



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

**PATENTE DE INVENCIÓN**

(10) ES	(11) NUMERO	(10) AI
	478.807/9	
(22) FECHA DE PRESENTACION		
20 marzo 1.979		

(30) PRIORIDADES:	(32) FECHA	(33) PAIS
(31) NUMERO		
888.566	20.3.1978	Estados Unidos
888.567	20.3.1978	Estados Unidos
899.583	24.4.1978	Estados Unidos
899.584	24.4.1978	Estados Unidos

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G01N 23/205 // G01N 33/16	

(64) TITULO DE LA INVENCIÓN  
METODO Y APARATO PARA CAPTAR LA RADIACION DETECTABLE PRODUCIDA POR LA PRESENCIA DE MATERIAL EN FORMA DE PARTICULAS.

(71) SOLICITANTE (S)  
COULTER ELECTRONICS, INC.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE  
590 West 20th Street, Hialeah, FLORIDA 33010 ESTADOS UNIDOS.

(72) INVENTOR (ES)  
Albert Brunsting y Walter R Hogg, ambos de nacionalidad estadounidense.

(73) TITULAR (ES)  
El mismo solicitante.

(74) REPRESENTANTE  
DON BERNARDO UNGRIA GOIBURU.

1           La presente invención se refiere a la captación de  
señales luminosas detectables procedentes de material en forma  
de partículas aisladas, utilizándose estas señales luminosa  
s detectables para el recuento y el análisis de materiales  
5 en forma de partículas.

La medición cuantitativa, el recuento y el análisis  
de células y el material en forma de partículas idéntico forma  
man partes muy importantes de la investigación biomédica. Existen  
varios citómetros de circulación en la técnica anterior y  
10 estos han sido realizados para medir una gama de sustancias y  
de propiedades de células, siendo preciso medir algunas de estas  
propiedades célula por célula. Los citómetros de circulación  
han sido mejorados mediante la circulación de una técnica  
de circulación en forma de hoja laminar que mantiene las células  
15 las en el centro de una corriente de circulación, y utilizando  
un haz de radiaciones láser que corta la circulación de células  
produciendo luz dispersa a partir del haz de radiaciones  
laser y/o luz fluorescente a partir de células coloreadas cuando  
el haz de radiaciones laser presenta una longitud de onda  
20 adecuada. Antes de la Patente de los Estados Unidos n° 3.946.239  
a nombre de Salzman y Socios, los citómetros no eran eficaces  
para captar la luz dispersa y fluorescente, y eso hacía difícil  
o imposible, en ciertos casos, investigar colorantes débilmente  
fluorescentes adheridos en las células y la fluorescencia  
25 procedente de pequeñas partículas. Más particularmente, cu  
cuando la captación de luz es ineficaz, resulta dificultoso  
efectuar mediciones de señales débiles en razón de la defectuosa  
relación entre señal y ruido. El rendimiento de captación de  
la luz ha sido mejorado por la cámara de reflexión elipsoidal  
30 de la Patente de los Estados Unidos n° 3.946.239. Como se des

1       cribe en el "The Journal of Histochemistry and Cytochemistry",  
Volumen 25, N° 7, página 784, la cámara de circulación de la  
Patente de los Estados Unidos n° 3.946.239, capta aproximada  
mente el 60% de la fluorescencia total de las células. Aunque  
5       este aparato particular aporta una mejora en la captación de  
la luz dispersa y de la fluorescencia, en la técnica anterior  
y en la patente de los Estados Unidos n° 3.946.239, siguen pre  
sentes problemas inherentes, tal y como se indicará más adelan  
te.

10               En primer lugar, en la Patente de los Estados Unidos  
n°3.946.239, la mayor parte de la luz que pasa más allá del se  
gundo punto focal de la cámara de circulación elipsoidal sin  
ninguna reflexión en la superficie elipsoidal se pierde para  
su captación. Más particularmente, la utilización de la extre  
15       midad de la cámara de circulación elipsoidal para colocar el  
reflector cónico reduce la superficie elíptica total disponi  
ble para la reflexión y, por tanto, disminuye el ángulo de cap  
tación y el rendimiento de la cámara. Además, la luz reflejada  
en la extremidad de la cámara elipsoidal converge con un ángu  
20       lo extremadamente ancho respecto al eje central del reflector  
cónico, lo que da lugar a una utilización extremadamente inefi  
caz de la luz reflejada. Una parte de esta utilización inefi  
caz de la luz se debe a reflexiones múltiples de la luz en el  
interior del reflector cónico. La reducción del ángulo de cap  
25       tación y del rendimiento hace, a su vez, que la cámara sea más  
sensible a la orientación asimétrica de las partículas en el  
sistema de circulación, y también reduce la capacidad de anali  
zar partículas fluorescentes débiles.

              En segundo lugar, en la Patente de los Estados Uni  
30       dos n° 3.946.239, cuando la luz que converge en el segundo pun

1 to focal de la cámara elipsoidal es captada por el reflector  
cónico, la luz captada no está enfocada, ni tampoco está colima-  
mada y, por tanto, llega al dispositivo de medición fotosensi-  
ble de manera desordenada en numerosos ángulos diferentes. El  
5 acercamiento no perpendicular de la luz captada a un dispositi-  
vo de medición fotosensible reduce la eficacia del dispositi-  
vo fotosensible y de sus filtros, porque estos dispositivos  
son mejor adaptados a la luz que llega perpendicularmente a  
sus superficies. Además, en razón del desorden de la luz, no  
10 pueden utilizarse con el aparato de la Patente de los Estados  
Unidos n° 3.946.239 medios convencionales, tales como lentes,  
para obtener una luz más perpendicular.

En tercer lugar, el orificio del reflector cónico  
de la Patente de los Estados Unidos n° 3.946.239, que capta la  
15 luz es suficientemente amplio para permitir la captación de  
luz extraña. Este orificio ha de ser más amplio que la zona  
de detección (intersección de la corriente de partículas y del  
haz de radiaciones laser). Es preciso que el orificio tenga  
una mayor anchura en razón del amplio ángulo de convergencia  
20 de la luz en el segundo punto focal y de la extrema excentrici-  
dad de la cámara elipsoidal. En la Patente de los Estados Uni-  
dos n° 3.946.239, un orificio del tamaño de un agujero de agu-  
ja sería extremadamente ineficaz, ya que el posicionamiento se-  
ría crítico en tres dimensiones y, si el orificio no estuviera  
25 perfectamente posicionado, prácticamente ninguna luz podría  
atravesarlo. Esto se debe al hecho de que la luz se acerca al  
agujero de diámetro extremadamente reducido con ángulos que  
difieren ampliamente de 90° .

El citómetro de la Patente de los Estados Unidos  
30 n° 3.946.239, aunque teniendo un rendimiento relativamente bue

1 no, puede describirse como siendo parcialmente "ciego". En  
otras palabras, si la luz que emana de una partícula que con  
centra fuertemente en algún medio ángulo sólido preferido, exis  
te una posibilidad de que pueda fallar totalmente, incluso si  
5 este colector es eficaz. Más particularmente, numerosas partí  
culas no son esféricas, pero se comportan como combinaciones  
de espejos y lentes de forma extraña, y, por tanto, dandlugar  
a la formación de "puntos calientes" donde un elevado porcen  
taje de la luz disponible se dirige en direcciones preferidas.  
10 Por consiguiente, ya que este citómetro de la técnica anterior  
no capta la luz procedente de todas las direcciones posibles  
y capta la luz de manera extremadamente ineficaz en las demás  
direcciones, existe la posibilidad de que los "puntos calien  
tes" sean dirigidos hacia una región "ciega". El resultado ne  
15 to es que en algunas de las partículas un porcentaje indeter  
minado de la luz procedente de ellas será captado. Esto pertur  
ba el histograma generado por la representación del número de  
partículas de una intensidad dada en función de esta intensi  
dad a la izquierda, ya que numerosas partículas aparecerán más  
20 oscuras de lo que son en realidad. Las discrepancias de esta  
magnitud son importantes. Por ejemplo, es conveniente distin  
guir células con cromosomas X de las células con cromosomas Y,  
pero en el estado actual de la técnica esto no es posible.

25 Se observará igualmente que, con una captación más  
eficaz de la luz fluorescente y dispersa, se necesita un haz  
laser menos potente y, por tanto, se obtiene una economía.

Otra técnica anterior importante incluye la patente  
de los Estados Unidos n° 3.494.693, a nombre de Elmer, que en  
seña la utilización de ejes coincidentes para dispositivo de  
30 reflexión en la emisión de calor. Además, la Patente de los

1 Estados Unidos n° 3.989.381 describe un captador de luz inefi  
caz.

Se observará fácilmente que existe en la industria  
la necesidad de un citómetro más eficaz para captar luz disper  
5 sa y fluorescencia y que permita que la luz captada entre en  
contacto más eficazmente con los detectores fotosensibles. Es  
te incremento de rendimiento podrá dar lugar a la posibilidad  
de detectar señales que no podían detectarse anteriormente en  
cima del nivel de ruido, reduciendo el impacto de la forma y  
10 de la orientación de la materia en forma de partículas en la  
corriente en circulación mediante la eliminación de regiones  
"ciegas" y permitiendo utilizar laser de menor potencia.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención se  
proporciona un aparato captador de radiaciones para analizar  
15 material en forma de partículas en el cual la irradiación del  
material en forma de partículas produce una fuente de radiación  
detectable, caracterizado por una cámara reflectora que tiene  
una primera superficie reflectora y una segunda superficie re  
flectora, teniendo dicha primera superficie reflectora una con  
20 figuración que es sustancialmente la mitad de una elipsoide de  
revolución, teniendo dicha primera superficie reflectora un fo  
co principal y un foco secundario, estando uno de dichos focos  
situado en el interior de dicha cámara reflectora en la fuente  
de radiación detectable, teniendo dicha segunda superficie re  
25 flectora una configuración sustancialmente plana cualquiera y  
una configuración sustancialmente de media elipsoide de revo  
lución, una ventana formada en una de dichas superficies re  
flectoras y alineado para cortar un eje de simetría definido  
por dicho foco principal y dicho foco secundario, con lo cual  
30 la radiación detectable que emana del foco principal continúa

1 bien directamente o bien después de una o varias reflexiones  
a través de dicha ventana.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención,  
se proporciona un método para captar radiación detectable pro  
5 ducidad por la presencia de un material en forma de partículas,  
que incluye las operaciones que consisten en dividir la radia  
ción detectable que emana de un foco principal de una primera  
superficie reflectora, que tiene una media porción de configu  
ración elipsoidal, en por lo menos una primera porción de ra  
10 diación detectable dirigida hacia la primera superficie reflec  
tora y una segunda porción de radiación detectable dirigida ha  
cia una segunda superficie reflectora con un ángulo sólido sub  
tenso por la unión de la primera superficie reflectora y de la  
segunda superficie reflectora en un plano de todas las posicio  
15 nes posibles de un eje menor de la primera superficie reflecto  
ra, reflejar a partir de la primera superficie reflectora la  
primera porción de radiación detectable emanando del primer  
foco, de modo que la radiación detectable converja hacia un fo  
co secundario de la primera superficie reflectora, reflejar a  
20 partir de la segunda superficie reflectora la segunda porción  
de radiación detectable que emana del foco principal, de modo  
que la radiación detectable converja hacia el foco primario de  
la primera superficie reflectora después de dos reflexiones,  
transmitir la radiación detectable reflejada que ha sido refle  
25 jada por lo menos una vez por, por lo menos, una de las super  
ficies reflectoras a través de una ventana formada en una de  
las superficies reflectoras.

Los modos de realización de la invención que se des  
criben de manera resumida en lo que sigue, se refieren a un  
30 aparato captador de radiaciones y a un método por medio del

1 cual la irradiación de las partículas produce una fuente de radiación detectable. El aparato captador de radiaciones incluye una cámara reflectora que tiene una primera superficie reflectora elipsoidal y una segunda superficie reflectora.

5 En los modos de realización de superficie plana, la primera superficie reflectora tiene un foco principal y un foco secundario que define un eje de simetría con el foco principal que está situado en la fuente de radiación detectable. La superficie reflectora secundaria está situada entre el foco principal y el foco secundario de tal manera que cualquier punto de la segunda superficie reflectora esté igualmente separado del foco principal y del foco secundario. Una ventana está formada en una de las superficies reflectoras y está alineado en posición de intersección con el eje de simetría. Durante el funcionamiento, la radiación detectable que emana del primer foco continúa, bien directamente o bien después de una o varias reflexiones en la primera superficie reflectora y/o la segunda superficie reflectora, a través de la ventana para su tratamiento ulterior y su análisis. En otro modo de realización de la presente invención se ha previsto una segunda superficie reflectora dicróica. En los modos de realización que incluyen una segunda superficie reflectora bajo la forma de una media superficie elipsoidal, la cámara reflectora incluye una superficie reflectora sustancialmente elipsoidal con un foco principal y un foco secundario que definen un eje de simetría. Dispuestas céntricamente en el eje de simetría se halla una ventana en la cámara reflectora. Una fuente de radiación detectable producida por irradiación de las partículas está situada en uno de los focos de la superficie reflectora elipsoidal. Durante el funcionamiento, la radiación detectable que

10

15

20

25

30

1 emana de uno de los focos continúa, bien directamente o bien  
después de una o varias reflexiones a través de la ventana,  
bajo la forma de un haz ordenado que se analizará a continua  
ción.

5 A título de ejemplo solamente, se describirán ahora  
unos modos de realización ilustrativos de la invención, con  
referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es una vista en sección transversal del  
aparato captador de radiación de la presente invención, tomada  
10 a lo largo de un plano que pasa por el foco principal de la  
primera superficie reflectora elipsoidal que se representa por  
medio de las líneas de sección 1-1 de la figura 2.

La figura 2 es una vista en sección transversal del  
aparato captador de radiación de la presente invención, tomada  
15 a lo largo de un plano que pasa a través del foco principal de  
la primera superficie reflectora elipsoidal, según se represen  
ta por la línea de sección 2-2 de la figura 1.

La figura 3 es una vista en sección transversal de  
una variante de realización del aparato captador de radiación  
20 de la presente invención, con una segunda superficie reflecto  
ra plana dicróica, tomada a lo largo de un plano que pasa a  
través del eje principal de la primera superficie reflectora  
elipsoidal.

La figura 4 es una vista en sección transversal de  
25 otra variante de realización de la presente invención, con una  
ventana formada en la segunda superficie reflectora, tomada a  
lo largo de un plano que pasa a través del eje principal de la  
primera superficie reflectora elipsoidal.

La figura 5 es una vista en sección transversal de  
30 otro modo de realización del aparato captador de radiación

1 según la presente invención, tomada a lo largo de un plano que  
pasa a través del eje principal de la superficie reflectora  
elipsoidal.

5 La figura 6 es una vista en sección transversal de  
una variante de realización de la presente invención, tomada  
a lo largo de un plano que pasa a través del eje principal de  
la superficie reflectora elipsoidal.

Haciendo referencia a la figura 1, se ve en ella un  
10 aparato captador de radiación, representado de manera general  
por el número 10, que sirve para captar la radiación detecta  
ble producida mediante irradiación de material en forma de par  
tículas aisladas individualmente. El aparato captador de radia  
ción 10 incluye una cámara reflectora 12 que tiene una prime  
15 ra superficie reflectora interna 14 y una segunda superficie  
reflectora interna 16. Como se ve en la figura 1, la prime  
ra superficie reflectora 14 tiene la configuración de la mitad  
de una elipsoide de revolución alrededor del eje principal.  
Más precisamente, cada elipse tiene un eje principal y un eje  
20 menor. Cuando la elipse se termina en su eje menor, la resul  
tante mitad de elipse define una curva elíptica. La revolución  
de esta curva elíptica alrededor del eje principal genera la  
mitad de una elipsoide de revolución o, para decirlo de otra  
manera, una elipsoide de revolución truncada en un plano for  
25 mado por todas las posiciones posibles del eje menor. Como pue  
de verse en la figura 1, la primera superficie reflectora 14  
puede ser considerada como truncada o terminada con la segunda  
superficie reflectora 16. Ya que la segunda superficie reflec  
30 tora 16 tiene una configuración plana, está dispuesta sustan  
cialmente en el plano formado por todas las posiciones posibles

del eje menor.

1           Haciendo referencia a la figura 1, como con todas las  
elipsoides de revolución o partes de las mismas, la superficie  
refleitora 14 tiene un foco principal 18 y un foco secundario  
conjugado 20. Aunque el foco secundario 20 no se ilustra en  
5           la figura 1, se representa claramente en la figura 3. Los fo-  
cos principal y secundario 18 y 20 definen un eje de simetría  
22. El eje de simetría 22 es sustancialmente perpendicular a  
la segunda superficie reflectora 16 que está distanciada de for  
ma sustancialmente igual a partir de los dos focos 18 y 20. Las  
10           superficies reflectoras 14 y 16 contienen el foco principal 18,  
mientras que el foco secundario 20 está situado al exterior de  
la cámara reflectora 12.

          De manera general, la radiación que emana de un foco  
de un elipsoide de revolución es reflejada de modo que conver  
15           ge hacia el segundo foco. Situando la superficie 16 del reflec  
tor plano en un plano perpendicular al eje principal y que con  
tiene el eje menor, el diseño de la cámara reflectora 12 con  
tiene la mitad de un elipsoide de revolución y desecha la mitad  
restante. En razón de esta disposición, el impacto de la segun  
20           da superficie reflectora sobre los trayectos de rayos lumino  
sos descritos más arriba para un elipsoide de revolución puede  
ser considerado como creando una imagen en un espejo de la  
primera superficie reflectora para formar un elipsoide de re  
volución completo equivalente. Más particularmente, un rayo re  
25           flejado a partir de la segunda superficie reflectora 16, con  
tinúa en la mitad del elipsoide de revolución representado por  
la primera superficie reflectora como si fuese continuando  
dentro de la mitad previamente descartada del elipsoide de re  
volución. Por consiguiente, un rayo que converge sobre el foco  
30           secundario 20, después de reflexión a partir de la superficie

1 reflectora secundaria 16, converge sobre el foco principal 18.  
Por otra parte, un rayo que se desplaza hacia un punto de in-  
tersección en la mitad descartada anteriormente y que no con-  
verge sobre el foco secundario 20, después de reflexión, a par-  
5 tir de la segunda superficie reflectora 16, continúa su camino  
y entra en contacto con la primera superficie reflectora en un  
punto que corresponde, en posición, al punto de intersección  
descrito más arriba en la mitad descartada. Salvo si este rayo  
atraviesa un orificio o una ventana 24, que se describirá más  
10 adelante, el rayo es reflejado a partir de la primera superfi-  
cie reflectora 14 y converge sobre el foco principal 18. Las  
configuraciones de rayos específicas del presente modo de rea-  
lización preferido, se explicarán más adelante.

Como se representa en la figura 1, la ventana 24 es  
15 tá formada en la primera superficie reflectora 14 para consti-  
tuir una salida para la radiación. La ventana 24 está alineada  
preferentemente, de modo que esté centrada en el eje de sime-  
tría 22. En el modo de realización preferido, un cristal de  
ventana 25, preferentemente de configuración esférica, retiene  
20 el fluido en la cámara reflectora 12. Según la utilización de  
la cámara reflectora 12 con aerosol o hidrosol, puede o no  
ser conveniente utilizar un cristal 25 de ventana. Preferente-  
mente, el cristal de ventana 25 tiene radios interno y exter-  
no con un centro en el foco principal 18 para que la radiación  
25 saliente pueda pasar perpendicularmente a través de su super-  
ficie.

Haciendo referencia a la figura 2, se representa de  
manera general por la referencia numérica 26 unos medios para  
arrastrar el material en forma de partículas a través del foco  
30 principal 18 de la primera superficie reflectora 14. Los medios

1 de arrastre 26 aseguran el transporte con fluido del material  
en forma de partículas aisladas individualmente en suspensión  
a través de una región de medición 28. Más particularmente, en  
el modo de realización preferido, los medios de arrastre 26 in  
5 cluyen un tubo de entrada 30 que, de manera ideal, constituye  
una corriente de material en forma de partículas que se siguen  
las unas a las otras y un tubo de vaina externo 32 que rodea  
el tubo de entrada 30 y proporciona un fluido de protección.  
De la misma manera, en la otra extremidad de la región de medi  
10 ción 28, está normalmente dispuesto un tubo de salida 34 dota  
do de un orificio destinado a recibir la corriente de material  
en forma de partículas. La circulación laminar del fluido se  
mantiene a través de la región de medición 28 mediante la in  
troducción del fluido de protección, conjuntamente con la crea  
15 ción de una presión diferencial entre el volumen quieto y el  
fluido de protección y la circulación de células de muestra.  
En el modo de realización preferido, la cámara reflectora 12  
está llena de un medio líquido exento de partículas, aunque  
puede utilizarse con la presente invención una cámara utilizan  
20 do un medio gaseoso. La construcción particular de los medios  
de arrastre 26, que aseguran el paso del material en forma de  
partículas a través de la región de medición 28 es de diseño  
convencional.

Como se representa en la figura 2, un dispositivo de  
25 irradiación del material en forma de partículas con un haz lu  
minoso, preferentemente de alta intensidad, tal como un haz de  
excitación laser; se indica de manera general por el número 36.  
El dispositivo de irradiación 36 incluye un orificio de entra  
da de haz 38 y un orificio de salida de haz 40. Situados exter  
30 namente con relación a los orificios 38 y 40, se hallan, res

1 pectivamente, una fuente de haz (no representada) y un recep  
tor de haz (no ilustrado) para emitir y eliminar el haz lumi  
noso. Los dos orificios 38 y 40 están alineados el uno con  
el otro, de modo que, preferentemente, aunque no de manera ne  
5 cesaria, dejen que el haz luminoso que pasa entre ellos corte  
perpendicularmente la circulación de material en forma de par  
tículas en la región de medición 28. Como podrá verse claramen  
te más adelante, el haz luminoso debe cortar la circulación  
del material en forma de partículas, aproximadamente en el fo  
10 co principal 18 de la primera superficie reflectora 14. Se ob  
servará que, aunque se ha utilizado una fuente luminosa laser  
para ilustrar el funcionamiento de los modos de realización  
preferidos de la presente invención, el material en forma de  
partículas puede estar sometido a la acción de otras formas  
15 de energía radiante, como podrá verse más adelante.

Aunque se captan corrientemente luz dispersa y luz  
fluorescente, se entenderá que la presente invención puede uti  
lizarse también para captar otras formas de energía radiante  
procedente de material en forma de partículas. Por consiguien  
20 te, el término "radiación detectable" puede incluir cualquier  
energía radiante que se propague en línea recta y que sufra  
una reflexión especular, tal como la luz, las radiaciones in  
frarrojas y las radiaciones ultravioletas. Sin embargo, con el  
objeto de describir los modos de realización preferidos, se uti  
25 lizarán la luz dispersa y la luz fluorescente como ejemplos de  
radiación detectable.

En un tipo de análisis, el haz de excitación laser  
es dispersado por las partículas, de tal manera que la mayoría  
de la luz dispersa se desviará del orificio de salida de haz  
30 40 y no será recibida por éste. Otro análisis corrientemente

1 realizado en la industria consiste en excitar la fluorescencia  
de células biológicas que atraviesan el haz de excitación la  
ser. La excitación de fluorescencia se efectúa normalmente co  
loreando las células con un colorante fluorescente y dispersan  
5 do las células en una suspensión suficientemente diluida para  
que las células pasen una por una a través del foco principal  
18. En cualquier caso, se utiliza una luz laser típicamente  
dispersa y/o una luz fluorescente relativamente débil, y ambas  
se llamarán, en lo que sigue "radiación detectable". Por tan  
10 to, la interacción del dispositivo de irradiación 36 con el  
material en forma de partículas define una fuente 42 de radia  
ción detectable en el foco principal 18. El procedimiento des  
crito más arriba que consiste en hacer que un haz de excita  
ción laser corte una corriente de muestra de material en forma  
15 de partículas, eventualmente coloreado, en uno de los focos  
del elipsoide, es un procedimiento bien conocido en la técnica.

Haciendo referencia a la figura 1, durante el funcio  
namiento, el aparato captador de radiación 10 irradia la corrien  
te de material en forma de partículas para producir una radia  
20 ción detectable que emana hacia el exterior a partir del foco  
principal 18. La radiación detectable, bien continúa su camino  
directamente a través de la ventana 24 como se ilustra por me  
dio del rayo R1, o bien es reflejada, una o varias veces, por  
la primera superficie reflectora 14 y/o la segunda superficie  
25 reflectora 16, como se ilustra por medio de los rayos R2 y R3.  
Por lo que se refiere a la radiación detectable reflejada, el  
número de reflexiones de un rayo dado dependerá de la superfi  
cie 14 o 16 de los dos reflectores, con la cual el rayo ha cho  
cado inicialmente después de emanar del foco principal 18, de  
30 la posición de intersección inicial del rayo dado con las su

1    perficies reflectoras 14 o 16, y del ángulo sólido subtense  
por la ventana 24 con relación al foco principal 18.

          Salvo una cantidad insignificante de radiación que  
se mencionará más adelante, todos los rayos salen directamen  
5    te o después de un número par de reflexiones a partir de la  
ventana 24 en una dirección tal que parecen emanar del foco  
principal 18. En el modo de realización preferido de la figu  
ra 1, los ángulos sólidos subtensos por la segunda superficie  
refleitora 16 y la ventana 24 en el foco principal 18 son ideal  
10   mente, aunque no necesariamente, iguales. Como se ilustra por  
medio del rayo R2, la casi totalidad de la radiación detecta  
ble que choca inicialmente con la segunda superficie reflectora  
16 después de emanar del foco principal 18 es reflejada cuatro  
veces de acuerdo con la siguiente secuencia: es reflejada una  
15   vez por la segunda superficie reflectora 16, y a continuación  
es reflejada dos veces por la primera superficie reflectora 14  
en sus porciones opuestas, y finalmente, es reflejada por se  
gunda vez por la segunda superficie reflectora 16 pasando a  
través del foco principal 18 y saliendo por la ventana 24. Co  
20   mo se ilustra por medio del rayo R3, cualquier rayo que choca  
inicialmente con la primera superficie reflectora 14 es refle  
jado a continuación por la segunda superficie reflectora 16  
de modo que pasa a través del foco principal 18 y sale por la  
ventana 24. En resumen, con los ángulos sólidos iguales que se  
25   describen más arriba, los rayos que chocan inicialmente con la  
primera superficie reflectora 14 salen a través de la ventana  
24 después de dos reflexiones y los rayos que chocan inicial  
mente con la segunda superficie reflectora 16 son reflejados  
cuatro veces antes de salir a través de la ventana 24 de una  
30   manera organizada. Esta radiación organizada permite la utili

1 zación de técnicas empleadas corrientemente con radiación  
convergente, divergente o colimada, por ejemplo filtración de  
la radiación extraña con un agujero de diámetro reducido, o  
la concentración de la radiación en un haz colimado para una  
5 utilización más eficaz de esta radiación por el dispositivo  
detector. Como se ha indicado anteriormente, como siendo una  
excepción, existe una cantidad insignificante de radiación de  
tectable reflejada que choca cerca del centro de la segunda  
superficie reflectora 16 después de emanar del foco principal  
10 18, y que es reflejada solamente una vez rebotando hacia atrás  
y saliendo por la ventana 24 sin reflexión suplementaria y sin  
atravesar el foco principal 18.

Se observará que, en el modo de realización preferi  
do, el hecho de que la ventana 24 subtiende un ángulo sólido  
15 igual al de la segunda superficie reflectora 16 es principal  
mente cuestión de preferencia de diseño. Existen ciertas prefe  
rencias de diseño que pueden sugerir una ventana 24 más amplia  
o más pequeña. Por ejemplo, si la ventana 24 está dimensiona  
da de modo que tenga un ángulo sólido inferior al ángulo sólido  
20 de la segunda superficie reflectora 16, entonces una parte  
de la radiación detectable que choca inicialmente con la prime  
ra superficie reflectora 14 será reflejada más de dos veces,  
mientras que una parte de la radiación detectable que choca  
inicialmente con la segunda superficie reflectora 16 será re  
25 flejada más de cuatro veces. A título ilustrativo de algunos  
factores que han de ser tenidos en cuenta, el inconveniente  
de un mayor número de reflexiones y, por tanto, de la reducción  
de intensidad de radiación, ha de ser comparado con la ventaja  
de disponer de un ángulo de captación más pequeño de la lente  
30 44 y de un cono central de radiación desordenada más pequeño.

1 Generalmente, una ventana 24 demasiado pequeña es indeseable  
en razón del número de reflexiones. Por otra parte, una venta  
na excesivamente amplia es indeseable aunque se produzcan me  
nos reflexiones, porque la radiación ha de ser captada sobre  
5 un ángulo demasiado amplio con relación al foco principal 18.  
Las lentes con números  $f$  inferior a 0,7, aproximadamente, no  
son fáciles de adquirir en el comercio. Por consiguiente, las  
consideraciones de diseño tales que la pérdida de intensidad  
de radiación por reflexión, el ángulo de captación de la ra  
10 diación detectable que pasa a través de la ventana 24 que de  
-termina convenientemente la excentricidad del elipsoide para  
un máximo de cuatro reflexiones y otros factores similares,  
imponen todas el tamaño de la ventana 24, considerándose este  
tamaño como siendo principalmente una cuestión de rendimiento  
15 de diseño. Por consiguiente, se considera que las variaciones  
de tamaño de la ventana 24 están incluidas en el alcance de  
la presente invención.

En la aplicación práctica del aparato captador de  
radiación 10, los focos 18 y 20 son realmente zonas focales y  
20 no puntos teóricos. En los modos de realización preferidos,  
la intersección del material en forma de partículas, que pue  
de tener la anchura de varias partículas, con el haz laser,  
puede crear una "zona de detección" de radiación en el foco  
principal 18 que tiene un volumen de hasta 10.000 micrones cú  
25 bicos en el modo de realización preferido. Más particularmente,  
las dimensiones finitas y la distribución algo difusa de la ra  
diación (distribución gaussiana), conjuntamente con el trayec  
to de la suspensión de partículas, dan lugar a esta "zona de  
detección". Esta zona está centrada en el foco principal 18  
30 alrededor de un punto focal matemático, infinitesimalmente pe

1 queño, y se representan los dibujos bajo la forma de un solo  
punto. Como es bien conocido en la técnica, una zona centrada  
en el primer punto focal del elipsoide crea una zona correspon  
5 diente de radiación centrada en el segundo punto focal del  
elipsoide. Aunque haya sido identificado como punto geométrico  
a título ilustrativo en los dibujos, el término "foco" se re  
fiere a una zona focal generalmente centrada alrededor de un  
punto focal infinitesimalmente pequeño.

Una distorsión de la configuración de la primera  
10 superficie reflectora 14 puede ser introducida y compensada me  
diante una modificación correspondiente de la segunda superfi  
cie reflectora 16 utilizando las numerosas técnicas que perm  
ten obtener los mismos resultados haciendo volver la radiación  
detectable reflejada al foco principal 18. Por consiguiente,  
15 con la introducción de estas distorsiones, tanto la primera  
superficie reflectora 14 como la segunda superficie reflectora  
16 se alejarán de una configuración de sección cónica elipsoi  
dal exacta y de una sección de configuración plana exacta,  
respectivamente, pero en combinación realizarán el mismo resul  
20 tado. Igualmente, la introducción de una distorsión relativa  
mente pequeña en la segunda superficie reflectora 16 produce  
una mayor zona para la radiación detectable reflejada en el  
foco principal 18. Esta zona más amplia no es, particularmente  
deseable, pero en ciertas aplicaciones es tolerable. Se enten  
25 derá que estos meros cambios de configuración que se describen  
en este párrafo se consideran como incluidos en el alcance de  
la presente invención, y por este motivo las reivindicaciones  
de la solicitud de patente utilizan el término "sustancialmen  
te" para referirse a la configuración de las superficies re  
30 flectoras 14 y 16.

1                   Un dispositivo detector 45 (representado parcialmen  
te) está generalmente situado al exterior de la cámara reflec  
tora/12 a lo largo del eje de simetría 22 para la transforma  
ción de las señales detectables en señales eléctricas, con el  
5                   objeto de proporcionar la adquisición de datos subsiguiente.  
La construcción particular del dispositivo detector con su óp  
tica asociada en los modos de realización preferidos, puede  
ser uno de los numerosos diseños convencionales bien conocidos  
por los expertos en la materia. El dispositivo detector 45 re  
10                   cibe la radiación detectable y la transforma en señales eléc  
tricas que se utilizarán en un analizador de altura de impul  
sos de tipo convencional o en un aparato similar de adquisi  
ción de datos bien conocido. En los modos de realización prefe  
ridos en los cuales la radiación detectable está constituida  
15                   por luz, normalmente el dispositivo detector típico estará  
constituido por un detector fotosensible bien conocido, prefe  
rentemente, bajo la forma de tubos fotomultiplicadores, foto  
diodos de vacío o fotodiodos de estado sólido, etc. Normalmen  
te, aunque no de manera necesaria, el dispositivo detector in  
20                   cluirá la lente de colimación 44 para que la luz llegue perpen  
dicularmente a las superficies fotosensibles del detector foto  
sensible, de la manera ilustrada en la figura 1. Cuanto más  
perpendicularmente llegue el haz organizado en la superficie  
fotosensible del detector fotosensible, tanto más eficazmente  
25                   funcionará el detector fotosensible. Además, puede incluirse  
un filtro de color opcional, 46, para separar la luz fluore  
cente y la luz dispersa, y este filtro funciona también más  
eficazmente con luz perpendicular. En resumen, la captación de  
la casi totalidad de la radiación detectable en un haz organi  
30                   zado divergente procedente del foco principal 18, permite la

1 utilización más eficaz de los filtros de color de luz opcionales, tales como el filtro 46, y del detector fotosensible. Además, esta luz organizada permite también emplear otras técnicas ópticas disponibles para luz colimada, divergente y conver5 gente, tales como la incorporación de un orificio de tamaño extremadamente reducido para eliminar la luz extraña.

La presente invención es útil si la radiación detectable procede de una fuente tan pequeña que tiene efectos de autosombreado insignificantes cuando la luz atraviesa el foco principal 18 después de la segunda o de la cuarta reflexión (o después de otro número de reflexiones múltiplo de 2). Se observará que con el análisis del material en forma de partí10 culas, de manera normal las partículas son suficientemente pequeñas para que el bloqueo de la radiación que atraviesa el foco principal 18 sea relativamente insignificante, como en la patente de los Estados Unidos n° 3.989.381.

Haciendo referencia a la figura 3, una variación opcional de la presente invención consiste en dar a la segunda superficie reflectora 16 la forma de un reflector dicroico 48 constituido idealmente por un espejo revestido con un revesti20 miento dicroico bien conocido. Este revestimiento dicroico define una superficie dicroica orientada hacia el interior 50, preferentemente en la superficie frontal del espejo, que deja pasar solamente ciertas longitudes de onda de radiación. De ma25 nera ideal, para ciertas aplicaciones de análisis de partículas, el reflector dicroico 48 refleja los rayos de luz fluorescente incidentes; tales como R4, y deja pasar los rayos lumi30 nosos laser dispersos incidentes, tales como R5 y R6. Sin embargo, la selección de aquellas longitudes de onda que han de ser transmitidas y de aquellas que han de ser reflejadas, son

1 cuestiones de preferencia de diseño impuestas por la aplicación  
particular que se da a la presente invención. En el modo de  
realización preferido de la presente variación, esta disposi  
ción permite que la mayor parte de la luz laser dispersa con  
5 verja hacia el foco secundario 20. Ya que la luz dispersa for  
ma un haz organizado, pueden incluirse opcionalmente varias  
técnicas ópticas utilizables con luz organizada. Por ejemplo,  
una pared 52 con un agujero de diámetro reducido 54 puede uti  
lizarse a voluntad para filtrar la luz extraña. Además, una se  
10 gunda lente de colimación 56 puede preverse para obtener luz  
perpendicular para un segundo dispositivo detector (no repre  
sentado). Por consiguiente, la luz dispersa y la luz fluores  
cente se captan en extremos opuestos de la cámara reflectora  
12. En razón de este diseño es posible realizar varios análi  
15 sis que se efectúan normalmente en la industria y que exigen  
unas luces de diferentes longitudes de onda. Aunque la luz la  
ser y la luz fluorescente son los dos tipos de luz separados  
en la utilización preferida de la presente invención, se enten  
derá que dos tipos de radiación cualesquiera, que pueden sepa  
20 rarse por medio de un revestimiento dicroico, están incluidos  
dentro del alcance de la presente invención.

Como se representa en la figura 4, una variante de  
realización del captador de radiación 10 de la presente inven  
ción está provisto de una ventana 58 formada en la segunda su  
25 perficie reflectora 16 para facilitar una salida de la radia  
ción detectable. La ventana 58 está alineada en posición tal  
que corte el eje simétrico 22, y en el modo de realización pre  
ferido está centrada en este eje. En el modo de realización  
preferido, un cristal de ventana 60, que tiene preferentemente  
30 una configuración esférica, mantiene el fluido en la cámara re

1 flectora 12. Según la utilización de la cámara reflectora 12  
con hidrosols o aerosols, puede o no ser conveniente utilizar  
el cristal de ventana 60. Preferentemente, el cristal de ven  
tana 60 tiene unos radios interno y externo con un centro en  
5 el foco secundario 20 para que la mayor parte de la radiación  
que sale pase perpendicularmente a través de sus superficies,  
reduciendo así al mínimo las pérdidas de intensidad y las des  
viaciones por refracción.

Haciendo referencia a la figura 4, durante el fun  
10 cionamiento, el aparato captador de radiación 10 permite que  
la radiación detectable salga a través de la ventana 58, bien  
directamente como se ilustra por el rayo R7, o bien después  
de haber sido reflejada una o varias veces por la segunda su  
perficie reflectora 16 y/o la primera superficie reflectora 14,  
15 como se ilustra por los rayos R8, R9 y R10. Respecto a la ra  
diación detectable reflejada, el número de reflexiones de un  
rayo dado dependerá de la superficie 14 o 16 de los dos reflec  
tores, con la cual el rayo ha chocado inicialmente después de  
salir del foco principal 18, de la posición de la intersección  
20 inicial del rayo dado con la superficie reflectora 14 o 16, y  
del ángulo sólido subtendido por la ventana 58 con relación al  
foco principal 18.

Haciendo referencia a la figura 4, salvo una pequeña  
cantidad de radiación que se mencionará más adelante, todos  
25 los rayos salen después de un número impar de reflexiones a  
partir de la ventana 58 y en una dirección tal que convergen  
sobre el foco secundario 20. La pequeña cantidad de radiación  
mencionada anteriormente, sale de la ventana 58 después de ema  
nar del foco principal 18 sin reflexión. Esta pequeña cantidad  
30 de radiación detectable incluye un cono centrado en el eje de

1 simetría 22 que forma un ángulo sólido en el foco principal  
18 que depende del tamaño de la ventana 58. Como se ilustra  
por el rayo R8, una parte de la radiación detectable que choca  
inicialmente con la primera superficie reflectora 14 atravia  
5 viesa la ventana 58 después de una reflexión. Como se ilustra  
por el rayo R9, la porción restante de la radiación detectable  
que emana del foco principal 18 y que choca con la primera super  
fície reflectora 14 atraviesa la ventana 58 después de tres  
reflexiones. Como se ilustra por medio del rayo R10, la radiaci  
10 ón detectable que emana del foco principal 18 y que choca  
sobre la segunda superficie reflectora 16, es reflejada tres  
veces antes de atravesar la ventana 58. La relación que existe  
entre la cantidad de radiación detectable que es reflejada una  
vez y la cantidad reflejada tres veces, depende del tamaño de  
15 la ventana 58. Además, si la ventana es suficientemente más peque  
ña con relación a la que se ilustra en la figura 4, una parte  
de la radiación detectable es reflejada por lo menos cinco  
veces. Por consiguiente, el tamaño de la ventana 58 que se  
ilustra en la figura 4 es meramente una cuestión de preferencia  
20 de diseño. Por ejemplo, una ventana 58 más pequeña permite obte  
ner un haz más estrecho que sale de ella, pero por otra parte  
da lugar a que ciertas partes de la radiación detectable  
sean reflejadas más veces con su correspondiente reducción de  
intensidad de radiación. Este modo de realización es particular  
25 mente ventajoso porque la ventana 58 puede ser dimensionada  
y configurada de modo que un haz relativamente estrecho de radi  
ación salga de ella. Como se ha descrito anteriormente con  
el modo de realización ilustrado en la figura 1, la radiación  
organizada que converge en el foco secundario 20 permite utili  
30 zar técnicas corrientemente empleadas con radiaciones orga

1 nizadas.

Como se ilustra en la figura 4, se ha previsto en variante, un dispositivo de lente 62 para organizar sustancialmente la totalidad de la radiación detectable que sale por la ventana 58. Como se ha dicho anteriormente, existe un cono de radiación detectable que emana directamente a través de la ventana 58 y que no converge sobre el foco secundario 20, tal y como se ilustra por medio del rayo R7. El resto de la radiación detectable converge sobre el foco secundario 20. El dispositivo de lente 62 incluye un par de lentes coaxiales, una lente central 64 y una lente periférica 66 que tienen un orificio central 68. En el modo de realización preferido que se ilustra en la figura 4, estas dos lentes 64 y 66 están desplazadas la una respecto a la otra a lo largo del eje de simetría 22, manteniéndose, sin embargo, coaxialmente. Sin embargo, las dos lentes pueden tener unos centros concéntricos y estar situadas ambas río abajo con relación al foco secundario 20. Además, las lentes 62 y 64 que están incorporadas en la presente invención, se utilizan de manera ideal para organizar la radiación en un haz colimado. Sin embargo, para ciertas aplicaciones, podría ser conveniente utilizar lentes de este tipo para crear un haz convergente o divergente en un foco común. Sin embargo, para captar luz con superficies fotosensibles es conveniente una radiación perpendicular. En el modo de realización preferido de la figura 4, para crear el haz colimado, la lente periférica 66 ha de tener un foco en el foco principal 18, mientras que la lente central 64 ha de tener un foco en el foco secundario 20. Sin embargo, se entenderá que cualquier par de lentes coaxiales con focos bien reales o virtuales, que dan lugar a la producción de un haz organizado de radiación a

1 partir de la radiación procedente del foco principal 18 y  
también a partir de la radiación que converge hacia el foco  
secundario 20, están incluidos en el alcance de la presente  
invención. Se observará igualmente, que en este modo de rea  
5 lización, la radiación detectable llega a las lentes 64 y 66  
o a cualquier otra lente utilizada en su sustitución, con un  
ángulo no muy diferente de 90°.

Haciendo referencia a la figura 5, se representa  
otro modo de realización más del aparato captador de radiación  
10 que sirve para captar la radiación detectable producida por  
la irradiación de material en forma de partículas aisladas in  
dividuales. El aparato captador de radiación 10 incluye la cá  
mara reflectora 12 que tiene una superficie reflectora interna  
elipsoidal 70 definida por una envoltura 72. La superficie re  
15 flectora elipsoidal 70 tiene la configuración de un elipsoide  
de revolución alrededor del eje principal, o para describirla  
de otra manera, la forma de un esferoide. Más precisamente,  
cada elipse tiene un eje principal y un eje menor. La revolu  
ción de esta elipse alrededor del eje principal genera un elip  
20 soide de revolución. Como todos los elipsoides de revolución,  
la superficie reflectora elipsoidal 70 tiene un foco principal  
18 y un foco secundario conjugado 20. Los focos principal y  
secundario 18 y 20 definen un eje de simetría 22. La cámara re  
flectora 12 puede también ser considerada como estando formada  
25 por dos medios elipsoides de revolución 74 y 76.

Como se indica en la figura 5, la abertura o la ven  
tana 24 está formada en la superficie reflectora elipsoidal 70  
para constituir una salida para la radiación. La ventana 24 es  
30 tá alineada de modo que esté preferentemente centrada en el eje  
de simetría 22. En este modo de realización, el cristal de ven

1 tana 25 mantiene el fluido en la cámara reflectora 12.

Como puede verse en la figura 5, durante el funcionamiento, el aparato captador de radiación 10 ilumina la corriente de material en forma de partículas para producir una radiación detectable que emana hacia el exterior a partir del foco principal 18. En este modo de realización de la presente invención que se ilustra en la figura 5, la ventana 24 está situada cerca de la fuente de radiación detectable 42. En el modo de realización de la figura 5, la radiación detectable, bien continúa su camino directamente a través de la ventana 24 como se ilustra por el rayo R1, o bien es reflejada dos o más veces por la superficie reflectora elipsoidal 70 antes de salir por la ventana 24, tal y como se ilustra por los rayos R2 y R3. Respecto a la radiación detectable reflejada, el número de reflexiones de un rayo dado dependerá de la posición de la intersección inicial del rayo con la superficie reflectora elipsoidal 70 después de salir del foco principal 18 y del ángulo sólido subtendido por la ventana 24 con relación al foco principal 18. Con la excepción de una cantidad insignificante de radiación detectable, todos los rayos reflejados salen después de dos o más reflexiones por la ventana 24, cualquiera que sea el tamaño de la ventana 24.

Como se ilustra en la figura 5, un plano perpendicular al eje de simetría 22 conteniendo todas las posibles orientaciones del eje menor de la superficie reflectora elipsoidal 70 se llamará, en lo que sigue, "plano bisector 78". En el modo de realización de la figura 5, la intersección del plano bisector 78 con la superficie reflectora elipsoidal 70 subtiende un ángulo sólido en el foco principal 18 que es igual al ángulo sólido subtendido por la ventana 24 en el foco principal 18.

1 El plano bisector 78 puede considerarse como dividiendo la  
superficie reflectora elipsoidal 70 en dos mitades iguales.  
Con este ángulo sólido de la ventana 24, la casi totalidad de  
la radiación detectable reflejada es reflejada dos o cuatro  
5 veces. Más particularmente, la cantidad extremadamente superior  
de radiación detectable reflejada lo es dos veces antes de pa  
sar por el foco principal 18 y salir, a continuación, por la  
ventana 24, tal y como se ilustra por el rayo R3. Además, una  
pequeña cantidad de la radiación detectable reflejada que ema  
10 na en un cono centrado en el eje de simetría 22, es reflejada  
cuatro veces antes de pasar por el foco principal 18 y salir,  
a continuación, por la ventana 24, como se ilustra por el ra  
yo R2. Este cono corta la superficie reflectora elipsoidal 70  
en una zona que tiene un ángulo sólido, respecto al foco secun  
15 dario 20, igual al ángulo sólido formado por el plano bisector  
78 respecto al foco secundario 20. Solamente para facilitar una  
explicación completa se observará que una cantidad minúscula de  
radiación detectable centrada alrededor del eje de simetría  
22 es reflejada tan solo una vez antes de salir por la ventana  
20 24. Con la excepción de esta cantidad minúscula en cuestión,  
la radiación detectable que sale por la ventana 24 está organi  
zada y, por tanto, la radiación atraviesa el foco principal 18  
y continúa más allá. Esto permite la utilización de técnicas  
empleadas corrientemente con radiación convergente, divergente  
25 o colimada, por ejemplo el filtrado de la radiación extraña con  
un agujero de diámetro extremadamente reducido, o la concentra  
ción de la radiación en un haz estrecho para la utilización más  
eficaz de la misma por el dispositivo detector 45.

En la figura 6, se ilustra una variante de realiza  
30 ción de la presente invención. Como se ha descrito anteriormen

1 te, el modo de realización de la figura 5 tiene la fuente 42  
de radiación detectable situada en el foco principal 18 de tal  
manera que la fuente 42 sea adyacente a la ventana 24. En la  
variante de realización de la figura 6, la fuente 42 de radia  
5 ción detectable, y por tanto el dispositivo de arrastre 26 y  
el dispositivo de irradiación 36, están situados en el foco  
secundario 20. El significado de este modo de realización es  
que la fuente 42 está situada ahora en el foco más alejado con  
relación a la ventana 24. Haciendo referencia a los dibujos,  
10 se ve que el modo de realización de la figura 6 podría haber  
sido representado de la misma manera, dejando la fuente 42 en  
el foco principal 18 y desplazando la ventana 24 hasta la otra  
extremidad de la cámara reflectora 12. En resumen, el modo de  
realización de la figura 6 tiene la fuente 42 situada en el  
15 foco más alejado con relación a la ventana 24, mientras que  
el modo de realización de la figura 5 tiene la fuente 42 si  
tuada en el foco dispuesto en una posición adyacente a la ven  
tana 24. Por consiguiente, los elementos idénticos que han si  
do meramente transferidos de un foco al otro, tales como el  
20 dispositivo de irradiación 36 y el dispositivo de arrastre 26,  
conservan los mismos números de referencia en los dibujos de  
todos los modos de realización.

En el modo de realización de la figura 6, la mayor  
parte de la radiación detectable es reflejada una o varias ve  
25 ces por la superficie reflectora elipsoidal 70 antes de salir  
por la ventana 24 como se ilustra por los rayos R4 y R5. Res  
pecto a la radiación reflejada detectable, el número de refle  
xiones de un rayo dado dependerá de la posición de la inter  
sección inicial del rayo con la superficie elipsoidal 14 del  
30 reflector después de emanar del foco secundario 20, y del ángu

1 lo sólido subtendido por la ventana 24 con relación al foco principal 18. De manera general, todos los rayos reflejados salen después de una o varias reflexiones a través de la ventana 24, cualquiera que sea el tamaño de la ventana 24.

5 Como en el caso del modo de realización de la figura 5, en el modo de realización de la figura 6, la intersección del plano bisector 78 con la superficie elipsoidal 70 del reflector subtende un ángulo sólido en el foco principal 18 que es igual al ángulo sólido subtendido por la ventana 24 en el  
10 foco principal 18. Con este ángulo sólido de la ventana 24, la casi totalidad de la radiación reflejada detectable es reflejada una vez o tres veces. Más particularmente, la radiación detectable que emana del foco secundario 20 y que choca inicialmente sobre la mitad próxima de la superficie reflectora elipsoidal 70 definida por el plano bisector 78, es reflejada una  
15 vez antes de salir por la ventana 24 como se ilustra por medio del rayo R4. Esta radiación constituye la mayor parte de la radiación detectable. La radiación detectable que emana del foco secundario 20 y que choca inicialmente sobre la mitad alejada  
20 de la superficie reflectora elipsoidal 70 definida por el plano bisector 78 es reflejada tres veces antes de salir por la ventana 24 como se ilustra por medio del rayo R5. Solamente para permitir una explicación completa se observará que una cantidad minúscula de la radiación detectable atraviesa la  
25 ventana 24 sin reflexión y sin pasar por el foco principal 18. Con la excepción de esta cantidad minúscula, la radiación detectable que sale por la ventana 24 está organizada de tal manera que esta radiación pasa a través del foco principal 18 y continúa más allá de él. Esto permite utilizar las técnicas  
30 empleadas corrientemente con radiación convergente, divergente

1 o colimada, por ejemplo filtración de la radiación extraña por  
medio de un agujero de diámetro extremadamente reducido, o con  
centración de la radiación en un haz estrecho para una utiliza  
ción más eficaz de la misma por el dispositivo detector 45.

5 Se observará que en los modos de realización de las  
figuras 5 y 6, el hecho de que la ventana 24 subtiende un ángu  
lo sólido igual al del plano bisector 78 es meramente una cues  
tión de preferencia de diseño. Existen ciertas preferencias de  
diseño que pueden conducir a utilizar una ventana más amplia o  
10 más pequeña 24. Por ejemplo, si la ventana 24 está dimensiona  
da para que presente un ángulo sólido más pequeño que el que  
ha sido descrito anteriormente, unas porciones de la radiación  
detectable serán reflejadas un número de veces superior al que  
ha sido indicado anteriormente. Más particularmente, en el mo  
15 do de realización de la figura 5, si el ángulo sólido de la  
ventana descrito anteriormente varía con relación al que se re  
presenta en los dibujos, las zonas previamente descritas de  
cuatro reflexiones y dos reflexiones dejarán de ser válidas.  
De la misma manera, en el modo de realización de la figura 6,  
20 las zonas de una reflexión y tres reflexiones tampoco serán  
válidas.

Una distorsión de la configuración de la primera mi  
tad de la superficie reflectora elipsoidal 70 con relación al  
plano bisector 78, puede ser introducida y compensada mediante  
25 la modificación correspondiente de la segunda mitad de la su  
perficie reflectora elipsoidal 70 utilizando técnicas numéri  
cas para obtener los mismos resultados de hacer volver la ra  
diación detectable reflejada al foco principal 18. Por consi  
guiente, con la introducción de estas distorsiones, la super  
30 ficie reflectora elipsoidal 70 se alejará de una configuración

1 de sección cónica elipsoidal exacta, pero las dos mitades des-  
critas 74 y 76, en combinación, obtendrán el mismo resultado.  
Igualmente, la introducción de una distorsión relativamente pe-  
queña en una de las mitades, produce mayores zonas para la ra-  
5 diación reflejada detectable en los focos 18 y 20. Estas zonas  
más amplias no son particularmente deseables, pero son tolera-  
bles en ciertas aplicaciones. Se entenderá que estos meros cam-  
bios de configuración que se describen en este párrafo se con-  
sideran incluidos en el alcance de la invención, y por este  
10 motivo, las reivindicaciones de la presente memoria utilizan  
el término "sustancialmente" para referirse a la configuración  
de la superficie reflectora elipsoidal 70.

Como se ha dicho anteriormente, para el análisis de  
partículas, la radiación detectable, corrientemente luz disper-  
15 sa o luz fluorescente, emana hacia el exterior desde el foco  
principal 18 o desde el foco secundario 20, según el modo de  
realización, de acuerdo con perfiles de distribución bien cono-  
cidos por los expertos en la materia. Utilizando el primer mo-  
do de realización de la figura 1 a título de ejemplo, la radia-  
20 ción que emana hacia el exterior a partir del foco principal  
18 puede tomar cualquier dirección radial en una esfera imagi-  
naria centrada alrededor del foco principal 18. El ángulo sólido  
subtendido se utilizará en esta aplicación para relacionar  
con la zona de superficie reflectora que se pierde para la re-  
25 flexión la radiación que emana del foco principal 18. Por tan-  
to, el ángulo de captación es el ángulo total posible de radia-  
ción de  $4\pi$  estereoradians, menos los ángulos sólidos de capta-  
ción de radiación perdida. En lo que sigue, se da sin carácter  
exclusivo unos ejemplos de las consecuencias de la pérdida de  
30 ángulo de captación. En primer lugar, el tubo de revestimiento

1 externo y el tubo de salida 32 y 34, respectivamente, conjun  
tamente con los orificios de entrada y de salida del haz 38 y  
40, respectivamente, crean cuatro ángulos sólidos de pérdida  
relativamente pequeños. En los aparatos de la técnica anterior,  
5 el mayor ángulo sólido de radiación perdida creada está rela  
cionado con el colector de luz cónico o su equivalente. Sin em  
bargo, no existe ningún ángulo sólido importante de pérdida de  
captación de radiación formado en una porción sustancial de la  
superficie reflectora elipsoidal 14 de la presente invención.  
10 En la presente invención, la formación de un ángulo sólido de  
captación más amplio con relación a los que existen en las cá  
maras elipsoidales de la técnica anterior, da lugar a un mayor  
rendimiento de captación de radiación y a una mayor insensibi  
lidad a la orientación de las partículas.

15 El diseño del aparato de radiación 10 proporciona un  
mayor rendimiento de captación de la radiación detectable que  
los captadores de la técnica anterior, Este mayor rendimiento  
se debe principalmente a un ángulo de captación sustancialmente  
igual a  $4\pi$  estereoradians, en combinación con la utilización  
20 eficaz de la radiación captada. Una parte de esta utilización  
eficaz de la radiación captada se debe a la captación de la  
radiación con el ángulo ancho previamente descrito y un mínimo  
de reflexiones y, por tanto, una reducción de las pérdidas de  
intensidad. Sin embargo, otra parte de esta utilización eficaz  
25 de la radiación captada se debe al mantenimiento de un haz or  
ganizado de radiación captada durante la operación de capta  
ción que permite la utilización de las técnicas convencionales  
que se emplean comúnmente con radiación organizada. Unos ejem  
plos de estas técnicas incluyen la obtención de un acercamien  
30 to relativamente perpendicular para los rayos hasta el disposi

1 tivo detector 45 y su filtro de color de luz asociado 46 para  
su funcionamiento más eficaz. Además, la radiación organizada  
permite utilizar un orificio de tamaño extremadamente reduci-  
do para filtrar la radiación extraña. Por otra parte, se ob-  
servará que la luz tiene un espectro extremadamente ancho; por  
5 tanto, los reflectores son más favorables que las lentes que  
actúan como refractores de la luz captada y, por tanto, pro-  
ducen una aberración cromática. Igualmente, el diseño de la  
presente invención permite excentricidades relativamente peque-  
ñas y, por tanto, la amplificación desde el foco principal  
10 18 hasta el foco secundario 20, o viceversa, no es excesiva.

La presente invención es útil cuando la radiación de-  
tectable procede de una fuente que es tan pequeña que tiene  
efectos de auto-sombreado insignificantes cuando la luz atra-  
viesa el foco que contiene la fuente después de una o varias  
15 reflexiones. Se observará que con el análisis de material en  
forma de partículas, estas últimas son, normalmente, de un ta-  
maño suficientemente pequeño para que sea relativamente insig-  
nificante el bloqueo de la radiación que atraviesa el foco  
que contiene las partículas.

20 En resumen, la patente de invención que se solicita  
deberá recaer sobre las siguientes:

#### REIVINDICACIONES

1. Método y aparato para captar la radiación detecta-  
ble producida por la presencia de material en forma de parti-  
25 culas, consistiendo dicho aparato en un aparato captador de  
radiaciones (10) en el cual la irradiación del material en  
forma de partículas produce una fuente (42) de radiación de-  
tectable, caracterizado el aparato por una cámara reflectora  
(12) que tiene una primera superficie reflectora (14 o 74) y  
30 una segunda superficie reflectora (16 o 76), teniendo dicha

1 primera superficie reflectora (14 o 74) sustancialmente  
la configuración de la mitad de un elipsoide de revolución,  
teniendo dicha primera superficie reflectora (14 o 74) un fo-  
co principal (18) y un foco secundario (20), estando uno de  
5 dichos focos (18,20) situado en el interior de dicha cámara  
reflectora (12) en la fuente (42) de radiación detectable,  
teniendo dicha segunda superficie reflectora (16 o 76) cual-  
quier configuración sustancialmente plana y sustancialmente una  
configuración de mitad de elipsoide de revolución, una ven-  
10 tana (24 o 58) formada en una de dichas superficies reflecto-  
ras (14, 74 o 16, 76) y alineada en posición de intersección  
con un eje de simetría (22) definido por dicho foco principal  
(18) y dicho foco secundario (20), teniendo dicha ventana una  
dimensión y configuración tal como para proporcionar una parte  
15 de la radiación detectable para reflejar dentro de dicha cámara  
reflectora más de una vez, con lo cual la radiación detectable  
que emana del primer foco (18) continúa, bien directamente o  
bien después de una o varias reflexiones a través de dicha  
ventana (24 o 58).

20 2. Aparato captador de radiaciones (10) según la  
reivindicación 1, caracterizado porque dicha segunda superfi-  
cie reflectora (16) tiene una configuración sustancialmente  
plana, estando dicha segunda superficie reflectora (16) situa-  
da de tal manera que cualquier posición en ella esté dispuesta  
25 sustancialmente a igual distancia respecto a dicho foco princi-  
pal (18) y dicho foco secundario (20), estando dicho foco prin-  
cipal (18) dispuesto internamente respecto a dicha primera su-  
perficie reflectora (14) y a dicha segunda superficie reflecto-  
ra (16) e incluyendo la fuente (42) de radiación detectable.

30 3. Aparato captador de radiaciones (10) según la

1 reivindicación 2, caracterizado porque dicha ventana (24) es  
tá formada en dicha primera superficie reflectora (14).

4. Aparato captador de radiaciones (10) según la  
reivindicación 2, caracterizado porque dicha ventana (58) está  
5 formada en dicha segunda superficie reflectora (16).

5. Aparato captador de radiaciones (10) según la  
reivindicación 3, caracterizado porque dicha segunda superfi-  
cie reflectora (16) está constituida por un reflector dicroi-  
co (48).

10 6. Aparato captador de radiaciones (10) según la  
reivindicación 5, caracterizado porque dicho reflector dicroi-  
co (48) incluye un material dicroico capaz de reflejar la luz  
fluorescente, dejando pasar a través de él la luz dispersa.

7. Aparato captador de radiaciones (10) según la  
15 reivindicación 4, caracterizado porque incluye una lente peri-  
férica (66) dotada de un orificio central (68) centrada en di-  
cho eje de simetría (22), y una lente central (64) centrada en  
dicho eje de simetría (22).

8. Aparato captador de radiaciones (10) según la  
20 reivindicación 7, caracterizado porque dicha lente periférica  
(66) y dicha lente central (64) están dispuestas coaxialmente  
la una respecto a la otra en un punto adyacente a dicho foco  
secundario (20).

9. Aparato captador de radiaciones (10) según la  
25 reivindicación 7 u 8, caracterizado porque dicha lente perifé-  
rica (66) está constituida por una lente de colimación que  
tiene un foco en dicho foco principal (18) y dicha lente cen-  
tral (64) está constituida por una lente de colimación que  
tiene un foco en dicho foco secundario (20).

30 10. Aparato captador de radiaciones (10) según la

1 reivindicación 1, caracterizado porque dicha segunda superfi  
cie reflectora (76) tiene sustancialmente la configuración de  
una mitad de elipsoide de revolución, siendo dicha primera su  
5 perficie reflectora (74) y dicha segunda superficie reflectora  
(76) confocales con la misma excentricidad para definir una  
sola superficie reflectora elipsoidal (70).

11. Aparato captador de radiaciones (10) según la  
reivindicación 10, caracterizado porque dicha ventana (24)  
está formada en dicha primera superficie reflectora (74).

10 12. Aparato captador de radiaciones (10) según la  
reivindicación 10, caracterizado porque dicha ventana (24)  
está formada en dicha segunda superficie reflectora (76).

13. Aparato captador de radiaciones (10), según  
una cualquiera de las reivindicaciones 10, 11 o 12, caracteri  
15 zado porque la fuente (42) de radiación detectable está situa  
da en el foco (18 o 20) de dicho par de focos (18, 20), más  
alejado de dicha ventana (24).

14. Aparato captador de radiaciones (10) según una  
cualquiera de las reivindicaciones 10, 11 o 12, caracterizado  
20 porque la fuente (42) de radiación detectable está situada en  
el foco (18 o 20) de dicho par de focos (18, 20), más próximo  
a dicha ventana (24).

15. Aparato captador de radiaciones (10) según una  
cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque  
25 incluye unos medios (26) para hacer pasar el material en forma  
de partículas a través de dicho foco principal (18).

16. Aparato captador de radiaciones (10) según una  
cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque  
incluye unos medios (36) para irradiar el material en forma de  
30 partículas con luz en dicho foco principal (18) con el fin de

1 producir una radiación detectable que se desvía del trayecto  
de la luz de irradiación, constituyendo dicha radiación detec-  
table que se desvía del trayecto de la luz de irradiación la  
fuente (42) de radiación detectable.

5 17. Aparato captador de radiaciones (10) según la  
reivindicación 16, caracterizado porque dicha radiación detec-  
table que se desvía del trayecto de la luz de irradiación es-  
tá constituida por luz dispersa.

10 18. Aparato captador de radiaciones (10) según la  
reivindicación 16 o 17, caracterizado porque la radiación de-  
tectable que se desvía del trayecto de la luz de irradiación  
está constituida por luz fluorescente.

15 19. Aparato captador de radiaciones (10) según una  
cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, caracterizado por  
que incluye un dispositivo detector (45) situado de manera  
cooperante en el eje de simetría (22) para recibir la radia-  
ción detectable.

20 20. Método para llevar a cabo el aparato de las  
reivindicaciones 1 a 19, caracterizado por las operaciones  
que consisten en: dividir la radiación detectable que emana de  
un foco principal de una primera superficie reflectora, que  
tiene la configuración de una mitad de elipsoide, en por lo  
menos una primera porción de radiación detectable que se di-  
rige hacia la primera superficie reflectora y una segunda -  
25 porción de radiación detectable que se dirige hacia una se-  
gunda superficie reflectora en un ángulo sólido subtendido  
por la unión de la primera superficie reflectora y de la se-  
gunda superficie reflectora en un plano de todas las posicio-  
nes posibles de un eje menor de la primera superficie reflec-  
30 tora; reflejar a partir de la primera superficie reflectora

1 la primera parte de la radiación detectable que emana del  
foco principal, de tal manera que la radiación detectable  
converja hacia un segundo foco de la superficie reflectora;  
reflejar a partir de la segunda superficie reflectora la se-  
5 gunda parte de la radiación detectable que emana del foco  
principal, de tal manera que la radiación detectable conver-  
ja hacia el foco principal de la primera superficie reflec-  
tora después de dos reflexiones; hacer pasar la radiación  
reflejada detectable que ha sido reflejada, por lo menos,  
10 una vez en por lo menos una de las superficies reflectoras  
a través de una ventana formada en una de las superficies re-  
flectoras.

21. Método según la reivindicación 20, caracteriza-  
do porque se dirige la segunda parte de la radiación detecta-  
15 ble que emana del foco principal hacia una configuración pla-  
na de la segunda superficie reflectora, se refleja aquella  
parte de la primera porción de la radiación detectable que  
procede de la primera superficie reflectora después de una  
reflexión y que choca sobre la segunda superficie reflectora  
20 a partir de la segunda superficie reflectora, de tal manera  
que converja sobre el foco principal, se refleja la segunda  
parte de la radiación detectable que emana del foco princi-  
pal a partir de la segunda superficie reflectora de modo que  
la radiación detectable se refleje a continuación a partir  
25 de la primera superficie reflectora dos veces, de modo que  
converja sobre el foco secundario.

22. Método según la reivindicación 21, caracteriza-  
do porque se sitúa la ventana que ha de ser formada en la  
primera superficie reflectora, dejando pasar a través de la  
30 segunda superficie reflectora la radiación que tiene una ga-

1 ma de longitud de onda predeterminada y reflejando la radiación de todas las demás longitudes de onda a partir de la segunda superficie reflectora.

5 23. Método según la reivindicación 21, caracterizado porque se sitúa la ventana que ha de ser formada en la segunda superficie reflectora, se colima la radiación que atraviesa la ventana a partir del foco principal y se colima la radiación que atraviesa la ventana hacia el foco secundario.

10 24. Método según la reivindicación 20, caracterizado porque se divide la radiación detectable en tres porciones, se refleja a partir de la primera superficie reflectora la primera parte de la radiación detectable que emana de un foco principal de la primera superficie reflectora, de modo que la radiación detectable continúe hacia la segunda superficie reflectora que tiene una configuración plana, reflejando a continuación la primera parte de la radiación detectable que proviene de la primera superficie reflectora en la segunda superficie reflectora de modo que la radiación detectable que ha sido reflejada dos veces continúe hacia el foco principal y pase a través de él, se refleja a partir de la segunda superficie reflectora la radiación detectable constituida por la segunda parte de la radiación detectable que emana del foco principal de tal manera que una parte importante de esta radiación detectable sea reflejada a continuación dos veces en la primera superficie reflectora, se refleja a continuación la segunda parte de la radiación detectable que ha sido reflejada anteriormente a partir de la primera superficie reflectora dos veces en la segunda superficie reflectora por segunda vez, de tal manera que la radiación detectable que ha sido reflejada cuatro veces continúe su camino hacia el foco principal y pase a tra

15

20

25

30

1 vés de éste, y se hace pasar una tercera parte de la radiación  
detectable que emana del foco principal a través de la ventana  
formada en la primera superficie reflectora sin reflexión.

5 25. Método según la reivindicación 24, caracterizado  
porque se hace pasar a través de la segunda superficie refl  
flectora la radiación que tiene una gama de longitud de onda  
predeterminada y se refleja la radiación de todas las demás  
longitudes de onda a partir de la segunda superficie reflectora  
ra.

10 26. Método según la reivindicación 20, caracterizado  
porque se refleja a partir de la primera superficie reflector  
tora la primera parte de la radiación detectable que emana de  
foco principal, de tal manera que la radiación detectable contin  
tinúe su camino hacia la segunda superficie reflectora que tiene  
15 ne una configuración plana, se refleja a continuación aquella  
parte de la primera porción de la radiación detectable que provi  
viene de la primera superficie reflectora después de una reflex  
flexión y que choca sobre la segunda superficie reflectora a  
partir de la segunda superficie reflectora de tal manera que  
20 la radiación detectable que ha sido reflejada dos veces contin  
núe su camino hacia el foco principal y pase a través de éste  
de tal manera que sea reflejada por tercera vez por la primera  
superficie reflectora, se hace pasar la parte restante de la  
primera porción de la radiación detectable procedente de la  
25 primera superficie reflectora después de una reflexión directa  
tamente a través de la ventana formada en la segunda superfici  
cie reflectora sin reflexión suplementaria, se refleja a partir  
tir de la segunda superficie reflectora la segunda porción de  
la radiación detectable que emana del foco principal de tal  
30 manera que una parte sustancial de la segunda porción de la radi  
diación detectable se refleja a continuación a partir de la

1 primera superficie reflectora dos veces, y se hace pasar la parte restante de la segunda porción de la radiación detectable que emana del foco principal a través de la ventana formada en la segunda superficie reflectora sin reflexión.

5 27. Método según la reivindicación 20, caracterizado porque se dirige la segunda parte de la radiación detectable hacia la segunda superficie reflectora que tiene la configuración de una mitad de elipsoide de revolución, definiendo así una superficie reflectora elipsoidal, se refleja una primera parte de la radiación detectable que incluye la mayor parte de la radiación detectable que emana del foco a partir de la superficie reflectora elipsoidal por lo menos una vez, se refleja una segunda parte de la radiación detectable que incluye una parte de la radiación detectable restante que emana del foco por lo menos tres veces, y a continuación se hace pasar la radiación reflejada detectable a través de la ventana formada en la superficie reflectora elipsoidal bajo la forma de un haz ordenado.

15 28. Método según la reivindicación 27, caracterizado porque se hace pasar una tercera parte de la radiación detectable restante que procede del foco directamente a través de la ventana sin reflexión, bajo la forma de un haz ordenado.

20 29. Método según la reivindicación 20, caracterizado porque se dirige la segunda porción de la radiación detectable hacia la segunda superficie reflectora, que tiene la configuración de una mitad de elipsoide de revolución, definiendo así una superficie reflectora elipsoidal, se refleja a partir de la superficie reflectora elipsoidal una primera parte de la radiación detectable que emana del foco por lo menos una vez, pero no más de dos veces, se refleja a partir de la superficie

25

30

1 reflectora elipsoidal una segunda parte de la radiación detec-  
table que emana del foco un número de reflexiones igual por  
lo menos a dos pero no superior al número de reflexiones de  
la primera parte, se hace pasar la primera parte y la se-  
5 gunda parte de la radiación detectable a través de una ven-  
tana formada en la superficie reflectora elipsoidal bajo la  
forma de un haz ordenado.

30. Método según una cualquiera de las reivindica-  
ciones 20 a 29, caracterizado porque se utiliza una venta-  
10 na dimensionada y configurada de tal manera que no se nece-  
site ninguna reflexión suplementaria antes de que la radia-  
ción detectable salga de la ventana.

31. Método según una cualquiera de las reivindica-  
ciones 20 a 29, caracterizado porque se utiliza una venta-  
15 na tal que no se necesite ninguna reflexión suplementaria  
antes que la reflexión detectable salga de la ventana.

32. Método según una cualquiera de las reivindica-  
ciones 20 a 29, caracterizado porque se utiliza una venta-  
na tal que se necesita un menor número de reflexiones antes  
20 de que la radiación detectable salga de la ventana.

33. Se reivindica por último como objeto sobre el  
que ha de recaer sobre la Patente de Invención que se soli-  
cita: METODO Y APARATO PARA CAPTAR LA RADIACION DETECTABLE  
25 PRODUCIDA POR LA PRESENCIA DE MATERIAL EN FORMA DE PARTICU-  
LAS.

1            Todo conforme queda descrito y reivindicado en la  
presente memoria descriptiva que consta de cuarenta y cua-  
tro páginas mecanografiadas y dibujos que se acompañan.

Madrid, 20 marzo 1.979

BERNARDO UNGRIA

P.D.



5

10

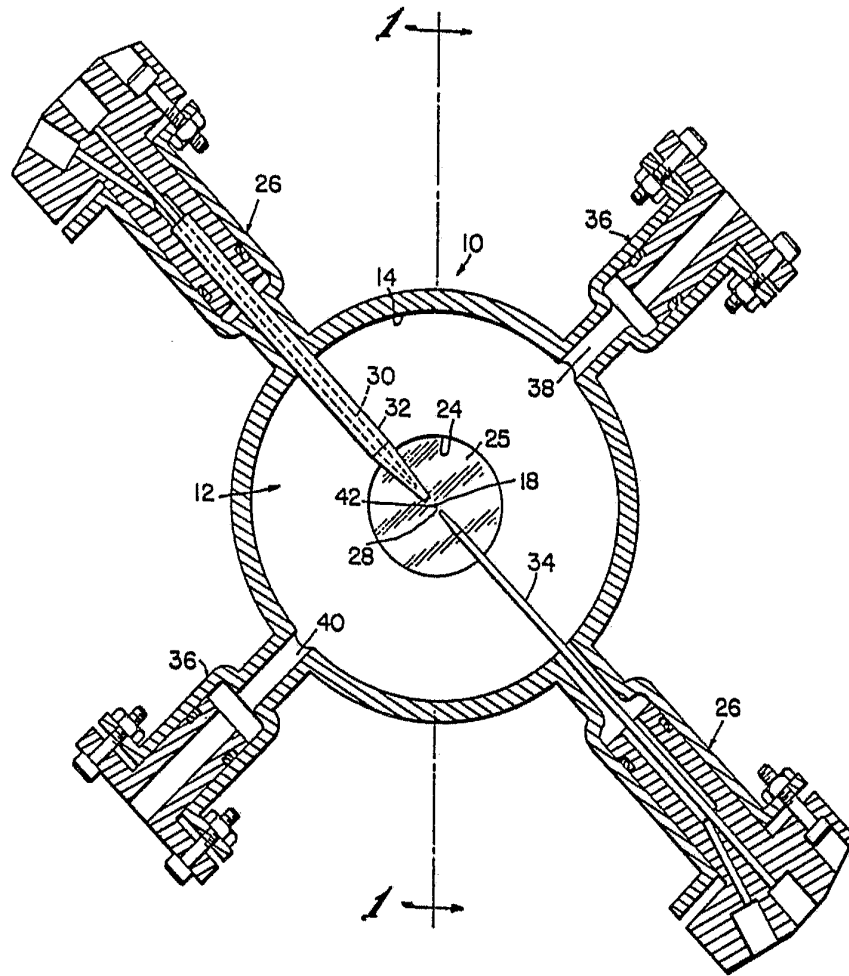
15

20

25

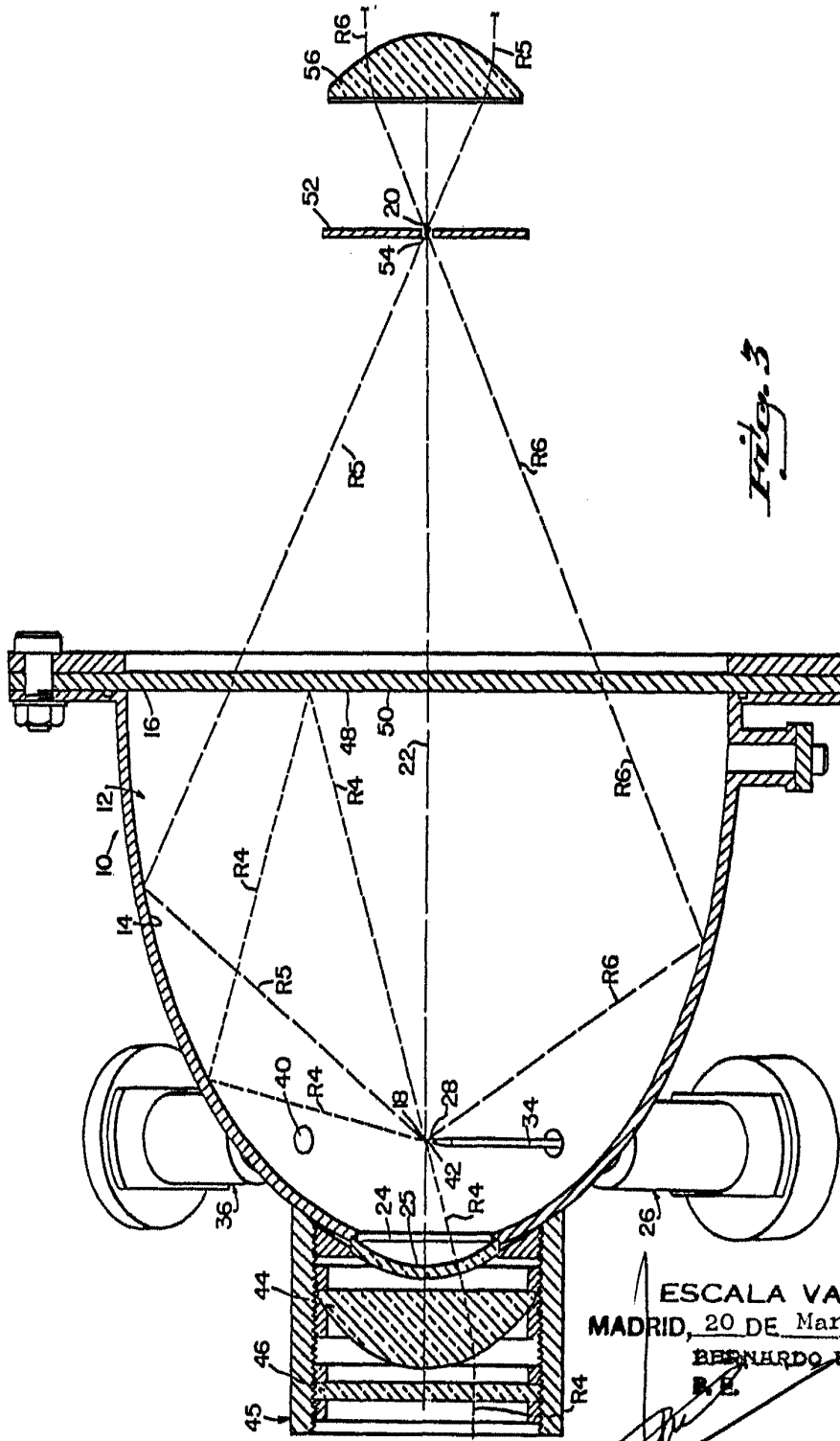
30





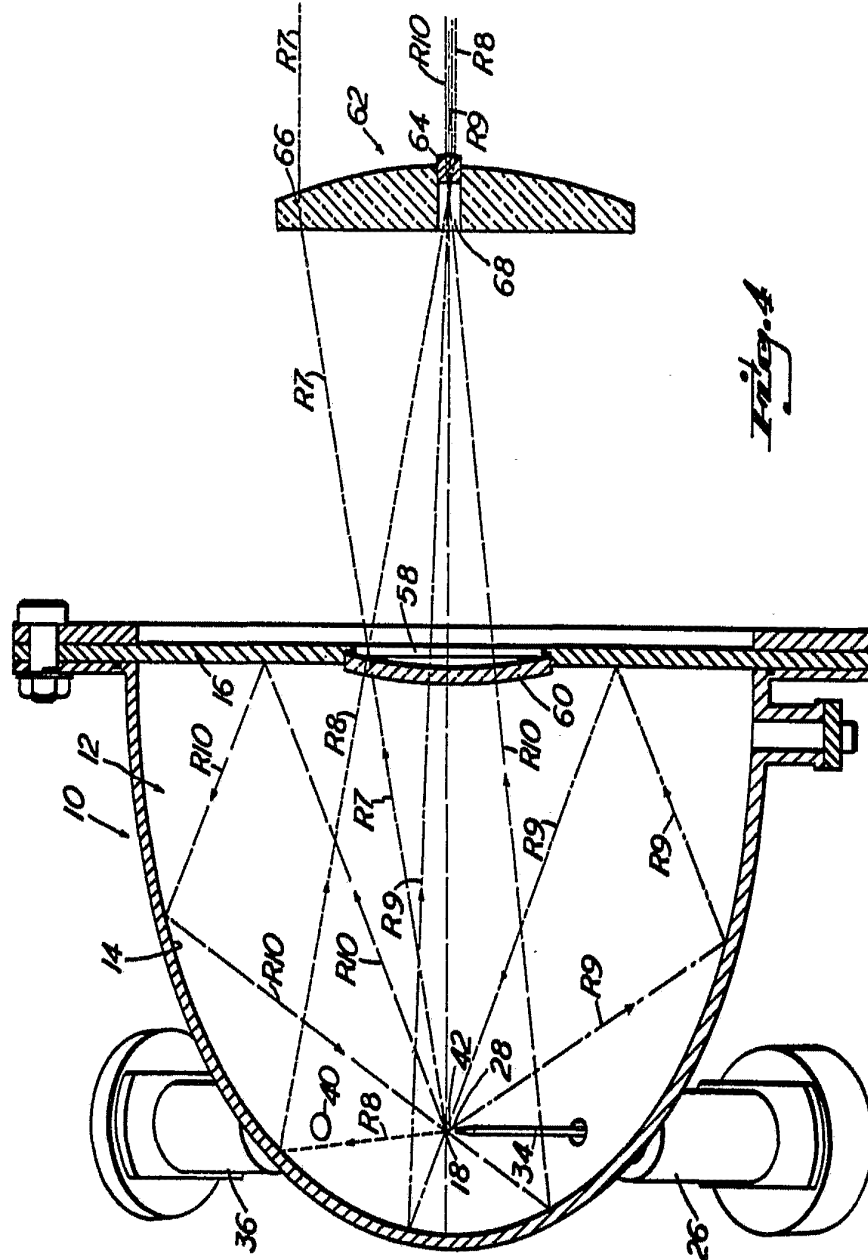
*Fig. 2*

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 20 DE Marzo DE 1979  
BERNARDO UNGRÍA



*Fig. 3*

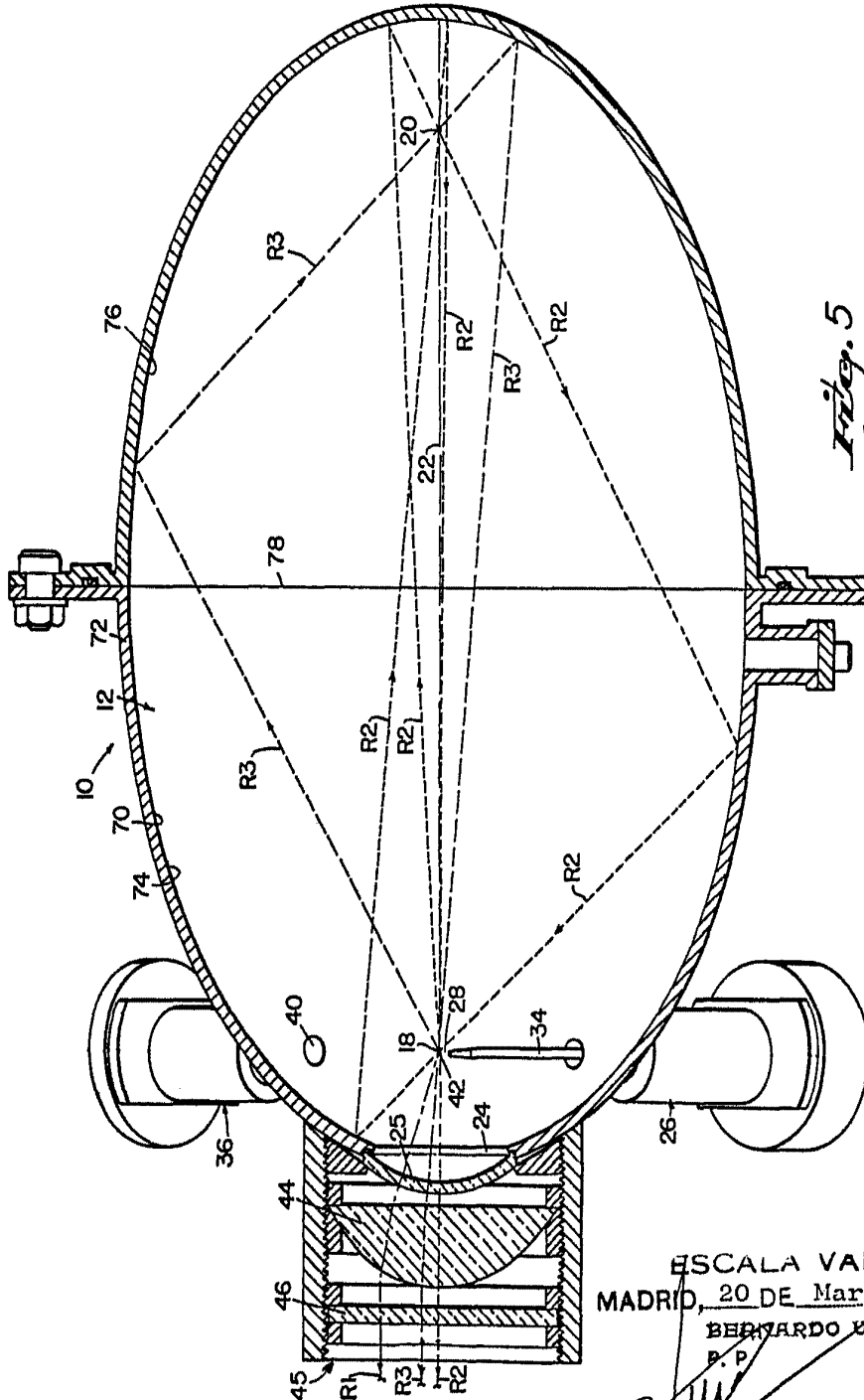
ESCALA VARIABLE  
MADRID, 20 DE Marzo DE 1979  
BERNARDO UNGRIA  
R.E.



*Fig. 4*

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 20 DE Marzo DE 1979  
BERNARDO UNGRÍA

*[Signature]*



*Fig. 5*

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 20 DE Marzo DE 1979  
BERNARDO UNGRÍA  
P. P.

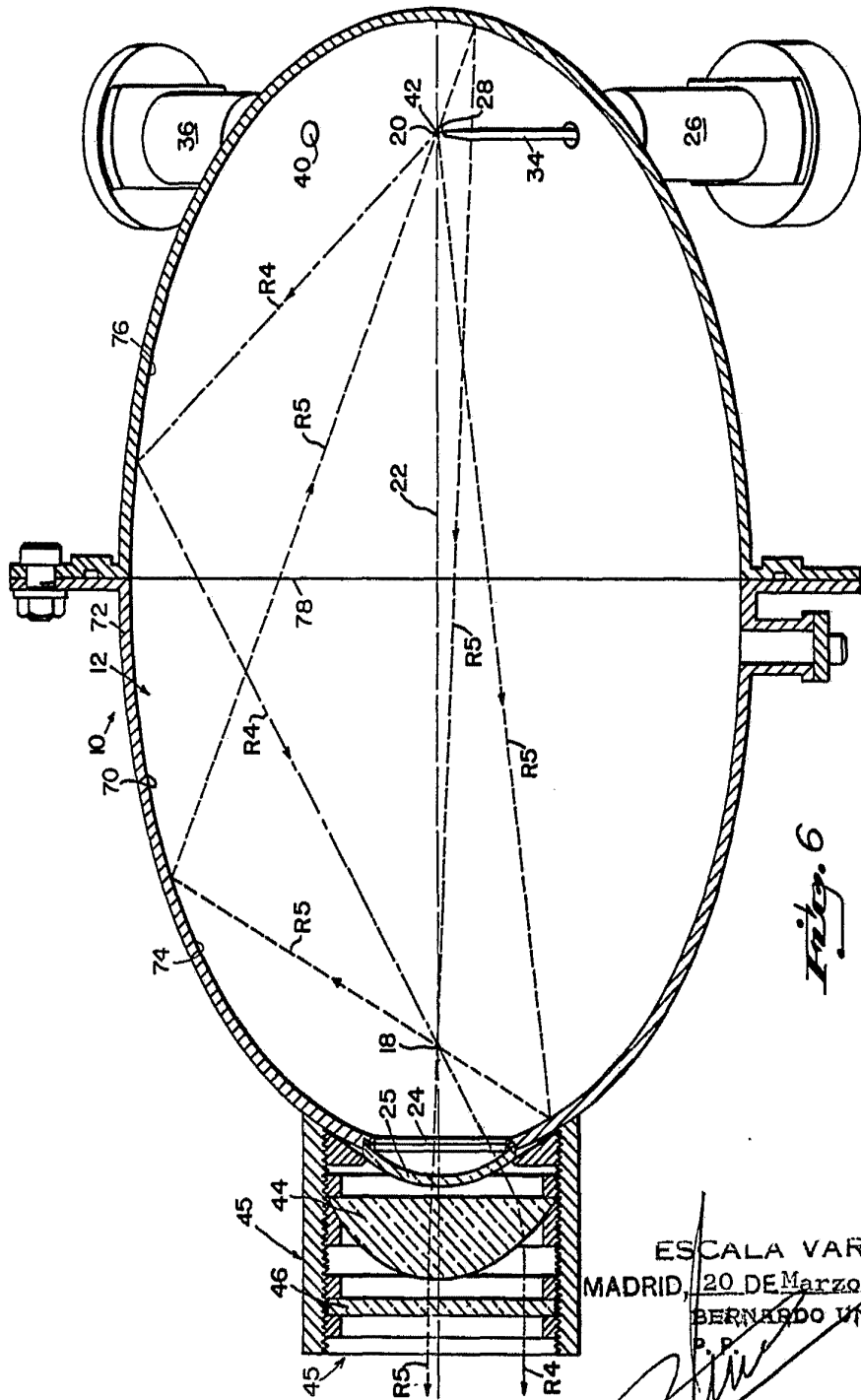


Fig. 6

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 20 DE Marzo, 1970 DE 18  
BERNARDO VIGRÍA  
P. P.