

133  
J.T.



**Universidad Nacional  
Autónoma de México**  

---

---

**FACULTAD DE QUIMICA**



**FILTRO TIPO HEPA:  
SU VALIDACION EN LA INDUSTRIA FARMACEUTICA**



**TRABAJO ESCRITO VIA DE EDUCACION  
CONTINUA**

**Que para obtener el Título de  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO  
p r e s e n t a:**

**JOSE LUIS TOVAR OCHOA**

**México, D. F.**

**1993**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO I. GENERALIDADES DE LOS FILTROS TIPO HEPA	2
A). Fabricación, Material y Diseño	3
B). Diferentes Medidas	4
C). Prefiltros de Apoyo y Características con Tabla Comparativa de Filtros Existentes en el Mercado Nacional	6
CAPITULO II. METODOS DE PRUEBA Y APARATOS PARA LA DETERMINACION DE EFICIENCIA	14
A). Clasificación de Métodos	
1. PESO	
2. AREA	
3. CONTEO	15
B). Aparatos para Valoración de Filtros Tipo HEPA	19
RESULTADOS	38
ILUSTRACIONES	43
BIBLIOGRAFIA	66

## INDICE DE ILUSTRACIONES

	Página
Figura 1. Filtro HEPA.	44
Figura 2. Gabinete Ideal con Filtros.	45
Figura 3. Filtro Climalav o Metálico.	46
Figura 4. Filtro Climapre o Desechable.	47
Figura 5. Filtro Climcap.	48
Figura 6. Filtro Climacap Seccionado.	49
Figura 7. Filtro Climaflu.	50
Figura 8. Gabinete.	51
Figura 9. Contador de Partículas Climet Serie 7000.	52
Figura 10. Contador de Partículas Climet Serie 4000.	53
Figura 11. Contador de Partículas Royco Clásico.	54
Figura 12. Contador de Partículas Met One Modelo 227.	55
Figura 13. Contador de Partículas TSI Modelo APS 33.	56
Figura 14. Contador de Partículas Lasair.	57
Figura 15. Prueba DOP Caliente.	58
Figura 16. Prueba DOP Fría.	59
Figura 17. Manómetro Diferencial.	60
Tabla 1. El Filtro HEPA, sus Modelos y Especificaciones.	61
Tabla 2. Filtros Climapre y sus Especificaciones.	62
Tabla 3. Filtros Climacap y sus Especificaciones.	63
Tabla 4. Filtros Climaflu y sus Especificaciones.	64
Tabla 5. Tabla Comparativa de Filtros Existentes en el Mercado.	65

## INTRODUCCION

En la preparación de productos farmacéuticos libres de partículas tales como bacterias, virus, polen, polvo, químicos orgánicos o inorgánicos, etc., si llegaran aquellos a contaminarse por estos, se perdería el objetivo; para que esto no suceda, los fármacos se preparan en cuartos llamados "Áreas limpias y estériles". Para tener esto se necesita un flujo de aire que entre al cuarto, el cual debe ser limpio; para esto se requiere del filtro llamado HEPA (High Efficiency Particle Air).

El filtro HEPA es un purificante de aire con una eficiencia mínima de 99.97%, con retención de partículas de 0.3 micras de diámetro, que sirve para depurar el fluido en el lugar de trabajo, siempre y cuando el filtro se encuentre en buenas condiciones y el papel filtro sea el indicado.

El objetivo es validar los filtros HEPA para verificar su eficacia en la industria farmacéutica. Se hace utilizando el aparato llamado "contador de partículas" y mediante la técnica de la placa fija para control microbiano, obteniendo así un producto que reúna todas las especificaciones preestablecidas, con respecto al aire limpio.

## CAPITULO I. GENERALIDADES DE LOS FILTROS TIPO HEPA

Los HEPA se colocan en el sistema de aire acondicionado para darnos un flujo limpio de aire acondicionado para eliminar agentes contaminantes tales como bacterias, hongos, polen o polvo.

Estos purificadores se utilizan en:

Laboratorios de investigación.

Plantas de procesamiento de alimentos y bebidas.

Áreas de ensamble de precisión.

Quirófanos.

Áreas estériles en laboratorios farmacéuticos.

Otros, en donde se desea eliminar microorganismos o polvo.

## CAPITULO I. GENERALIDADES DE LOS FILTROS TIPO HEPA

Los HEPA se colocan en el sistema de aire acondicionado para darnos un flujo limpio de agentes contaminantes tales como bacterias, hongos, polen o polvo.

Estos purificadores se utilizan en:

Laboratorios de Investigación.

Plantas de procesamiento de alimentos y bebidas.

Areas de ensamble de precisión.

Quirófanos.

Areas estériles en laboratorios farmacéuticos.

Otros, en donde se desée retener microorganismos o polvo.

#### A) Fabricación, Material y Diseño

Los filtros (figura 1) absolutos -llamados también "HEPA"- están constituidos por un medio filtrante (1) blanco a base de micro-fibras de vidrio y resina tratada, que le da al filtro sus propiedades impermeables. Su medio filtrante se aplica para obtener una mayor superficie de filtrado, por lo cual la distancia entre estos pliegues se controla mediante espaciadores de hojas de aluminio o papel kraft corrugados y colocados en direcciones del flujo de aire. Esto facilita el flujo laminar del aire filtrado. El filtro se encuentra exteriormente reforzado por un marco de madera aglomerada y tratada con un espesor de 16 mm. La unión entre las caras interiores del marco y el medio filtrante con los espaciadores es cuidadosamente sellada para evitar las posibles fugas de aire no filtrado; por la cara posterior de la salida del aire el marco lleva alrededor un hule para asegurar un perfecto sellado al montarse en su compartimento o gabinete.

## B) Diferentes Medidas

Los filtros de que nos ocupamos existen en el mercado en diferentes medidas o tamaños (Tabla 1), y dependen de la capacidad de operación (2), medida en pies cúbicos por minuto (P.C.M.) o metros cúbicos por hora. En la tabla 1 se presentan filtros de distintas especificaciones, de los cuales se destacan cuatro modelos (del 3 al 6) que son los más usados y que, por tener mas demanda, son más económicos en costo inicial y de operación.

A continuación mencionamos un procedimiento para seleccionar un filtro estándar, ante otros de medidas especiales.

Supongamos que vamos a trabajar con una capacidad de operación de 2,200 P.C.M., entonces:

- a) Podemos utilizar dos filtros modelo 5 con dimensiones de 24" X 24" X 11 1/2" donde cada uno trabaja a 1,100 P.C.M., o
- b) Podemos utilizar un filtro modelo 14 con dimensiones de 24" X 48" X 11 1/2" que trabaja a 2,200 P.C.M.

Las ventajas de la primera opción ante la segunda son las siguientes:

Puede contarse con existencias en almacén y la entrega del proveedor es expedita.

Es fácilmente maniobrable por su volumen.

El costo siempre será inferior por el beneficio de la producción en serie y la economía en escala.

C) Prefiltros de Apoyo y Características con Tabla Comparativa de Filtros Existentes en el Mercado Nacional

Como el aire del exterior viene contaminado de partículas grandes y mayor cantidad de partículas pequeñas que no son visibles, el filtro absoluto tiende a saturarse en poco tiempo. Para prolongar la vida de dicho filtro se sugiere el uso de prefiltros que sirven para retener partículas grandes. Estos prefiltros son de apoyo y evitan que el filtro HEPA se sature.

Los beneficios que se obtienen así se traducen en reducción de costos, al eliminarse inversiones en filtros HEPA que sufren una saturación prematura, incluyendo la mano de obra que se emplea. Los prefiltros son más económicos y pueden ser cambiados dos o tres veces antes que el filtro absoluto, dependiendo de la saturación. En función de las concentraciones de partículas en el ambiente podrá seleccionarse el o los prefiltros adecuados, cuidando no utilizar prefiltros en exceso.

Existe un método ideal para limpiar el aire ambiental exterior que comprende un gabinete donde se colocan todos los filtros (figura 2). En función del flujo del aire pueden ordenarse una serie de filtros en el gabinete que cumplan con el objetivo deseado; son los siguientes (1): Climalav, Climapre, Climacap, Climafiu y Climafil (HEPA).

#### CLIMALAV.-

Es rígido y de alta resistencia (figura 3). Su marco es de lámina rolada en frío de calibre # 20 galvanizada, totalmente soldada. El elemento filtrante consta de un gran número de telas tipo mosquitero corrugadas, que proporcionan una mayor área de filtración, baja velocidad de paso del aire a través del elemento y baja caída de presión. Las dos caras del filtro están protegidas con mallas de alambre galvanizado ondulado de calibre # 14.

Estos filtros son resistentes y por lo tanto lavables, así como muy durables.

#### CLIMAPRE.-

Está constituido por un marco exterior de cartoncillo limitado a la entrada y salida del aire por lámina perforada de hojalata; esta lámina se encuentra reforzada a la entrada del aire por un tirante rígido de hojalata y a la salida del aire por dos tirantes. Dentro de la estructura se encuentra alojado el medio filtrante de fibra de vidrio color azul y está constituido por fibras largas entrelazadas y aglutinadas, formando un colchón de diferente densidad, ya que se encuentra mas abierta a la entrada del aire y se va cerrando paulatinamente a la salida de éste. Esta

característica asegura que el medio filtrante se sature totalmente debido a que las partículas de polvo de menor diámetro son retenidas al final. El medio filtrante está impregnado con un material especial inflamable e inodoro que permanece viscoso durante la vida del filtro, y asegura aún más la retención del polvo, evitando que se desprenda (figura 4).

La eficiencia de los filtros depende de su espesor. Los de 1 pulgada tienen una eficiencia de 75% y los de 2 pulgadas de 81%, basados en los métodos de prueba de peso. Tiene baja caída de presión inicial y final (tabla 2).

Las ventajas de este filtro sobre otros son:

1. Mayor velocidad de aire.
2. Mayor consistencia por su refuerzo laminado del mismo material (fibra de vidrio).
3. Mayor eficiencia por el diseño especial del medio filtrante.
4. Mayor capacidad de retención de polvo.
5. Mayor capacidad de flujo de aire, ya que trabaja con velocidades de aire mayores.
6. Mayor vida, por su alta capacidad de retención de polvo.
7. Mayor economía por su prolongada vida.
8. Mayor seguridad por la incombustibilidad del medio filtrante.

9. Mayor ahorro de energía del equipo de ventilación, por su menor resistencia al paso del aire.
10. Mayor rigidez por sus tirantes de refuerzo.
11. Menor caída de presión inicial.
12. Menor dificultad en la identificación de la cara de entrada del aire por las indicaciones que muestra el marco.
13. Menor riesgo de desprendimiento de fibras por su doble protección a la salida del aire.
14. Menor posibilidad de desprendimiento del polvo retenido por el impregnado del medio filtrante.
15. Menor dificultad en su instalación por las dimensiones exactas utilizadas en su fabricación.
16. Menor riesgo en el manejo, por su adecuado empaque que lo protege de daños.

#### CLIMACAP.-

Está constituido a base de fibra sintética retardante al fuego. Consta de dos capas de material aglutinado de diferentes tamaños de fibras y densidades. La capa anterior, de fibra color verde de menor densidad, retiene partículas grandes y pesadas, mientras que la capa posterior mas densa retiene partículas pequeñas y ligeras. La capa posterior de color blanco es tratada también a la salida del aire con un

adhesivo especial inodoro, para prevenir el desprendimiento de las partículas colectadas.

Estos filtros se aplican en donde hay altas concentraciones de polvo, cenizas volátiles y partículas de 10 micras de diámetro (1 micra = 0.001 mm). La estructura y la configuración del medio filtrante (figura 5), así como sus pliegues, da alta capacidad de filtrado y baja resistencia al paso del flujo del aire. Otra propiedad es la de no higroscópico, y por la composición química de esta fibra que tiene el carácter de termoplástico, permite el sellado hermético del preformado de los pliegues o bolsas, y el aire que atraviesa asegura un buen filtrado.

Este filtro de mediana eficiencia y alta capacidad de retención de polvo es de bajo costo de instalación y mantenimiento, comparado con los filtros planos.

Está compuesto por un ensamble completo, consistente en un cartucho de medio filtrante preformado en bolsas; una malla de alambre, para la retención posterior del cartucho, y un marco permanente de lámina galvanizada provisto con ganchos de alambre a manera de bisagra, para la sujeción del cartucho y la malla (figura 6). Las diferentes medidas y sus capacidades de operación se ilustran en la tabla 3.

## CLIMAFLU.-

Está fabricado de fibras de vidrio aglutinadas con resina fenólica, marco de lámina galvanizada y empaque y retenes para la sujeción. Por la composición de las bolsas con espaciado controlado evita el uso de una armazón.

Este filtro da una alta eficiencia de filtración a bajo costo en términos de 85% y 95% en la prueba ASHRAE de manchas de polvo atmosférico. Tiene una larga vida debido a su gran superficie de medio filtrante y a su diseño que evita la concentración de material contaminante. También es compacto o no requiere de gran espacio para almacenaje (figura 7). En la tabla 4 se encuentran las diferentes medidas y capacidad de operación.

### Características Técnicas (eficiencia).-

#### PRUEBA DE CONTEO

Serie 95	100% en partículas de 2 micras
Serie 85	100% en partículas de 5 micras

#### PRUEBA DE MANCHAS NBS (NATIONAL BUREAU OF STANDARDS = OFICINA NACIONAL DE ESTANDARES -USA-)

Serie 95	93 - 95%
Serie 85	80 - 85%

**PRUEBA DE PESO**

Serie 95 99%

Serie 85 99%

y la caída de presión va de acuerdo a la capacidad de operación (tabla 4).

**GABINETE.-**

Este garantiza la eficiencia de un banco (1) de filtros como si fuera un filtro individual (figura 8) y está fabricado en lámina de acero rolada en frío, calibre # 18, para uno y dos filtros, y, en calibre # 16 para más filtros; son herméticos y con registro para servicio de apertura y cierre rápido, de fácil instalación y acceso lateral. Su acabado es a prueba de corrosión con esmalte anticorrosivo y ahorra espacio en la instalación. Como se muestra en la figura 8 este gabinete deberá instalarse inmediatamente antes de la salida del aire al área acondicionada y posterior a la unidad de aire acondicionado. Este arreglo garantiza la pureza del aire que entra al local y protege a la unidad de aire acondicionado del polvo.

Sus ventajas son:

1. Garantiza que los filtros tendrán la eficiencia estipulada.

2. Facilita la instalación y reemplazo de filtros.
3. Elimina fugas de aire.
4. Reduce al mínimo el mantenimiento.
5. Se logran instalaciones mas estéticas.

## CAPITULO II. METODOS DE PRUEBA Y APARATOS PARA LA DETERMINACION DE EFICIENCIA

Para seleccionar el filtro o método de limpieza del aire se requiere de consideraciones tales como eficiencia, resistencia, mantenimiento y accesibilidad en espacio.

#### A) Clasificación de Métodos

Los filtros de aire retienen polvo y, dependiendo de su textura, será la cantidad de partículas que se quedarán en el medio filtrante; para valorarlos se cuenta con tres (1) métodos, a saber:

1. Por peso: Es el peso total retenido en el aire.
2. Por área: Esto sirve para los edificios en donde se tienen filtros para reducir manchas causadas por la suciedad que tiene el aire.
3. Por conteo: Es el número de partículas retenidas del aire.

En el aire se tienen diferentes tamaños de partículas, y en su mayoría éstas son pequeñas. Pensando en la relación que existe entre las partículas menores con respecto a las mayores, se pueden considerar en proporción de un millón a uno, y las partículas mayores representan casi la totalidad del peso del polvo en el aire, ya que las pequeñas son tan ligeras que es imposible pesarlas. Sin embargo, se puede medir su efecto manchador o se pueden contar.

Partiendo de las partículas pequeñas, éstas se pueden clasificar en la siguiente forma:

- a) Las partículas visibles llegan a medir hasta 25 micras.
- b) Las cenizas volátiles hasta 10 micras.

- c) El polvo atmosférico de una a 10 micras.
- d) Polen y mohos de 5 a 10 micras.
- e) Bacterias, humo de tabaco y humo de fundición de una a 5 micras.

Tomando en cuenta el tamaño de las partículas, en base a su peso y a su número, podemos aplicar el método (1) específico para valorar la eficiencia del filtro.

Así, tenemos la técnica por peso, ya que las partículas más grandes son las causantes de la mayoría del peso en el aire, ya que esta prueba da la habilidad de un filtro para retener moléculas grandes.

A continuación se presentan ejemplos de los métodos antes mencionados, con un mismo tipo de filtro en los tres casos:

- a) Tenemos un filtro de aire y 101 partículas esféricas de la misma densidad; están formadas por una grande de diez micras y 100 de una micra. Supóngase que las 101 partículas vienen en el aire y hacen contacto con el filtro; la grande se queda y las otras 100 si son filtradas.

Fórmula para determinar la eficiencia:

$$\frac{\text{POLVO CAPTURADO}}{\text{POLVO EMITIDO}} \times 100 = \% \text{ DE EFICIENCIA}$$

Como cada partícula pesa su diámetro al cubo, tenemos:

$$\frac{1,000}{1,000 + 100} \times 100 = 91\% \text{ DE EFICIENCIA POR PESO}$$

Este caso resulta conveniente cuando filtramos partículas grandes y pesadas.

b) La habilidad para manchar de cada partícula es igual a su diámetro al cuadrado. La partícula de diez micras tendrá un valor de manchado de

$$10^2 = 100$$

y para las 100 partículas de una micra será

$$1^2 \times 100$$

y producirán un sombreado total de diez unidades.

$$\frac{100}{100 + 100} \times 100 = 50\% \text{ DE EFICIENCIA DE AREA}$$

El área relaciona la capacidad del filtro para eliminar la habilidad de manchado. A 50% de eficiencia, resulta un filtro significativamente efectivo.

c) En base a un conteo, la relación de partículas es de cien a uno.

$$\frac{1}{1 + 100} \times 100 = 0.99\% \text{ DE EFICIENCIA DE CONTEO}$$

En esta prueba se relacionan directamente las partículas ligeras y pequeñas. El filtro opera 0.99% de eficiencia porque ha permitido el paso de las partículas pequeñas. Por lo consiguiente este filtro no retiene estas partículas.

En estos tres ejemplos obsevamos que el filtro es altamente

efectivo para partículas grandes tales como cenizas volátiles y olin visibles, pero no serviría para la retención de partículas pequeñas tales como bacterias y polvos no visibles, aunque en el ejemplo "b" es medianamente efectivo.

Los métodos de peso y de área tienen un estándar (52-68 de ASHRAE). Estos dos métodos son para filtros que se emplean en las industrias y comercios que no suelen utilizar aire limpio, contrariamente a las áreas estériles que tienen los laboratorios farmacéuticos o salas quirúrgicas.

Al emplear el método de peso se usa polvo artificial que consta de partículas largas y pesadas para facilitar el proceso.

Como el aire del ambiente contiene una mezcla de partículas grandes y pequeñas, es el único que nos puede dar lecturas realistas de la habilidad de un filtro para reducir el manchado. El estándar ASHRAE utiliza ambos, tanto el polvo sintético como el atmosférico.

La eficiencia de un filtro radica en sus materiales, diseño y construcción.

Cuando se llega a tener dos filtros con la misma eficiencia, podemos seleccionar aquel de mayor duración o que resulte más económico.

## B) Aparatos para Valoración de Filtros Tipo HEPA

Para valorar los filtros tipo HEPA se cuenta con varios aparatos que son distribuidos por empresas, las cuales en su mayoría, nos han proporcionado datos como marcas, modelos y especificaciones de los equipos.

Los contadores de partículas son los aparatos indispensables para valorar los filtros tipo HEPA, y se utilizan tanto en Estados Unidos como en países de Europa. Allí existen empresas que fabrican contadores de partículas, y a través de los distintos distribuidores, llegan a todos los destinos del mundo en donde son empleados rutinariamente.

Los contadores de partículas son muy sensibles y deben maniobrarse cuidadosamente, so pena de que éstos lleguen a descalibrarse y proporcionar datos no confiables.

Estos equipos llegan a detectar pequeñas partículas desde 0.1 micras a mayores tamaños. A continuación se presentan los contadores de partículas y otros dispositivos con sus especificaciones, incluyendo marca, serie y modelo. Cabe mencionar que nos ocuparemos de aquellos aparatos que cumplan con un mínimo de 0.3 micras de capacidad de detección de partículas.

ATI (AIR TECHNIQUES INCORPORATED).-

Contador de Partículas Serie 208.-

El modelo 208 es un instrumento multiusos destinado para contar partículas en el aire tan pequeñas como 0.5 micras y en concentraciones tan altas como 1 millón de partículas por pie cúbico.

El modelo 208 incorpora varias características sobresalientes: aire purgado es usado para prevenir contaminación de partes ópticas. Un sistema de calibrado secundario de estado sólido es empleado para eliminar algunos problemas de partes mecánicas. Todas las lámparas sensoras son prealineadas y directamente intercambiables en el medio. Una precisión electrónica fluye midiendo el sistema continuamente y monitorea la muestra que da el valor rápidamente. Nueve diferentes opciones de información impresa es obtenible. Se enlistan a continuación sus principales características:

Tamaño:	5 1/4" X 16 1/2" X 16 1/2"
Peso:	27 libras
Calibrado:	Estado Sólido, ajuste interno
Potencia:	110 watts nominales
Voltaje de operación:	110, 115 y 230 opcional
Frecuencia de operación:	50-60 Hz.

Equipos Opcionales de Lectura Contador de Partículas ATI  
Serie 208.-

PANTALLA ANALOGICA MODELO 208-1

---

Intervalo:  $10^3$  a  $10^6$  partículas/pie  
cúbico

Intervalo de tamaño: 0.5, 1, 2, 5, 10 micras y  
más grandes

GRABACION ANALOGICA MODELO 208-2

---

Tira de grabación

desprendible: 2 1/4" de ancho

Intervalo de tamaño: Ajustable internamente

Intervalo:  $10^3$  a  $10^6$  partículas/pie  
cúbico

GRABACION ANALOGICA MODELO 208-3

---

Tira de grabación

desprendible: 2 1/4" de ancho

Intervalo de tamaño: 1 micra y más grandes

Intervalo:  $10^3$  a  $10^6$  partículas/pie  
cúbico

GRABACION ANALOGICA MODELO 208-4

---

Tira de grabación

desprendible: 2 canales, 2 1/4" de ancho

Intervalo de tamaño:	Según especificaciones
Intervalo:	$10^3$ a $10^6$ partículas/pie cúbico

GRABACION ANALOGICA MODELO 208-5

Intervalo de tamaño de partículas:	0.5, 1, 2, 5, 10 micras y más grandes
Forma de muestra:	Manual, 0.1 y 1.0 pies cúbicos
Lectura:	5 dígitos, pantalla de estado sólido
Retención de pantalla:	Variable desde unos segundos a infinito
Intervalo de conteo:	Proyección en pantalla
Intervalo superior:	Proyección en pantalla
Alarma de conteo:	1, 10, 100, 1,000, 10,000, y 100,000 conteos

IMPRESORA MODELO 208-6

Intervalo de tamaño de partículas:	0.5, 1, 2, 5, 10 micras y más grandes
Forma de muestra:	Manual, 0.1 y 1.0 pies cúbicos
Salida de impresión:	5 dígitos con intervalo superior indicado
Intervalo superior:	Proyección en pantalla

Conteo:	Proyección en pantalla
Ciclo de impresión:	1. Muestra de 60 o 600 segundos, salida de impresión y repetición
	2. Muestra de impresión una sola vez

CLIMET.-

Contador de Partículas Serie 7000.-

Los instrumentos de la serie 7000 de Climet cumplen todos los estándares de operaciones de contador de partículas. También tienen la capacidad adicional para llevar a cabo todos los análisis requeridos por el estándar federal (USA) 209D. Las series 7000 también pueden ser usadas para certificar o valorar algunos de los cuartos limpios clasificados como clase 1 hasta la 100,000. Simultáneamente con los contadores de partículas, los instrumentos de la serie 7000 pueden medir la velocidad, la humedad relativa y la temperatura del aire. Cada uno de los instrumentos de la serie 7000 tiene una opción adicional atribuible, que puede ser usada para otras mediciones.

La serie 7000 puede ser usada únicamente como estándar de contadores de partículas en la configuración tradicional de operaciones, o puede ser usada como sensor alejado y

almacenado en una computadora Climaps para un sistema de control de llenado fácil. Cuando es usado con el nuevo sistema de monitoreo multipuerto, cada instrumento de la serie 7000 puede ser expandido a monitor hasta de 30 lugares remotos, todos dentro de las especificaciones del estándar federal 209D.

Características Particulares de la Serie 7000.-

MODELO CI-7300

Angulo óptico:	$15^{\circ} - 150^{\circ}$
Fuente de luz:	Cuarzo Halógeno, policromático
Sensibilidad de tamaño:	0.3 micras
Intervalo de tamaño:	0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 5.0 y 10.0 micras.
Valor de flujo:	1.0 P.C.M.
Dimensiones:	7 3/4" X 13" X 19"
Peso:	46 libras

MODELO CI-7400

Angulo óptico:	$45^{\circ} - 135^{\circ}$
Fuente de luz:	He-Ne Laser, high order (Modo multi-transversal)
Sensibilidad de tamaño:	0.19 micras

Intervalo de tamaño: 0.19, 0.3, 0.5, 1.0, 3.0 y 5.0 micras

Valor de flujo: 1.0 P.C.M.

Dimensiones: 7 3/4" X 13" X 19"

Peso: 48 libras

MODELO CI-7500

Angulo óptico: 45° - 135° y 225° - 315°  
(detector dual)

Fuente de luz: He-Ne Laser, high order  
(Modo multi-transversal)

Sensibilidad de tamaño: 0.1 micras

Intervalo de tamaño: 0.1, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4, y 0.5 micras

Valor de flujo: 0.1 P.C.M.

Dimensiones: 7 3/4" X 13" X 22"

Peso: 50 libras

Calidad y confiabilidad son dos de las más importantes características de los instrumentos de la serie 7000, como son los modelos CI-8060, CI-6300 y CI-6400.

Las unidades de la serie 7000 pueden ser usadas por grupos y almacenar todos los datos requeridos y entonces computarizarlos. Todos los cálculos son ejecutados por los instrumentos y no manualmente, como antes se hacía, tales como cálculos promedio, valores medios, desviación estándar,

etc. Al final del proceso de certificación, el contador de partículas imprime el valor final el cual define la clase de cuarto limpio.

#### Contador de Partículas Serie 4000.-

Los Climet CI-4120 y CI-4220 son contadores de partículas portátiles con una capacidad de valor de flujo total de 1 pie cúbico por minuto (P.C.M.). Como una extensión de la popular serie 4000, estos nuevos contadores de partículas ofrecen muchas características sólo encontradas en grandes y costosos equipos. Han sido diseñados no solo para cumplir y exceder los requerimientos del estándar federal 209D (USA), sino también los requerimientos del estándar británico BS5295 y otros estándares internacionales.

La alta seguridad de estos productos, larga vida de servicio y la capacidad técnica superior son la imagen de esta marca. Aplicando estos factores a esta nueva familia de instrumentos podemos obtener una capacidad total de un contador de partículas portátil de 1 P.C.M. a un precio razonable.

A continuación se describen sus principales características.

Pantalla continua de contador de pies cúbicos o contador de metros cúbicos.

Capacidad para 200 datos almacenados.

Optica de alta resolución.

	<u>CI-4120</u>	<u>CI-4220</u>
Sensibilidad:	0.5 micras	0.3 micras
Tamaño de		
Partículas:	0.5, 5.0, 10.0 y 25.0 micras	0.3, 0.5, 5.0 y 10.0 micras
Fuente de luz:	Diodo Laser	
Capacidad de flujo:	1.0 P.C.M.	
Sensor de flujo:	Sensor de flujo de masa empotrado	
Fuente de iluminación:	Diodo Laser	
Pantalla:	6 1/2 Dígito LED	
Representación de datos:	Cuenta total o concentración totalizada en pies o metros cúbicos	
Volumen de muestra:	0.1, 0.2, 1.0, 2.0 y 20.0 pies cúbicos y y 0.01, 0.1 y 1.0 metros cúbicos	0.1, 0.25, 0.7, 1.0 y 7.0 pies cúbicos y 0.01, 0.1 y 1.0 metros cúbicos
Almacenamiento de datos:	200 muestras fijas, datos y marca de tiempo	
Tiempo de demora:	1 seg., 15 seg., 5 min., 30 min., 1 hs. o infinito	

<b>Salidas:</b>	RS232, RS485 (especificaciones de interfases externas)
<b>Tamaño:</b>	6" X 12.5" X 13.5"
<b>Peso:</b>	25 libras
<b>Humedad relativa y medición de temperatura:</b>	Opcional
<b>Impresora térmica externa:</b>	Opcional
<b>Programática (software) para vaciado de datos:</b>	Opcional: 4000 Logger o 4000 Export

**PACIFIC SCIENTIFIC.-**

**Contador de Partículas.-**

**RDYCO CLASICO**

**Este instrumento contiene las especificaciones siguientes:**

**Certificación de cálculo automático de estándar 209D.**

**Tamaño pequeño.**

**Peso ligero.**

**Capacidad de 1 P.C.M.**

**Memoria de 500 corridas.**

4 tamaños de canales, que permiten pequeñas y grandes partículas.

Indicador de flujo interno para validación y teclado de código de barras integrado para facilitar su uso.

MET ONE.-

Contador de Partículas.-

MODELO 227

El nuevo modelo 227 de Met One no es mas grande que el control remoto de un televisor, pero este contador de partículas ambientales portátil tiene todas las posibilidades y características que se esperan de un contador de gran tamaño.

Con el modelo 227 es fácil detectar contaminación crítica desde su origen. La batería interna recargable permite reemplazar su contador de tamaño mayor facilitándole su manejo. Sus medidas son de 4" X 6.5" y el peso de solo 2 libras, características de sensibilidad de 0.5 micras, dos intervalos de tamaño de partículas y un sensor laser de estado sólido de confianza. Totalmente auto-contenido, el contador 227 puede ser usado por él mismo, con una impresora remota o computadora, o como parte de un gran sistema de

monitoreo. El 227 ha sido diseñado especialmente para ser usado en forma muy simple, llevando incluido un conveniente manual de operación que es pequeño y adaptado a la parte posterior de su funda.

TSI INCORPORATED.-

Calibrador de Partículas Aerodinámico Modelo APS 33.-

Utiliza técnicas de medición por laser para determinar el tamaño aerodinámico de partículas aerotransportadas. Analiza las medidas adelantadas y resultados presentes, en 24 diferentes formas.

Monitor de Masa en Aerosol Respirable y Piezobalanza TSI Modelo 3500.-

Da medida a la concentración de la masa de partículas respirables.

PARTICLE MEASURING SYSTEMS INC.-

Contador de Partículas.-

Los contadores de partículas ópticos Lasair optimizan los

avances tecnológicos. La línea completa de instrumentos Lasair han sido desarrollados para incorporar el sistema óptico de cavidad laser pasivo PMS patentado.

Los sistemas Lasair ofrecen diversas características deseables con trazado de pantalla "amigable" para el usuario desplegada en una densidad alta a 5" CRT.

La información de muestra de datos del Lasair es presentada al operador en dos formatos: tabular y en histograma. El reporte de datos tabular es desplegado como cuenta diferencial, cuenta acumulativa, concentración diferencial o concentraciones acumulativas. El desplegado en histograma de cuenta diferencial o acumulativa es como un porcentaje del total de partículas en una muestra.

En resumen, el Lasair ofrece características de desempeño, compatibilidad de cuarto limpio, descripciones para el usuario e intervalos de tamaño estándar a 1 P.C.M. de valor de flujo.

Los modelos Lasair 110, 210, 310 y 510 manejan especificaciones diferenciadas, así como otras que les son análogas, descritas a continuación:

ESPECIFICACIONES NO COMUNES

	<u>Intervalo de tamaño</u>
LASAIR 110:	0.1 - 5.0 micras
LASAIR 210:	0.2 - 5.0 micras

LASAIR 310:	0.3 - 10.0 micras
LASAIR 510:	0.5 - 10.0 micras
	<u>Umbral de canales de tamaño</u>
LASAIR 110:	8 canales con umbral de 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 y 5.0 micras
LASAIR 210:	8 canales con umbral de 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 2.0, 3.0 y 5.0 micras
LASAIR 310:	8 canales con umbral de 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 y 10.0 micras
LASAIR 510:	8 canales con umbral de 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0 y 10.0 micras
	<u>Concentración máxima</u>
LASAIR 110:	100,000/pie cúbico
LASAIR 210:	350,000/pie cúbico
LASAIR 310:	350,000/pie cúbico
LASAIR 510:	1,000,000/pie cúbico

ESPECIFICACIONES COMUNES

Valor de flujo: 1 P.C.M

<b>Eficiencia de conteo:</b>	Garantía de 50% de eficiencia de conteo en total de umbral mínimo
<b>Nivel de cuenta ceros:</b>	<0.1/pie cúbico o <1/10 minutos
<b>Diseño de cavidad:</b>	Pasiva
<b>Origen de laser:</b>	HeNe, 633nm
<b>Aire frío:</b>	Aire frío filtrado HEPA opcional
<b>Aire purgado:</b>	Aire filtrado purgado de sistema óptico
<b>Pantalla y control:</b>	5" CRT y teclado alfanumérico de 24 teclas con controles de funciones de equipo y programa
<b>Entrada de disco:</b>	Opcional fabricado en 3 1/2" entrada de disco flexible compatible con computador y pantalla electro-luminiscente
<b>Intervalo de muestras:</b>	1 segundo a 99:59:59 programable, o manual
<b>Modo de muestra:</b>	Único o continuo
<b>Tiempo de demoras:</b>	0 segundos a 99:59:59 programable
<b>Impresora:</b>	Pantalla total o impresora compacta, termal

<b>Análisis de datos:</b>	Almacenamiento automático, procesando arriba de 50 muestras de datos, tramos de series de tiempo
<b>Entradas analógicas:</b>	Cuatro (4-20 mA)
<b>Interfase a computador:</b>	RS232C ó RS485, bi-direccional
<b>Calibrado:</b>	Materiales de calibrado usados son fáciles de encontrar en el USA Instituto Nacional para Estándares y Tecnología y a uno o mas de los procedimientos siguientes: ASTM F-328 y ASTM F-649
<b>Poder:</b>	100, 115, 220 ó 240 volts, 50-60 Hz, 4 amperes máximo
<b>Dimensiones:</b>	17" X 14" X 6"
<b>Peso:</b>	50 libras
<b>Ambiente:</b>	Temperatura: 0-30 grados C Humedad: 0 - 95% anti-condensante
	Altitud: 0 - 20,000 pies

## FLANDERS FILTERS, INC.

### Prueba DOP.-

Un método para probar los filtros HEPA ha sido desarrollado por Flanders Filters, Inc. para obtener resultados a través de muestras de filtros testigos, por medio de la prueba D.O.P. en frío o en caliente.

La prueba D.O.P. fría utiliza un aerosol polidispersado generado a temperatura ambiente para producir partículas. Los tres componentes principales de este método son el generador D.O.P., la caja de prueba con motor/inyector, y la luz del fotómetro dispersor, esta última en el extremo opuesto del filtro. Cuando el sistema está en operación, es generado el D.O.P. e introducido al flujo inicial del banco del filtro, manejando un intervalo de tamaño de partículas de 0.1 a 3.0 micras (figura 15).

La prueba D.O.P. caliente maneja el aerosol D.O.P. (dioctilftalato) monodispersado generado térmicamente, mediante un aparato llamado penetrómetro. En este caso, por incremento o decremento de la temperatura, el tamaño de las partículas puede ser agrandado o reducido (figura 16).

DWYER INSTRUMENTS, INC.-

Manómetro Diferencial Serie Mark II Modelo No. 25.-

El manómetro diferencial es un aparato que sirve para medir diferencias de presión de aire y en lo particular para medir la caída de presión en filtros de aire, con el fin de saber su estado de saturación y determinar cuando hay necesidad de cambiarlos. El Mark II Modelo 25 es ampliamente usado.

Su construcción es sencilla: Una cubierta de plástico y un tubo indicador de plástico son sus elementos básicos. Su precisión es de 3% y no se altera con el tiempo y el uso. Su mínimo mantenimiento se limita a reponer el líquido evaporado. La instalación es rápida y sencilla también.

Este manómetro diferencial tiene un rango de medición de 0 a 3 pulgadas de columna de agua. Sus dimensiones exteriores son 18.6 X 11.5 X 3.0 cm. Viene con dos tubos flexibles de plástico de 1 1/2 m c/u, 2 conectores para lámina de 3 mm, 2 tornillos de montaje, 1 frasco de líquido e instrucciones de instalación (figura 17).

## TECNICA MICROBIOLOGICA DE MUESTREO DEL AIRE.-

### Técnica de la Placa Fija.-

Esta técnica es usada para el control microbiano. Se coloca una caja petri que contenga agar nutritivo en el área donde llegará el fluido, dejándola destapada durante varios minutos, lo que servirá para que la superficie del medio entre en contacto con el ambiente. Luego se lleva a incubación y posteriormente a la identificación de microorganismos por métodos convencionales.

## RESULTADOS

Las aportaciones que se han logrado en el desarrollo de este estudio se fundamentan en una serie de experiencias de las personas entrevistadas, quienes cuentan con un alto nivel de competencia en los distintos segmentos del campo de las ciencias ambientales, así como información documental proporcionada por empresas y asociaciones que abarcan la industria de los filtros y equipo para control. A estos antecedentes agregó mis conocimientos y experiencias en esta especialidad durante varios años. El análisis y ponderación de la información obtenida me ha permitido seleccionar todo aquello que resulta más relevante.

### Falta de Información Disponible

A efecto de contar con información relacionada con filtros HEPA, prefiltros y contadores de partículas, es condición casi imprescindible requerirla al mismo proveedor, ya que no se encuentra disponible en literatura al alcance de todos. El desarrollo de este conocimiento, el cual involucra muchos otros puntos de índole ambiental, se genera en mesas redondas o reuniones, principalmente en los Estados Unidos y en Europa, donde existen distintos organismos que promueven el avance tecnológico. Por mencionar uno de estos organismos

destacamos el IES (Institute of Environmental Sciences). Los mencionados eventos se efectúan en tal frecuencia que los mismos afiliados a estos organismos cuentan con departamentos especialmente encargados de observar todos los detalles del proceso de manufactura de rutina y excepciones, generalmente integrados a las áreas de investigación y desarrollo o en la misma alta gerencia. Las aportaciones de afiliados son un intercambio de incontables experiencias que por lo general van mas allá del entorno ambiental. Tan sólo por mencionar algunos participantes, se incluyen el Ejército, la Naval y la N.A.S.A. en los Estados Unidos, sin mencionar a las grandes transnacionales dedicadas a esta especialidad. En nuestro país existen empresas que tienen representación en organismos como los referidos, y a manera de ejemplo mencionamos a Ventilación Industrial, S.A.

#### Manejo y Transporte de Filtros

Siempre existe la posibilidad de que un filtro se deteriore, ya sea por un inadecuado manejo o por un deficiente trabajo de instalación. Los filtros requieren empaques adecuados que eviten que se mueva interiormente o que absorba impactos, lo cual es tan importante tanto como que el filtro cumpla con el estándar óptimo de calidad. El manejo de los filtros cuando éstos se transportan es clave para conservarlo en

buen estado, ya que aunque se hubieran tomado todas las precauciones al empacarlo, el mal manejo invalida cualquier garantía que pudiera dar el proveedor. En lo tocante a su instalación, ésta deberá efectuarla una persona que esté familiarizada con este tipo de tareas, como puede ser el personal de mantenimiento o bien técnicos especializados externos; sucede que el personal inexperto suele usar como punto de apoyo el mismo elemento filtrante, dañándolo. Ante estas situaciones, es importante que el proveedor de los filtros nos otorgue garantía de estos, asimismo que dentro de su proceso de aseguramiento de calidad incluya la prueba de eficiencia al 100% y no selectivamente.

#### Recambio de Filtros

Dadas las necesidades de un recambio de filtros normal, dentro de las operaciones de mantenimiento preventivo, es menester tomar en consideración dos cuestiones.

Primero, registrar la fecha de recambio de un filtro previendo el tiempo que tendrá de vida útil, para efectuar la siguiente sustitución del mismo. Segundo, el tiempo de trabajo del filtro que incidirá en el desgaste que sufrirá y que determinará en parte la fecha de recambio.

Una recomendación aceptada es solicitar al propio proveedor de filtros lleve una bitácora donde controle la fecha idónea

para hacer la substitución del filtro.

Otra recomendación en torno a este apartado es la de contar con un manómetro diferencial instalado en el mismo filtro, el cual nos indicará una caída de presión y nos permitirá tomar la decisión de recambio. El modelo referido es bien aceptado.

#### Recomendaciones de Contadores de Partículas

A este respecto resulta sumamente difícil tomar una opción aplicable a la generalidad, dadas las distintas condiciones que reúnen tanto las áreas y sus mismas capacidades como las características de producto o servicio de la empresa, tal como se mencionó en el capítulo I sobre generalidades. Siempre será una condición que el equipo sea el de menor costo y que reúna como mínimo todas las especificaciones requeridas por el usuario. Aunque esto parezca obvio, resulta importante considerarlo ya que es posible caer en el error de seleccionar equipo que excede los requerimientos, y con mayor énfasis si se opta por uno que no cumple con éstos. De la serie 208 los equipos opcionales del 2, 3 y 4 son los que detectan partículas hasta de 0.3 micras. Su tamaño es de 5 1/4" X 16 1/2" X 16 1/2" y pesa 27 libras. El Climet de la serie 7000 determina velocidad del aire, humedad relativa y temperatura, incluyendo la función de

contador de partículas. Además se le puede adicionar otros instrumentos para efectuar mediciones opcionales, incluso conectarlo a un computador. Sus dimensiones son 7 3/4" X 13" X 19" y pesa 46 libras.

Otros aparatos que lleguen a detectar partículas inferiores no se justifican, debido a que el mismo filtro HEPA retiene partículas hasta de 0.3 micras, por lo común.

El Climet de la serie 4000 modelo CI-4220 también es recomendable. Sus dimensiones son 6" X 12 1/2" X 13 1/2" y pesa 25 libras.

La prueba DDP no es recomendable para la valoración de filtros tipo HEPA en el laboratorio farmacéutico; requiere del empleo de cuantioso material de trabajo en instalación; asimismo incluye el riesgo, cuando el filtro esté defectuoso, de contaminar el área estéril al traspasar el filtro los elementos de prueba DDP. Esto sí es recomendable en fábricas como apoyo en pruebas de control de calidad, en donde previamente se tienen instalados los aparatos para hacer la prueba DDP.

En cuanto a la marca Lasair los modelos son altamente confiables. Destacamos los modelos 210 y 310 que son indicados para satisfacer un cúmulo de requerimientos. Deberá seleccionarse el que tenga menor costo cumpliendo con las especificaciones deseadas, ya que el modelo 210 llega a tomar hasta 0.2 micras.

## ILUSTRACIONES

FIGURA 1  
FILTRO HEPA

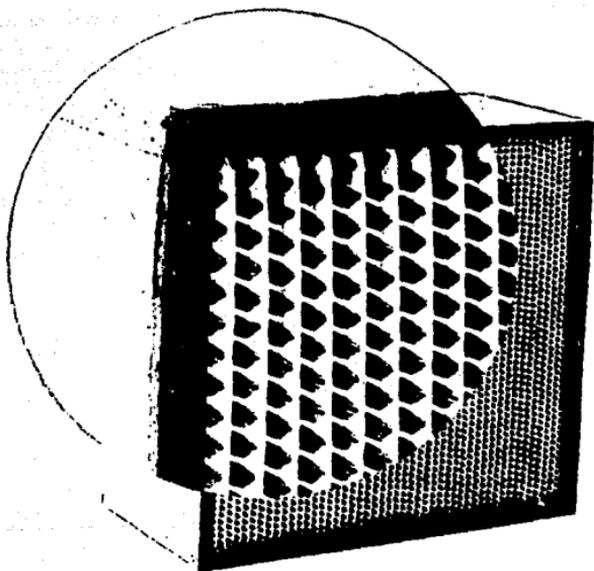


FIGURA 2  
GABINETE IDEAL CON FILTROS

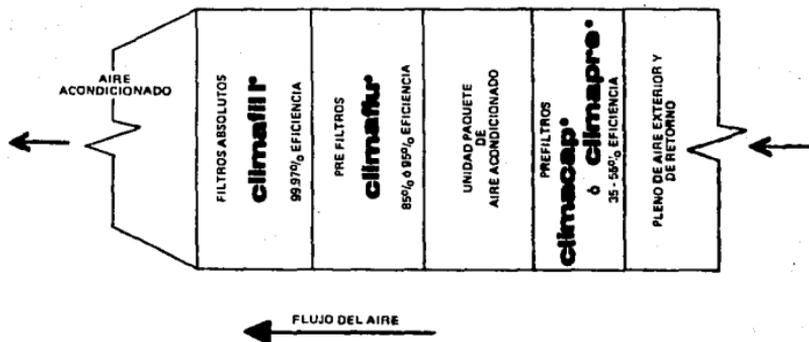


FIGURA 3  
FILTRO CLIMALAV O METALICO

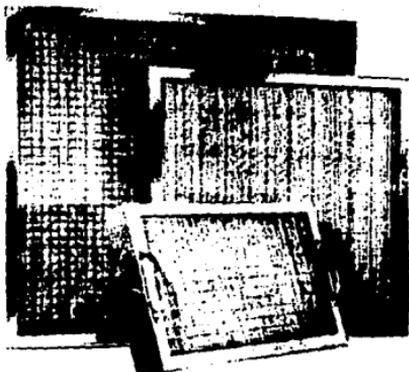




FIGURA 5  
FILTRO CLIMACAP

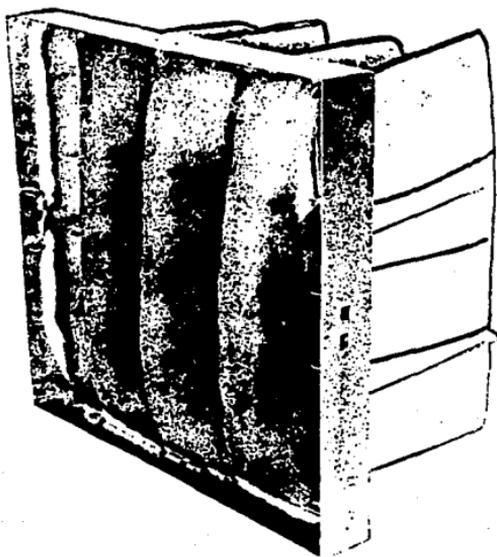
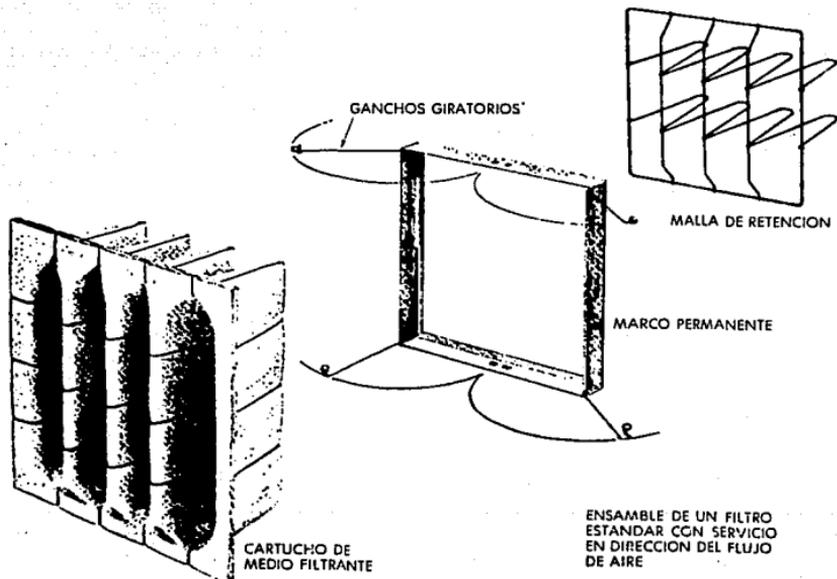


FIGURA 6  
FILTRO CLIMACAP SECCIONADO



**FIGURA 7**  
**FILTRO CLIMAFLU**

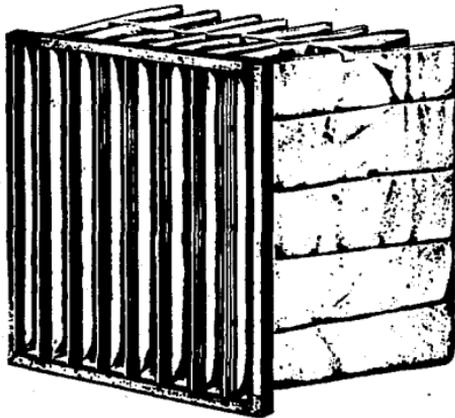


FIGURA 8  
GABINETE

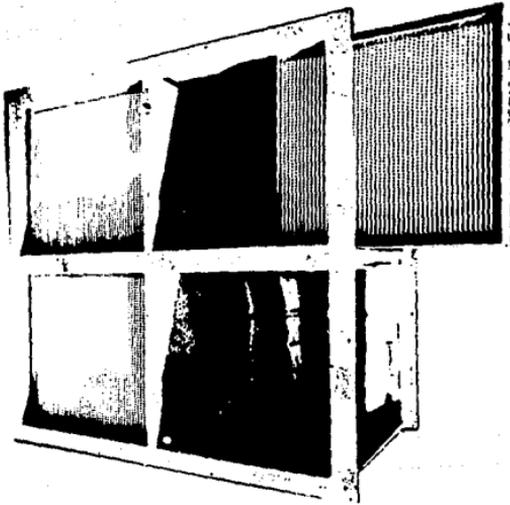


FIGURA 9

CONTADOR DE PARTICULAS CLIMET SERIE 7000

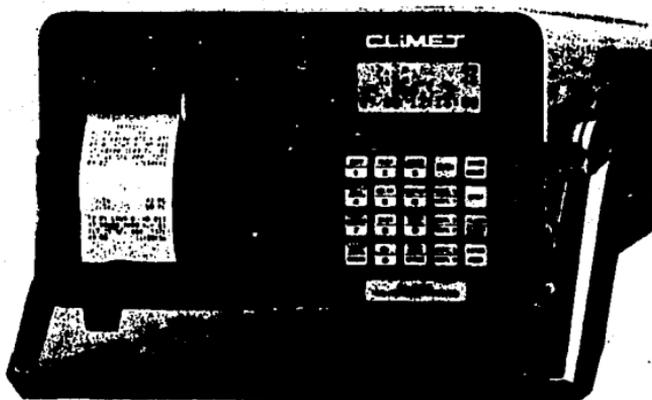


FIGURA 10  
CONTADOR DE PARTICULAS CLIMET SERIE 4000

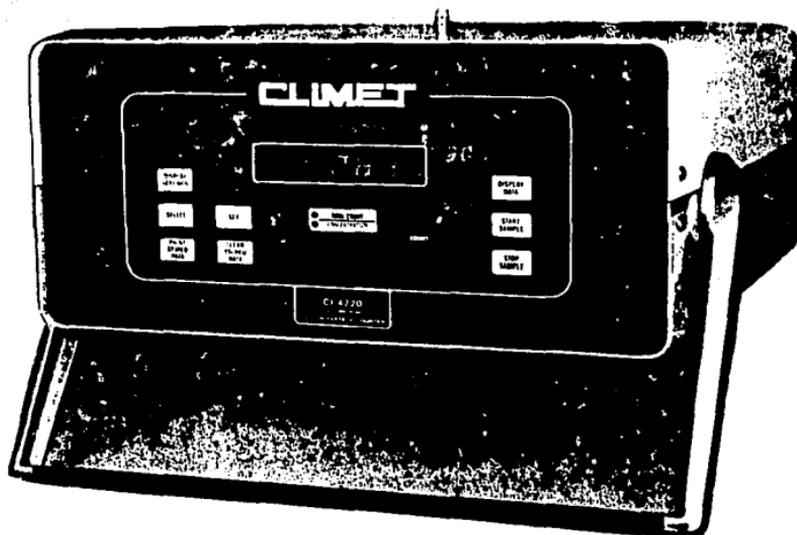


FIGURA 11  
CONTADOR DE PARTICULAS ROYCO CLASICO

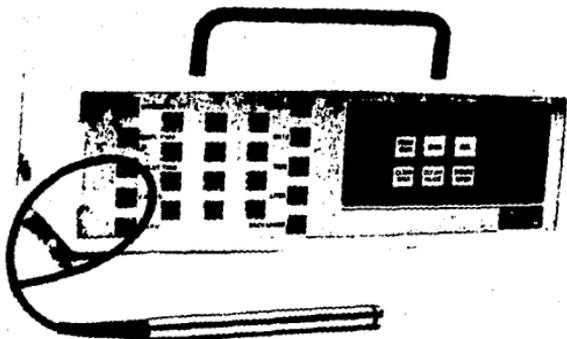


FIGURA 12

CONTADOR DE PARTICULAS MET ONE MODELO 227

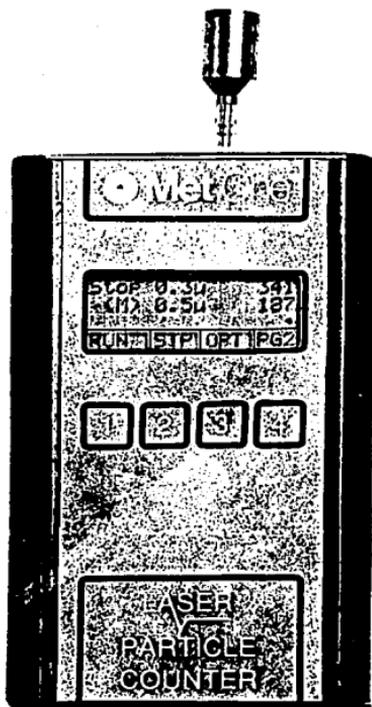


FIGURA 13  
CONTADOR DE PARTICULAS TSI MODELO APS 33

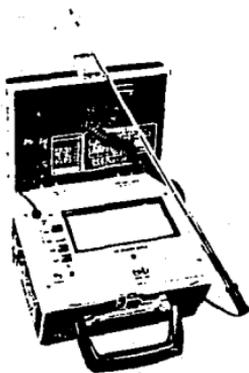


FIGURA 14  
CONTADOR DE PARTICULAS LASAIR

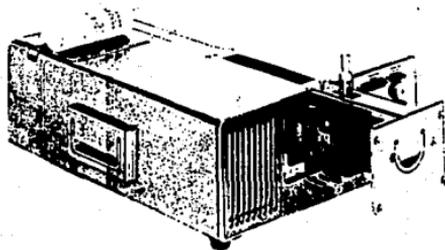
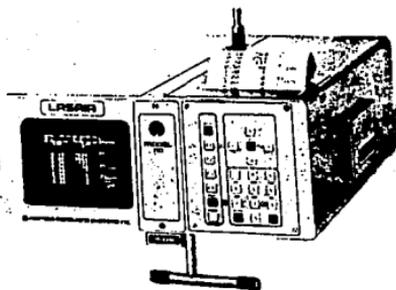


FIGURA 15  
PRUEBA DOP CALIENTE

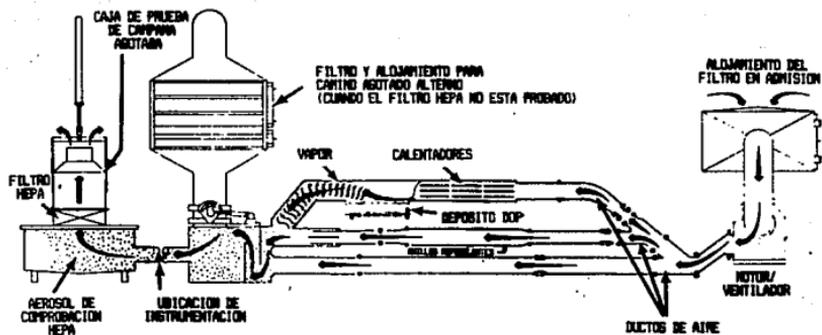


FIGURA 16  
PRUEBA DOP FRIA

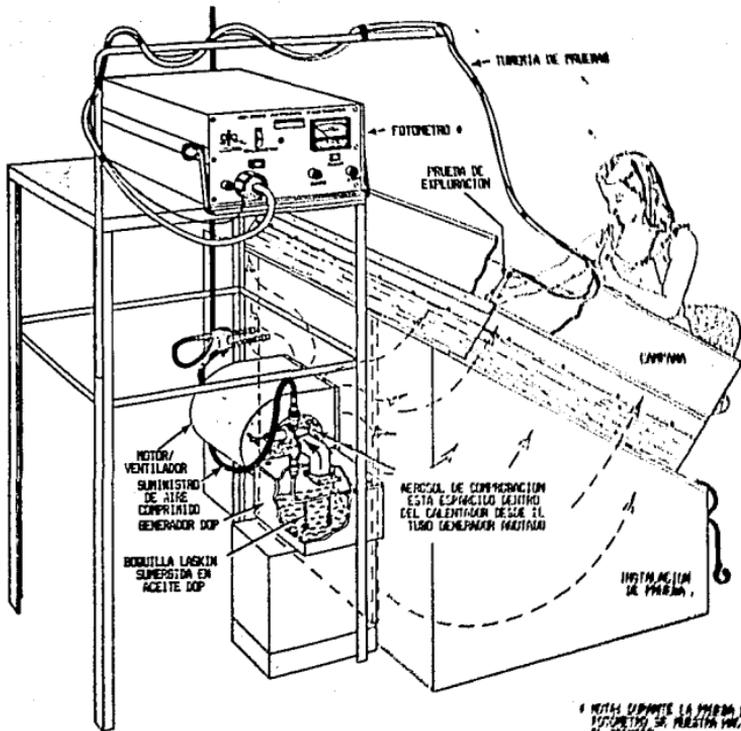


FIGURA 16  
PRUEBA DOP FRÍA

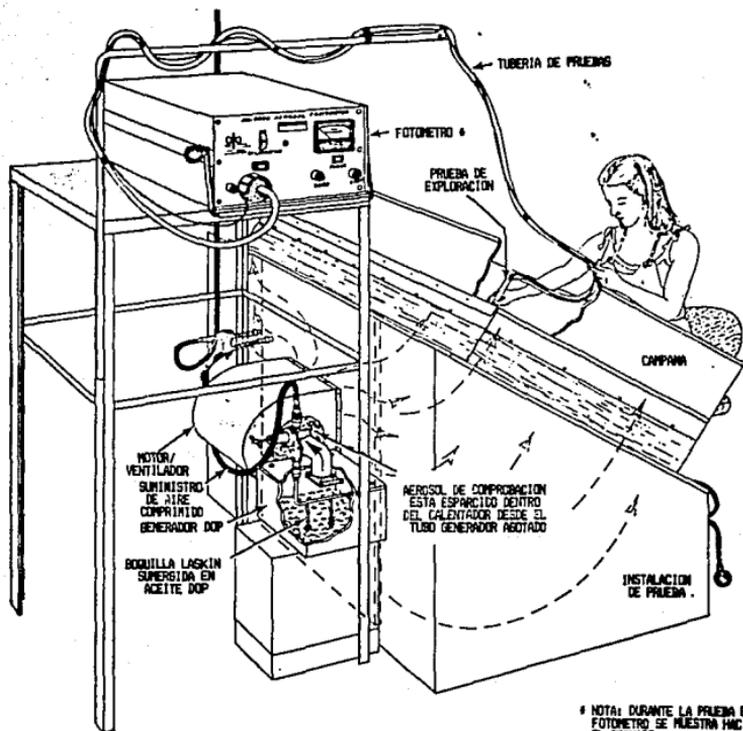


FIGURA 17  
MANOMETRO DIFERENCIAL

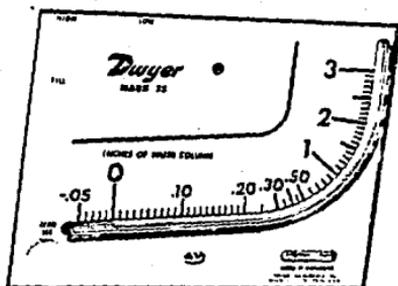


TABLA 1

EL FILTRO HEPA, SUS MODELOS Y ESPECIFICACIONES

MODELO	TAMAÑO	CAPACIDAD (pie <sup>3</sup> /min)	DIMENSIONES (pulg)	VELOCIDAD DE FLUJO A CAPACIDAD NOMINAL (pie/min)
clinafil-1-99+	1	30	8 X 8 X 3 1/16	65
clinafil-2-99+	2	50	8 X 8 X 5 7/8	113
(S) clinafil-3-99+	3	133	12 X 12 X 5 7/8	135
(S) clinafil-4-99+	4	600	24 X 24 X 5 7/8	150
(S) clinafil-5-99+	5	1100	24 X 24 X 11 1/2	275
(S) clinafil-6-99+	6	1375	24 X 30 X 11 1/2	275
clinafil-7-99+	7	10	4 X 4 X 5 7/8	90
clinafil-8-99+	8	280	12 X 12 X 11 1/2	275
clinafil-9-99+	9	550	24 X 12 X 11 1/2	225
clinafil-10-99+	10	825	24 X 18 X 11 1/2	275
clinafil-11-99+	11	750	24 X 30 X 5 7/8	150
clinafil-12-99+	12	60	12 X 12 X 3 1/16	60
clinafil-13-99+	13	2750	24 X 60 X 11 1/2	275
clinafil-14-99+	14	2200	24 X 48 X 11 1/2	275
clinafil-15-99+	15	300	24 X 24 X 3 1/16	75
clinafil-16-99+	16	900	24 X 36 X 5 7/8	150
clinafil-17-99+	17	750	30 X 24 X 5 7/8	150
clinafil-18-99+	18	1125	30 X 36 X 5 7/8	150
clinafil-19-99+	19	1375	32 X 32 X 8	195
clinafil-20-99+	20	1350	36 X 36 X 5 7/8	150
clinafil-21-99+	21	1200	48 X 24 X 5 7/8	150
clinafil-22-99+	22	1200	24 X 48 X 5 7/8	150
clinafil-23-99+	23	1100	32 X 32 X 6	150
clinafil-24-99+	24	340	18 X 18 X 5 7/8	150
clinafil-25-99+	25	1500	30 X 48 X 5 7/8	150
clinafil-26-99+	26	500	20 X 20 X 5 7/8	180

(S) Tamaños estándar

TABLA 2  
 FILTROS CLIMAPRE Y SUS ESPECIFICACIONES

DIMENSIONES NOMINALES (pulg)	DIMENSIONES REALES (pulg)	CAPACIDAD (pie <sup>3</sup> /min)	CAIDA DE PRESION (X)	
			INICIAL (pulg)	FINAL (pulg)
20 X 16 X 1	19 5/8 X 15 5/8 X 1	1,110		
20 X 20 X 1	19 5/8 X 19 5/8 X 1	1,380		
25 X 16 X 1	24 5/8 X 15 5/8 X 1	1,380	0.07	0.54
25 X 20 X 1	24 5/8 X 19 5/8 X 1	1,740		
25 X 25 X 1	24 5/8 X 24 5/8 X 1	2,170		
20 X 16 X 2	19 5/8 X 15 5/8 X 2	1,110		
20 X 20 X 2	19 5/8 X 19 5/8 X 2	1,380		
25 X 16 X 2	24 5/8 X 15 5/8 X 2	1,380	0.10	0.50
25 X 20 X 2	24 5/8 X 19 5/8 X 2	1,740		
25 X 25 X 2	24 5/8 X 24 5/8 X 2	2,170		

(X) Pulgadas de Columna de Agua

**TABLA 3**  
**FILTROS CLIMACAP Y SUS ESPECIFICACIONES**

FILTRO COMPLETO	CARTUJO	DIMENSIONES TOTALES (pulg)	CAPACIDAD DE OPERACION (PCM)	CAIDA DE PRESION INICIAL (pulg C.A. +)	AREA DE MEDIA (pies <sup>2</sup> )	CAIDA DE PRESION FINAL (pulg C.A.)
435-750	35-750	24 X 12 X 9	500-750-1000	0.10-0.20-0.30	6.0	0.6
435-1000	35-1000	20 X 20 X 9	700-1000-1300	0.10-0.20-0.30	7.5	0.6
435-1200	35-1200	20 X 20 X 9	800-1200-1600	0.10-0.20-0.30	9.0	0.6
435-1500	35-1500	24 X 24 X 9	1000-1500-2000	0.10-0.20-0.30	12.0	0.6
435-1250	35-1250	24 X 12 X 15	1000-1250-1500	0.30-0.40-0.55	10.0	0.75
435-1750	35-1750	20 X 20 X 15	1400-1750-2100	0.30-0.40-0.55	12.5	0.75
435-2000	35-2000	20 X 20 X 15	1600-2000-2400	0.30-0.40-0.55	15.0	0.75
435-2500	35-2500	24 X 24 X 15	2000-2500-3000	0.30-0.40-0.55	20.0	0.75

PCM Pies Cúbicos por Minuto    + C.A. Columna de Agua

TABLA 4  
 FILTROS CLIMAFLU Y SUS ESPECIFICACIONES

MODELO	CAPACIDAD DE OPERACION (PCF)	CAIDA DE PRESION DE AGUA (psi)		DIMENSIONES (pulg)
485-750	750	0.20-0.30-0.40	0.60	24 X 12 X 21
495-750	750	0.30-0.50-0.70	0.80	24 X 12 X 21
485-1000	1000	0.25-0.35-0.45	0.80	24 X 12 X 29
495-1000	1000	0.25-0.50-0.70	1.00	24 X 12 X 29
485-1200	1200	0.20-0.30-0.40	0.60	24 X 20 X 21
495-1200	1200	0.30-0.50-0.70	1.00	24 X 20 X 21
485-1250	1250	0.35-0.45-0.55	0.80	24 X 12 X 36
495-1250	1250	0.40-0.55-0.70	1.00	24 X 12 X 36
485-1500	1500	0.20-0.30-0.40	0.60	24 X 24 X 21
495-1500	1500	0.30-0.50-0.70	0.80	24 X 24 X 21
485-1600	1600	0.25-0.35-0.45	0.80	24 X 20 X 29
495-1600	1600	0.35-0.50-0.70	1.00	24 X 20 X 29
485-2000	2000	0.25-0.35-0.45	0.80	24 X 24 X 29
495-2000	2000	0.35-0.50-0.70	1.00	24 X 24 X 29
485-2500	2500	0.35-0.45-0.55	0.80	24 X 24 X 36
495-2500	2500	0.60-0.55-0.70	1.00	24 X 24 X 36

**TABLA 5**

**TABLA COMPARATIVA DE FILTROS EXISTENTES EN EL MERCADO**

<b>CLIMATRON</b>	<b>CAMBRIDGE</b>	<b>VECO, S.A.</b>	<b>AMERICAN AIR FILTER</b>
CLIMFIL I 99.97%	ABSOLUTE	HEPA VECOFLOW SERIE 99A 99.97%	ASTROCEL 99.97%
CLIMFIL II 95%	MICRETAIN	HEPA VECOFLOW SERIE 9A 95%	BIOCEL 95%
CLIMFLU 95%	HI-FLO 95 95%	HV VECOFLOW SERIE 95 95%	DRIPAK No. 100 95%
CLIMFLU	HI-FLO 85 85%	HV VECOFLOW SERIE 85 85%	DRIPAK No. 90 85%
CLIMCAP	HI-CAP	HV VECOFLOW	PL 24
CLIMCEL 95%	AEROPAC 90	F0V VECOFLOW TIPO 90 90%	VARICEL 95 95%
CLIMCEL 85%	AEROPAC 60	F0V VECOFLOW TIPO 60 60%	VARICEL 85%
CLIMROL	AUTO-ROLL		ROLL-O-MATIC
CLIMLAV			SERIE HV
CLIMPRE		J VECOFLOW	RENU
CLIMCARB	SIDE-CARB		
GABINETE BELLIFIL	SIDE-LOCK	FILTERMARC	
ELECTROSTATICO	ELECTRO-ROLL		ELECTRO-CELL



**BIBLIOGRAFIA**

**1) CLIMATRON, S.A DE C.V.**

**Palomas 52**

**México, D.F. 07460**

**Tel. 577-7877 577-3655**

**2) DEVECCHI INGENIEROS, S.A.**

**Pirineos 263**

**México, D.F. 03310**

**Tel. 534-6000 534-3591**

**3) PRODUCTO DE ACERO PARA AIRE ACONDICIONADO, S.A.**

**Hortensia 18**

**México, D.F. 09780**

**Tel. 845-0032**

**4) DICCIONARIO KAPELUSZ DE LA LENGUA ESPAÑOLA**

**Editorial Kapelusz, S.A., Moreno 372**

**Buenos Aires, 1979**

**5) PURIFICACION DE AIRE MEXICANA, S.A. DE C.V.**

**Av. 1o. de Mayo 85**

**Tlalnepantla, Edo. de México 54040**

**Tel. 565-5200 Fax 390-5814**

6) VENTILACION INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Centeno 686-B

México, D.F. 08400

Tel. 657-0411 Fax 650-6205

Ing. Bo Erik Hollsten

7) ASOCIACION FARMACEUTICA MEXICANA, A.C.

Adolfo Prieto 1649-402

México, D.F. 03100

Tel. 524-5685

Curso Teórico Práctico de Areas Estériles, 1975

8) FIGUEROA MALDONADO M. J.

Tesis "Diseño y Validación de una Area Controlada para la  
Elaboración de Formas Farmacéuticas Estériles"

9) DR. BOB A. FREEMAN

Tratado de Microbiología de Burrows

Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V.

México, 1984

10) PACIFIC SCIENTIFIC

11801 Tech Road, Silver Spring

Maryland, U.S.A.

Tel. 680-7000 (800)-638-2790

11) TSI INCORPORATED

500 Cardigan Road, P.O. 43394, St. Paul, Minnesota 55162

Minnesota 55162 U.S.A.

Tel. (612)-483-0900

12) TERMO CONTROL

Laurel 12-A

México, D.F. 06400

Tel. 547-4382

Ing. Javier Chapa Luque

13) CLEAN ROOMS INTERNATIONAL

Volumen 2, Número 3, Mayo-Junio 1991

14) CLEAN ROOMS INTERNATIONAL

Volumen 2, Número 4, Julio-Agosto 1991

15) CAS INTERNATIONAL (CLEAN AIR SERVICE AG)

Industriegebiet Farch CH-9630 Wattwil

Telefon 074/6 21 57 Telex 884 123 ceka ch Fax 074/6 21 60

16) MUY INTERESANTE

(DR) Provenemex, S.A. de C.V.

México, 1992, año 9, número 5

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

17) FLANDERS FILTERS, INC.

P.O. Box 1708

Washington, North Carolina 27889-1708 U.S.A.

Tel. (919) 946-8081 TWX: 510-924-1898

18) PARTICLE MEASURING SYSTEMS, INC.

1855 South 57th Court, Boulder, CO 80301

Tel. (303) 443-7100 Fax (303) 449-6870 TWX 496-143

19) DWYER INSTRUMENTS, INC.

P.O. Box 373, Michigan City, Ind. 46360

Tel. (219) 879-8000 Fax (219) 872-9057 Telex 25916

20) DR. AMOS TURK, J. TURK, J.T. WITTES

Ecología, Contaminación, Medio Ambiente

Editorial Interamericana, S.A. de C.V.

México, 1992

21) MICHAEL J. PELCZAR JR.

Microbiología

Mc. Graw-Hill

México, 1980, 2a. edición

22) Aseptic Pharmaceutical Manufacturing Technology for the  
1990s

Edited by: Wagner P. Olson; Michael J. Groves

23) PROVEEDOR DE INDUSTRIA, COMERCIO, HOGAR Y OFICINA, S.A.  
DE C.V.

Marcelino Dávalos 44-13

México, D.F. 06880

Tel. 538-7449

FE DE ERRATAS

Página 3, renglón 6.- La palabra "aplica" se substituye por "plisa".

Página 12, renglón 18.- La expresión final del párrafo ..."y protege a la unidad de aire acondicionado del polvo." se elimina.