

REPUBLICA ARGENTINA

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

Gerencia de Protección Radiológica y Seguridad

MINISTERIO DE SALUD Y ACCION SOCIAL

Dirección Nacional de Calidad Ambiental

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Facultad de Ingeniería

Curso Post-Grado en

Protección Radiológica y Seguridad Nuclear

TEMA: SISTEMAS DE PROTECCION PARA LA CONTAMINACION

Trabajos Prácticos

MENOSSI, C.A.	SEGADO, R.C.
MAJCHRZAK, J	REYES, R.
DE CONTI, C.	BISAUTA, M.
BARROETAVEÑA, A.	

Buenos Aires

1985

ENSAYOS DE EFICIENCIA DE FILTROS ABSOLUTOS

Con el objeto de cumplir con las normas que exigen el ensayo de los filtros absolutos antes de su montaje en obra se ha desarrollado y puesto a punto una instalación piloto en el edificio del Departamento de Seguridad Nuclear, ubicado en el C.A.E.

Esta instalación, cuya disposición esquemática se indica en el plano RS-702 adjunto, consiste esencialmente en un túnel de aire que funciona en circuito abierto y en el que se ubica el filtro a ensayar por medio de dispositivos especiales, marco de cierre, tramos de conductos de transición de sección, etc.

El panel de instrumentos indica:

- El caudal, por medio de un manómetro de tubo U calibrado en m^3/h , el que a su vez recibe la información de una placa orificio ubicada en forma permanente en el túnel.
- La resistencia ofrecida por el filtro a ensayar al paso de la corriente de aire, por medio de un piezómetro de tubo inclinado calibrado en milímetros de columna de agua.

El sistema detector de partículas se compone de:

- Un generador de aerosoles de ftalato de dioctilo (D.O.P.) marca ROYCO modelo 258.
- Un sensor óptico marca ROYCO modelo 242, con bomba de vacío incorporada.
- Un monitor de aerosoles marca ROYCO modelo 245.
- Un módulo acoplable al monitor de aerosoles, con registrador del número de cuentas, marca ROYCO modelo 504.
- Un contador de partículas, con discriminación de cuatro canales:
 - mayor de 0,5 u
 - mayor de 1,5 u
 - mayor de 3 u
 - Mayor de 5 umarca ROYCO, modelo 263.

La correcta utilización de todos estos elementos permitirá generar los aerosoles necesarios y determinar la cantidad presente en el túnel antes y después del filtro a ensayar. Relacionando estas cifras se obtendrá el valor correspondiente a la eficiencia de retención.

A los efectos de un mejor conocimiento del mecanismo de detección de los aerosoles se indica a continuación la descripción funcional de los equipos necesarios y su procedimiento operativo.

MONITOR DE AEROSOLLES MARCA ROYCO MODELO 245

- DESCRIPCION FUNCIONAL DEL EQUIPO (Figs 1 y 2)

El monitor de aerosoles modelo 245 utiliza el principio de dispersión de la luz para detectar partículas en un medio gaseoso (aerosoles) generando pulsos proporcionales a la cantidad y tamaño de las mismas.

Los pulsos de amplitud variable generado por el tubo fotomultiplicador son transferidos al circuito preamplificador, el que suministra la ganancia de tensión y la reducción de impedancia necesarias para transmitir los pulsos al circuito amplificador a través del cable que conecta el sensor y el monitor principal. El preamplificador también actúa sobre el protector de sobrecargas del tubo fotomultiplicador, a los efectos de reducir la fatiga de saturación que se produce cuando llega demasiada luz al mismo debido a concentraciones de partículas anormalmente altas. En estos casos el protector de sobrecargas actúa desconectando en forma intermitente la fuente de alta tensión del fotomultiplicador y también anulando la fuente luminosa.

El pulso con la información llega por último al amplificador/atenuador a través de una compuerta y un circuito de bloqueo ruidos. Este último bloquea automáticamente diferentes niveles de ruidos electrónicos propios del equipo y desarrolla un pulso de control que abre la compuerta y permite que todos los pulsos válidos puedan llegar al amplificador/atenuador el que finalmente los clasifica por su amplitud y los envía al canal correspondiente, en el cual son contados.

La integración de dichas cuentas se observa en el display correspondiente, marca ROYCO modelo 263.

Para asegurar que una partícula de determinado tamaño producirá siempre un pulso de la misma amplitud, se utiliza el circuito de calibración para controlar la salida del tubo fotomultiplicador.

Además, como la intensidad de la fuente luminosa o las características de respuesta del tubo fotomultiplicador varían con el tiempo, el circuito de calibración ajusta la tensión que se suministra al mencionado tubo, para poder compensar esas variaciones.

COMPONENTES OPTICOS Y MECANICOS

SENSOR OPTICO MODELO 242

El sensor óptico ver fig.3 está compuesto por un dispositivo que enfoca un rayo de luz de características dadas, dentro de un pequeño "volumen sensitivo", de apenas 4mm x 1mm x 1mm, ubicado en la celda de muestreo.

Cuando no existen partículas en el volumen sensitivo, no se produce dispersión de la luz y el rayo luminoso queda detenido en la trampa.

Por el contrario, cuando una partícula aparece en el "volumen sensitivo", cierta cantidad de luz es dispersada por ella y capturada por las lentes colectoras, las que finalmente la enfocan sobre el fotocátodo del tubo fotomultiplicador.

La fuente luminosa está constituida por una lámpara incandescente miniatura y el sistema óptico está compuesto principalmente por cuatro lentes que tienen como misión condensar, colimar y enfocar el rayo luminoso.

Cuando la luz llega al tubo fotomultiplicador, se genera un pulso de corriente, cuya amplitud es proporcional a la cantidad de luz recibida y por lo tanto al tamaño de la partícula que atravesó el volumen sensitivo.

La configuración de la celda de muestreo asegura que todas las partículas que ingresan a la misma pasan por el "volumen sensitivo" y resultan contadas por el mecanismo descrito más arriba.

Si bien cada pulso de corriente indica una partícula, existe la probabilidad de que se encuentren presentes en el volumen crítico, más de una partícula en el mismo instante. Esto puede dar como resultado un incremento en el tamaño de la partícula, pero no introduce error en la cuenta total.

Este fenómeno es conocido como "error de coincidencia" y es función de la concentración de partícula en la corriente gaseosa, siendo estadísticamente predecible.

Al utilizar el contador de partículas módulo 504, la corrección por el error de coincidencia se efectúa automáticamente y no es necesario tomar otras precauciones.

BOMBA DE VACIO

La bomba de vacío está conectada a la salida del sensor Modelo 242 y extrae 1 pie cúbico /min (28,32 $\frac{\text{lbs}}{\text{min}}$ de aire a través de la celda

de muestreo del sensor.

Se dispone de dos filtros combinados con cámara de expansión, conectados a la entrada y salida de la bomba a los efectos de limpiar el gas (AIRE + PARTICULAS) que circula a través de la misma y reducir el nivel de ruido.

Por último, antes de liberar el gas a la atmósfera, se lo filtra con un cartucho reemplazable.

Esta combinación de filtros remueve todas las partículas, que hayan ingresado al sensor, o que se hubieren generado internamente (por ej.: polvo de carbón de los alabes de la bomba).

La bomba es del tipo de desplazamiento positivo con alabes rozantes de carbón, accionada por un motor eléctrico del tipo de fase partida de 1/10 HP que gira a 3450 rpm.

DESCRIPCION DE LOS CIRCUITOS

TUBO FOTOMULTIPLICADOR

El tubo fotomultiplicador es un dispositivo de extrema sensibilidad que como ya se expresó más arriba, produce una corriente eléctrica proporcional a la intensidad de la iluminación que incide sobre su fotocátodo. La luz excitadora proveniente de la celda de muestreo es enfocada sobre el fotocátodo.

El fenómeno fotoeléctrico da origen a una emisión de electrones desde la superficie del cátodo, los que resultan acelerados, debido a la diferencia del potencial existente, hacia el primer electrodo. Este incremento de energía cinética hace que el impacto de los electrones sobre el primer electrodo libere nuevos electrones los que a su vez son acelerados por la diferencia de potencial existente entre este y el segundo electrodo, lo que a su vez da lugar a una nueva emisión, etc.

Todos los electrodos están dispuestos de tal manera que las superficies emisoras de cada par de ellos se enfrenten unos a otros, recogen los electrones emitidos por el par precedente y emiten estos más los liberados por el impacto hacia el par siguiente. La emisión del noveno electrodo es recolectada en el décimo y es finalmente transferida al reamplificador en forma de un pulso eléctrico.

GENERADOR DE AEROSOLES

El generador de aerosoles con que se cuenta, marca ROYCO modelo 258 es un instrumento portátil que puede ser rápidamente puesto en funcionamiento, requiriendo tan sólo cargarlo con D.O.P. líquido y conectar el generador a una línea de aire comprimido.

El generador de aerosoles constituye una fuente de aerosoles polidispersos adecuados para ensayos de filtros y de áreas limpias.

PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

El aire comprimido y filtrado existente en la línea es suministrado al generador a una presión de 25 PSI (1,75 Kg/cm²). Este aire es canalizado a través de seis boquillas de dispersión que se encuentran sumergidas en el D.O.P. líquido. Cada boquilla posee cuatro orificios de suministro de aire y cuatro orificios de suministro líquido. Estos orificios son mutuamente perpendiculares.

El D.O.P. líquido es aspirado a través de los orificios de suministro de líquido y atomizado por la acción de la corriente de aire de alta velocidad existente en la boquilla.

El número de partículas producido es una función del diámetro de los orificios de suministro de líquido.

La distribución de tamaños de las partículas es una función del caudal que circula a través de las boquillas de dispersión.

Se ha determinado experimentalmente que una presión de 25 PSI es la más adecuada para obtener una dispersión de tamaños de partículas, con un diámetro medio de 10,3 micrones.

Aunque la variación en el tamaño de las partículas de D.O.P. con la viscosidad no es significativa, se recomienda que la temperatura del líquido se mantenga dentro del rango 15,5 a 26,6°C (60 a 80°F) a los efectos de uniformar la experiencia.

El termómetro incorporado al generador de aerosoles permite controlar con facilidad la temperatura del líquido.

Existe también un indicador de nivel de líquido exterior que permite controlar el consumo de D.O.P. durante la experiencia. La generación de aerosoles se efectuará únicamente cuando las boquillas se encuentran sumergidas 25 mm (1 pulgada) dentro del líquido.

En función del volumen de partículas requerido podrán operarse el N° de boquillas requeridas (entre 1 y 6).

El D.O.P. [di (2 - ethylexyl) phthalate] fué elegido principalmente por su baja tensión de vapor, reducida viscosidad, elevado punto de inflamación, propiedades no higroscópicas e inercia química.

PROCEDIMIENTO OPERATIVO

El monitor de partículas puede operar solamente de dos modos; calibración y conteo.

El modo calibración es un ajuste preoperacional y se efectúa periódicamente, antes de cada sesión de ensayo de filtros, y antes de ordenar al equipo que pase a la etapa de conteo.

El procedimiento utilizado para este ajuste preoperacional consiste en hacer coincidir el nivel de salida del tubo fotomultiplicador correspondiente a una señal luminosa de referencia con el nivel establecido en la calibración primaria.

La secuencia operativa para utilizar el sistema monitor de partículas es la siguiente:

- 1.- Colocar la llave POWER en la posición ON, verificar que el indicador correspondiente a LAMP OUT está iluminado.
- 2.- Colocar la llave LAMP ON en la posición ON. Ahora debe iluminarse el indicador correspondiente y extinguirse la luz de LAMP OUT.
- 3.- Apretar la tecla de CTS/MIN o COUNTS/MINUTE del módulo registrador correspondiente al mayor valor.
- 4.- Dejar calentar el equipo durante 1 minuto como mínimo y luego colocar la llave MODE en la posición CAL, en este momento debe iluminarse el indicador amarillo correspondiente a CAL ADJUST.
- 5.- Girar la perilla de CAL ADJUST lentamente hasta conseguir que la aguja del instrumento CALIBRATE se desplace hasta la posición central, indicada por una línea de color rojo.
- 6.- Colocar la llave MODE en la posición COUNT.
- 7.- Anotar en la tira de papel del registrador los datos correspondientes a la experiencia.
- 8.- Colocar la llave PUMP ON en la posición ON. El equipo se encuentra ahora en condiciones operativas (COUNT MODE) y la selección del tamaño de partículas a registrar por el módulo puede efectuarse por medio de la botonera correspondiente.
- 9.- Si la experiencia se prolonga alrededor de 30 minutos, pasa una vez más la llave MODE a la posición CAL y observar si la aguja del instrumento CALIBRATE continúa dentro de la zona central limitada por la línea de color rojo. A medida que el equipo aumenta su temperatura pueden producirse ligeras desviaciones.

- 10.-Al terminar la experiencia, es conveniente que la llave MODE se encuentre en la posición CAL antes de cortar el funcionamiento de la bomba.

DESARROLLO DE LA PRACTICA

"DETERMINACION DE EFICIENCIA DE UN FILTRO ABSOLUTO"

- 1 - Completar la planilla con los datos suministrados por el fabricante del filtro a ensayar.
- 2 - Introducir el filtro en la caja porta-filtro tomando las siguientes precauciones:
 - a) La cara que enfrente al flujo de aire deberá ser la misma que la utilizada por el fabricante (ver flecha indicadora del sentido de pasaje del aire).
 - b) Verificar visualmente el sellado del filtro contra el marco de la caja.
 - c) Accionar el mecanismo de pistones neumáticos por medio de una microválvula de 4 vías.
 - d) Cerrar la caja portafiltro.
- 3 - Poner en funcionamiento el monitor de partículas siguiendo la secuencia operativa detallada en el punto anterior hasta el ítem 7 inclusive.
- 4 - Poner en marcha el ventilador, tomar lecturas del caudal circulante y resistencia ofrecida por el filtro.
- 5 - Proceder de acuerdo al ítem 8 de la secuencia operativa detallada en el punto anterior .
- 6 - Tomar lectura del fondo (antes y después del filtro)
- 7 - Abrir la válvula reguladora de presión del generador de aerosoles hasta que la aguja del monómetro se estabilice en 25 psi (1,75 Kg/cm²); luego abrir lentamente la válvula correspondiente a los jets los cual dará lugar al comienzo de la la inyección de aerosoles en el tunel.
- 8 - Abrir la válvula correspondiente a la sonda que está ubicada antes del filtro. Tomar 10 mediciones acumulando las cuentas durante un minuto por cada medición y anotar los valores en una tabla como la que se adjunta.
- 9 - Abrir la válvula correspondiente a la sonda que está ubicada después del filtro. Tomar 10 mediciones acumulando las cuentas durante un minuto por cada medición y anotar los valores en una tabla como la que se adjunta.
- 10 - Calcular la eficiencia de retención para partículas comprendidas entre 0,5 y 1,4 μ ; afectando el valor de las cuentas que superen las 10.000 por el coeficiente 1,2 (ver gráfico N°...)

"CALCULO DE LA EFICIENCIA"

Para el cálculo de la eficiencia del filtro a probar aplicamos la siguiente expresión:

$$E = (1 - D/A) \times 100\%$$

Donde:

E = eficiencia

D = Cantidad de partículas que atravesaron el filtro

A = Cantidad de partículas que inciden en el filtro

Debido a que el valor de la concentración tanto antes como después del filtro tiene una cierta dispersión es necesario acotar el valor de la eficiencia en el cálculo final de la misma.

Por aplicación del teorema de los incrementos finitos o de Logrange a la expresión de la eficiencia y considerando los valores de las derivadas de la función en el punto en cuestión se obtiene el error absoluto de la eficiencia.

$$\Delta E = \left. \frac{\partial E}{\partial D} \right|_{(A,D)} \Delta D + \left. \frac{\partial E}{\partial A} \right|_{(A,D)} \Delta A$$

Como los valores del punto en cuestión (A,D), no lo conocemos trabajamos con los valores medios A y D.

$$\Delta E = \left. \frac{\partial E}{\partial D} \right|_{(\bar{A}, \bar{D})} \Delta D + \left. \frac{\partial E}{\partial A} \right|_{(\bar{A}, \bar{D})} \Delta A$$

Desarrollando nos queda:

$$\Delta E = (\bar{A} \Delta D + \bar{D} \Delta A) / \bar{A}^2$$

Donde:

A y D son los valores medios y ΔE , ΔA y ΔD son los errores absolutos de las respectivas variables.

Para el cálculo de los errores absolutos respectivos trabajamos con los valores obtenidos en las distintas mediciones; aplicando la teoría de las pequeñas muestras o distribución "t" de "Student".

En nuestro caso particular tenemos:

$$a) \Delta D = T_D \times S_D \quad \text{donde } S_D = S_{SD} / (N_D - 1)^{1/2}$$

$$b) \Delta A = T_A \times S_A \quad \text{donde } S_A = S_{SA} / (N_A - 1)^{1/2}$$

Donde:

T_D y T_A son los coeficientes de confianza de la distribución "T de Student"; para los valores de D y A este coeficiente lo fijamos para el 95% de confianza.

Estos valores los extraemos de la tabla I.

S_D y S_A son los errores típicos de D y A.

S_{SD} u S_{SA} son las desviaciones típicas de D y A

N_D y N_A son el número de muestreo tomados en c/u de las variables.

La expresión de eficiencia acotada queda determinada por

$$E = (1 - \bar{D}/\bar{A}) \pm \Delta E \times 100\%$$

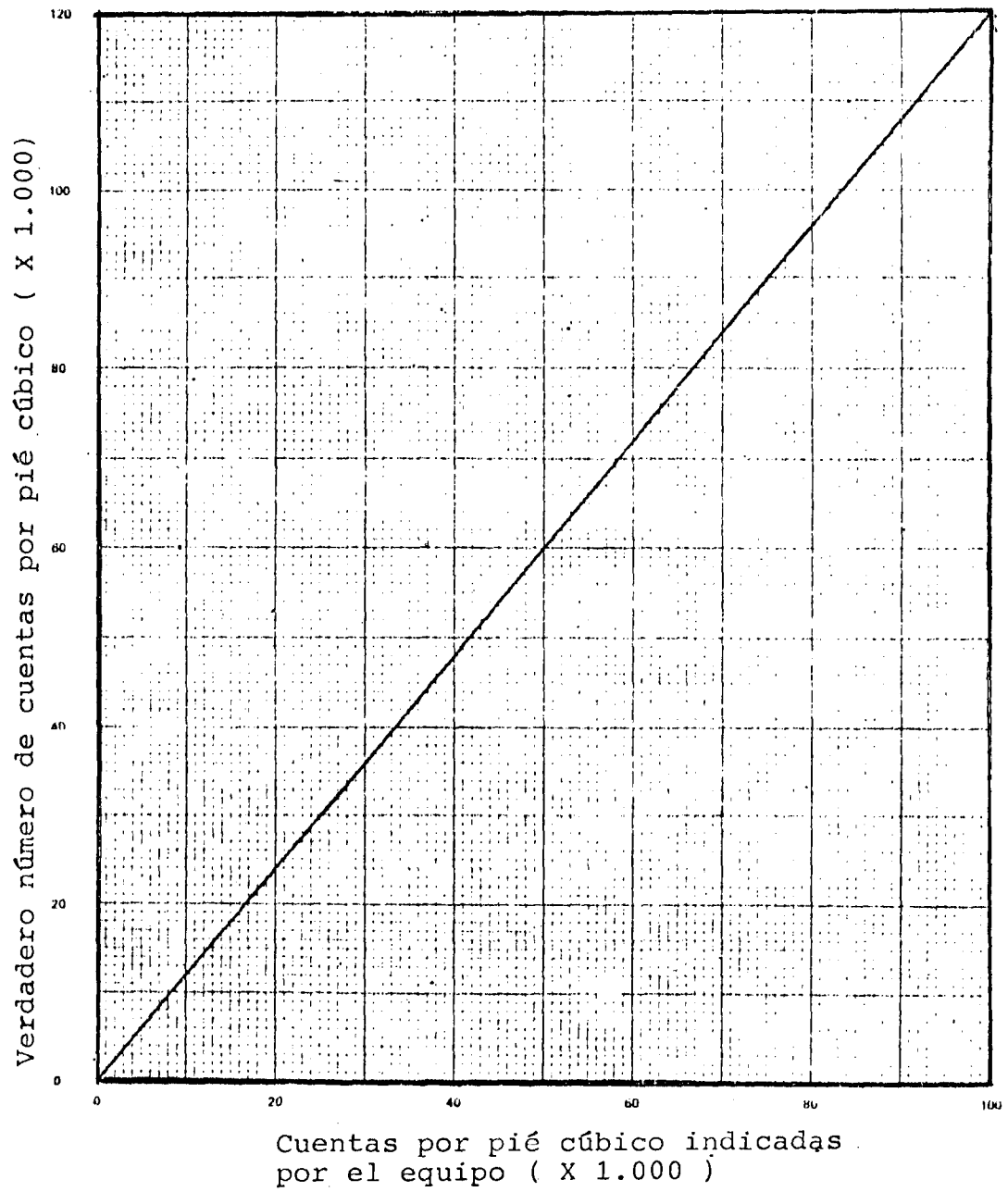


FIGURA N.º 1

FILTRO N°

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD

PLANTA DE PRUEBA DE FILTROS GASEOSOS

SOLICITANTE DEL SERVICIO:

LUFAR A SER INSTALADO:

FECHA DE INSTALACION:

FECHA DE BAJA:

DATOS DEL FABRICANTE:

MARCA:

ORIGEN:

CLASE:

TIPO:

MEDIDAS:

PARTIDA:

SERIE:

CODIGO:

INSPECCIONADO POR:

FECHA:

TIPO DE ENSAYO:

CAUDAL:

PENETRACION:

EFICIENCIA:

TIPO DE PAPEL:

ENSAYO DE LABORATORIO:

INSPECCIONES PREVIAS AL ENSAYO

OBSERVACIONES:

TIPO DE ENSAYO:

	1°	2°	3°
DOP TÉRMICO			
DOP FRÍO			
URANINA			
Cl Na			
OTROS			

ENSAYOS:

	1° Ensayo	2° Ensayo	3° Ensayo
FECHA			
p (mm ca)			
TEMP. (°C)			
HUMEDAD			
CAUDAL (m ³ /h)			
EFICIENCIA			
PENETRACION			
ENSAYADO POR			
FIRMA			

OBSERVACIONES:ENSAYOS "IN SITU" DE LA INSTALACION DE FILTRADO:

N° ENSAYO	
FECHA	

OBSERVACIONES GENERALES:

Filtro N°: Fondo: ¹⁴

Fecha:

muestreo antes del filtro

N°	>0.5 _[μ]	>1.4 _[μ]	>3 _[μ]	>5 _[μ]	>0.5 -- >1.4 _[μ]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

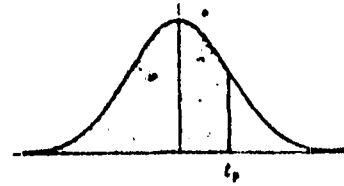
$\Sigma(>0.5 - >1.4) \cdot 1.2 =$

muestreo despues del filtro

N°	>0.5 _[μ]	>1.4 _[μ]	>3 _[μ]	>5 _[μ]	>0.5 -- >1.4 _[μ]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

$\Sigma(>0.5 - >1.4) =$

PERCENTILES (t_p)
DE LA
DISTRIBUCION t DE STUDENT
CON v GRADOS DE LIBERTAD
(AREA SOMBREADA = p)



v	$t_{0.995}$	$t_{0.99}$	$t_{0.975}$	$t_{0.95}$	$t_{0.90}$	$t_{0.80}$	$t_{0.75}$	$t_{0.70}$	$t_{0.60}$	$t_{0.55}$
1	63.66	31.82	12.71	6.31	3.08	1.376	1.000	0.727	0.325	0.158
2	9.92	6.96	4.30	2.92	1.89	1.061	0.816	0.617	0.289	0.142
3	5.84	4.54	3.18	2.35	1.64	0.978	0.765	0.584	0.277	0.137
4	4.60	3.75	2.78	2.13	1.53	0.941	0.741	0.569	0.271	0.134
5	4.03	3.36	2.57	2.02	1.48	0.920	0.727	0.559	0.267	0.132
6	3.71	3.14	2.45	1.94	1.44	0.906	0.718	0.553	0.265	0.131
7	3.50	3.00	2.36	1.90	1.42	0.896	0.711	0.549	0.263	0.130
8	3.36	2.90	2.31	1.86	1.40	0.889	0.706	0.546	0.262	0.130
9	3.25	2.82	2.26	1.83	1.38	0.883	0.703	0.543	0.261	0.129
10	3.17	2.76	2.23	1.81	1.37	0.879	0.700	0.542	0.260	0.129
11	3.11	2.72	2.20	1.80	1.36	0.876	0.697	0.540	0.260	0.129
12	3.06	2.68	2.18	1.78	1.36	0.873	0.695	0.539	0.259	0.128
13	3.01	2.65	2.16	1.77	1.35	0.870	0.694	0.538	0.259	0.128
14	2.98	2.62	2.14	1.76	1.34	0.868	0.692	0.537	0.258	0.128
15	2.95	2.60	2.13	1.75	1.34	0.866	0.691	0.536	0.258	0.128
16	2.92	2.58	2.12	1.75	1.34	0.865	0.690	0.535	0.258	0.128
17	2.90	2.57	2.11	1.74	1.33	0.863	0.689	0.534	0.257	0.128
18	2.88	2.55	2.10	1.73	1.33	0.862	0.688	0.534	0.257	0.127
19	2.86	2.54	2.09	1.73	1.33	0.861	0.688	0.533	0.257	0.127
20	2.84	2.53	2.09	1.72	1.32	0.860	0.687	0.533	0.257	0.127
21	2.83	2.52	2.08	1.72	1.32	0.859	0.686	0.532	0.257	0.127
22	2.82	2.51	2.07	1.72	1.32	0.858	0.686	0.532	0.256	0.127
23	2.81	2.50	2.07	1.71	1.32	0.858	0.685	0.532	0.256	0.127
24	2.80	2.49	2.06	1.71	1.32	0.857	0.685	0.531	0.256	0.127
25	2.79	2.48	2.06	1.71	1.32	0.856	0.684	0.531	0.256	0.127
26	2.78	2.48	2.06	1.71	1.32	0.856	0.684	0.531	0.256	0.127
27	2.77	2.47	2.05	1.70	1.31	0.855	0.684	0.531	0.256	0.127
28	2.76	2.47	2.05	1.70	1.31	0.855	0.683	0.530	0.256	0.127
29	2.76	2.46	2.04	1.70	1.31	0.854	0.683	0.530	0.256	0.127
30	2.75	2.46	2.04	1.70	1.31	0.854	0.683	0.530	0.256	0.127
40	2.70	2.42	2.02	1.68	1.30	0.851	0.681	0.529	0.255	0.126
60	2.66	2.39	2.00	1.67	1.30	0.848	0.679	0.527	0.254	0.126
120	2.62	2.36	1.98	1.66	1.29	0.845	0.677	0.526	0.254	0.126
∞	2.58	2.33	1.96	1.645	1.28	0.842	0.674	0.524	0.253	0.126

Procedencia: R. A. Fisher y F. Yates. *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research* (5ª edición). Tabla III. Oliver and Boyd Ltd., Edimburgo, con permiso de los autores y editores.

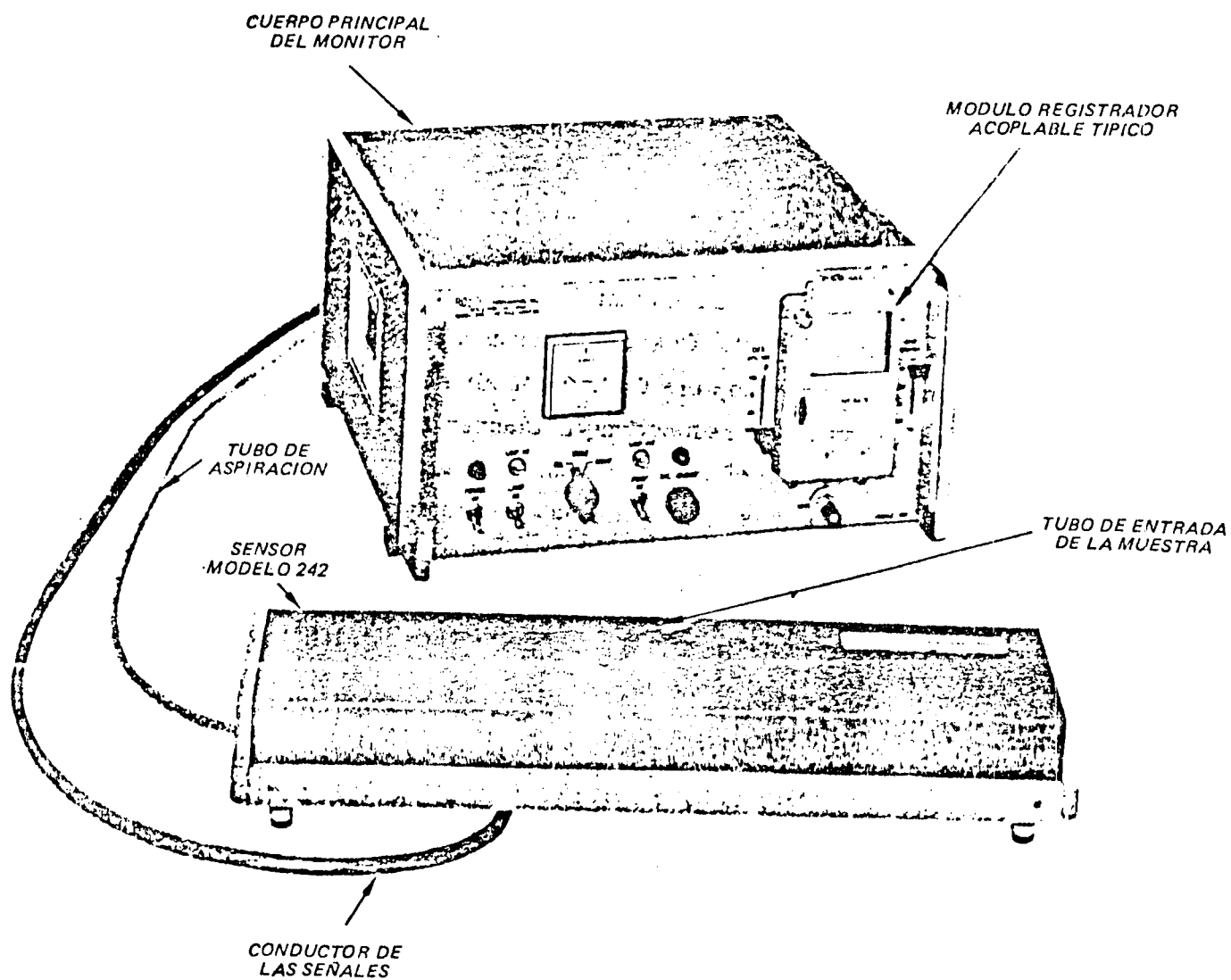


FIGURA 1. Monitor de Partículas Modelo 245
(con registrador acoplable Modelo 504)

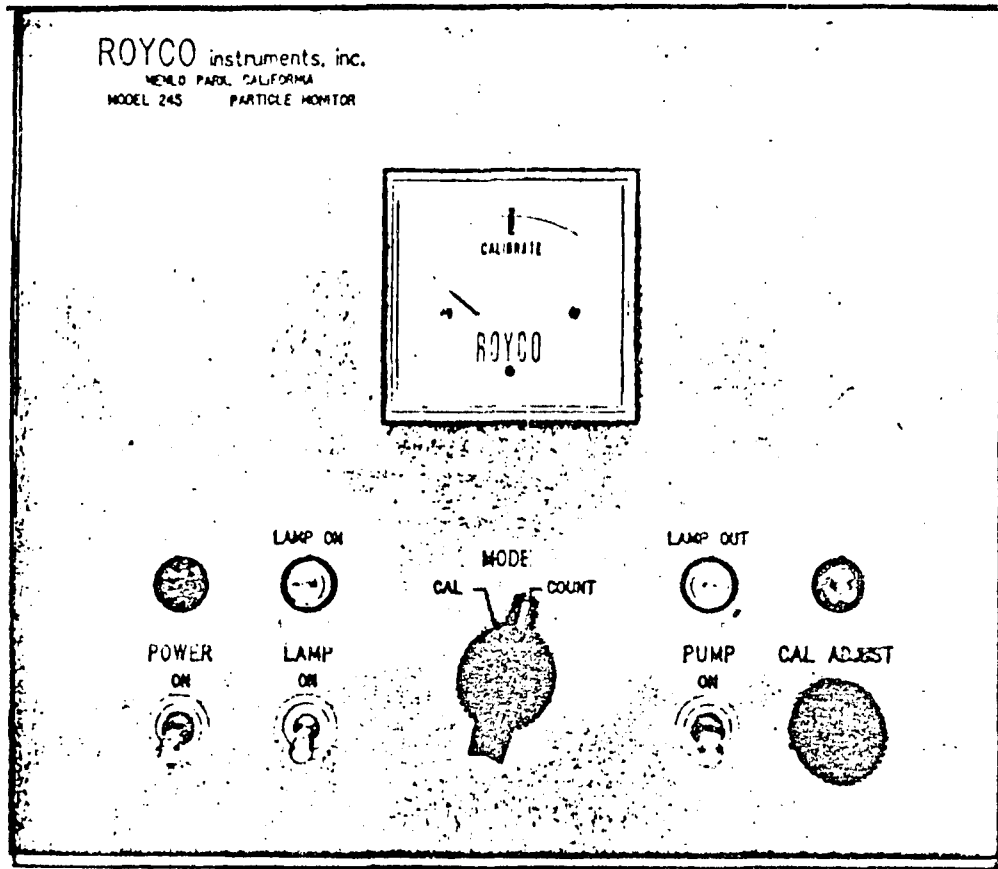


FIGURA 2. Panel frontal del Monitor de Partículas.

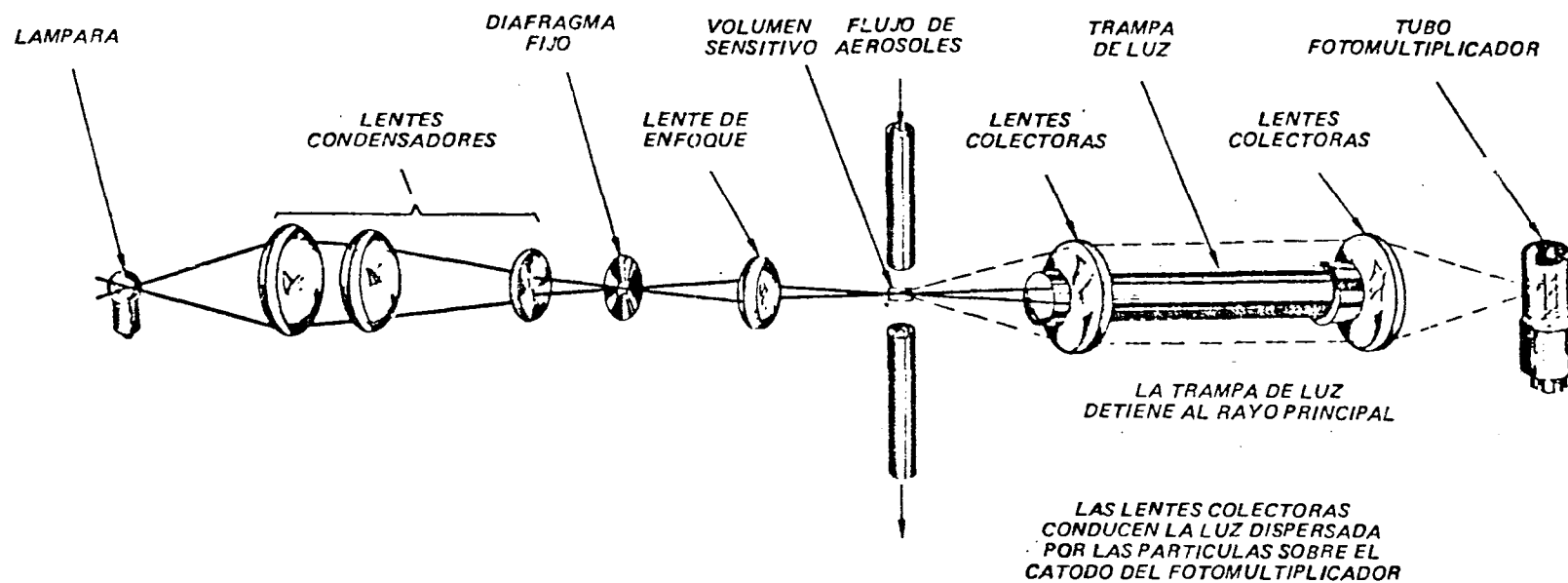
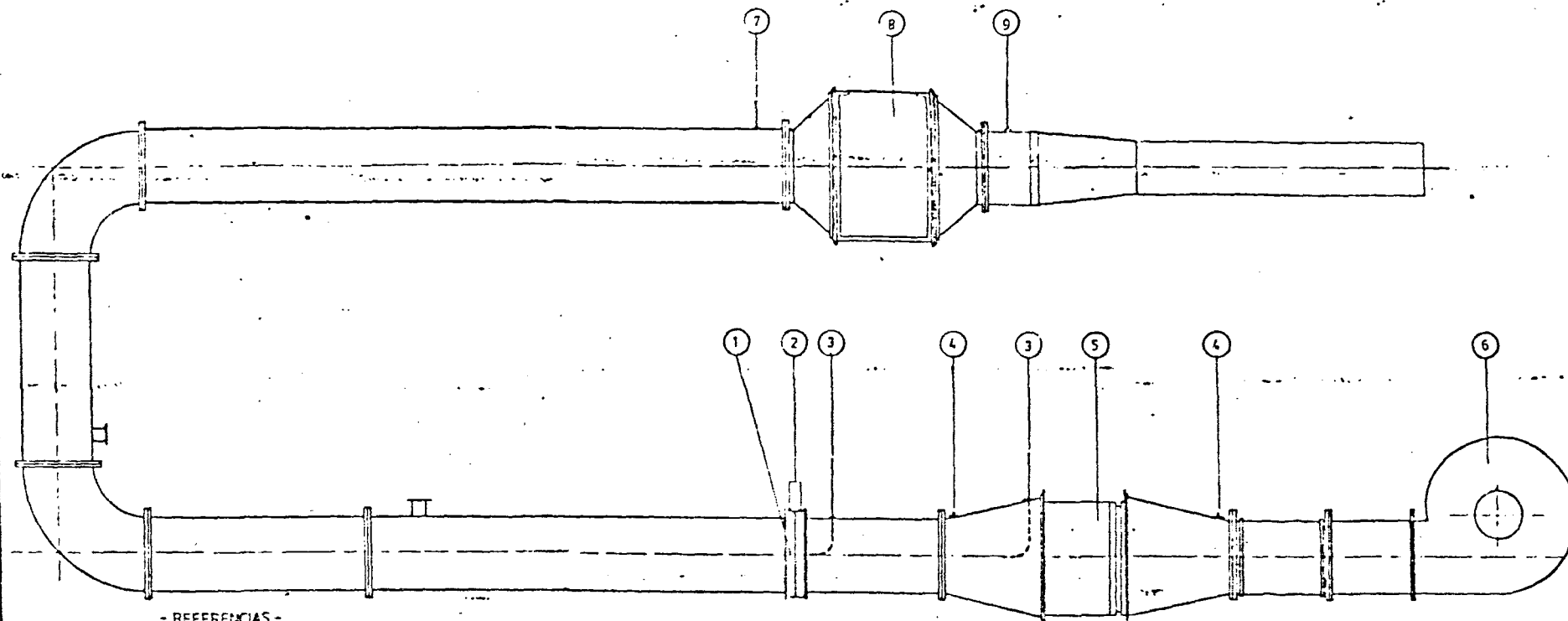


FIGURA 3. Componentes del Sistema Optico



- REFERENCIAS -

- 1 Placa orificia
- 2 Conexiones para el caudalimetro
- 3 Inyeccion de aerosoles
- 4 Conexiones para el manometro diferencial
- 5 Prefiltro de la instalacion
- 6 Ventilador
- 7 Sonda de muestreo antes del filtro
- 8 Caja portadora de filtro a probar
- 9 Sonda de muestreo despues del filtro

FLUJO

Elaborado por	Revisado por	1:10
Verificado por	Aprobado por	
INSTALACION PARA PRUEBA DE FILTROS GASEOSOS		
CAP		

RS 697

RS 702

TRABAJO PRACTICO:

- Cálculo Optimizado de Sistemas de Radioprotección

En la realización del cálculo de un sistema optimizado de protección radiológica se puede emplear la expresión:

$$B = V - (P + X + Y)$$

B = Beneficio Neto

V = Beneficio Bruto

P = Costo de la Producción

X = Costo de la Protección

Y = Costo del detrimento (surge de la imposición de un cierto costo al detrimento provocado por la unidad de dosis colectiva).

En general los términos de la expresión anterior son función de multiples variables, no obstante y a los efectos del cálculo optimizado del sistema de protección analizaremos la misma en función de los parámetros de protección.

En la mayoría de los casos prácticos, tanto el beneficio bruto (V) como el costo de producción (P) son independientes de los parámetros de la radioprotección, siendolo solamente el (X) costo de la protección e (Y) costo del detrimento, por lo que conviene definir una función (U) llamada función objetivo

$$U = X + Y$$

La que se requiere minimizar a los efectos de que el beneficio resultante de la realización de la práctica en cuestión, resulte máximo.

Cuando los parámetros de la protección a dimensionar en solo uno y de variación continua (como ser espesor de un cierto blindaje) el problema puede resolverse analíticamente por derivación de la función objetivo (U) respecto de la variable (ω espesor del blindaje) o determinar, igualar a cero dicha derivada y determinar el valor de la variable que cumpla esa condición

$$\frac{dU}{d\omega} = 0$$

Existen ciertas condiciones de contorno que deben ser respetadas en la determinación de los valores optimos de los parámetros de protección que suelen explicitarse por las denominadas funciones limitantes y que pueden ser, por ejemplo: que el valor máximo de la dosis equivalente individual no supere un cierto valor limite

$$H_i \leq H_{Li}$$

Cuando los sistemas de protección posibles de ser utilizados son dos o más, el análisis no puede realizarse de un modo tan simple como el descrito, más aún, si la variación de los parámetros de algunos de los sistemas de protección, no puede variarse en forma continua (en lo que se refiere a costo y nivel de protección derivado de su empleo).

Para tales situaciones se ha desarrollado un código de cálculo que permite el "diseño optimizado" de sistemas combinados de radioprotección.

Básicamente el método consiste en calcular la dosis individual equivalente en el personal profesionalmente expuesto, suponiendo la no existencia de sistemas de protección. Posteriormente se asigna un incremento elemental de inversión ΔX y se calcula la disminución de dosis individual en el personal, resultante de la aplicación de ese ΔX de inversión en c/uno de los sistemas previstos de protección, (por ejem.: blindaje, estanquidad etc) y se selecciona aquel que permita una mayor disminución de la dosis, vale decir el mas eficiente.

A continuación se compara la nueva dosis individual con la dosis limite individual H_{Li} si esta lo superara, se realiza un nuevo ciclo, repitiéndose este proceso tantas veces como se requiera hasta lograr que $H_i \leq H_{Li}$ o sea que se cumpla la función limitante.

Posteriormente se calcula la dosis colectiva S (hombre-Rem) en el personal expuesto y la disminución de la misma si se aplica un nuevo incremento de inversión ΔX en el sistema de protección mas eficiente; se determina la relación $\frac{\Delta X}{\Delta S}$ y si este valor está por debajo del costo asignado al detrimento producido por la unidad de dosis colectiva $(\frac{\$}{\text{hombre-Rem}})$; se continúa incrementando

la inversión X hasta que se cumpla $\left[\alpha \cong -\frac{\Delta}{\Delta} \frac{X}{S.} \right]$.

El trabajo práctico consistirá en determinar las características y dimensionamiento de un sistema combinado de protección radiológica de personal profesionalmente expuesto en una instalación que opera con material radiactivo tal como lo esquematizado.

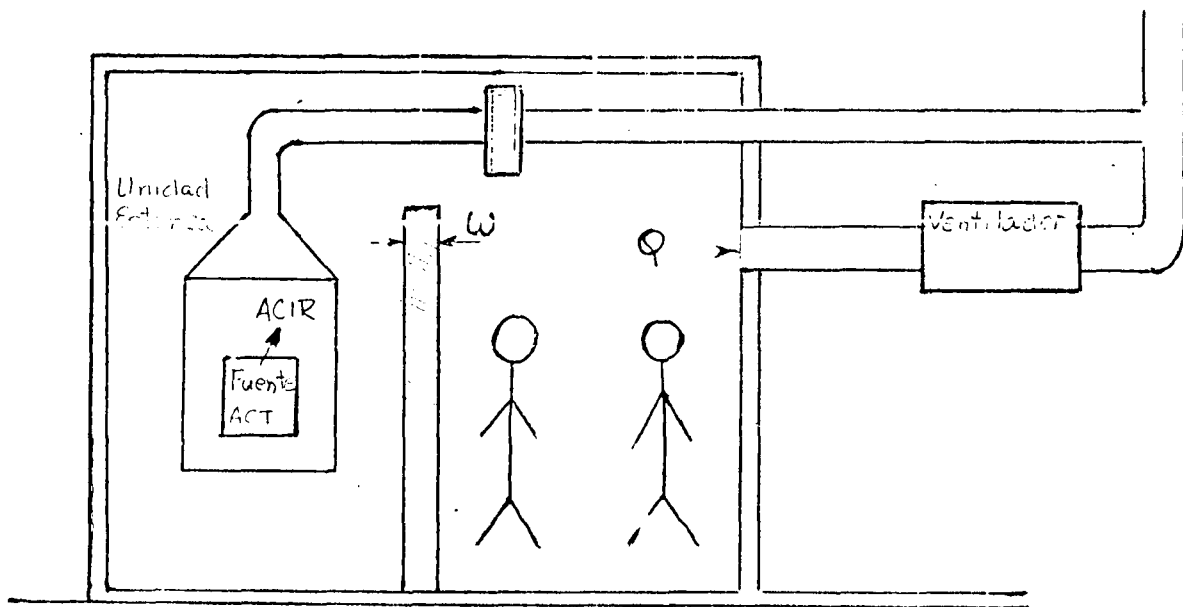


DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO

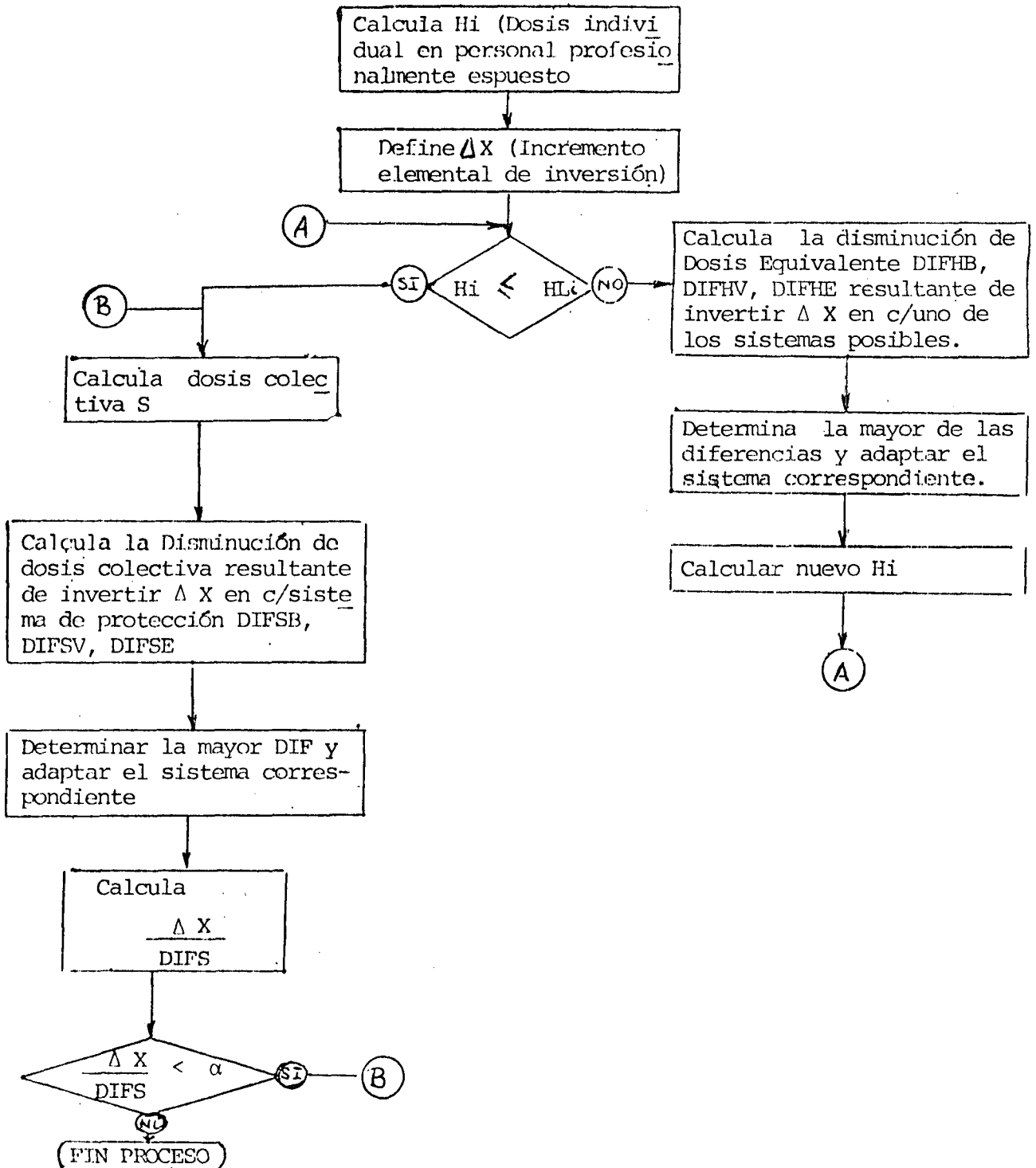


TABLA DE DATOS

Costo asignado al <u>de</u> trimento producido por la unidad de do- sis colectiva.	α (U\$U/hombre-rem)	100	
Nº de personas expues- tas.	NTE	10	
Factor dosimétrico	$\frac{FD}{(rem-m^3/Ci-año)}$	$0,79 \times 10^8$	
Tasa de pérdidas	$\frac{ACIR}{(Ci/h)}$	$0,5 \times 10^{-3}$	
Altura del blinda- je	ALT (m)	1	
Longitud del blin- daje	LARGO (m)	1	
Costo del blindaje por unidad de volu- men.	$\frac{CVB}{(U\$S/m^3)}$	$0,1 \times 10^5$	
Cocficiente de absor- ción de dosis	MU (m ⁻¹)	29	
Tasa de dosis equiva- lente en la que incu- riría un individuo en contacto con la cara externa del blin- daje mínimo.	HO (rem/h)	0,63	

DATOS DE ENTRADA

COSTO DEL HOMBRE (U\$S/hombre-rem)	ALFA	=	0.10000E+03
NUMERO DE TRABAJADORES EXPOSTOS (hombres)	NTE	=	0.10000E+02
FACTOR DE FILTRO DE EXPOSICION	FI	=	0.30000E+00
VIDA UTIL DE LA EXPOSICION (años)	TAU	=	0.10000E+02
FACTOR DIFUSIVO (rem-m3/Ci-año)	FD	=	0.79000E+08
TASA DE PERDIDA DE LA FUENTE (Ci/h)	ACIR	=	0.50000E+03
CAUDAL MINIMO INDIVIDUAL (m3/h)	RI	=	0.12000E+01
COSTO DE LA UNIDAD DE ENERGIA (U\$S/KW-h)	A	=	0.10000E+00
ENERGIA NECESARIA PARA MOVER LA UNIDAD DE VOLUMEN (KW-h/m3)	H	=	0.20000E+04
FACTOR DE TIEMPO DE UTILIZACION DE LA VENTILACION	FIXV	=	0.10000E+01
COSTO DE INSTALACION DE LA VENTILACION (U\$S)	CIV	=	0.0
ACTIVIDAD DE LA FUENTE (Ci)	ACT	=	0.20000E+01
ALTURA DEL BLINDAJE (m)	ALT	=	0.10000E+01
LONGITUD DEL BLINDAJE (m)	LAGU	=	0.10000E+01
ESPESOR DEL BLINDAJE (m)	W	=	0.0
COSTO DEL BLINDAJE POR UNIDAD DE VOLUMEN (U\$S/m3)	CVB	=	0.10000E+05
COSTO DE INSTALACION DEL BLINDAJE (U\$S/m3)	CIB	=	0.0
COEFICIENTE LINEAL DE ABSORCION (m-1)	NU	=	0.29000E+02
FACTOR DE DISTRIBUCION DE DOSIS	R	=	0.10000E+00
DOSIS INDUCIDA POR EXPOSICION DIRECTA A LA FUENTE (rem)	HO	=	0.63000E+00
COSTO DE INSTALACION DE LA UNIDAD ESTANCA (U\$S)	CUE	=	0.0
UNIDAD ESTANCA MINIMA	UEMIN	=	0.0
UNIDAD ESTANCA CLASE 1 (U\$S)	UE1	=	0.40000E+04
UNIDAD ESTANCA CLASE 2 (U\$S)	UE2	=	0.20000E+05
UNIDAD ESTANCA CLASE 3 (U\$S)	UE3	=	0.10000E+06
FACTOR DE REDUCCION DE LA TASA DE PERDIDA CLASE 3	REF3	=	0.50000E+04
FACTOR DE REDUCCION DE LA TASA DE PERDIDA CLASE 2	REF2	=	0.10000E+04
FACTOR DE REDUCCION DE LA TASA DE PERDIDA CLASE 1	REF1	=	0.10000E+02

CALCULO INICIAL

CAUDAL MINIMO DE VENTILACION	=	0.12000E+02
ESPESOR MINIMO DE BLINDAJE	=	0.0
COSTO DEL BLINDAJE	=	0.0
COSTO DE LA VENTILACION	=	0.21024E+01
COSTO DE LA ESTANQUEIDAD	=	0.0
DOSIS COLECTIVA	=	0.11530637E+06
DOSIS PARA COMPARAR CON LA ACIR	=	0.11530637E+06
ITERACION NUMERO 1 *****		
NUOVO ESPESOR DE BLINDAJE	=	0.10000E+00
NUOVO CAUDAL	=	0.57198E+04
COSTO DEL BLINDAJE	=	0.10000E+04
COSTO DE LA VENTILACION	=	0.10021E+04
TASA DE PERDIDA ADOPTADA	=	0.50000E+03
SV1	=	0.99660937E+05
SV1	=	0.16763570E+05
SE1	=	0.11530637E+06
DIFB1	=	0.15645437E+05
DIFV1	=	0.90542750E+05

DIFE1	=	0.0
DECREMENTO DE DOSIS	=	0.90543E+05
DOSIS DE REFERENCIA	=	0.16763570E+05
NRD DE INVERSIONES EN BLINDAJE	=	0
NRD DE INVERSIONES EN VENTILACION	=	1
NRD DE INVERSIONES EN ESTANQUEIDAD	=	0
NRD DE INVERSIONES ACUMULADAS	=	1
RAZON DE COMPARACION	=	0.10148E+01

ITERACION NUMERO 2 *****

NUOVO ESPESOR DE BLINDAJE	=	0.20000E+00
NUOVO CAUDAL	=	0.11420E+05
COSTO DEL BLINDAJE	=	0.20000E+04
COSTO DE LA VENTILACION	=	0.20021E+04
TASA DE PERDIDA ADOPTADA	=	0.50000E+03
SV1	=	0.98000125E+05
SV1	=	0.16660090E+05
SE1	=	0.11530637E+06
DIFB1	=	-0.82036500E+05
DIFV1	=	0.10340047E+05
DIFE1	=	0.0
DECREMENTO DE DOSIS	=	0.10340E+05
DOSIS DE REFERENCIA	=	0.16660090E+05
NRD DE INVERSIONES EN BLINDAJE	=	0
NRD DE INVERSIONES EN VENTILACION	=	2
NRD DE INVERSIONES EN ESTANQUEIDAD	=	0
NRD DE INVERSIONES ACUMULADAS	=	2
RAZON DE COMPARACION	=	0.96637E+01

```

ITERACION NUMERO : 3 *****
NUEVO ESPESOR DE BLINDAJE = 0.30000E+00
NUEVO CAUDAL = 0.17135E+05
COSTO DEL BLINDAJE = 0.30000E+04
COSTO DE LA VENTILACION = 0.30021E+04
TASA DE PERDIDA ADOPTADA = 0.50000E-06
SB1 = 0.98752750E+05
SV1 = 0.16625547E+05
SE1 = 0.11530637E+06
DIFB1 = -0.02092625E+05
DIFV1 = 0.34542969E+02
DIFE1 = 0.0
DECREMENTO DE DOSIS = 0.34543E+02
DOSIS DE REFERENCIA = 0.16625547E+05
NRO.DE INVERSIONES EN BLINDAJE = 0
NRO.DE INVERSIONES EN VENTILACION = 3
NRO.DE INVERSIONES EN ESTANQUEIDAD = 0

NRO.DE INVERSIONES ACUMULADAS = 3
RAZON DE COMPARACION = 0.20949E+02

ITERACION NUMERO : 4 *****
NUEVO ESPESOR DE BLINDAJE = 0.40000E+00
NUEVO CAUDAL = 0.23843E+05
COSTO DEL BLINDAJE = 0.40000E+04
COSTO DE LA VENTILACION = 0.40021E+04
TASA DE PERDIDA ADOPTADA = 0.50000E-06
SB1 = 0.98750125E+05
SV1 = 0.16606270E+05
SE1 = 0.16655141E+05
DIFB1 = -0.02124562E+05
DIFV1 = 0.17277344E+02
DIFE1 = 0.986511E+05
DECREMENTO DE DOSIS = 0.98651E+05
DOSIS DE REFERENCIA = 0.16655141E+05
NRO.DE INVERSIONES EN BLINDAJE = 0
NRO.DE INVERSIONES EN VENTILACION = 0
NRO.DE INVERSIONES EN ESTANQUEIDAD = 1
NRO.DE INVERSIONES ACUMULADAS = 4
DECREMENTO DE DOSIS = 0.98651E+05
DOSIS DE REFERENCIA = 0.16655141E+05

NRO.DE INVERSIONES EN BLINDAJE = 0
NRO.DE INVERSIONES EN VENTILACION = 0
NRO.DE INVERSIONES EN ESTANQUEIDAD = 1
NRO.DE INVERSIONES ACUMULADAS = 4
RAZON DE COMPARACION = 0.40547E-01

ITERACION NUMERO : 5 *****
NUEVO ESPESOR DE BLINDAJE = 0.10000E+00
NUEVO CAUDAL = 0.57198E+04
COSTO DEL BLINDAJE = 0.10000E+04
COSTO DE LA VENTILACION = 0.10021E+04
TASA DE PERDIDA ADOPTADA = 0.50000E-06
SB1 = 0.10097371E+04
SV1 = 0.16556602E+05
SE1 = 0.16655141E+05
DIFB1 = 0.15645402E+05
DIFV1 = 0.90539063E+02
DIFE1 = 0.0
DECREMENTO DE DOSIS = 0.15645E+05
DOSIS DE REFERENCIA = 0.10097371E+04
NRO.DE INVERSIONES EN BLINDAJE = 1
NRO.DE INVERSIONES EN VENTILACION = 0
NRO.DE INVERSIONES EN ESTANQUEIDAD = 1

NRO.DE INVERSIONES ACUMULADAS = 5
RAZON DE COMPARACION = 0.63917E-01

ITERACION NUMERO : 6 *****
NUEVO ESPESOR DE BLINDAJE = 0.20000E+00
NUEVO CAUDAL = 0.11420E+05
COSTO DEL BLINDAJE = 0.20000E+04
COSTO DE LA VENTILACION = 0.20021E+04
TASA DE PERDIDA ADOPTADA = 0.50000E-06
SB1 = 0.14887540E+05
SV1 = 0.16556496E+05
SE1 = 0.16655141E+05
DIFB1 = 0.06086157E+03
DIFV1 = -0.15546758E+05
DIFE1 = 0.0
DECREMENTO DE DOSIS = 0.06086E+03
DOSIS DE REFERENCIA = 0.14887540E+05
NRO.DE INVERSIONES EN BLINDAJE = 2
NRO.DE INVERSIONES EN VENTILACION = 0
NRO.DE INVERSIONES EN ESTANQUEIDAD = 1
NRO.DE INVERSIONES ACUMULADAS = 6
RAZON DE COMPARACION = 0.11616E+01

```


TRABAJO PRACTICO: ENSAYO DE EFICIENCIA DE RETENCION DE IODO
SOBRE CARBON ACTIVADO.

Con el objeto de determinar la eficiencia de retención de iodo sobre carbón activado, se efectuará un ensayo, utilizando las instalaciones de la Planta de Producción de Radioisótopos del C.A.Ezeiza.

El carbón activado que se ensayará es el que integra el banco de adsorción de contaminantes gaseosos, mientras que los contaminantes mencionados son los que se encuentran presentes en el conducto de extracción del sistema de ventilación de los laboratorios calientes, pertenecientes a dicha Planta.

El ensayo consiste básicamente en determinar la presencia cuantitativa de iodo gaseoso en los conductos del sistema de ventilación antes y después del banco de adsorción, y relacionarlos entre sí para calcular la eficiencia de retención por adsorción de dicho banco.

El equipo a utilizar es un muestreador de aire de gran capacidad de succión, el que aspira directamente de la cañería por medio de una boquilla isocinética instalada en forma permanente dentro de la misma.

El aire aspirado pasa a través de un cartucho de carbón activado para retención de iodo, por adsorción.

Es sobre este cartucho que se efectuará la determinación del iodo retenido, por medio de un equipo monocal acoplado a un detector de INa (Tl) existente en el laboratorio de medición.

Efectuando esta determinación para cada uno de los puntos de muestreo (antes y después del banco de adsorción) y vinculándolos entre sí se calculará la eficiencia de retención del banco de carbón activado.

Procedimiento Operativo

- 1- Colocar el cartucho modelo CP-100, con los datos identificatorios (N° de grupo, fecha puntos de muestreo, etc) en el equipo aspirador correspondiente a cada uno de los puntos de muestreo.
- 2- Conectar el equipo muestreador, regulando, si es necesario, el caudal circulante hasta que indique 200 litros por minuto.
- 3- Comenzar el período de muestreo lo más rápidamente posible.
Este período será de:
5 minutos para el equipo N°1 (antes del banco de carbón activado).
10 minutos para el equipo N°2 (después del banco de carbón activado).
- 4- Retirar el cartucho, introducirlo en la bolsa de polietileno provista y llevarlo al laboratorio.

- 5- En el laboratorio se efectuará la medición del cartucho expuesto en cada uno de los puntos de muestreo; por medio de un equipo monocanal acoplado a un detector de INa (Tl) de 2" X 2". Se expresará el resultado en cuentas por minuto.
- 6- Llamando C_2 al número de cuentas por minuto del cartucho correspondiente al punto de muestreo N°2, se corregirá este último valor para tomar en cuenta los diferentes canales que han atravesado los dos cartuchos, haciendo $C_2' = C_2/2$.
- 7- Se determinará la eficiencia (E) de retención del banco de carbón activado por medio de:

$$E\% = \frac{C_1 - C_2'}{C_1} \times 100$$

	Eq 1	Eq 2
<u>Planta:</u> Hora inicial		
Tiempo de muestreo		
<u>Laborat:</u> Hora de medición		
Tiempo de medición		