

 <p>Inventing Companies</p>	<p><b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas</p>	 <p>SENA</p>
	<p>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</p>	 <p>COLCIENCIAS COLOMBIA</p>

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL

## P01 DOCUMENTO CON LAS PRUEBAS Y CARACTERIZACIÓN DEL CIRCUITO DE PACIENTE

### Actividades

A01-1: Montaje y pruebas del circuito de paciente en cuanto a flujo, distancia, tiempo, absorción de impurezas del filtro y efecto de la presión atmosférica.

A01-2: Pruebas de funcionamiento de la trampa de agua.

A01-3: Montaje y pruebas del comportamiento de los gases a través del circuito paciente teniendo en cuenta las variables ambientales (Temperatura, humedad relativa y presión atmosférica).

A01-4: Elaboración de las tendencias y comportamiento del circuito paciente

	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>	

## PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La presión atmosférica es la presión ejercida por el aire en cualquier punto de la atmósfera. La atmósfera en la Tierra tiene una presión media de 1013.25 hectopascales (hPa) (o milibares (mbar)) al nivel del mar, medido en latitud 45°. La medida de presión del Sistema Internacional de Unidades (SI) es el newton por metro cuadrado (N/m<sup>2</sup>) o Pascal (Pa). La presión atmosférica a nivel del mar en unidades internacionales es 101325 N/m<sup>2</sup> ó Pa.

Se denomina atmósfera a la capa de aire, constituida por una mezcla homogénea de gases que rodea un planeta, variando drásticamente de uno a otro. Su peso, origina sobre todos los cuerpos sumergidos en ella, una presión denominada atmosférica, que se puede evidenciar mediante la experimentación.

La atmósfera (capa de aire que rodea a la Tierra) ejerce, como cualquier otro fluido, una presión sobre los cuerpos que están en su interior. Esta presión es debida a las fuerzas de atracción entre las masas de la Tierra y la masa de aire y se denomina Presión Atmosférica (Figura No. 1 Presión Atmosférica).

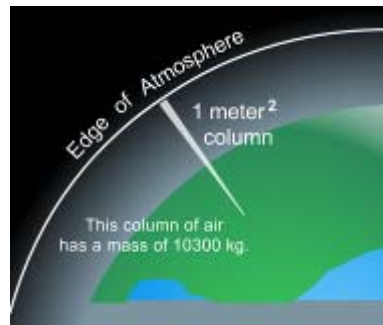


Figura No. 1 Presión Atmosférica

La presión ejercida por la atmósfera se debe al peso ( $p=m.g$ ) de la misma y su valor es de 101.000 Pascales, que corresponde a la presión normal. Existen otras unidades para medir la presión y la equivalencia entre estas son: 101.000 Pa = 1 atm = 760 mmHg = 1010 mb. (Tabla No. 1 Valores de la presión atmosférica en los diferentes sistemas de unidades).

Unidad	Atm.	Pa	Bar	Psi	Torr	mm Hg.	pulg. Hg.	pulg. H <sub>2</sub> O
<b>Atm.</b>	1	101 325	1.01325	14.69594	760	760	29.9216	407.1894
<b>Pa</b>	9.869 E-06	1	0.00001	1.45 E-04	7.5 E-03	7.5 E-03	2.95 E-04	4.018 E-03
<b>Bar</b>	0.9869	100000	1	14.5038	750.062	750.062	29.53	401.8646
<b>Psi</b>	6.804 E-02	6894.76	6.895E-02	1	51.7149	51.7149	2.036	27.7076
<b>Torr</b>	1.315 E-02	133.322	1.33 E-03	1.934 E-02	1	1	3.937E-02	0.53577
<b>mm Hg.</b>	1.315 E-02	133.322	1.33 E-03	1.934 E-02	1	1	3.937E-02	0.53577
<b>pulg. Hg.</b>	3.342E-02	3386.38	3.386E-02	0.49115	25.4	25.4	1	13.6087
<b>pulg.H<sub>2</sub>O</b>	2.456E-03	248.84	0.00248	3.61 E-02	1.86645	1.86645	0.07348	1

Tabla 1 Valores de la presión atmosférica en los diferentes sistemas de unidades

## TEMPERATURA

La temperatura es una propiedad física que se refiere a las nociones comunes de frío o calor, sin embargo su significado formal en termodinámica es más complejo, a menudo el calor o el frío percibido por las personas tiene más que ver con la sensación térmica, que con la temperatura real. Fundamentalmente, la temperatura es una propiedad que poseen los sistemas físicos a nivel macroscópico, la cual tiene una causa a nivel microscópico, que es la energía promedio por partícula.

	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>	

La temperatura está íntimamente relacionada con la energía interna y con la entalpía de un sistema: a mayor temperatura mayor será la energía interna y la entalpía del sistema. La temperatura es una propiedad intensiva, es decir que no depende del tamaño del sistema, sino que es una propiedad que le es inherente y no depende ni de la cantidad de sustancia ni del material del que este compuesto.

La temperatura se mide con termómetros, los cuales pueden ser calibrados de acuerdo a una multitud de escalas que dan lugar a las unidades de medición de la temperatura. En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de temperatura es el kelvin. Sin embargo, fuera del ámbito científico el uso de otras escalas de temperatura es común el uso de la escala Celsius y en los países anglosajones, la escala Fahrenheit. También existe la escala Rankine (°R) que establece su punto de referencia en el mismo punto de la escala Kelvin.

### HUMEDAD

La humedad indica la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Depende, en parte, de la temperatura, ya que el aire caliente contiene más humedad que el frío.

La humedad relativa se expresa en forma de tanto por ciento (%) de agua en el aire. La humedad absoluta se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en una unidad de volumen de aire y se expresa en gramos por centímetro cúbico (gr/cm<sup>3</sup>).

La saturación es el punto a partir del cual una cantidad de vapor de agua no puede seguir creciendo y mantenerse en estado gaseoso, sino que se convierte en líquido y se precipita. Para medir la humedad se utiliza un instrumento llamado "higrómetro".

### PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y CO<sub>2</sub>

La presión atmosférica afecta el CO<sub>2</sub> (Figura No. 2 La presión Atmosférica afecta el CO<sub>2</sub>). Aumentando la presión atmosférica en consecuencia incrementa los valores del PETCO<sub>2</sub> por el número creciente de moléculas que el Infrarrojo absorbe al aumentar las fuerzas intermoleculares.

El efecto de la presión atmosférica puede ser minimizado por:

- El CO<sub>2</sub> medido como presiones parciales.
- Calibrando con una concentración conocida de CO<sub>2</sub> referente con la presión parcial del sitio en donde se encuentra.
- Manteniendo la tasa de flujo de muestreo constante del capnometro.

Los cambios de presión atmosférica dan como resultado cambios a la orden de 20 mm Hg que dan como resultado un cambio de PCO<sub>2</sub> de menos de 0.5 para cada 0.8 mm Hg.

Los cambios en la presión atmosférica no afectan la concentración CO<sub>2</sub>, sino más bien, la interpretación del detector de CO<sub>2</sub>. Un cambio en la presión atmosférica directamente influye la lectura del capnómetro.

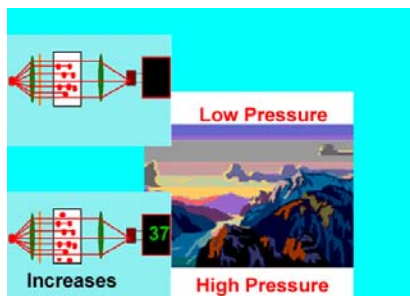


Figura No. 2 La presión Atmosférica afecta el CO<sub>2</sub>

	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>	

El Efecto Directo:

Este tiene dos efectos:

1. Un incremento en la presión proporcionalmente aumenta el número de moléculas de CO<sub>2</sub> absorbidas por el infrarrojo y por consiguiente aumenta esta misma señal. Un incremento de 1% en la presión causa un incremento de 1% relativo en la señal de CO<sub>2</sub>. Este efecto es eliminado calibrando el capnómetro con una presión parcial del gas de CO<sub>2</sub> (% mmHg vol \* presión atmosférica). Dado tal calibración, el capnómetro exhibirá concentraciones del CO<sub>2</sub> dentro de su medida como la presión parcial, a pesar de los cambios en la presión. Sin embargo, si el capnómetro es calibrado en el por ciento de volumen, luego las lecturas del FCO<sub>2</sub> necesitarán corregirse para los cambios en la presión atmosférica (un incremento de 1 % en la presión produce un incremento de 1 % relativo en el valor del FCO<sub>2</sub>).

2. Los Cambios en la presión también producen un segundo efecto (la alteración de fuerzas intermoleculares) ejercido por moléculas CO<sub>2</sub>, lo cual altera la absorción del infrarrojo. Un incremento en la presión por 1% da como resultado un incremento relativo en la señal a las 0.5 para 0.8 % que puede producir un error.

Los máximos cambios en la presión atmosférica causada por los cambios a la intemperie son de la orden de 20 mmHg. Esto daría como resultado un cambio en PCO<sub>2</sub> de menos de 0.5 para 0.8 mmHg (el rango de medida de PCO<sub>2</sub>, 30-40 mmHg). Por consiguiente, en la rutina del uso clínico, las correcciones para los cambios en la presión atmosférica son innecesarias. Sin embargo, hay estudios en los cuales la precisión es necesaria, las correcciones para variaciones en la presión barométrica son útiles.

Los incrementos en la tasa de flujo de muestreo de los sensores Sidestream dan como resultado una reducción de la presión en la vía aérea y baja medida aparente de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, si la unidad es calibrada con la presión atmosférica predominante promedia y el flujo de muestreo no cambia, el equipo debería ser suficientemente preciso para medidas clínicas.

**El efecto de altitud alta en los Capnógrafos**

Pattinson, estudió el efecto de altitud alta en Capnógrafos. Determino que las disminuciones de presión en las altitudes superiores producen alteraciones en la lectura que puede ser subsanado calibrando el equipo. Los autores utilizaron para su estudio los siguientes equipos Datex-S/5, K4b2 (Cosmed), Datex Cardiocap, y Ohmeda 4700. Cada equipo fue evaluado en una cámara de descompresión para altitudes simuladas de 3600 m, 4800 m, y 5260 m. A pesar de la calibración de estos equipos según las instrucciones del fabricante, Datex-S/5 y Ohmeda 4700 mostraron lecturas porcentuales aumentadas del CO<sub>2</sub> como altitud aumentada. El Datex Cardiocap no hizo lectura en descompresión de 3600 m. Las lecturas K4b2 estaban aumentadas ligeramente en las altitudes superiores pero los resultados quedaron cerca de lo 5% esperado del gas experimental. Sin embargo, hubo un error de casi 7% en el CO<sub>2</sub> a nivel del mar.

Los autores dan las siguientes explicaciones que observaron en las lecturas alteradas:

1. La reducción de las tasas de flujo de gas a través de la cámara de muestreo se debe a la gran dificultad que encuentra la bomba como resultado de la disminución de la densidad de los gases a bajas presiones.

2. La segunda explicación para el mal funcionamiento del equipo en efecto de la baja presión barométrica es la calibración. Esto influye en el caudal de gas y las mediciones de espectroscopia por infrarrojo. Estos efectos sobre las mediciones pueden ser corregidos con la re-calibración de la presión del ambiente.

 <p>Inventing Companies</p>	<p align="center"><b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas</p>	
	<p align="center">DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</p>	

3. La tercera explicación es el efecto de la reducción de la presión barométrica en el sistema de software dentro del equipo. Los Capnógrafos tienen un barómetro diseñado a partir de algoritmos informáticos, que se utilizan para compensar los cambios en la presión barométrica. Según los autores, Datex-Ohmeda ha informado que sus equipos tienen un mínimo de límite de presión barométrica, por debajo del cual se convierten en poco fiables porque los instrumentos asumen la presión barométrica a un nivel y pueden dar valores incorrectos.

**El efecto del Oxido Nitroso N<sub>2</sub>O en las medidas de CO<sub>2</sub>**

Los factores de corrección por la presencia de óxido nitroso.

El porcentaje de óxido nitroso	La lectura corregida
70 %	Observado PCO <sub>2</sub> x 0.90
50 %	Observado PCO <sub>2</sub> x 0.94

Debido a que el óxido nitroso absorbe el infrarrojo IR (IR espectros de absorción de N<sub>2</sub>O = 4.5 μm, mientras que CO<sub>2</sub> = 4.3 μm), la presencia de N<sub>2</sub>O, por consiguiente, puede dar altas lecturas de CO<sub>2</sub> falsas. Este problema puede ser eliminado usando un filtro de banda angosta que sólo transmite la longitud de onda más fuertemente absorbida por CO<sub>2</sub> (acerca de 4.3 μm).

Otro problema guarda relación con el N<sub>2</sub>O concerniente a la interacción entre moléculas N<sub>2</sub>O y las moléculas CO<sub>2</sub>. Esto produce un "efecto de ensanchamiento de colisión" que afecta la sensibilidad del analizador de infrarrojos y causa un incremento aparente en la lectura CO<sub>2</sub>. El "efecto de ensanchamiento de colisión" es un fenómeno en el cual los picos espectrales de absorción de un gas (CO<sub>2</sub>) son ensanchados a causa de la colisión o la proximidad de moléculas de otro gas (N<sub>2</sub>O). Los factores de corrección por la presencia de concentraciones diversas de N<sub>2</sub>O han sido estudiados y el rango de 0.90 en N<sub>2</sub>O de 70 (se observó que el PCO<sub>2</sub> corregido = PCO<sub>2</sub> x 0.90) % para 0.94 en N<sub>2</sub>O de 50 %. La mayoría de monitores proveen algún sistema de compensación electrónica para reducir este efecto. Alternativamente, el método más simple de eliminar este error es calibrar el instrumento con una mezcla del gas que contiene la misma concentración del gas de fondo para ser analizado.

**El vapor de agua y la lectura de CO<sub>2</sub>**

El agua puede condensarse en el infrarrojo y puede interferir con las medidas del CO<sub>2</sub>. La disminución en la presión parcial de agua debido a las diferencias de temperatura entre la vía aérea del paciente y la unidad de medida pueden aumentar los valores del CO<sub>2</sub>.

El agua puede condensar y puede obstruir la línea de muestreo. Los cambios en vapor de agua alteran lecturas del CO<sub>2</sub> (Figura No. 3 El agua puede obstruir el tubo de muestreo).

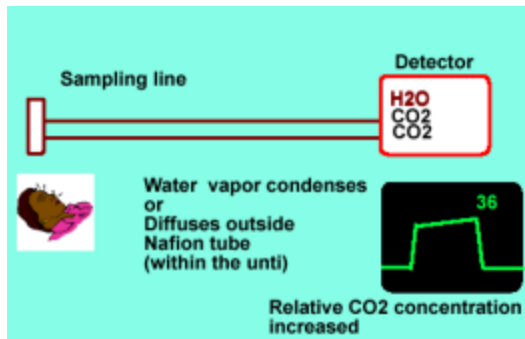


Figura No. 3 El agua puede obstruir el tubo de muestreo

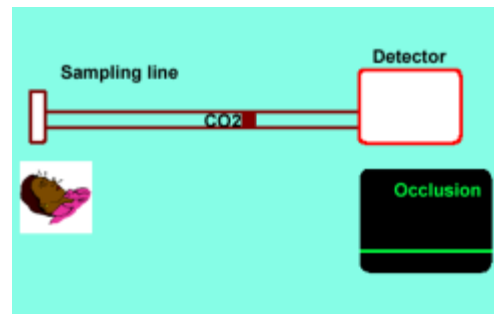


Figura No. 4 Métodos para disminuir la contaminación de tubos de muestreo por líquidos o secreciones

 <p>Inventing Companies</p>	<p align="center"><b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas</p>	
	<p align="center">DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</p>	

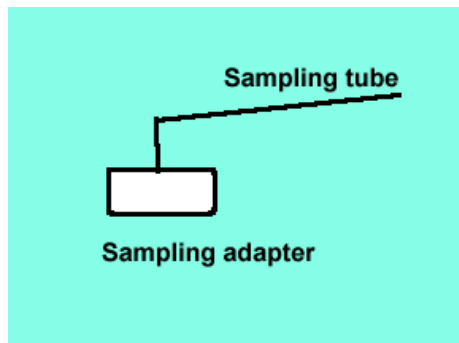


Figura No. 5 Se debe situar el muestreo verticalmente  
El tubo hacia arriba

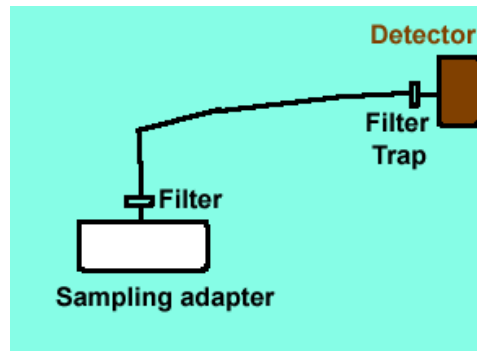


Figura No. 6 Usar filtros de agua a ambos  
extremos de muestreo

La compañía Oridion ha incorporado un adaptador de vía aérea Filterline (adaptador de vía aérea Microstream) acoplado con tecnología de flujo de punto bajo Microstream para minimizar el problema del vapor de agua. El adaptador de vía aérea tiene tres canales situados en el lumen central del adaptador, frente a direcciones diferentes. Esto elimina el problema asociado con adaptadores convencionales de vía aérea del sidestream, quien es aquel cuya orientación en posición vertical es obligatoria para el correcto funcionamiento, donde cualquier orientación que no sea en posición vertical puede dar como resultado oclusiones.

El vapor de agua puede afectar lecturas del CO<sub>2</sub> en dos formas.

1. El efecto de agua condensado:

El vapor de agua puede condensarse en la ventana de la celda del sensor y puede absorber luz del infrarrojo, por consiguiente puede producir lecturas falsas altas de CO<sub>2</sub>. Este efecto puede ser impedido calentando el sensor por encima de la temperatura del cuerpo humano o quitando el vapor de agua excedente antes de que alcance el sensor (las unidades del sensor sidestream). Por eso, algunas unidades del sensor sidestream usan un tubo especial de muestreo hecho de Nasion, un polímero semipermeable que selectivamente da paso al vapor de agua del interior del tubo al exterior. Otras unidades de sidestream interponen trampas líquidas o filtros absorbentes de humedad entre el tubo de muestreo y el analizador que ayuda a quitar secreciones y agua excesivo, así el sistema óptico es protegido.

2. El efecto de vapor de agua:

Los analizadores Main- stream IR miden el gas en el circuito de respiración, el cual está generalmente saturado con la temperatura del cuerpo humano. La presión exacta del vapor de agua en el circuito de respiración dependerá de muchos factores incluyendo el uso de humidificación caliente, flujo reciente del gas, longitud de tiempo en uso y temperatura. En sensores sidestream la temperatura de los gases de muestreo puede disminuir durante el paso del paciente hasta la unidad, la resultante es una disminución en la presión parcial de vapor de agua. Esto puede causar un incremento aparente en la concentración CO<sub>2</sub> cerca de 1.5 – 2%. Más allá, si el tubo de Nasion es usado en el catéter de muestreo, se equilibra la presión del vapor de agua dentro de la tubería y el exterior de la misma. Por consiguiente, las medidas PETCO<sub>2</sub> se deben corregir para los efectos de vapor de agua, de conformidad con el tipo de analizador usado, y las instrucciones del fabricante.

**TRAMPA DE AGUA Y FILTRO**

El filtro que se utiliza es humidificador e intercambiador de calor de bajo volumen, con salida para toma de muestra de CO<sub>2</sub>, brinda una adecuada protección, con mantenimiento de temperatura y humedad en la vía aérea. Apto para uso en pacientes adultos y pediátricos (Figura No. 7 Filtro humidificador e

	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>	

intercambiador de calor). Contiene una membrana hidrofóbica, mantiene la humedad y la temperatura aún con frecuencia respiratoria y volumen corriente elevados. Tiene las siguientes características:

- Medio de filtrado: resina hidrofóbica en fibra cerámica
- Espacio muerto: 35 ml
- Resistencia: 3,5 cm de H<sub>2</sub>O de 60 l/min

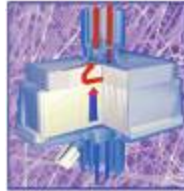


Figura No. 7 Filtro humidificador e intercambiador de calor

Estos filtros son hidrofóbicos que aseguran una barrera de filtración absoluta a los microorganismos existentes en el aire/gas y al paso de líquidos durante el período de vida recomendado del producto, además de tener una mínima resistencia al flujo de ventilación. Para que un filtro pueda ser considerado eficaz, en evitar la contaminación cruzada, debe ser impermeable al paso de líquidos en condiciones clínicas normales, ya que éstos son un importante vehículo de contaminación.

Estos filtros están conformados por (Figura No. 8 Partes del filtro humidificador e intercambiador de calor):

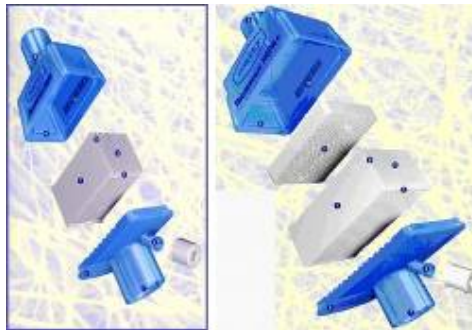


Figura No. 8 Partes del filtro humidificador e intercambiador de calor

1. Medio de filtración hidrofóbico que proporciona una barrera absoluta a la contaminación del aire/gas y al paso de líquidos.
2. Medio de filtración patentado compuesto por una membrana de múltiples pliegues dispuestos a la misma distancia entre sí que aseguran una máxima filtración con una mínima resistencia al flujo de ventilación.
3. Membrana de pliegues profundos que garantizan el adecuado flujo de aire/gas durante un tiempo prolongado de uso
4. Toma para el Capnógrafo, ubicado en el centro para conseguir lecturas de precisión.
5. Diseño ergonómico con bordes romos para ayudar con al confort del paciente.
6. Carcasa del filtro transparente que permite la visualización de su rendimiento.
7. Conexiones cónicas 15/22 mm que cumplen las normas ISO.
8. Dispositivo anti-desconexión según las normas ISO 5356.
9. Encapsulamiento de todos los bordes de los pliegues de la membrana hidrofóbica para evitar el deshilachado de las fibras.
10. Código de barras en cada producto que permite una completa trazabilidad durante su fabricación, comprobación y uso.
11. Elemento intercambiador de calor y humedad de gran superficie rectangular que proporciona un intercambio de calor y humedad máximo con una mínima resistencia al flujo de ventilación.

	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>	

Una humidificación efectiva es vital para mantener la homeostasis de las vías aéreas y evitar dañar la delicada mucosa del tracto respiratorio. Estos filtros combinan las prestaciones más avanzadas de la filtración hidrofóbica con una alta eficacia de intercambio de calor y humedad, para asegurar una protección de la vía aérea con óptimos niveles de humidificación. Incorpora un deflector de flujo patentado para la distribución uniforme de aire/gas y maximizar la respuesta de intercambio de calor y humedad.

### Características especiales

#### Fácil liberación

El filtro marca Pall utilizado en el equipo prototipo de Capnógrafo (Figura No. 9 Filtro para Capnógrafo), lo han diseñado para evitar que los filtros queden herméticamente juntos con la cánula nasal y con la entrada del dispositivo de medida, permitiendo una liberación fácil, a la vez que siguen satisfaciendo las normas ANSI/ISO para los filtros con conexiones.



Figura No. 9 Filtro para Capnógrafo

#### **Resistencia de la carcasa**

El filtro no tiene problemas con la compresión. Las gruesas paredes de superficie ondulada, especialmente diseñada para soportar la presión, y la soldadura patentada de la carcasa aseguran un sello robusto y una carcasa del filtro que puede resistir la fuerza excesiva ejercida tanto desde dentro como desde fuera.

#### **Amplia compatibilidad química**

La membrana GHP proporciona una amplia compatibilidad química, baja adsorción de proteínas, baja contrapresión y bajo nivel de extraíbles detectables mediante UV.

Este filtro tiene un pre-filtro de fibra de vidrio en serie que permite el máximo volumen de filtración y caudales más rápidos que los dispositivos de pre-filtración de fibra de vidrio convencionales. El pre-filtro de múltiples capas atrapa partículas de > 40 a 1 µm de tamaño (Figura No. 10 Filtro Pall).



Figura No. 10 Filtro Pall

1. Diseño especial acanalado y soldadura patentada que aseguran un sello robusto frente a elevadas presiones de trabajo.
2. Amplio espacio de carga para acumulación de partículas de filtro con objeto de conseguir un volumen de filtración óptimo.
3. La membrana de 0,45 mm final sellada con calor asegura la retención de partículas sin posibilidad de ruptura.
4. El pre-filtro de capas múltiples atrapa partículas heterogéneas a través de la matriz y en la superficie prolongando la vida del filtro.
5. El pre-filtro de flotación libre evita la colmatación prematura.



	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>	

Estos filtros están disponibles en un amplio rango de tipos de membrana, tamaños y configuraciones de presentación para adaptarse a todas las aplicaciones.

### CIRCUITO DE PACIENTE



Figura No. 11 Cánula

Este circuito es un orificio que sirve como dispositivo de presión diferencial. Presenta una diferencia en la curva de presión-flujo siendo mucho más lineal. Esto ayuda en muchos aspectos, tales como la maximización de bajo flujo de resolución y reducción al mínimo de la resistencia de las vías respiratorias globales. Este circuito está disponible para los pacientes de todas las edades y tamaños (Figura No. 11 Cánula y Figura No. 12 Extensión de la cánula).



Figura No. 12 Extensión de la cánula

Especificación	Descripción
Conexiones	15 mm ID/22 mm OD paciente final por 15 mm OD
Espacio Muerto	<6,9 ml instalado de espacio muerto
Material	Policarbonato Makrolon
Material del tubo	PVC de grado médico
Peso	6.3 gramos sin tubo
Longitud	3.25" (6.35 cm)

### Flujo de Vías Respiratorias

Especificación	Descripción
Rango	± 2 a 180 rpm (32-3000 ml/s)
Resistencia total de las vías aéreas	cmH <sub>2</sub> O añadido @ 60 LPM (1 LPS)
Exactitud	± 5% de la lectura, o el 0,5 LPM (lo que sea mayor)

### PRUEBA DEL CIRCUITO PACIENTE Y DE LA TRAMPA DE AGUA

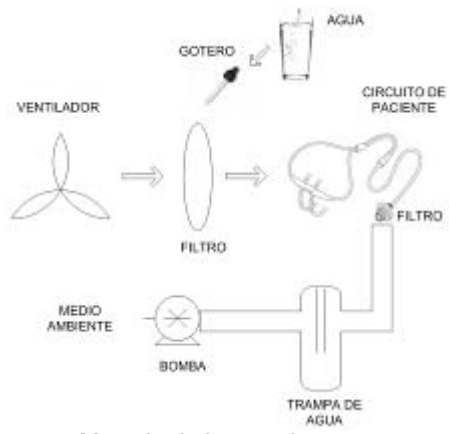
La prueba consiste en analizar y probar el circuito paciente que se utiliza para tomar la medida del CO<sub>2</sub>, mirando su flujo de acuerdo a la Temperatura y humedad relativa.

#### Elementos a Utilizar

Ventilador, Filtro de Papel, Circuito de Paciente, Filtro del circuito de Paciente, Trampa de agua, Bomba de succión, Gotero y agua

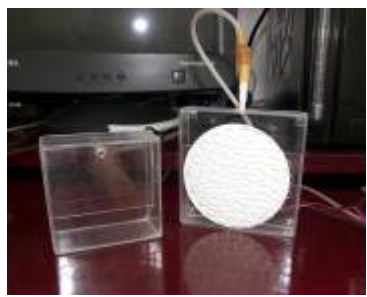
A continuación se ilustran los elementos que se utilizaron para el desarrollo de las pruebas:

 <p>Inventing Companies</p>	<p align="center"><b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas</p>	
	<p align="center"><b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b></p>	



Montaje de las pruebas

Filtros



Trampa de Agua y Filtros



Circuito de Paciente



Filtros del Circuito de Paciente



Trampa de Agua y Bomba

**Procedimiento**

1. Tomar los datos de Temperatura, Humedad Relativa y presión atmosférica del sitio en donde se van a realizar las pruebas.

	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>	

2. Preparar el experimento con los elementos necesarios como se muestra en la figura del diagrama a bloques anteriormente descrito.
3. Con el gotero humedecer los filtros para variar la humedad y temperatura del circuito paciente; anotar estos valores.
5. Registrar el comportamiento del circuito paciente en respuesta al cambio de temperatura, humedad y flujo. Observar la condensación del circuito de paciente durante todo el procedimiento.
6. Realizar una tabla de datos para su respectivo análisis.
7. Conclusiones

### Introducción

Los siguientes datos se recolectaron de la página web de la Corporación de la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (<http://www.cdmb.gov.co/conozca/paginas/ibuca.htm>), quienes tiene una Red de Monitoreo de Calidad del Aire; poseen 5 estaciones químicas y cuatro estaciones meteorológicas ubicadas estratégicamente en el área metropolitana de Bucaramanga con el objetivo de monitorear en tiempo real cinco contaminantes criterio generados por fuentes contaminantes fijas y móviles.

Ubicación de las Estaciones:

No	NOMBRE	LOCALIZACION	PARAMETROS MEDIDOS
1	CENTRO	Esquina calle 34 con carrera 15	Material Particulado PM10 Monóxido de Carbono Óxidos de Nitrógeno Dióxido de Azufre Ozono Meteorología
2	CIUDADELA	Terraza Colegio Aurelio Martinez Mutis, Real de minas	Monóxido de Carbono Ozono
3	FLORIDA	Terraza edificio Telebucaramanga zona sur	Material Particulado PM10 Monóxido de Carbono
4	CHIMITA	Terpel S.A.	Material Particulado PM10 Monóxido de Carbono Óxidos de Nitrógeno Dioxido de Azufre Ozono Meteorología
5	PTAR	PTAR CDMB	Meteorología
6	UIS	Terraza Ing. Química UIS	Meteorología
7	NORTE	Terraza Hospital Local del Norte	Óxidos de Nitrógeno

A continuación se presentan los datos registrados por la CDMB el día que se desarrollaron las pruebas: 09 – Octubre – 2008

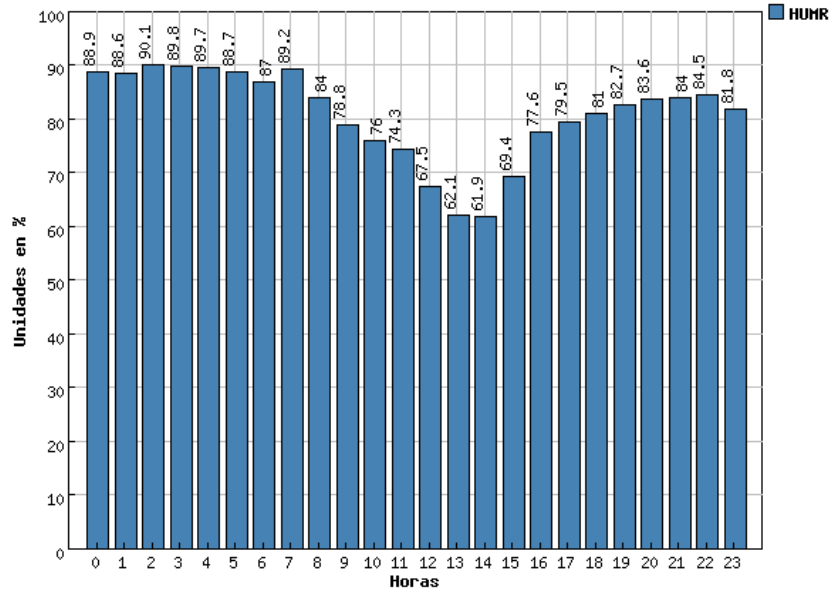
#### Humedad Relativa

Estación: CDMB – Centro

Parámetro Graficado: Humedad Relativa (%)

Fecha (mm/dd/aa): 09/04/08

	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>		

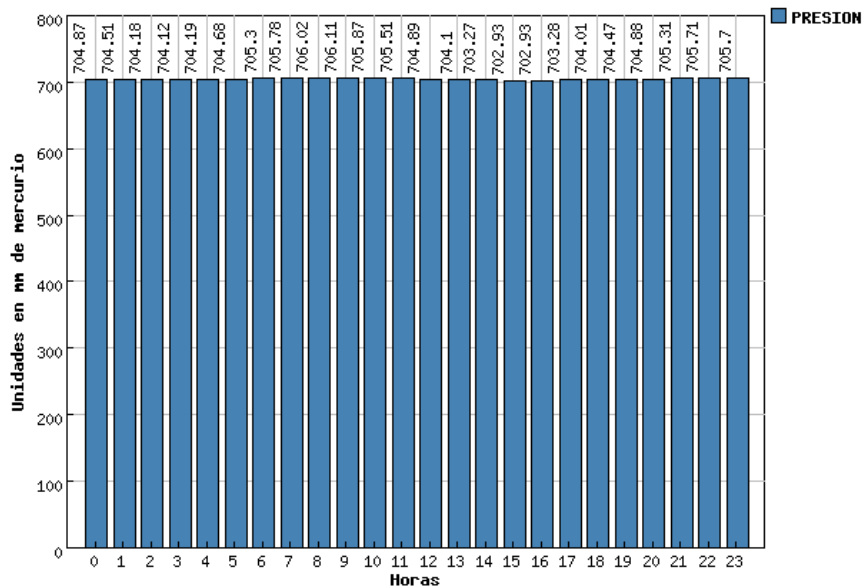


Presión Atmosférica

Estación: CDMB – Los Comuneros

Parámetro Graficado: Presión Atmosférica (mmHg)

Fecha (mm/dd/aa): 09/04/08



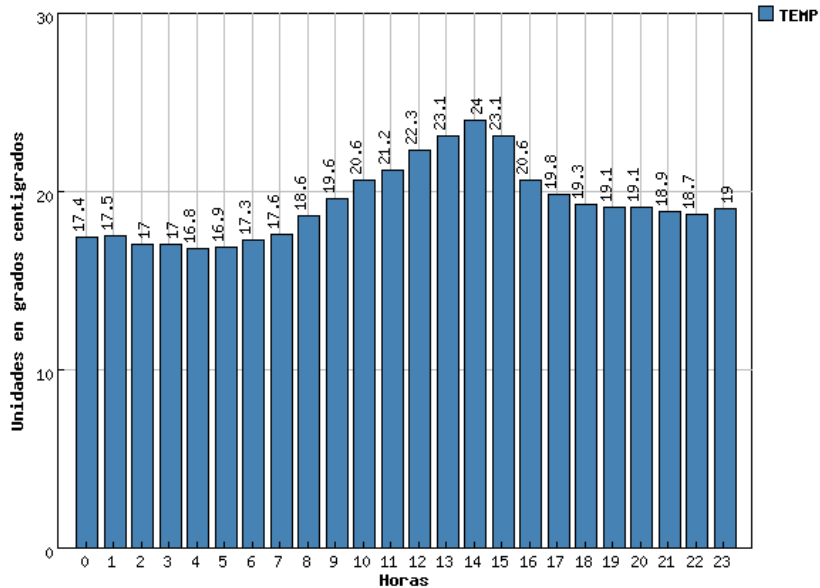
Temperatura Ambiente

Estación: CDMB – Centro

Parámetro Graficado: Temperatura Ambiente (°C)

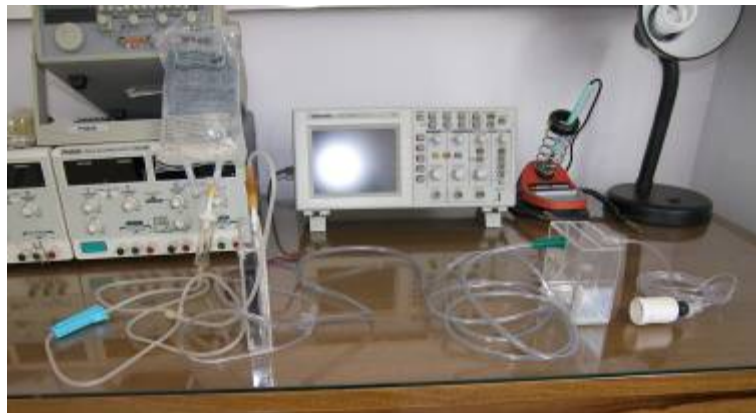
Fecha (mm/dd/aa): 09/04/08

	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>	



### REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS

A continuación se presenta el montaje de las pruebas que se van a realizar:



### Datos recolectados de las pruebas del circuito de paciente y de la trampa de agua

Para la toma de los valores de Temperatura y Humedad se utilizó el equipo Extech de referencia HW30, como se muestra en la siguiente figura:



Este equipo tiene un cronómetro digital e indica los valores de Temperatura, Humedad e Índice Calórico.

#### Características:

- Alarma para índice calórico configurable por el usuario

	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>	

- Modo cronómetro con resolución de 1/100 segundos
- Recupera vuelta más Rápida/Lenta/Promedio
- Contador de 99 vueltas con memoria para 30 vueltas y parciales
- Cronómetro regresivo de 10 horas con alarma audible para últimos 5 seg.
- Alarma programable
- Modo calendario, mes, día y fecha
- Reloj de 12 o 24 horas
- Completo con correa de 1m (39") y una batería 3V CR2032

### Especificaciones

- Capacidad: 9 hrs, 59 min. 59seg.
- Precisión:  $\pm 5$  segundos/día
- Memoria de vueltas: 30 vueltas
- Índice calórico: 22 a 50°C (70 a 122°F)
- Temperatura: -10 a 50°C (14 a 122°F)
- Humedad: 1 a 99%
- Dimensiones: 79 x 66 x 21mm
- Peso: 85g

Los datos que se presentan a continuación son un promedio (la dispersión de los datos es muy poca) de todas las pruebas que se han realizado al circuito paciente y la trampa de agua.

Primera Prueba: 05 gotas de agua cada 30 segundos

Valores iniciales para el desarrollo de la primera prueba

- Hora de Inicio: 8:00 a.m.
- Hora de Finalización: 8:20 a.m.
- Valor de Temperatura Ambiente: 18.6 °C
- Valor de Humedad Relativa: 84%
- Valor de Presión Atmosférica: 706.02 mmHg

*Valores tomados de Temperatura y Humedad*

Cant.	Tiempo de lectura	Valor Temperatura (°C)	Valor Humedad (%)	¿Presentó Condensación?
1	1 minuto	18.5	84	NO
2	2 minutos	18.6	84	NO
3	3 minutos	18.5	84	NO
4	4 minutos	18.6	84	NO
5	5 minutos	18.6	84	NO
6	6 minutos	18.6	83	NO
7	7 minutos	18.5	83	NO
8	8 minutos	18.5	83	NO
9	9 minutos	18.4	83	NO
10	10 minutos	18.4	84	SI
11	11 minutos	18.4	84	SI
12	12 minutos	18.5	84	SI
13	13 minutos	18.5	83	SI
14	14 minutos	18.5	84	SI
15	15 minutos	18.4	84	SI
16	16 minutos	18.4	82	SI
17	17 minutos	18.4	82	SI
18	18 minutos	18.4	82	SI
19	19 minutos	18.4	82	SI
20	20 minutos	18.4	82	SI

	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>	

Segunda Prueba: 10 gotas de agua cada 30 segundos

Valores iniciales para el desarrollo de la primera prueba

- Hora de Inicio: 9:00 a.m.
- Hora de Finalización: 9:20 a.m.
- Valor de Temperatura Ambiente: 19.6 °C
- Valor de Humedad Relativa: 78.8%
- Valor de Presión Atmosférica: 706.11 mmHg

*Valores tomados de Temperatura y Humedad*

Cant.	Tiempo de lectura	Valor Temperatura (°C)	Valor Humedad (%)	¿Presentó Condensación?
1	1 minuto	19.6	78.5	NO
2	2 minutos	19.6	78.5	NO
3	3 minutos	19.6	78.5	NO
4	4 minutos	19.6	78.5	NO
5	5 minutos	19.6	78.5	NO
6	6 minutos	19.6	78.5	NO
7	7 minutos	19.5	78.4	NO
8	8 minutos	19.5	78.4	SI
9	9 minutos	19.5	78.4	SI
10	10 minutos	19.5	78.4	SI
11	11 minutos	19.5	78.4	SI
12	12 minutos	19.4	78.4	SI
13	13 minutos	19.4	78.4	SI
14	14 minutos	19.4	78.3	SI
15	15 minutos	19.4	78.3	SI
16	16 minutos	19.4	78.3	SI
17	17 minutos	19.4	78.3	SI
18	18 minutos	19.4	78.2	SI
19	19 minutos	19.4	78.3	SI
20	20 minutos	19.4	78.2	SI

Tercera Prueba: 15 gotas de agua cada 30 segundos

Valores iniciales para el desarrollo de la primera prueba

- Hora de Inicio: 10:00 a.m.
- Hora de Finalización: 10:20 a.m.
- Valor de Temperatura Ambiente: 20.6 °C
- Valor de Humedad Relativa: 76%
- Valor de Presión Atmosférica: 705.86 mmHg

*Valores tomados de Temperatura y Humedad*

Cant.	Tiempo de lectura	Valor Temperatura (°C)	Valor Humedad (%)	¿Presentó Condensación?
1	1 minuto	20.6	77	NO
2	2 minutos	20.6	77	NO
3	3 minutos	20.6	77	NO
4	4 minutos	20.6	77	NO
5	5 minutos	20.5	77	NO
6	6 minutos	20.5	76	SI
7	7 minutos	20.5	76	SI
8	8 minutos	20.5	76	SI
9	9 minutos	20.5	76	SI
10	10 minutos	20.5	76	SI

	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>	

Cant.	Tiempo de lectura	Valor Temperatura (°C)	Valor Humedad (%)	¿Presentó Condensación?
11	11 minutos	20.4	75	SI
12	12 minutos	20.4	75	SI
13	13 minutos	20.4	75	SI
14	14 minutos	20.4	75	SI
15	15 minutos	20.4	75	SI
16	16 minutos	20.4	75	SI
17	17 minutos	20.4	75	SI
18	18 minutos	20.4	75	SI
19	19 minutos	20.4	75	SI
20	20 minutos	20.4	75	SI

Cuarta Prueba: 20 gotas de agua cada 30 segundos

Valores iniciales para el desarrollo de la primera prueba

- Hora de Inicio: 11:00 a.m.
- Hora de Finalización: 11:20 a.m.
- Valor de Temperatura Ambiente: 21.2 °C
- Valor de Humedad Relativa: 74.3 %
- Valor de Presión Atmosférica: 705.51 mmHg

*Valores tomados de Temperatura y Humedad*

Cant.	Tiempo de lectura	Valor Temperatura (°C)	Valor Humedad (%)	¿Presentó Condensación?
1	1 minuto	22	74.5	NO
2	2 minutos	22	74.5	NO
3	3 minutos	22	74.5	NO
4	4 minutos	21.5	74.5	NO
5	5 minutos	21.5	74	SI
6	6 minutos	21.5	74	SI
7	7 minutos	21.5	74	SI
8	8 minutos	21.5	74	SI
9	9 minutos	21.5	74	SI
10	10 minutos	21.5	74	SI
11	11 minutos	21.5	74.4	SI
12	12 minutos	21.5	74.4	SI
13	13 minutos	21.5	74.4	SI
14	14 minutos	21	74.4	SI
15	15 minutos	21	74.3	SI
16	16 minutos	21	74.3	SI
17	17 minutos	21	74.3	SI
18	18 minutos	21	74.3	SI
19	19 minutos	21	74.2	SI
20	20 minutos	21	74.2	SI

Quinta Prueba: 05 gotas de agua cada 60 segundos

Valores iniciales para el desarrollo de la primera prueba

- Hora de Inicio: 2:00 p.m.
- Hora de Finalización: 2:20 p.m.
- Valor de Temperatura Ambiente: 24 °C
- Valor de Humedad Relativa: 61.9%
- Valor de Presión Atmosférica: 703.27 mmHg



	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>	

*Valores tomados de Temperatura y Humedad*

Cant.	Tiempo de lectura	Valor Temperatura (°C)	Valor Humedad (%)	¿Presentó Condensación?
1	1 minuto	24.5	62	NO
2	2 minutos	24.5	62	NO
3	3 minutos	24.5	62	NO
4	4 minutos	24.5	62	NO
5	5 minutos	24.5	62	NO
6	6 minutos	24.5	62	NO
7	7 minutos	24.6	62	NO
8	8 minutos	24.6	62	NO
9	9 minutos	24.6	62	NO
10	10 minutos	24.6	62	NO
11	11 minutos	24.6	62	NO
12	12 minutos	24.5	61.5	SI
13	13 minutos	24.5	61.5	SI
14	14 minutos	24.5	61.5	SI
15	15 minutos	24.5	61.5	SI
16	16 minutos	24.4	61.5	SI
17	17 minutos	24.4	61.5	SI
18	18 minutos	24.4	61.5	SI
19	19 minutos	24.4	61	SI
20	20 minutos	24.4	61	SI

Sexta Prueba: 10 gotas de agua cada 60 segundos

Valores iniciales para el desarrollo de la primera prueba

- Hora de Inicio: 3:00 p.m.
- Hora de Finalización: 3:20 p.m.
- Valor de Temperatura Ambiente: 23.1 °C
- Valor de Humedad Relativa: 69.4%
- Valor de Presión Atmosférica: 702.96 mmHg

*Valores tomados de Temperatura y Humedad*

Cant.	Tiempo de lectura	Valor Temperatura (°C)	Valor Humedad (%)	¿Presentó Condensación?
1	1 minuto	23	69.6	NO
2	2 minutos	23	69.6	NO
3	3 minutos	23	69.6	NO
4	4 minutos	23	69.5	NO
5	5 minutos	23	69.6	NO
6	6 minutos	23	69.5	NO
7	7 minutos	23	69.6	NO
8	8 minutos	23.1	69.6	NO
9	9 minutos	23.1	69.5	NO
10	10 minutos	23.1	69.6	NO
11	11 minutos	23.1	69.5	SI
12	12 minutos	23.2	69.4	SI
13	13 minutos	23.3	69.5	SI
14	14 minutos	23.1	69.4	SI
15	15 minutos	23.1	69.5	SI
16	16 minutos	23.1	69.4	SI
17	17 minutos	23.2	69.5	SI
18	18 minutos	23	69.4	SI
19	19 minutos	23	69.4	SI
20	20 minutos	23	69.4	SI

	<b>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA</b> Incubadora de Empresas	
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</b>	

Cant.	Tiempo de lectura	Valor Temperatura (°C)	Valor Humedad (%)	¿Presentó Condensación?
12	12 minutos	19.3	78.9	SI
13	13 minutos	19.3	78.8	SI
14	14 minutos	19.2	78.8	SI
15	15 minutos	19.3	78.9	SI
16	16 minutos	19.3	78.8	SI
17	17 minutos	19.2	78.9	SI
18	18 minutos	19.3	78.8	SI
19	19 minutos	19.1	78.7	SI
20	20 minutos	19.1	78.7	SI

## CONCLUSIONES

Dada la tendencia en la fisiología respiratoria en cuyo caso las narinas juegan un papel importante en la regulación de la temperatura, la cual se mantiene en un grado porcentual por arriba de la temperatura normal corporal hace que el circuito paciente presente un comportamiento óptimo de flujo lateral y baja condensación en grado sumo por la ayuda de los filtros que ofrecen además radiación de calor con el medio o la temperatura circundante donde se encuentre el equipo monitoreando el paciente.

Atentamente,

*Jaime Andrés Rincón*

**JAIME ANDRÉS RINCÓN ARANGO**  
 Emprendedor