



LO QUE TODO GERENTE DE FACILITIES
DEBERÍA SABER SOBRE
**LA HERMETICIDAD DE LOS DUCTOS
DE AIRE PARA CUARTOS LIMPIOS**

Cómo garantizar la hermeticidad en los ductos de aire para cuartos limpios



- 03 ● ANTECEDENTES
- 04 ● SUSCEPTIBILIDAD DE LOS CUARTOS LIMPIOS A PRESENTAR FUGAS DE AIRE
- 05 ● ¿CUÁN PERJUDICIAL? PROBLEMAS QUE OCASIONA EL EXCESO DE FUGA DE AIRE
- 06 ● ¿QUÉ SE DEBE HACER ANTE ESTA PROBLEMÁTICA?
- 07 ● RANGOS DE FUGAS PERMISIBLES
- 08 ● EQUIPAMIENTO Y PROCEDIMIENTOS PARA VALIDAR EL NIVEL DE FUGA
- 10 ● GALERÍA DE FOTOS



LO QUE TODO GERENTE DE FACILITIES DEBERÍA SABER SOBRE LA HERMETICIDAD DE LOS DUCTOS DE AIRE PARA CUARTOS LIMPIOS

Cómo garantizar la hermeticidad en los ductos de aire para cuartos limpios

ANTECEDENTES

Fuga: Salida de aire por un orificio o abertura producidos en un ducto

Hermeticidad: Capacidad de un ducto de mantener el aire en su interior sin presentar fugas.

El propósito de los sistemas de aire acondicionado de un cuarto limpio es suministrar suficiente volumen de aire filtrado para mantener el nivel de limpieza requerido. El aire

es introducido a la habitación y se desplaza en su interior de modo que se evite la acumulación de partículas.

El volumen de flujo de aire filtrado hacia el cuarto limpio es mayor en espacios con requerimientos de limpieza más estrictos y menor conforme la exigencia de limpieza disminuye. Usualmente se especifica como la velocidad promedio del aire en una habitación o los cambios de aire por hora (**ACH – Air Changes per Hour**).





SUSCEPTIBILIDAD DE LOS CUARTOS LIMPIOS A PRESENTAR FUGAS DE AIRE

¿Porque son susceptibles los cuartos limpios a presentar fugas de aire?

De manera general las fugas de un sistema de ductos se presentan debido a la presión interior del ducto, principalmente en las uniones entre ductos y equipos, ductos rígidos y ductos flexibles, ductos y rejillas y/o difusores o filtros HEPA (High efficiency particulate air), etc. Por lo que hay que tener un especial cuidado en los materiales y accesorios que se utilizan para realizar las uniones y el sellado de las mismas.

En el caso de la utilización de filtros HEPA terminales, conectados al sistema de distribución de aire, los ductos de inyección están sometidos a presiones internas mayores a las consideradas en instalaciones en donde solamente se usan difusores, esto debido a que el filtro HEPA produce al menos 0.30" C.A. de resistencia inicial (limpio) y hasta 1.0" C.A. (cuando el fabricante recomienda su reemplazo).

CAUSAS:

Mala construcción e instalación de ductos.

Uniones longitudinales: normalmente este tipo de uniones se realizan en un taller o en el patio de la obra, pero al momento del traslado o en el proceso del montaje no se tiene el suficiente cuidado, por lo que las uniones se dañan o "abren", provocando fugas posteriores, esto es crítico sobre todo cuando los ductos ya están aislados y visualmente no pueden revisarse, por lo que es necesario instalar los ductos sin aislamiento para después realizar la prueba de hermeticidad y una vez aprobada, entonces sí, proceder con la instalación del aislamiento.

Nota: se debe de generar reporte escrito firmado por el cliente y el supervisor del contratista en donde se muestre croquis o plano indicando sección de ductos probada y datos de la prueba.

Uniones transversales (unión entre tramos de ductos): Este tipo de uniones puede ser realizada en taller y en obra, especial cuidado se debe tener en el sellado de las uniones para evitar posibles fugas. Existen varios tipos de uniones para ductos, entre las más utilizadas para cuartos limpios está el método de unión bridada, misma que propicia una

instalación casi libre de fugas cuando su instalación es la correcta.

Trabajos sobre ductos en operación.

En muchas ocasiones los accesos no son los ideales, son espacios reducidos, espacios peligrosos donde no existen las condiciones deseadas, por lo que se hace muy fácil tomar la decisión de utilizar los ductos como paso de gato "Cat Walk". Erróneamente pensamos que los sistemas de ductos pueden soportar ese tránsito, ¡pues no! , no están diseñados con ese fin. Cuando utilizamos estos sistemas con ese fin estamos ejerciendo presiones en uniones que crean puntos de ruptura del sello, ocasionando fugas, mismas que en ocasiones no se sienten ya que la gran mayoría de los ductos tienen aislamiento exterior y estas fugas quedarían en el interior (entre lámina y aislamiento).



¿CUÁN PERJUDICIAL? PROBLEMAS QUE OCASIONA EL EXCESO DE FUGA DE AIRE

Partiendo de que los sistemas no operan idealmente, podemos encontrar que los sistemas de ductos tampoco sean herméticos al 100%, ya que por lo general se presentan fugas de aire a lo largo del recorrido del sistema de distribución de aire del sistema HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning).

Los ductos de aire que se utilizan para suministrar, retornar y extraer aire acondicionado de un espacio determinado, por lo general recorren áreas no acondicionadas, como son áticos, falsas paredes, plafones o espacios muy estrechos y reducidos*. La falta de un nivel aceptable de hermeticidad en conductos ocasiona que el aire ya acondicionado se pierda, o en el caso de conductos de retorno, aire sin enfriar y sin filtrar entre al sistema. Esto puede provocar la contaminación tanto de los conductos de aire, como de los espacios limpios y/o controlados.

*Señalando que estos espacios reducidos son puntos con altas concentraciones de suciedad ya que son de difícil acceso y dificultan la limpieza.

Además, las fugas de aire en ductos tienen un impacto económico en la operación del cuarto limpio:

Ductos de suministro con presencia de fugas de aire: se

pierde aire que ya ha sido acondicionado (enfriado, des-humidificado, calentado y/o recalentado, filtrado, etc.), teniendo como consecuencia el desperdicio de energía eléctrica

Ductos de retorno con presencia de fugas de aire hacia el interior de los mismos:

Toma de aire proveniente de un espacio sin acondicionar, sin ningún proceso de filtrado, por lo que afecta directamente la calidad del aire, la vida útil de los filtros y la eficiencia del sistema.

Diversos estudios realizados han demostrado que las fugas en los sistemas de ductos pueden incrementar los costos de calefacción y enfriamiento hasta en un 20% o más. El sellado y la reparación de ductos brindan la oportunidad de ahorros significativos en energía y costos, al mismo tiempo que aumentan la eficiencia de operación. De ahí la importancia entonces de tener un control de estos puntos de fuga, identificarlos y repararlos.



QUÉ SE DEBE HACER ANTE ESTA PROBLEMÁTICA?

Para determinar cuánta fuga presenta el sistema, identificar estos puntos críticos y reparar, se tienen que llevar a cabo varias actividades.

1

Determinar cuanta fuga existe en el sistema.

Comenzamos con una prueba de presurización en ductos, esta prueba determina la cantidad de fuga de aire en el sistema.

2

Identificar puntos de fuga.

Continuamos con una inspección visual y audible de la sección que se encuentre bajo prueba, marcando los puntos donde se presentan las fugas.

3

Reparación de ductos en los puntos indicados.

Algunos sitios muy comunes de fugas son: derivaciones, injertos, uniones entre tramos, uniones longitudinales, etc.

Una vez realizada la reparación, debe llevarse a cabo una segunda prueba de "fuga de aire" o "prueba de presurización" con el objetivo de confirmar la reducción de las fugas de aire.

Nota importante: Para lograr que la revisión, el diagnóstico, las pruebas y la reparación sean efectivas, es fundamental que el personal esté calificado en sistemas de HVAC, los equipos estén calibrados y que al final se entregue un reporte indicando el antes y el después (Planos, fotos, mediciones, etc).



RANGOS DE FUGAS PERMISIBLES

¿Cuánto y cuándo probar?

ASHRAE

(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) 90.1 2010:

6.4.4.2.2

Los ductos que están diseñados para operar a presiones estáticas a partir de 3" C.A y los que estén ubicados al aire libre deben de ser probados según los procedimientos de la industria.

Se recomienda probar secciones representativas, no inferiores al 25% del área total del sistema, considerando que están diseñadas para igual presión de trabajo.

Todas las secciones serán seleccionadas por el propietario o por el representante del propietario.

IECC

(International Energy Conservation Code) 2012:

503.2.7.1.3

... Se recomienda hacer pruebas de fugas de acuerdo con "SMACNA (Sheet Metal & Air Conditioning Contractor's National Association) HVAC "Air Duct Leakage Test Manual"...

IGCC

(International Green Construction Code) V2:

607.4.1

... Se recomienda hacer pruebas de fugas de acuerdo con "SMACNA HVAC Air Duct Leakage Test Manual"...

Algunos creen que realizar la prueba al 100% del área es la única manera de estar seguros, otros plantean que dependiendo de las aplicaciones del sistema se puede decidir entre el 25%, 50% y el 100% del área total.

¿Cuánta fuga es permisible?

Los sistemas de distribución de aire por medio de ductos de lámina no son herméticos y no es recomendable establecer porcentajes permisibles de fuga de aire de manera arbitraria, lo correcto es analizar cada caso en particular, calcular de acuerdo a la presión de los ductos y cumplir con SMACNA.

Todo depende de las características del ducto:

- Tipo de sello.
- Clase de ducto.
- Presiones a manejar.



EQUIPAMIENTO Y PROCEDIMIENTOS PARA VALIDAR EL NIVEL DE FUGA

Muchos auditores de energía han desarrollado varios métodos para las pruebas de hermeticidad de los ductos, estos métodos varían desde métodos rápidos y sucios hasta métodos precisos y de gran confiabilidad.

Todos en el medio deberían familiarizarse con la gama de opciones disponibles:

- Usar solamente un ventilador “blower door”.
- Usar un ventilador “blower door” y un puerto de presión “pressure pan”
- Usar el “Duct Blaster” (Ver imagen No 2) y un ventilador.
- Usar el “Duct Blaster”, un ventilador y la máquina generadora de humo.
- Usar el equipo “ORIFLOW” (Ver imagen No 1) y la máquina generadora de humo. (Recomendado)

Se recomienda utilizar el equipo “ORIFLOW” ya que cuenta con todos los componentes antes mencionados y más:

- Ventilador “blower door” impulsa el aire al interior del sistema.
- Puerto de presión “pressure pan”, mide la presión estática dentro del sistema.
- Ducto para inyección de aire “Duct Blaster” conducto de acero inoxidable.
- 2 manómetros calibrados, el primero mide la presión estática en el plato de orificio y el segundo mide la presión estática en el sistema de ductos.
- 4 placas de orificio calibradas, se utilizan dependiendo del área a probar.
- Variador de velocidad (este es usado para lograr la presión requerida en el sistema a probar).



ORIFLOW (Air Leakage Test Equipment)

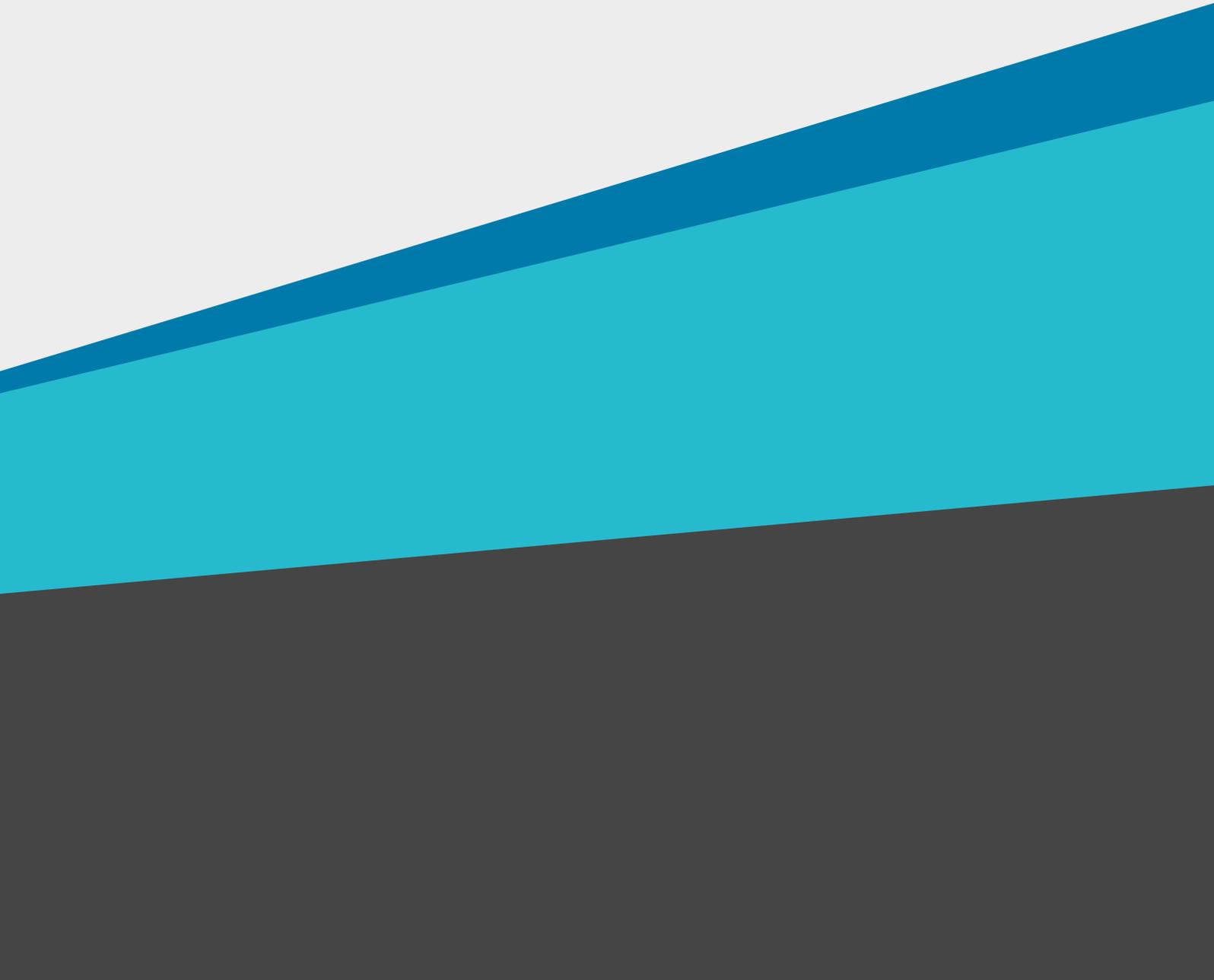


EQUIPAMIENTO Y PROCEDIMIENTOS PARA VALIDAR EL NIVEL DE FUGA

Procedimiento general

1. Utilizando el manual para pruebas del SMACNA (HVAC AIR DUCT LEAKAGE TEST MANUAL) se determina la clase de fuga aplicable al sistema construido
2. Seleccionar tramo de ducto a probar, teniendo en cuenta si se van a probar ductos de inyección, retorno o extracción. Ya seleccionado el tramo a probar, hay que sellar debidamente cada extremo (instalar tapas y sellar).
3. Se calcula el área de lámina que conforma la sección de prueba.
4. Con los valores obtenidos de la característica de los sistemas de ductos y apoyándonos en la gráfica "Duct leakage classification" obtenemos los CFM permisibles / 100FT².
5. Se selecciona el plato de orificio basándonos en los CFM permisibles cuidando que el valor quede ubicado \pm en los valores centrales de la tabla de calibración.
6. Utilizando la tabla del SMACNA (AIR DUCT LEAKAGE TEST SUMMARY) se procede a comenzar la prueba de fuga.
7. Se conecta el equipo de prueba ORIFLOW a la boquilla del ducto a través de una manguera flexible de 5" de diámetro por donde se le inyecta aire al sistema, de igual manera se conecta una manguera de 3/8" de diámetro al mismo para medir la presión dentro del sistema y eléctricamente a un contacto 120 volts. (Ver imagen No 3).
8. Se comienza la prueba accionando el variador de frecuencia para así lograr mantener la presión requerida de prueba en el interior del sistema.
9. Con los dispositivos de medición del equipo ORIFLOW (Ver imagen No 4) se realiza la lectura del diferencial de presión, con este valor entramos a las tablas de calibración de las placas de orificio y obtenemos los CFM reales / 100FT² que está fugando el sistema (Ver imagen No 6).
10. El valor obtenido en las tablas anteriores se compara con el valor de CFM permisibles / 100FT² que se obtuvo en el paso No 4:
 - A) Si este valor es mayor que el valor permisible de fuga, se aplica humo al sistema (Ver imagen No 7) y se detecta los puntos de mayor fuga, se reparan y se repite la prueba.
 - B) Si el valor obtenido es menor que el valor permisible, el sistema cumple, se procede a detectar posibles fugas audibles, en caso de que existan se sellan y se culmina el proceso de prueba.

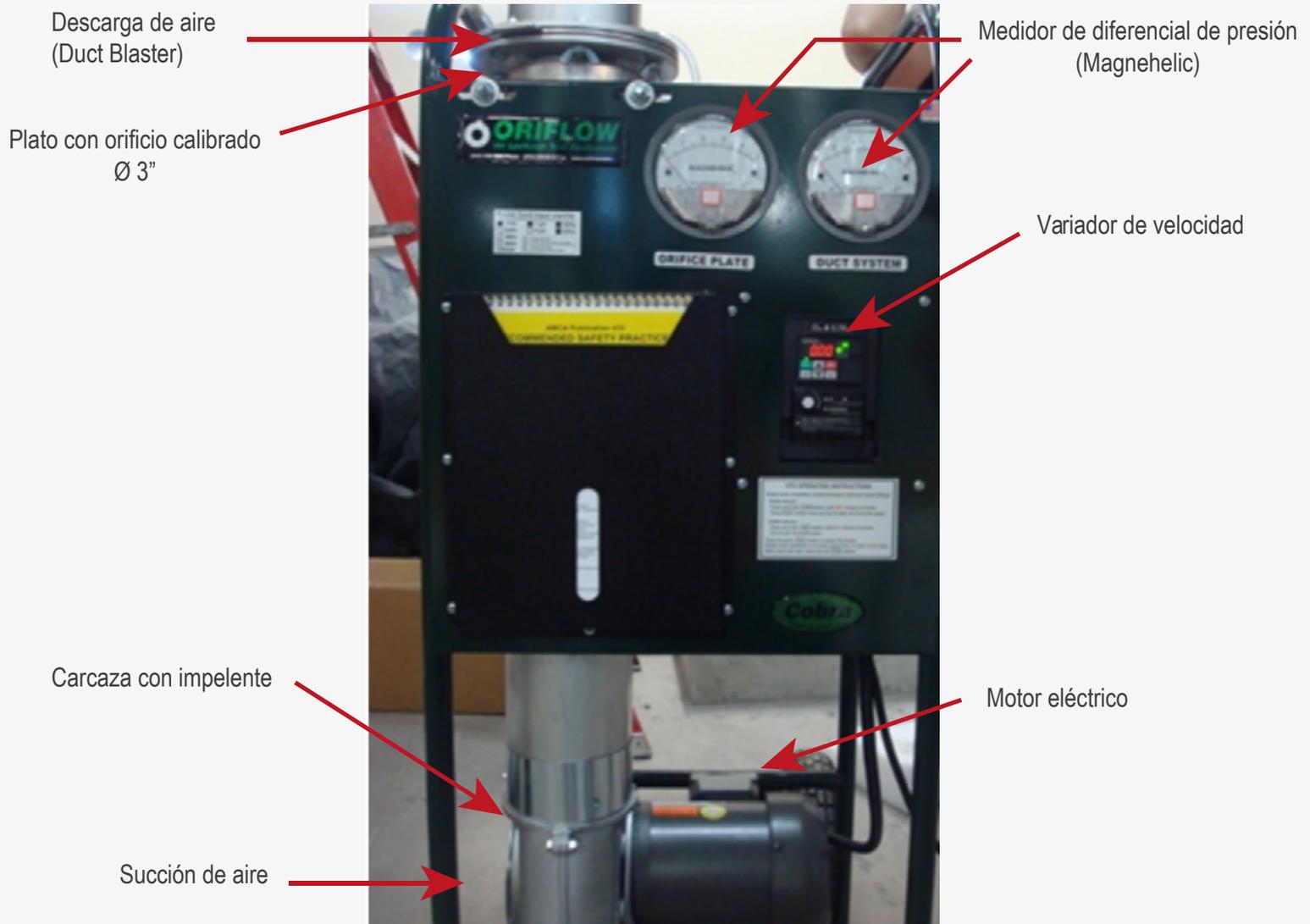
GALERÍA DE FOTOS





GALERÍA DE FOTOS

Equipo de prueba. ORIFLOW (Cobra)

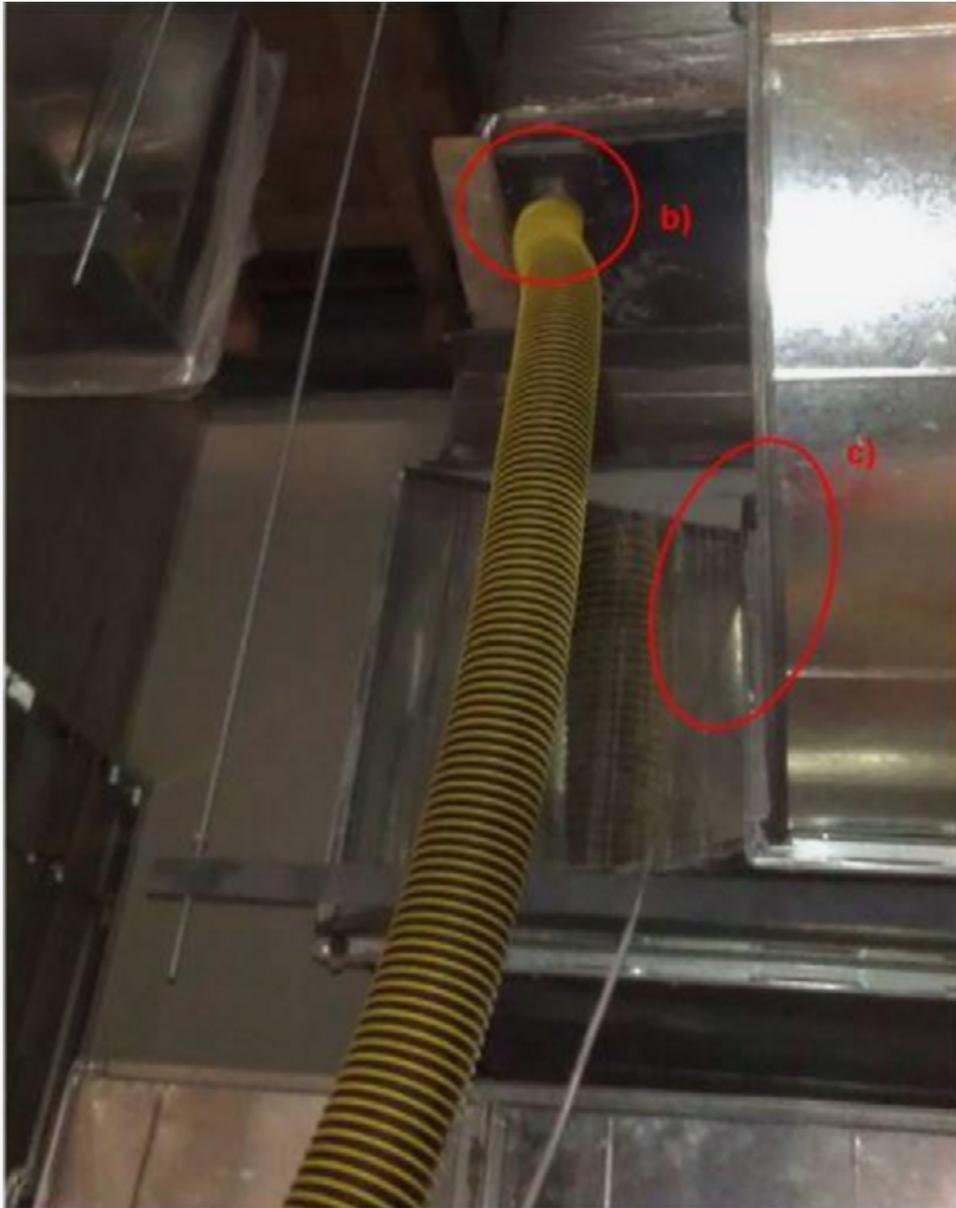


Componentes de equipo



GALERÍA DE FOTOS

Mediciones reales. ORIFLOW (Cobra)



Conexiones del equipo ORIFLOW

- A) Conexión de la descarga del equipo a la sección del ducto a probar.
- B) Conexión del equipo para medir presión estática dentro de la sección de ducto a probar.



GALERÍA DE FOTOS

Mediciones reales. ORIFLOW (Cobra)



Magnehelic para el plato de orificio y para el interior del sistema de ductos

Equipo generador de humo para localizar visualmente puntos de fugas



Equipo generador de humo



GALERÍA DE FOTOS

Tabla de calibración del plato orificio 4" Ø.

ORIFLOW
Air Leakage Test Equipment

ORIFLOW Calibration Laboratory
2129 Range Rd. Ste. B
Clearwater, Florida 33763
Website: www.oriflow.com
Phone Number: (727) 400-4881
Email: engineering@oriflow.com

Calibration Certificate for Plate No. 020360

Customer orifice plate was calibrated using ORIFLOW's proprietary internal test procedure OTP-TM-1105. The ORIFLOW laboratory follows applicable test procedures contained in ANSI/ASHRAE 41.1, 41.2 and 41.3. Calibration equipment is traceable to NIST. Estimated uncertainty of orifice plate flow reading is +/- 2%.

Calibration Date: 02/06/14 Orifice Size: **4.0 inch** Material: 304 SS
Reference Meter: 787290-R1 Orifice Serial #: 020360 Tube Diameter: 5 inches

Standard temperature and pressure (70°F and 29.92 in.Hg.)

| "ORIFICE TUBE" Gauge Reading (in.wg.) | Leakage Rate (cfm) | "ORIFICE TUBE" Gauge Reading (in.wg.) | Leakage Rate (cfm) | "ORIFICE TUBE" Gauge Reading (in.wg.) | Leakage Rate (cfm) |
|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|
| 0.0 | 0.0 | 1.7 | 427.0 | 3.4 | 603.9 |
| 0.1 | 103.6 | 1.8 | 439.4 | 3.5 | 612.7 |
| 0.2 | 146.5 | 1.9 | 451.4 | 3.6 | 621.4 |
| 0.3 | 179.4 | 2.0 | 463.1 | 3.7 | 629.9 |
| 0.4 | 207.1 | 2.1 | 474.6 | 3.8 | 638.4 |
| 0.5 | 231.6 | 2.2 | 485.7 | 3.9 | 646.7 |
| 0.6 | 253.7 | 2.3 | 496.7 | 4.0 | 655.0 |
| 0.7 | 274.0 | 2.4 | 507.3 | 4.1 | 663.1 |
| 0.8 | 292.9 | 2.5 | 517.8 | 4.2 | 671.2 |
| 0.9 | 310.7 | 2.6 | 528.1 | 4.3 | 679.1 |
| 1.0 | 327.5 | 2.7 | 538.1 | 4.4 | 686.9 |
| 1.1 | 343.5 | 2.8 | 548.0 | 4.5 | 694.7 |
| 1.2 | 358.7 | 2.9 | 557.7 | 4.6 | 702.4 |
| 1.3 | 373.4 | 3.0 | 567.2 | 4.7 | 710.0 |
| 1.4 | 387.5 | 3.1 | 576.6 | 4.8 | 717.5 |
| 1.5 | 401.1 | 3.2 | 585.8 | 4.9 | 724.9 |
| 1.6 | 414.2 | 3.3 | 594.9 | 5.0 | 732.3 |

You may use a calculator to calculate leakage using the "ORIFICE TUBE" gauge reading and the following equation:

Leakage (cfm) = 327.49 x $\sqrt{\text{ORIFICE TUBE Gauge Reading}}$

STATE OF OHIO
JOHN B. GIERZAK
REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

Certificate Issued by: *[Signature]*
Technical Manager: *[Signature]*

A replacement certificate may be acquired by contacting ORIFLOW at (727) 400-4881, you will need your orifice plate serial number.

Tabla de calibración para plato de orificio

Ebook Gratuito: Sistemas HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning) en cuartos limpios



¿Tiene pensado en sus proyectos de negocio el desarrollo de un espacio limpio con características especiales para la fabricación? ¿Sabe qué debe considerar un gerente de facilities al diseñar y controlar un cuarto limpio? ¿Sabe cuáles son los requerimientos para realizar un correcto diseño de ambientes controlados?

Existen numerosas consideraciones en la evaluación de una sala limpia. El objetivo de este Ebook es tocar en lo más práctico e importante. Aquí explicamos paso a paso algunas cosas a tener en cuenta cuando se empieza a considerar el diseño y control de cuartos limpios y ambientes controlados.

Con este Ebook Aprenderás:

Qué debe conocer un responsable de facilities antes de diseñar un cuarto limpio.

Mejores prácticas en el diseño de sistemas HVAC para cuartos limpios.

Especificaciones para el diseño de sistemas de filtración en cuartos limpios.

Diseño de patrones del aire del cuarto limpio y aire de reemplazo.

Cómo reducir los costos de operación de los cuartos limpios y mejorar su productividad.



Conseguir una mejor calidad en el cuarto limpio o un mejor rendimiento del proceso de fabricación es la razón principal para descargar ahora este Ebook.



DESCARGAR EBOOK AHORA



IAASE

Ingeniería en Acondicionamiento del
Aire y Sistemas de Enfriamiento



IAASE, S.A. DE C.V.
Navolato 1082, Fracc. San Marcos
Mexicali B.C. México C.P. 21050
Tel: (686) 555-38-03 FAX: (686) 558-22-29

www.iaase.com.mx