

El producto de laboratorio realizado es considerado un sistema cerrado porque este intercambia solo energía con el entorno, pues al pasar el aire por el serpentín el cual tiene refrigerante interiormente, el calor del aire mediante contacto se transfiere al serpentín y es absorbido por el refrigerante sin que haya un intercambio de materia, puesto que en ningún momento el refrigerante se mezcla con el flujo de aire. La transferencia de calor anteriormente explicada ocurre de tal forma porque cuando dos sistemas o cuerpos están



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


interactuando entre si y poseen temperaturas diferentes tienden a estabilizarse en un equilibrio térmico, en el que el sistema con mayor energía térmica transfiere calor al otro sistema hasta que ambos tengan la misma temperatura, esto se conoce como el principio cero de la termodinámica.

### **Comportamiento del calor durante la vaporización**

El calor es una de las formas en las que se puede presentar la energía, cuando a una sustancia se le transfiere energía se produce una excitación de las moléculas que conforman dicha sustancia, esta excitación provoca un aumento en la vibración de la materia, la cual a su vez se presenta como un aumento de calor dado por las colisiones entre átomos, cuando esto se presenta en el proceso de vaporización, es decir, cuando se pasa de estado líquido a gaseoso, el aumento de calor se interrumpe porque la energía se usa para realizar el cambio de estado, por lo que en la misma temperatura se puede encontrar la sustancia en estado líquido y/o gaseoso, al terminar la vaporización si se le sigue transfiriendo energía aumentara de nuevo la temperatura, ya que la energía ya no está siendo consumida por el cambio de estado.

### **Relación entre la temperatura y presión de un gas cuando el volumen es constante**

Cuando un gas se encuentra contenido en un recipiente de volumen constante se presenta una relación directamente proporcional entre la presión y la temperatura absoluta que posee el gas, esto ocurre porque al aumentar la temperatura las moléculas se excitan y el gas intenta expandirse, pero al ser obligado por el recipiente a mantener un volumen constante se produce un aumento en la presión proporcional al comportamiento de la temperatura, esto es conocido como la ley de Gay – Lussac la cual fue manifestada a principios del 1800.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### **Cómo funciona un equipo de aire acondicionado**


Cuando se establece un tratamiento del aire lo que se busca comúnmente es mantener un control simultaneo de la temperatura, humedad, pureza y la distribución del fluido en el espacio que se busca climatizar para que responda a las exigencias requeridas de acondicionamiento, por lo que solo es necesario modificar las características que permitan satisfacer las necesidades de la situación específica.

Cuando se produce el ciclo de refrigeración el líquido refrigerante se pone en circulación con el fin de reducir o mantener la temperatura que se encuentra en un espacio deseado por debajo de la del ambiente exterior; con este proceso se extrae calor de un sitio para llevarlo a otro, este ciclo se repite durante el proceso de acondicionamiento y se conoce como ciclo de refrigeración. Este ciclo comprende cuatro procesos fundamentales, descritos a continuación:

**Compresión:** En esta parte se obliga al vapor proveniente del evaporador a entrar en el condensador mediante un compresor, se presenta un aumento de temperatura y presión.

**Condensación:** En este proceso, se produce una reducción de la temperatura del refrigerante y se condensa el vapor con el fin de regresar al refrigerante a estado líquido.

**Expansión:** El líquido pasa a la válvula de expansión la cual establece la diferencia entre la presión de baja y la presión de alta, esta posee internamente una pequeña cantidad del mismo tipo de refrigerante usado en el ciclo de refrigeración para calibrar la apertura y cierre de la válvula puesto que, a medida que se enfría el refrigerante contenido en el bulbo de la válvula, esta se cierra disminuyendo la cantidad de refrigerante que fluye hacia el evaporador, en igual medida cuando aumenta la temperatura esta se abre permitiendo un mayor paso de refrigerante.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


Evaporación: En el evaporador se realiza la transferencia de calor, absorbiendo este del aire que circula por el serpentín dando como resultado el enfriamiento de dicho flujo de aire.

### **Comportamiento de los filtros de aire**

Los filtros de aire son elementos que permiten separar partículas sólidas que se encuentran en el fluido que circula a través de dichos filtros, esto se realiza con el fin de purificar el aire a las condiciones requeridas ya que, el aire altamente contaminado afecta negativamente el sistema respiratorio y provoca corrosión en las maquinas que poseen sistemas de ventilación.

Los filtros se diseñan principalmente para el cumplimiento de tres características básicas las cuales son: la capacidad de acumulación la cual representa la cantidad de partículas que puede retener antes de terminar su vida útil, la eficacia de filtrado valorada de acuerdo al porcentaje del peso de las partículas que atraviesan al filtro respecto al peso total de las partículas aplicadas hasta finalizar la vida útil, además, el porcentaje se asocia al tamaño de los poros del filtro, a mayor porcentaje de eficiencia menor es el tamaño del orificio por donde circula el aire y la pérdida de carga se refiere a la presión que pierde el fluido debido a la fricción del aire con el ducto y los filtros, un filtro nuevo tiene una pérdida de carga menor en relación a uno que tenga más tiempo, puesto que al ser mayor la saturación del filtro, aumenta la fricción y en consecuencia hay mayor caída de presión.


Es importante aclarar que todos los filtros de aire indican el sentido en el cual circula el aire a través de estos, comúnmente mediante una flecha donde la parte trasera señala por donde ingresa el aire y la cabeza indica por donde sale, es decir, la dirección del movimiento del fluido es igual a la dirección hacia donde apunta la cabeza de la flecha, instalar el filtro con el sentido opuesto disminuye la capacidad de acumulación y la vida útil del filtro, ya que en este sentido se satura prematuramente, además, estos poseen un límite máximo de CFM el cual es indicado por el fabricante y depende de la geometría del diseño y de los materiales con los cuales fue construido.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### **Velocidad y coeficiente de fricción factores de gran importancia**

La velocidad del flujo de aire en un sistema de aire acondicionado es de gran importancia, debido a que se tienen que garantizar unas condiciones para evitar principalmente crear flujos turbulentos, estropear los filtros por exceso de velocidad y el deterioro prematuro provocado por la corrosión, estos problemas se presentan en mayor medida en fluidos de baja viscosidad y alta velocidad, tratándose de un sistema de aire acondicionado es preferible mantener una baja velocidad de circulación del aire para favorecer el flujo laminar, disminuir la corrosión provocada por la velocidad con la que impactan las partículas solidas presentes en el aire a los diferentes componentes del sistema y mejorar la transferencia de calor del sistema. La velocidad del flujo de aire depende principalmente de la forma del conducto y la fuerza con la que se empuja el aire.

En el caso específico del producto de laboratorio, el flujo de aire suministrado es de baja velocidad el cual no supera los 300 CFM, además se modifica mediante la apertura y el cierre del dámper que permite interrumpir parcial o totalmente la circulación del aire, permitiendo operar el equipo sin riesgo de afectar la integridad de los filtros instalado y obteniendo un flujo laminar, también se optó por usar acrílico para la construcción del ducto, siendo este un material con bajo coeficiente de fricción, y manteniendo ángulos entre 180° y 135° lo cual, según un artículo de investigación publicado por la Universidad Politécnica de Cataluña mediante el boletín INTEXTER es óptimo respecto al coeficiente de fricción entre el acrílico y el acero a una velocidad de 100 metros por minuto, lo cual es igual a 328,1 CFM, a dicha velocidad y con un ángulo de 135° el coeficiente de fricción es 0,31 y conservando la misma velocidad con un ángulo de 180° el coeficiente de fricción es 0,36. En dicho artículo se concluye que para la composición de 100 % acrílico respecto a todas las velocidades analizadas el ángulo más adecuado es 135° y que el coeficiente de fricción es afectado de forma insignificante al cambiar el material con el cual interactúa el acrílico.


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### **Humedad en sistemas de aire acondicionado**

La humedad juega un papel decisivo en lo que se refiere a todos los sistemas de aire acondicionado, el solo hecho que se encuentre presente en la atmósfera es motivo necesario para determinar su incidencia en los procesos o sistemas de estudio, en este tipo de sistemas el exceso de humedad suele provocar en mayor medida un aumento en la energía consumida por el compresor, ya que el exceso de humedad incrementa la temperatura de descarga la cual no debe sobrepasar los 100 grados Celsius, ya que en este punto hay una alta probabilidad de falla del compresor. Por lo anteriormente explicado es importante que todos los sistemas de aire acondicionado posean instrumentos de medición de temperatura que permitan darle seguimiento al comportamiento de dicha variable.

### **Importancia de la presión de alta en un sistema de aire acondicionado**

El control de la presión en los sistemas de aire acondicionado permite establecer las condiciones de operación adecuadas que permitan el funcionamiento seguro y eficiente del sistema, esto es de suma importancia pues el exceso de presión no solo puede ocasionar daños en el equipo si no causar lesiones a las personas, comúnmente en estos tipos de sistemas las fallas se presentan en la presión de alta, ocasionando una disminución del rendimiento del compresor, recalentamiento y daño prematuro de este, es recomendable realizar mediciones periódicas para darle seguimiento, especialmente luego de realizar mantenimiento o algún tipo de modificación al compresor o condensador del sistema, ya que al ser manipulados estos aumenta considerablemente la ocurrencia que una falla relacionada con la presión.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 3. METODOLOGÍA

---

### 3.1 Reconocimiento del actual equipo de aire acondicionado

Al momento de comenzar el proyecto se reconocen los componentes y el funcionamiento del equipo de aire acondicionado ya existente en el laboratorio.

Para diseñar, construir e instalar el nuevo módulo al equipo de aire acondicionado ya existente, fue necesario rediseñar el módulo de acrílico para ocupar el menor espacio posible, ya que el espacio disponible era muy limitado. También se realizaron cálculos y análisis simples para determinar la compatibilidad entre el equipo ya instalado y el nuevo módulo.


A continuación, se consultaron los diferentes elementos del equipo respecto a su ficha técnica y se confirmó su correcto funcionamiento. Además, se revisó su estado actual respecto a la presión y temperatura, siendo todos valores esperados, con lo cual se concluyó que, a pesar del desgaste presente en algunos componentes, el funcionamiento del equipo es correcto y seguro.

Se revisó el estado actual de los tramos de tubería usados en el equipo y del sistema eléctrico que lo alimenta, confirmando que no se presentan fugas ni fallas eléctricas.

Al realizar un chequeo visual de la cabina de acrílico se observan algunos aspectos por mejorar por lo que se decide modificar, siendo la mayor modificación el sellado de esta que permite el correcto direccionamiento del aire, además, el nuevo diseño de la cabina de acrílico con los respectivos módulos será desmontable, permitiendo realizar de forma rápida y sencilla actividades de mantenimiento y reparación.

#### **Pasos en la modificación de la cabina de acrílico**

- Se tomaron medidas precisas de la cabina de acrílico ya existente.
- Se diseñó una tapa de acrílico que permitiera adaptar el nuevo módulo al equipo de aire acondicionado sin afectar el funcionamiento de este.


	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Se utilizaron láminas de acrílico de 5 milímetros de espesor, ya que se llegó a la conclusión de que el acrílico de 3 milímetros de espesor usado en la antigua cabina no era suficientemente resistente para soportar la continua manipulación del equipo, al ser el nuevo módulo en su mayoría desmontable y teniendo este que soportar el peso de todos los elementos contenidos.
- Se fijaron las láminas de acuerdo con lo planteado en los planos constructivos, asegurándose que estas soportaran el esfuerzo mecánico producido por el peso del propio módulo y todos los instrumentos que lo componen.
- La cabina que se va a utilizar para realizar la adaptación del módulo de trabajo es la que se muestra en la siguiente figura.

### 3.2 Estado de la cabina de acrílico



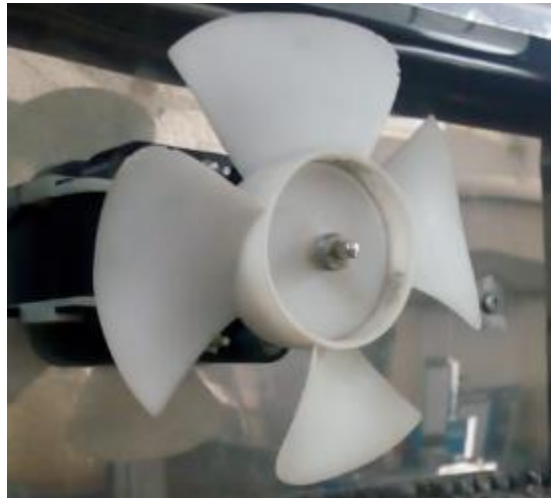
**Figura 1.** Toma de aire, sensor de temperatura y cabina con ventilador al que se le adaptará el módulo de trabajo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Al realizar el diagnóstico se observó que tiene una fisura en la parte superior izquierda visto desde una perspectiva frontal, por lo que se procedió a sellar la superficie afectada con silicona acética, además, la lámina de acrílico de dimensiones 492mmX455mmX5mm se reemplaza por una nueva con las modificaciones correspondientes para garantizar que se adapte a las condiciones óptimas para realizar el censo de las distintas variables que se estudian dentro del módulo del proyecto.

### 3.3 Estado del ventilador


El ventilador que se utiliza para suministrar la cantidad de CFM deseados se encuentra instalado en el módulo, a este solo fue necesario cambiarle el aspa plástica.



**Figura 2.** Ventilador que suministra la cantidad de flujo requerido en CFM.

Se examinó el banco de aire acondicionado para determinar la cantidad de flujo dado por el ventilador que se encuentra dentro de la cabina de acrílico, se utilizó una cartulina para direccionar el flujo en el interior de esta y tomar una medición estimada utilizando un anemómetro, el resultado de la medición fue 300 CFM, por lo tanto, el ventilador cumple con la cantidad de CFM mínima requeridos para abordar el proyecto, sin embargo, es necesario determinar un análisis más detallado una vez que se encuentren acondicionado



	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


con todos los componentes del módulo para establecer la selección de otro ventilador que expulse el aire y permita determinar mejores rangos en la medición de variables. En la imagen se muestra el procedimiento para la medición del flujo de aire del ventilador.



**Figura 3.** Ducto de cartulina adaptado al ventilador para medir la cantidad de flujo suministrado por el ventilador y anemómetro que realiza la medición en CFM.

### 3.4 Estado del dámper

El dámper que se utiliza dentro del módulo de trabajo fue elaborado a la medida por la empresa LAMINAIRE, este fue diseñado para que se adaptara a las condiciones de funcionamiento requeridas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27




**Figura 4.** Dámper de dimensiones 6X6 pulgadas que regula el flujo de aire.

Con el propósito de facilitar el acople mecánico se modificó tanto la parte frontal como la trasera del marco para poder adaptarle los módulos portables correspondientes y evitar que se presente fugas de aire, además, con esta modificación se reduce el peso que el dámper ejerce sobre las piezas con las que se realiza el acople (modulo del ventilador, modulo del termohigrómetro y manómetro).

### 3.5 Termohigrómetros



**Figura 5.** Termohigrómetros para medir la temperatura y humedad relativa

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


Los termohigrómetros LCD digital con sonda tienen un rango de temperatura entre  $-30^{\circ}\text{C}$  y  $70^{\circ}\text{C}$  con una resolución de  $0.1^{\circ}\text{C}$  y una precisión de más o menos  $1^{\circ}\text{C}$ , también un rango de medición de humedad relativa entre 10% a 99% RH con una resolución del 1% y una precisión de más o menos 5%.

### 3.6 Filtros de aire



**Figura 6.** Filtros de aire.

Los filtros fueron fabricados a la medida por la empresa Colfes S.A, tienen unas dimensiones de 6X6X2 pulgadas, son de tipo panel, además, las condiciones de diseño fueron de una eficiencia, de izquierda a derecha para el primer, segundo y tercer filtro del 30%, 60% y 90% respectivamente, con una caída de presión de 0.1 CDA que afecta a cada uno.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### 3.7 Manómetros

Para la selección del manómetro se tuvo en cuenta que tuviera una medida de baja presión debido a que los filtros generan poca caída de presión y que la resolución fuera lo más pequeña posible con el fin de brindar una mayor exactitud, el manómetro seleccionado es el siguiente.




**Figura 7.** Manómetros marca RITHERM.

El manómetro cuenta con una resolución de 0.5 pulgadas de agua, una exactitud de 2.5% y un rango de medida de 0-15 pulgadas de agua, también indica la medida en milésimas de bar.

### 3.8 Anemómetro

El anemómetro seleccionado cuenta con una pantalla LCD, presenta un rango de velocidad del viento de 0-30 m/s. Este anemómetro ya se encuentra disponible en el laboratorio de fluidos por lo que no fue necesario comprarlo.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27



**Figura 8.** Anemómetro medidor de velocidad de flujo de aire (mercado libre, 2019).


## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

Respecto al antiguo banco de prácticas de aire acondicionado del laboratorio de fluidos, se logró mejorar y ampliar las aplicaciones del equipo, acercando este a un equipo de aire acondicionado más real y completo, manteniéndolo didáctico, sencillo y comprensible para la comunidad estudiantil, lo cual les permite comprender fácilmente los efectos que se presentan en este tipo de sistemas ya que, mediante la ampliación del equipo se busca profundizar en el conocimiento mediante el análisis de la comparación entre los resultados experimentales obtenidos didácticamente y los calculados teóricamente, fortaleciendo así los conocimientos teóricos adquiridos en las diferentes asignaturas relacionadas ofrecidas por la institución.

A pesar del límite de espacio disponible para el desarrollo del proyecto y el límite de presupuesto financiero destinado a la materialización de este, se logró cumplir con los objetivos satisfactoriamente.

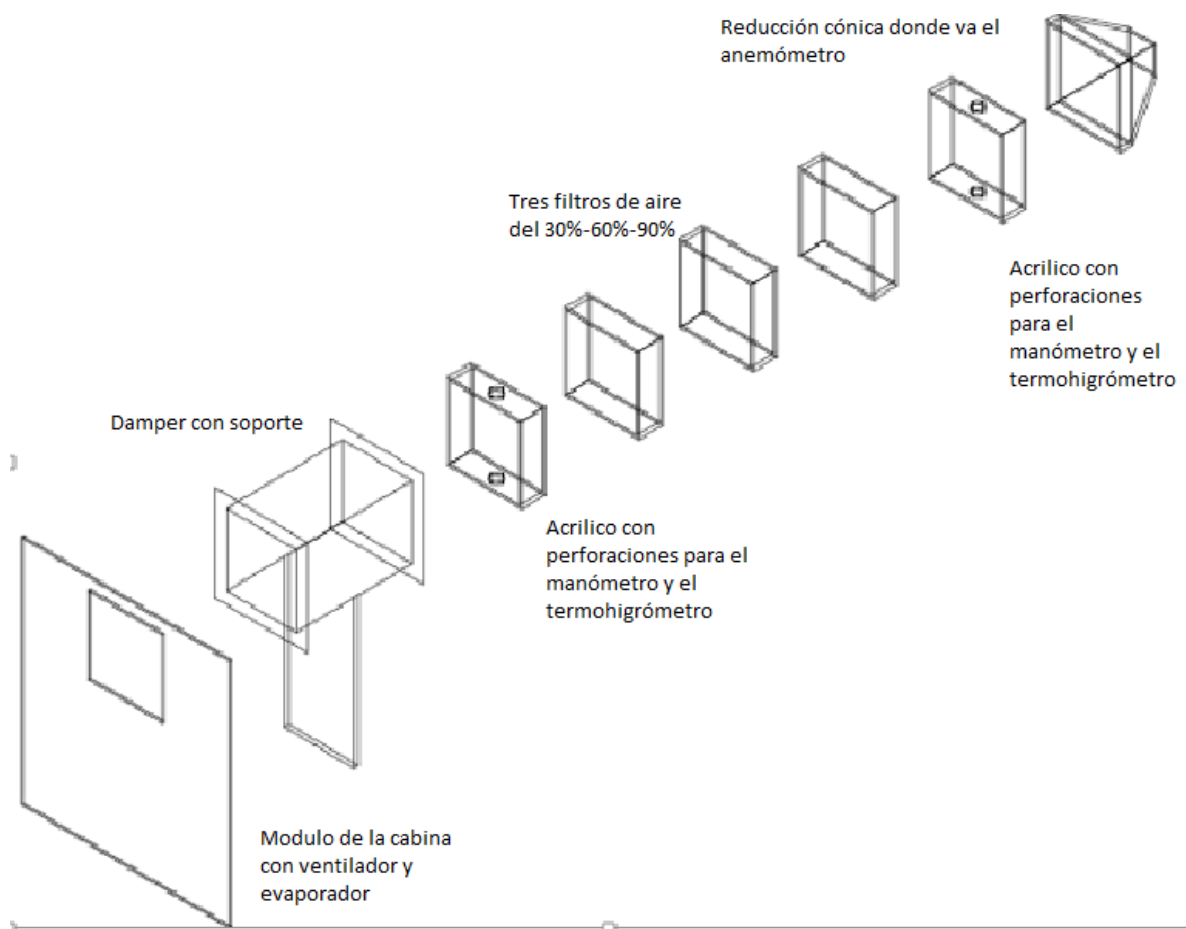
Finalmente partiendo del sistema ya instalado en el laboratorio junto con el nuevo módulo se presenta el plano del nuevo equipo realizado en el software AUTO CAD. A continuación, se presentan las vistas del nuevo equipo de aire acondicionado.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


## 4.1 Vistas del nuevo módulo del banco de aire acondicionado.

### Vista isométrica

En la vista explosionada se puede visualizar el módulo del banco del equipo de aire acondicionado dando una idea general de la construcción e instalación.



**Figura 8.** Vista Explosionada del nuevo módulo del banco de aire acondicionado. Fuente propia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 4.2 Practica de laboratorio experimental-teórico del banco de aire acondicionado

En esta sección se presenta una posible práctica de laboratorio, donde se empleen los principios físicos que se encuentran disponibles en el nuevo módulo de filtros de aire acondicionado:

NOMBRE DEL ALUMNO \_\_\_\_\_

### MATERIALES:

-Filtros aire acondicionado de diferentes calidades desmontables (ubicados en el módulo de filtros para aire acondicionado).

-Anemómetro.

-Módulos termo higrómetro y manómetro (ubicados en el módulo de filtros para aire acondicionado).

-Bata de laboratorio.

-Equipo de aire acondicionado (específicamente el ventilador del evaporador).


### COMPETENCIA:

-Identificar y comprender el funcionamiento y correcta instalación de los filtros para aire acondicionado.

- Comprender el funcionamiento del banco de aire acondicionado y el comportamiento de las variables de presión, temperatura, humedad relativa y velocidad.

### Conceptos básicos previos:

- Sistemas de unidades de presión, temperatura y humedad relativa.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

-Eficiencia de filtración.

Procedimiento metodológico:

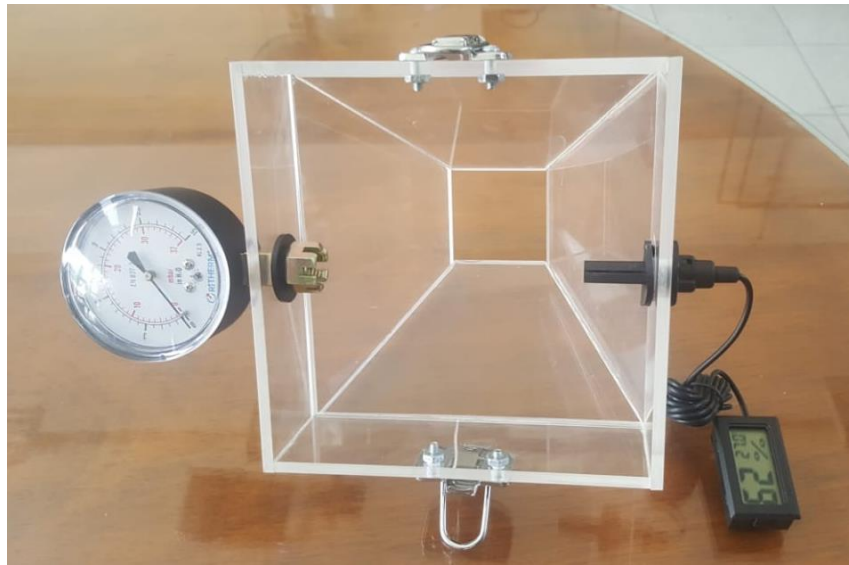
- Identifique (sin encender el banco) cada uno de los filtros de aire acondicionado, la eficiencia y el sentido en el que deben de ser instalados, asegurándose de que la flecha que indica el sentido en el que debe circular el aire apunte siempre en dirección opuesta al banco de aire acondicionado.



**Figura 9.** Componentes del módulo de filtros

- Retire por medio de los broches la reducción de acrílico que va al final del módulo teniendo cuidado de no golpear el termohigrómetro o manómetro instalados en esta.






**Figura 10.** Reducción de acrílico junto con el módulo del termohigrómetro y manómetro.

- Desmunte cada filtro por medio de los broches y de una pequeña descripción del estado físico en el que parece estar cada filtro teniendo en cuenta la saturación que presenta cada uno.



**Figura 11.** Filtros de diferente calidad con broches y acrílico.


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Active el breaker que está en tablero eléctrico para energizar el banco, una vez energizado se activara la iluminación del indicador denotado como SISTEMA ON, seguidamente mueva el interruptor de control hacia la derecha, dejándolo en la posición AUTO.



**Figura 12.** Indicador de encendido e interruptor de control de tres posiciones.

- Una vez desmontados e identificados se procede a acoplar cada filtro individualmente o el acople de todos los filtros según sea el caso, seguido por los módulos termo higrómetros, manómetros y reducción, a través de la instrumentación ubicada en el módulo y anemómetro, tome los datos en la tabla 1 y la tabla 2.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27




**Figura 13.** Acople de los tres filtros junto con la reducción y los módulos del manómetro y termohigrómetro.

-Abrir el dámara a 90° para hacer todas las mediciones que se piden anteriormente.



**Figura 14.** Dámara abierto en una posición de 90° respecto a la posición de reposo (totalmente cerrado).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


1. Registro de datos de filtros de aire acondicionado:

TABLA 1.

<b>Eficiencia filtros (%)</b>	<b>Presión antes (in H2O)</b>	<b>Presión después (in H2O)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad Relativa (%)</b>	<b>Velocidad (CFM)</b>
<b>30</b>					
<b>60</b>					
<b>90</b>					

Tabla 2.

<b>Configuraciones por probar</b>	<b>Presión antes (in H2O)</b>	<b>Presión después (in H2O)</b>	<b>Caida de presión</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad Relativa (%)</b>	<b>Velocidad (CFM)</b>
<b>30 y 60</b>						
<b>60 y 90</b>						
<b>30 y 90</b>						
<b>30-60 y 90</b>						
<b>90-60 y 30</b>						

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


2. Realizar gráficos de temperatura vs caída de presión (Diferencia entre la presión del manómetro más cercano al banco y la presión del manómetro que se encuentra más alejado del banco de prácticas) para cada uno de los filtros, analice y compare cada una de estas gráficas. Explicar para cada filtro el cambio de humedad relativa teniendo en cuenta el porcentaje de calidad para cada uno de ellos.

3. Realizar gráficos de velocidad vs temperatura para cada uno de los arreglos de los filtros, analice y compare cada una de estas gráficas.

4. analice a partir de cada arreglo de filtros la velocidad que mide el anemómetro y realice una gráfica de velocidad vs humedad relativa. Compárela con la gráfica anterior.

Auto evaluación:

- ¿Qué dificultades tuvo para analizar el funcionamiento del equipo?
- ¿considera que es apropiado el uso de broches para cada uno de los filtros?
- ¿tiene alguna sugerencia que enriquezca la practica?

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---


### 5.1 Mantenimiento

Los filtros de aire son un componente muy importante para garantizar que se mantengan las condiciones de las variables a analizar (presión, temperatura, velocidad de flujo, etc.), igualmente, el dámper, los termo higrómetros, los manómetros y el anemómetro necesitan estar en óptimas condiciones para garantizar un buen funcionamiento, debido a que la alteración de uno de los parámetros de los componentes anteriormente citados podría causar alteración en la medición.

Para elaborar un buen mantenimiento a estos equipos es necesario tener unos conocimientos previos sobre el material que los compone, la forma correcta de desmontarlos, las variables que miden para calibrarlos en caso de que se configuren, por lo tanto, es necesario determinar unos protocolos a seguir ante cualquier evento que limite su correcto funcionamiento, de la siguiente forma.

#### **Protocolos de mantenimiento para filtros de aire**

- Verificar que el sistema esté apagado, es decir, que el ventilador no se encuentre girando.
- Desabrochar los filtros.
- En una vasija con agua caliente echar desengrasante (la cantidad de agua depositada debe cubrir el filtro).
- Echar agua fría hasta que la temperatura del agua llegue a un término medio (tibia).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Antes de sumergirlo es necesario recubrir la parte externa del módulo de acrílico (acrílico y broches) con papel chicle.
- Introducir y sacar el filtro aproximadamente entre 10-12 veces.
- Echar agua fría para retirar el exceso de desengrasante de la fibra.
- Retirar el papel chicle y poner a escurrir hasta que quede seco.


**NOTA:** En caso de no contar con desengrasante, utilizar detergente diluido en agua caliente, además, el mantenimiento debe realizarse 1 vez al mes.

#### **Protocolos de mantenimiento para el dámper**

- Verificar que el ventilador se encuentre apagado.
- Utilizar herramientas en buen estado como pinzas, destornillador, y guantes.
- Con la pinza sostener el eje por la parte externa del dámper y con el destornillador desenroscar los 2 tornillos que sujetan la compuerta al eje.
- Retirar la compuerta y utilizando un trapo lavado con detergente limpiar la parte interna del ducto del dámper, incluido el eje.
- Limpiar la parte externa del dámper con el trapo lavado en detergente.
- En caso de que se presente ruidos al abrir y cerrar la compuerta lubricar con aceite (de cualquier tipo) la parte interna del eje en las esquinas.

#### **Protocolos de mantenimiento para los termohigrómetros**

- Verificar que el ventilador se encuentre apagado.
- En caso de que en la pantalla los valores indicados se visualicen en forma borrosa, es necesario cambiar las baterías.
- Realizar la limpieza con un paño húmedo sin pelusa.
- Asegurarse que no entre agua al interior del indicador.
- No utilizar detergentes que contengan alcohol o elementos abrasivos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


### **Protocolos de mantenimiento para los manómetros**

- Debe hacerse una revisión periódica del instrumento por personal calificado o con conocimientos en metrología.
- Al destapar el equipo se recomienda limpiarlo en la parte interior para visualizar mejor las posibles fallas (mecánicas o desgaste de piezas).
- Para ajustar el manómetro es necesario seguir las instrucciones que recomienda el fabricante.
- Cuando se haga la revisión es indispensable tabular la causa de fallo (aguja floja o desviada de su posición correcta, material extraño en los engranajes, etc).

### **Protocolo de mantenimiento para el anemómetro**

- Verificar que el ventilador se encuentre apagado.
- Encender el anemómetro y comprobar que el sensor que mide el viento gire con baja fricción.
- Que no se aprecien sonidos o vibraciones de las aspas al girar.
- Si las aspas están rotas o dañadas es necesario cambiarlas.
- En caso de que, al momento de estar censando el viento, se pare de repente, debe ser enviado a reparar.



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


## 5.2 Recomendaciones

- El producto de laboratorio propuesto permite gran cantidad de modificaciones respecto a la parte de control y construcción, ya que este fue diseñado para ser fácil y rápidamente desmontable casi en su totalidad, es recomendado para un futuro trabajo, realizarle a este un control manual, semiautomático o automático, en busca de la optimización de este.
- Se puede adaptar el módulo para complementarlo con un estudio sobre la calidad del aire que se encuentra en el ambiente y la forma más óptima de purificarlo.
- El módulo al ser diseñado para montarse mediante diferentes combinaciones de filtros es recomendable agregarle nuevos tipos de filtros para ampliar la capacidad de análisis del comportamiento de estos en sistemas similares.
- Se recomienda trasladar el equipo a un lugar con mayor espacio que permita mayor ampliación y cantidad de modificaciones futuras, ya que el espacio disponible fue una limitación crucial en la realización del producto de laboratorio.

## 5.3 Detección de daños y reparación

### **Ventilador no enciende.**

- Si vibra, pero no gira es probable que solo necesite limpieza, desconectarlo de la toma de corriente y desarmarlo para acceder al motor; Limpiarlo con una brocha y con un trapo con gasolina además de lubricar los bujes.
- Bujes desgastados: Es necesario cambiar el buje, el cambio tiene que ser realizado por un técnico.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Cable de alimentación pelado: Desconectarlo del toma corriente y verificar si no tiene algún corto, si está quemado, se aconseja cambiar el cable y revisar las partes eléctricas para descartar otros daños.

#### **Fisura en el acrílico**


- Tornillos desgastados: medir el diámetro del tornillo y sustituirlo por uno nuevo, en caso de haber grietas sellarse con silicona acética o sustituir la pieza de acrílico.
- Fugas entre láminas de acrílico: verificar que no haya grietas y utilizar ácido de metileno para pegar las piezas.
- Absorción de agua debido a la humedad: Utilizar impermeabilizante acrílico y realizar un control riguroso sobre la pieza, en caso de permanecer la fuga, cambiarla.

#### **El Manómetro no mide**

- Sobrepresiones: utilizar limitadoras de presión e instruir a la persona que va a manejar el instrumento para que haga un uso adecuado del objeto en consideración.
- Corrosión: Utilizar material anticorrosivo para reparar la zona afectada o utilizar separadores de membrana.
- Adhesión de fluido a los conductos: Utilizar obturadores.

#### **Vibración en el modulo**


- Broches sueltos: verificar que el sistema de sujeción se encuentre bien acoplado o verificar si hay un tornillo suelto entre la lámina y el broche.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Soporte desbalanceado: Verificar enclavamiento de los tornillos y realizar el ajuste en caso de que se encuentre suelto.

## 5.4 Conclusiones

- Debido a que no se cuenta con área de trabajo demasiado grande, se dificulta un poco el flujo de aire a lo largo del módulo.
- A medida que se iban realizando las pruebas se encontró que se acumulaba suciedad en las paredes internas de los filtros (fibras), por lo que se bloqueaban las aberturas.
- El bloqueo de las fibras disminuye el flujo de aire, causando que aumente la presión sobre los filtros.
- El flujo máximo que puede suministrar el ventilador del módulo se alcanza cuando la palanca de apertura del dámper realiza un movimiento de 90°, siendo su posición completamente abierta.
- Cuando se estudia el flujo de aire con los tres filtros al mismo tiempo dentro del módulo, se genera una pequeña desviación del flujo laminar, debido al ángulo de inclinación de las distintas fibras que conforman los filtros.
- La cantidad de CFM varía considerablemente cuando la lámina de acrílico que sella la parte inferior del cubo de acrílico que va fijado al dámper se encuentra abierto o cerrado, esto debido a la cantidad de aire exterior que ingresa al sistema bajo ambas condiciones.
- La presión máxima que marcó el manómetro fue una presión de 12 pulgadas de agua y el anemómetro registró una velocidad promedio de 139 CFM con los tres filtros

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

puestos simultáneamente, esas medidas varían proporcionalmente a la saturación de los filtros de aire.

- Los valores de humedad registrados fueron cercanos al 50% y se observó que las medidas de humedad y temperatura tomadas después de los filtros disminuyeron considerablemente respecto a las medidas tomadas en el fluido antes de que este pasara a través de los filtros siendo la humedad relativa la medida con mayor cambio.
- El producto de laboratorio propuesto cuenta con un diseño realizado en AUTOCAD que permite aclarar el producto final mediante los planos detallados de su construcción.

## GLOSARIO

---

### **Eficiencia**

Es la capacidad de ejecución, en este caso indicada en porcentaje, que posee un instrumento para realizar la función para la que fue diseñado.


### **Flujo de aire**

Es la cantidad de flujo que pasa a través de una superficie en una cantidad determinada de tiempo.

### **Saturación**

Se debe a la acumulación de contaminantes en el filtro, cuando esta llega a su capacidad máxima impide el paso adecuado del flujo.

### **Caída de presión**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Es la pérdida de presión que se produce entre las partículas del fluido debido a la fricción que existe entre ellas y la superficie con la que se encuentran en contacto.

### **CFM**

Es una unidad de medida que establece la cantidad de flujo o caudal que está pasando a través de una superficie en un tiempo determinado. En Colombia es la unidad de medida estándar en temas relacionados a sistemas de aire acondicionado.

### **Dirección de flujo en el filtro**

Es la dirección que se establece por parte del fabricante sobre el sentido y la posición optima del filtro, instalar un filtro de aire en sentido opuesto disminuye su eficiencia, el tiempo en el que se satura y la propia vida útil del filtro.

### **Flujo laminar**


Hace referencia al movimiento que experimenta un fluido en forma organizada o paralela al desplazarse en el interior de una superficie. Este tipo de flujo tiene una trayectoria suave, que se conoce como línea de corriente, las líneas de corriente son trazos gráficos para comprender la dirección y el sentido de desplazamiento del fluido.

### **Flujo Turbulento**

Se refiere al movimiento que experimenta un fluido en una forma desordenada, en la que las líneas de corriente no se encuentran definidas. Este tipo de flujo es difícil de controlar debido a que no presenta una dirección y sentido establecido a determinada escala, por lo que en la toma de medidas suele ser caótico.

### **Posición angular**

Cuando se experimenta un movimiento circular es importante determinar el origen y centro de la circunferencia, con estos dos parámetros establecidos, se determina la posición angular en la que encuentra un objeto o una partícula simplemente calculando el ángulo que se forma entre el punto de desplazamiento y el origen.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### **Volumen**

Es una medida métrica escalar que permite determinar el espacio que ocupa un cuerpo en tres dimensiones, siendo en este caso el espacio tridimensional que ocupa el flujo de aire que circula por el sistema.

### **Área**

Es la medida en términos de longitud de la extensión que ocupa una superficie.

### **Fricción**

Es la fuerza de rozamiento que se produce entre dos superficies en contacto, debido a la forma geométrica o propiedades físicas que posee cada una y el sentido de movimiento de una de las superficies respecto a la otra, en este caso se produce fricción entre las partículas del fluido y entre el fluido mismo y la superficie interna del equipo.

### **Temperatura**

Es una magnitud que se asocia a la medición de energía térmica que posee un cuerpo, esto sucede porque los cuerpos poseen partículas que se encuentran en constante movimiento, al colisionar unas con otras se produce energía que se manifiesta en forma de calor.

### **Humedad relativa**


Mide la cantidad de vapor de agua que se encuentra en el aire, asociándose está a una determinada temperatura.

### **Peso**

Medida resultante de la relación entre la masa de un cuerpo y la fuerza de gravedad con la cual es atraído.

### **Peso específico**

Es una medida obtenida al relacionar el peso de un cuerpo con el volumen que ocupa.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### **Altura**

Es la medición de la longitud de un objeto con respecto a una superficie, la medida se traza en forma vertical desde el punto de referencia u origen de la medición hasta la parte más elevada del objeto.

### **Masa**

Es la cantidad de materia que posee un cuerpo u objeto.

### **Densidad**

Es la relación entre la cantidad de masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.

### **Presión**

Es la fuerza que se ejerce sobre una superficie determinada.

#### **Presión atmosférica**

Es la presión ejercida por el aire contenido en la atmosfera terrestre.

#### **Presión manométrica**

Es cualquier presión superior a la atmosférica y es medida por un instrumento que indica la diferencia entre la presión indeterminada y la atmosférica, la cual debe de ser calibrada antes de realizar la medición, ya que esta varía según la altura a la que se encuentra.

#### **Presión absoluta**

Es la presión total que resulta de la suma entre la atmosférica y la manométrica, esta medición es realizada respecto al cero absoluto.

### **Velocidad**

Es una magnitud física que permite determinar la distancia que recorre un objeto en un tiempo establecido.

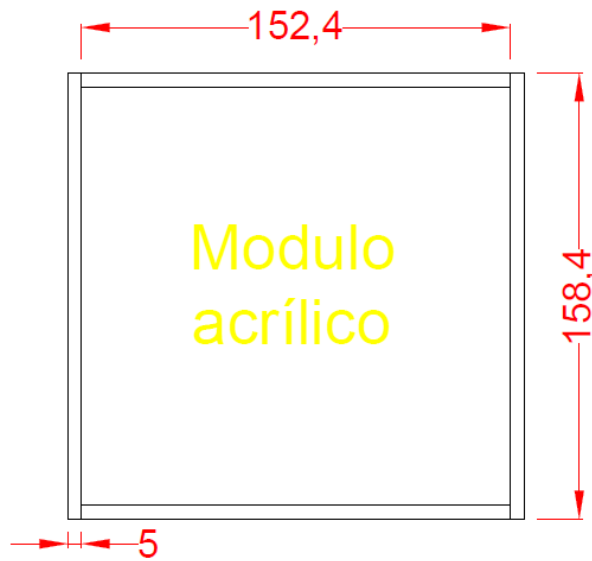
### **Caudal**

Es un término implementado en la dinámica de fluidos, para referirse a la cantidad de fluido que circula a través de una sección transversal en un instante de tiempo determinado.

# APÉNDICE

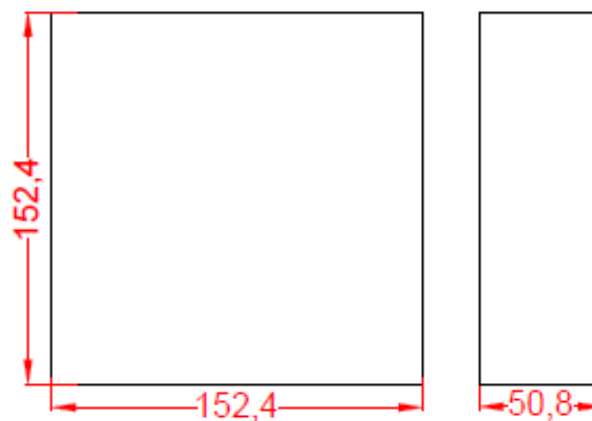
---

## Anexo A. Dimensión del módulo de acrílico.




## Anexo B. Dimensiones de filtros.


filtros 6" x 6" x 2"



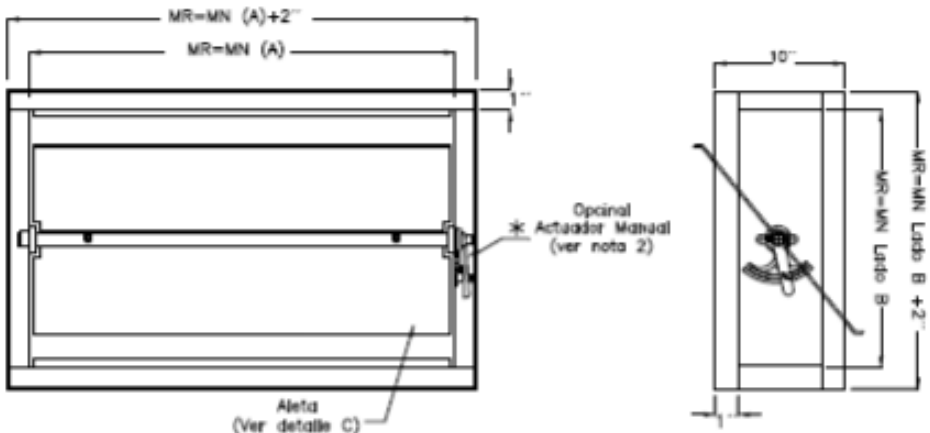


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

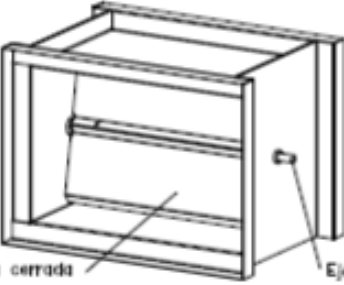
Anexo C. Ficha técnica del dämpen (A=6" B=6").


Submittal

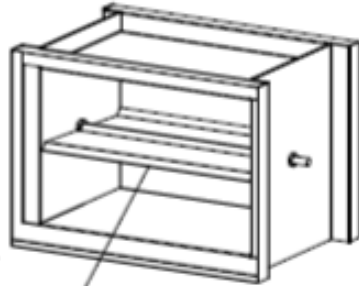
**MODELO L-D25**



Aleta (Ver detalle C)
Opcional \* Actuador Manual (ver nota 2)



Aleta cerrada



Aleta abierta

Eje  $\varnothing \frac{1}{2}$  para el actuador manual o eléctrico (ver nota 2)

**Detalle (C)**


Nota 1: Valido para MN (A)x(B): 6"x6" hasta 30"x16",  
 siempre consultar con ingeniería.  
 Nota 2: Actuador (Opcional) \*Manual o \*\*Eléctrico,  
 la dimensión del eje cambia según el mecanismo..

---

**MODELO L-D25**

Lamina gal. 24

Nombre del proyecto _____	Ingeniero _____
Ubicación _____	Contratista _____

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


**Anexo D.** Plano en AUTOCAD.



Proyecto de  
grado.dwg


**Anexo E.** Ficha técnica de los termohigrómetros.

DIMENSIONES (LxAxP cm)	2.7 x 4.7 x 1.3 cm
PESO (kg)	10 g
COLOR	Negro
MATERIAL	Plástico LCD
CARACTERÍSTICAS	Pantalla LCD MINI con un bajo consumo de energía
RANGO DE TEMPERATURA	-30°C ~ - 70°C
RANGO DE HUMEDAD	10% ~ 99% RH
RESOLUCIÓN DE TEMPERATURA	0.1°C
RESOLUCIÓN DE HUMEDAD	1% RH
PRECISIÓN DE LECTURA DE TEMPERATURA	± 1°C
PRECISIÓN DE LECTURA DE HUMEDAD	±5% RH
FUENTE DE ALIMENTACIÓN	2 Pilas LR44 de 1.5 V

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

**Anexo F.** Lista de precios.


Elemento	Proveedor	Teléfono	Cantidad	Precio unitario	Total
DAMPER L-D-25 6"X6"	confortfresh S.A.S	(4) 6043880 Ext. 1401	1	\$ 75.200,00	\$ 75.200,00
FILTRO AIRE PANAL 6" x 6" x 2" AL 30%	COLFES S.A.S.	PBX 4482566	1	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
FILTRO AIRE PANAL 6" x 6" x 2" AL 60%	COLFES S.A.S.	PBX 4482567	1	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00
FILTRO AIRE PANAL 6" x 6" x 2" AL 90%	COLFES S.A.S.	PBX 4482568	1	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00
Lamina 492mm X 455mm X 5mm	ACRILICOS SERNA	+57(4)4442562	1	\$ 43.000,00	\$ 43.000,00
Lamina 51mm X 444mm X 5mm	ACRILICOS SERNA	+57(4)4442563	4	\$ 6.000,00	\$ 24.000,00
Lamina 51mm X 492mm X 5mm	ACRILICOS SERNA	+57(4)4442564	4	\$ 6.000,00	\$ 24.000,00
Lamina 51mm X 152.4mm X 5mm	ACRILICOS SERNA	+57(4)4442565	6	\$ 3.000,00	\$ 18.000,00
Lamina 51mm X 162.4mm X 5mm	ACRILICOS SERNA	+57(4)4442566	6	\$ 3.000,00	\$ 18.000,00
Lamina 50mm X 152.4mm X 5mm	ACRILICOS SERNA	+57(4)4442567	4	\$ 3.000,00	\$ 12.000,00
Lamina 50mm X 162.4mm X 5mm	ACRILICOS SERNA	+57(4)4442568	4	\$ 3.000,00	\$ 12.000,00
Termohigrómetro	Mercadolibre.com	N/A	2	\$ 15.575,00	\$ 31.150,00
Broches	SUSHERRAJES	5118419	24	\$ 1.875,00	\$ 45.000,00
Anemometro	Mercadolibre.com	N/A	1	\$ 15.900,00	\$ 15.900,00
Manómetros	ROCHA Y LONDOÑO S.A.S	3600641	2	\$ 71.400,00	\$ 142.800,00
Varios			1	\$ 131.300,00	\$ 131.300,00
					\$ 727.350,00

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## REFERENCIAS

---


- Ibertronica. (04 de Agosto de 2014). *CFM*. Obtenido de <https://www.ibertronica.es/blog/car-pc/cfm-ventiladores-caja/>
- Robles Mendoza, Susan. (10 de Mayo de 2019). *Flujo laminar y turbulento*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/SusanRoblesMendoza/flujo-laminar-y-flujo-turbulento>
- Cnice. (28 de Marzo de 2019). *Volumen*. Obtenido de [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93\\_iniciacion\\_interactiva\\_materia/curso\\_materiales/propiedades/volumen.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso_materiales/propiedades/volumen.htm)
- Imedk. (26 de octubre de 2014). *Termohigrómetro*. Obtenido de <https://www.imedk.com/blog/que-es-un-termohigrometro/>
- Fiscalab. (28 de Marzo de 2011). *Temperatura*. Obtenido de <https://www.fiscalab.com/apartado/temperatura#contenidos>
- International. (28 de Marzo de 2011). *Humedad relativa*. Obtenido de <http://www.yachtpaint.com/esp/diy/ask-the-experts/qu%C3%A9-es-la-humedad-relativa.aspx>
- Estela Raffino, Maria. (21 de Diciembre de 2018). *Peso específico*. Obtenido de <https://concepto.de/peso-especifico/>
- Peréz Porto, Julián. (28 de Marzo de 2009). *Altura*. Obtenido de <https://definicion.de/altura/>
- Significados. (07 de Mayo de 2019). *Densidad*. Obtenido de <https://www.significados.com/densidad/>
- Ictfiltración. (14 de Enero de 2012). *Mantenimiento de filtros*. Obtenido de <http://www.ictfiltracioncometblog.com/wp-content/uploads/2011/09/CT14-Manual-general-para-revision-y-mantenimiento-de-filtros.pdf>


	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Filtros de rendimiento. (28 de Mayo de 2018). *Airflow Testing Protocol*. Obtenido de <https://www.knfiltros.com/testmethod.htm>

Efesaro. (12 de Marzo de 2013). *Mantenimiento anemómetro*. Obtenido de [http://efesaro.com/pdf/Guia\\_Mantenimiento\\_iMetos\\_V1.pdf](http://efesaro.com/pdf/Guia_Mantenimiento_iMetos_V1.pdf)

Universitat Politècnica de Catalunya. (2000). *Estudio del comportamiento friccional de hilos acrílicos y sus mezclas con lana y mohair*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/1643>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

FIRMA ESTUDIANTES *[Signature]*  
*[Signature]*

FIRMA ASESOR *David Sosa V.*  
*Entrega final 7/06/19.*

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO \_\_\_      ACEPTADO \_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES \_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_