

INSTRUMENTO ISOTOPICO DE NUEVO TIPO PARA CONTROLAR LA DENSIDAD Y UNIFORMIDAD DE LOS CIGARRILLOS

MANUEL MARRERO, B. VERJOVSKY, L. MELTZER, V. SHEVCHENKO

(Trabajo recibido en octubre de 1968)

La densidad del cigarrillo es regulada por el operador en el ciclo de producción de la máquina, la uniformidad depende de la calidad de la máquina y es regulada por el mecánico durante su ajuste.

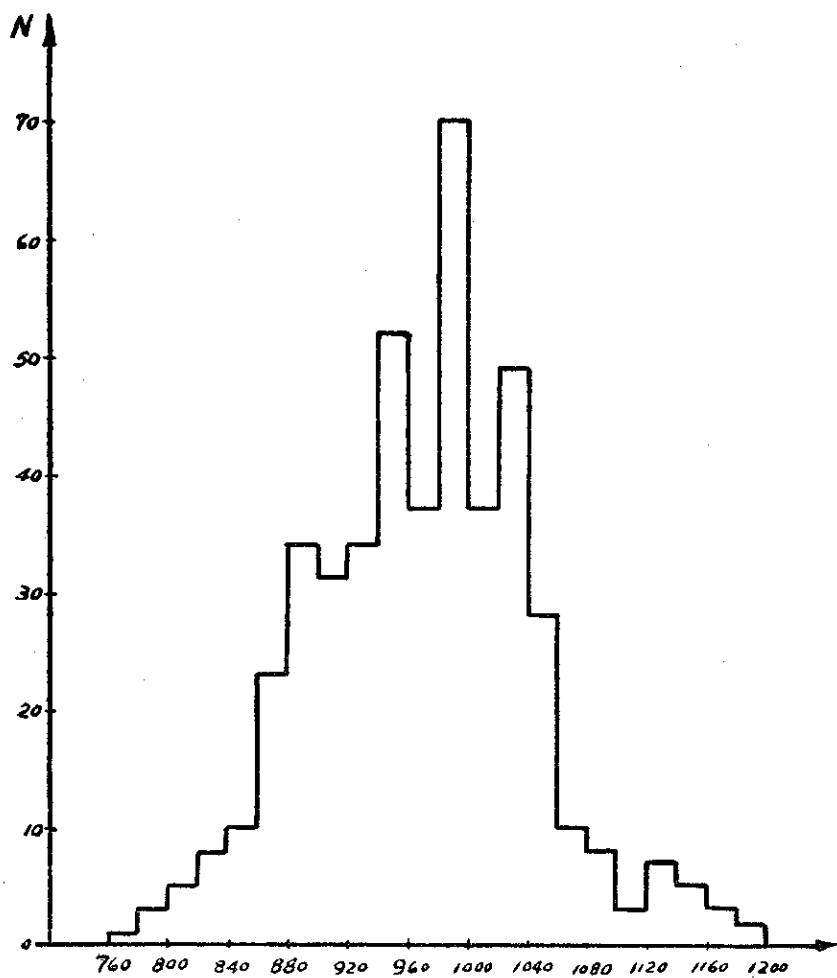
Fueron tomados durante el proceso de producción en diferentes máquinas y en diferentes fábricas de cigarrillos la cantidad de 100 cigarrillos. Un gráfico standard de la distribución de los cigarrillos por su peso es mostrado en la Fig. 1, analizando este gráfico vemos que las variaciones en el peso promedio del cigarrillo es ± 200 mg. mientras que una máquina bien regulada trabajando en condiciones normales debe dar variaciones no mayores de $\pm 100/150$ mg. y en los últimos modelos no mayores de $\pm 50/100$ mg. El mecánico que realiza los trabajos de reparación y ajuste de las máquinas no tiene posibilidades de hacer los pesajes necesarios en grupos de 100 cigarros y por este motivo una gran cantidad de máquinas durante su trabajo tienen grandes variaciones y poca uniformidad. Por este motivo se decidió que cada instrumento radioisotópico tuviera una salida complementaria para el registrado de la uniformidad, de este último se puede tener uno para toda la fábrica, (el número de máquinas en una fábrica es generalmente de varias decenas). Este instrumento se utilizará solamente durante el ajuste de la máquina. Partiendo de que el instrumento debe ser lo más sencillo posible, y del poco espacio disponible para la instalación del transductor en la máquina, y en calidad de detector de radiaciones se escogió un detector miniatura y un circuito medidor directo en semiconductores. En general en los instrumentos para el control de la densidad del cigarro se utilizan las cámaras de ionización con sistema diferencial de medición y como fuente de radiaciones el Estroncio 90, (Sr^{90}). Para recibir la exactitud requerida en nuestro caso se decidió trabajar en el final de la curva de absorción donde se puede recibir $\mu\rho d \ll 1$ (μ coeficiente de absorción, ρ Densidad, d Espesor de Cigarro). De esta manera se puede obtener exactitudes muy satisfactorias en las mediciones de la densidad del cigarro, con exactitudes en la medición de la densidad del flujo de radiaciones bastante pequeño. Por lo antes expuesto como fuente de radiaciones se escogió el Talio 204 el cual posee radiaciones de baja energía (0.76 Mev) el flujo de partículas beta es colimado de tal manera que atravesase el cigarrillo por su diámetro, la figura 2, muestra un corte dado perpendicularmente a la dirección del cigarro y al transductor

CENIC

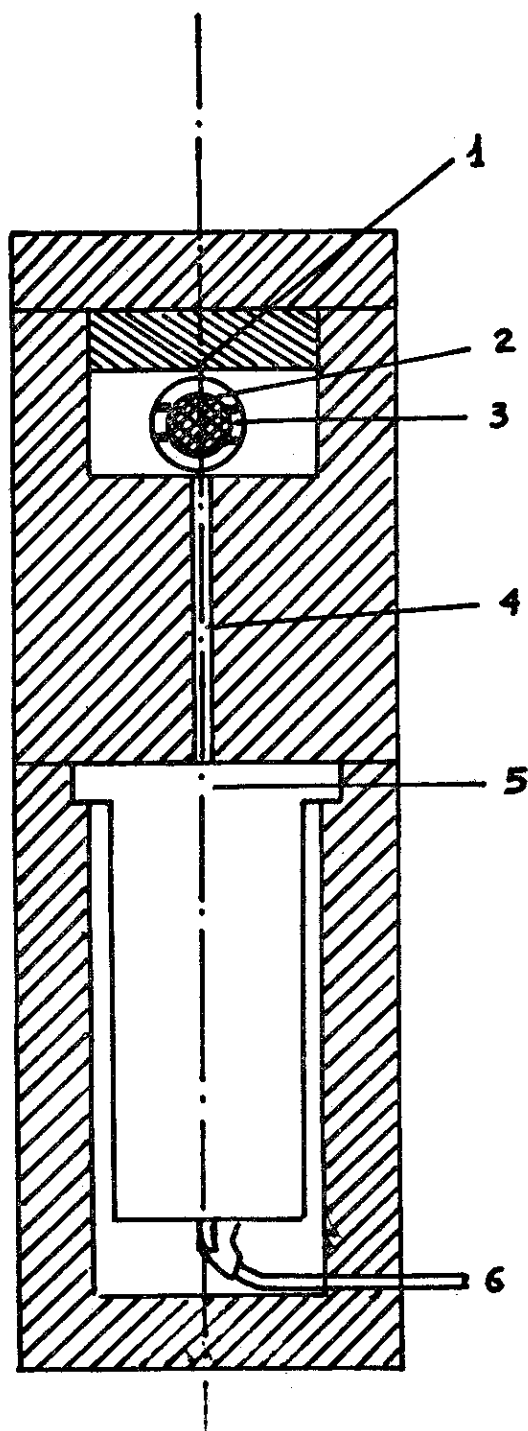
Publicación periódica del Centro Nacional de Investigaciones Científicas.

Serie B. Ciencias Físicas

Vol. I. No. 2. Diciembre de 1969



Instrumento isotópico de nuevo tipo para controlar la densidad y uniformidad de los cigarrillos.



del instrumento.

Determinación de las condiciones óptimas de medición y la actividad necesaria de la fuente en presencia del ruido de fondo

Es necesario significar que el ruido de fondo de la fuente radioactiva es un factor determinante en las exactitudes de las mediciones por trabajarse al final de la curva de absorción ($\mu \rho d \gg 1$) y por que el flujo de radiaciones es fuertemente colimado.

Supongamos que la intensidad del ruido de fondo de la fuente y_f es una parte bastante pequeña de la densidad de flujo de las radiaciones en ausencia del absorbente y_0 .

$$Y_f = \rho Y_0 \quad (1)$$

Tomando como parámetro de medición la densidad superficial del cigarro.

$$\rho d = x \quad (2)$$

Escribiendo la ecuación de la densidad de flujo de las radiaciones que atraviesan el cigarro.

$$y = y_0 e^{-\mu x} + y_f \quad (3)$$

Diferenciando la ecuación No. 3 por el parámetro de medición obtenemos

$$\frac{d y}{d x} = - \mu y_0 e^{-\mu x} \quad (4)$$

Multiplicando y dividiendo la parte de la derecha de la ecuación por y , x y agrupando:

$$\frac{d y}{y} = - \frac{d x}{x} \cdot \frac{y_0 e^{-\mu x}}{y_0 (e^{-\mu x} + p)} \cdot \mu x \quad (5)$$

donde $\frac{d y}{y} = \delta y$; error relativo en las mediciones de la densidad de flujo de las radiaciones.

$\frac{d x}{x} = \delta x$; error relativo en las mediciones del parámetro controlado. Sustituyendo en la ecuación No. 4 y despejando obtenemos

$$\delta x = - \delta y \frac{1}{\mu x} (1 + p e^{\mu x}) \quad (6)$$

Para determinar las condiciones óptimas en las mediciones, con error mínimo δx , diferenciamos la ecuación No. 6 por X y la igualamos a cero obtenemos:

$$\frac{d(\delta x)}{d x} = - \delta y / p e^{\mu x} (\mu x - 1) - 1 = 0 \quad (7)$$

De aquí podemos determinar que para obtener el mínimo en los errores de las mediciones de X se tiene que cumplir la condición siguiente:

$$p e^{\mu x} (\mu x - 1) = 1 \quad (8)$$

Resolviendo la ecuación No. 8 para diferentes valores de p , determinamos el producto μx óptimo y por consiguiente las relaciones entre los errores en las mediciones de la densidad de flujo y las mediciones en el parámetro controlado, ecuación (Ver tabla No. 1).

Por los datos obtenidos, mostrados en la tabla No. 1, podemos deducir que el ruido de fondo es el factor principal y determinante en la exactitud de las mediciones; por ejemplo como podemos ver en la tabla No. 1 si $p = 10\%$ aunque trabajemos con las condiciones óptimas ($\mu x = 2.15$) obtendremos una relación entre los errores en las mediciones de la densidad del flujo de las radiaciones y las mediciones de la densidad del cigarro $\delta y / \delta x = 1.16$. Si logramos que $p = 0.01\%$, la relación $\delta y / \delta x$ obtenida sería de 6, lo que nos indica que con errores iguales en la medición de la densidad de flujo de las radiaciones, en el caso de $p = 0.01\%$ podemos disminuir los errores en las mediciones de la densidad del cigarro δx en seis veces.

Las mediciones hechas con el transductor que se muestra en la figura No. 2 demostraron que el ruido de fondo con este tipo de geometría y utilizando como fuente radioisotópica T1 204 se obtuvo $p = 0.50\%$ (p se obtuvo como la relación entre las densidades de flujos de las partículas β , en caso que estas fueran absorbidas completamente por un espesor determinado del absorbente, y cuando no existe este absorbente). Por la tabla No. 1 determinamos que para $p = 0.05\%$ el producto $\mu x = 6$ y la relación $\delta y / \delta x = 5$ siendo la densidad superficial del cigarro en su diámetro igual a 0.224 gr. cm^2 . El coeficiente de absorción óptimo $\mu = 26.8 \text{ cm}^2/\text{gr.}$

En la Fig. No. 3 se muestra en una escala semilogarítmica la dependencia entre la densidad del flujo de las radiaciones y la densidad superficial del cigarrillo, recibidas experimentalmente con la fuente de T1 204 y el transductor mostrado en la Fig. 2.

La inclinación de la curva de absorción se explica por la presencia del ruido de fondo. La línea de punto muestra la densidad superficial nominal del cigarro. Utilizando la curva de la figura No. 3 determinamos el coeficiente de absorción lineal experimentalmente y la relación entre los errores en las mediciones de la densidad de flujo de las radiaciones y la densidad del cigarro, $\delta y / \delta x$ experimental. En una región cercana a la densidad superficial nominal de cigarro:

$$\mu = 2.3 \frac{\log y_1 - \log y_2}{x_2 - x_1} = 2.3 \frac{\log 318 - \log 247}{0.23 - 0.22} = 25.2 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

Instrumento isotópico de nuevo tipo para controlar la densidad y uniformidad de los cigarrillos.

$$\frac{\delta y}{\delta x} = \frac{318 - 247}{318} : \frac{0.1}{0.22} = 4.9$$

Determinación de la actividad necesaria de la fuente

Si queremos medir con un error relativo en las mediciones del parámetro controlado $\delta x = 0.2\%$ y un tiempo promedio de medición del orden de un minuto. Para esto utilizaremos la ecuación No. 6

$$\delta x = -\delta y \frac{1}{\mu x} (pe^{\mu x} + 1)$$

$$\text{donde } \delta y = \frac{1}{\sqrt{y_0(e^{-\mu x} + p) T \xi}} ; y_0 = 3.7 \cdot 10^7 \cdot a \cdot \frac{S_{col}}{4 \pi l^2}$$

ξ —eficiencia de detección

T —tiempo medio de medición (segundo)

S_{col} —área de detección del detector (cm^2)

l —distancia entre la fuente y el detector (cm)

a —actividad de la fuente (mc).

Sustituyendo en la ecuación No. 6 δy , y_0 por sus equivalencias y despejando en relación con la actividad de la fuente (a) obtenemos la ecuación principal del instrumento:

$$a = \frac{4 \pi l^2 e^{\mu x} (1 + pe^{\mu x})}{3.7 \cdot 10^7 \cdot S_{col} \xi T (\mu x)^2 (\delta x)^2} \text{ (mC)} \quad (9)$$

Dándoles valores a la ecuación No. 9

$$\mu x = 5.64$$

$$p = 0.0005$$

$$l = 5 \text{ cm}$$

$$S_{col} = 0.4 \text{ cm}^2$$

$$\xi = 0.8$$

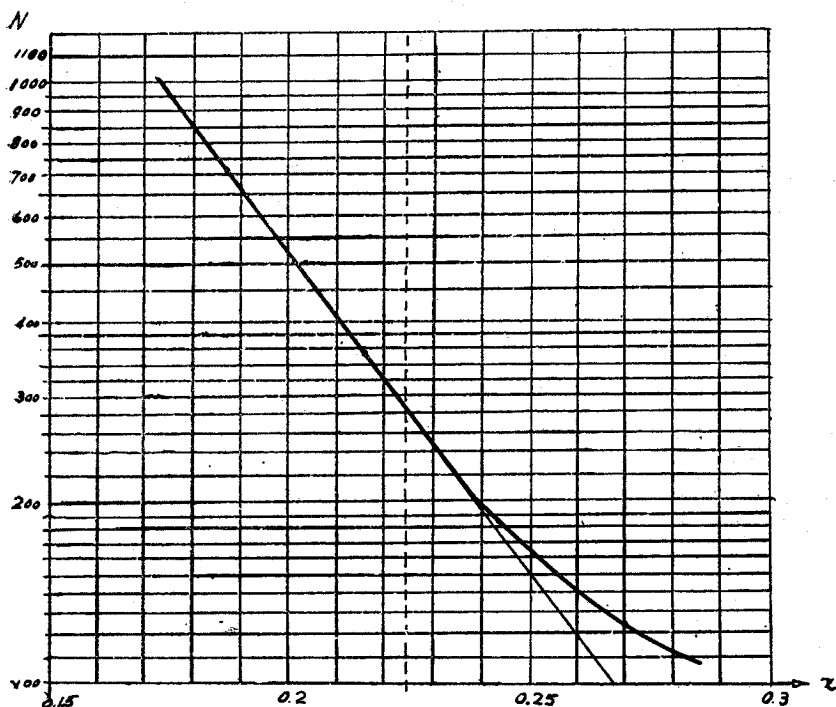
$$T = 60 \text{ seg}$$

$$\delta x = 0.002$$

Encontramos que la actividad de la fuente $a = 1.1 \text{ mc}$

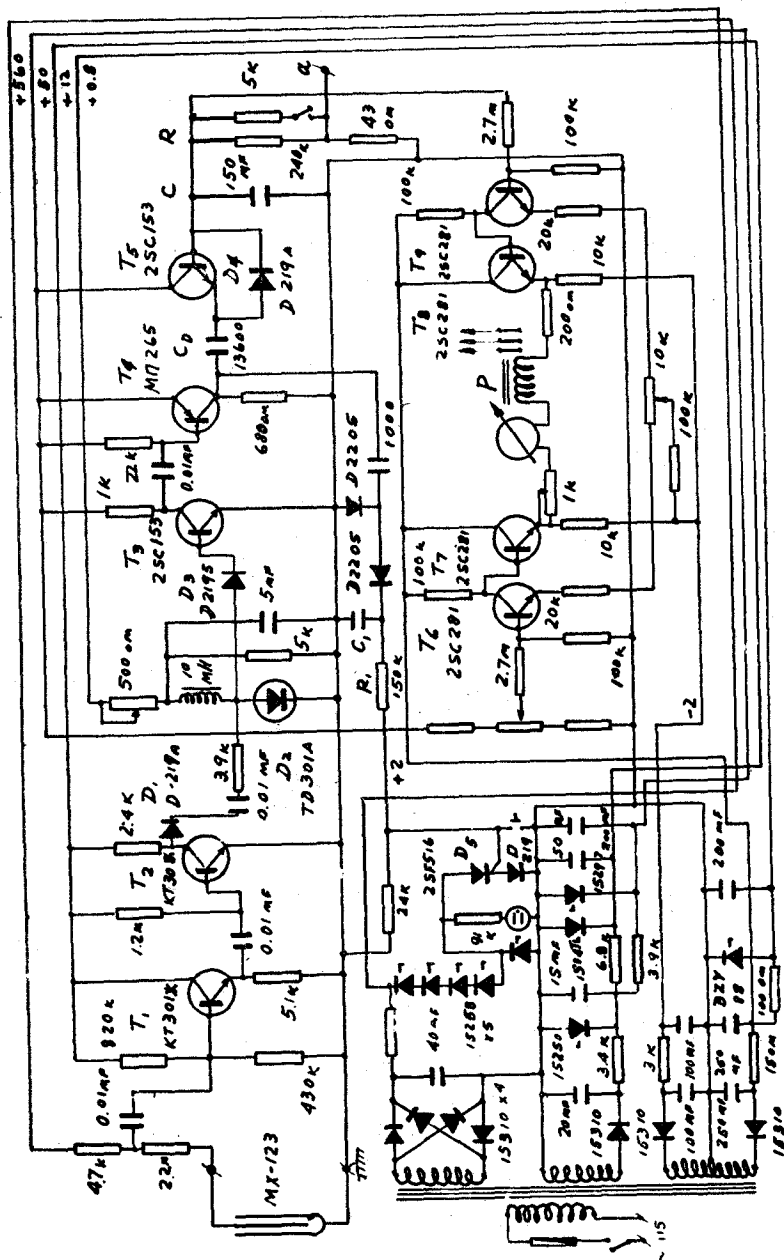
Parte Electrónica del Instrumento

El circuito electrónico del instrumento es mostrado en la Fig. 4. Los impulsos del detector llegan al primer paso o paso de acoplamiento en el transistor $T1$, son amplificados por el transistor $T2$. Se estandarizan los impulsos en el diodo de túnel $TD5$, para volver a ser amplificados por el transistor $T3$, y a través del paso de acoplamiento en el transistor $T4$, llegan los impulsos al medidor de velocidad de conteo con un integrador RC .



Para recibir a la salida del RC integrador una buena linearidad, esta red se complementa con un transistor $T5$. El condensador CD se carga a través del paso emisor del transistor $T5$.

Con esto se logra que la carga transmitida en cada impulso no dependa del voltaje a la salida del integrador y de esta manera obtenemos una gran linearidad hasta un voltaje cerca de los 50 volts. Con esto también podemos disminuir el error relativo del voltímetro balanceado. Los transistores de si-lión del voltímetro balanceado son $T6$, $T9$, $T7$, $T8$, se escogen en pares para que el "drift" por temperatura sea mínimo y para poder obtener un mejor balance del voltímetro. En serie con el instrumento medidor (micro amperímetro) se conecta un relay polarizado con posición neutral el cual controla el sistema de señales y la salida de la densidad del cigarro, de su tolerancia, en uno u otro sentido. El voltímetro balanceado es alimentado con bajo voltaje (2V y -2V) para evitar que el instrumento medidor sufra sobrecarga (por el mismo circulen corrientes mayores de $200\mu a$), cuando los cambios de la frecuencia de medición sean muy grandes).



El instrumento consta también con una salida para recorder. (A) y también es posible disminuir la constante de tiempo del integrador de 50 a 100 veces para poder registrar la uniformidad del relleno de los cigarros, durante el ajuste de la máquina.

En el circuito de alimentación o bloque de alimentación los voltajes principales están estabilizados (estabilizadores paramétricos), y además el instrumento posee un sistema automático de disminución del alto voltaje del detector, que alcanza un valor inferior a su umbral de trabajo para el caso de que entre el detector y la fuente no exista el absorbente. Esto último se logra con un integrador complementario (R_1C_1) y un diodo controlado D5, con esto podemos lograr que el tiempo de trabajo del detector sea el máximo.

La calibración del Instrumento se logra introduciendo entre el detector y la fuente un absorbente standard cuando la máquina se encuentra detenida y se ajusta el instrumento con los potenciómetros de ajuste del comienzo de la escala y la del final de la escala del voltímetro balanceado.

En los momentos actuales se está comprobando la estabilidad del instrumento en el laboratorio lo cual nos indicará cada qué tiempo es necesaria su calibración.

T A B L A N o . 1

$p \%$	$\mu X \text{ optimo}$	$\delta y / \delta x$
10	2.15	1.16
5	2.55	1.60
3	2.88	1.87
2	3.15	2.15
1	3.63	2.63
0.5	4.15	3.15
0.3	4.55	3.68
0.2	4.85	3.87
0.1	5.42	4.43
0.05	6.00	5.00
0.03	6.40	5.50
0.02	6.75	5.78
0.01	7.35	6.42

R E S U M E N

2.—Ing. Manuel Marrero, Ing. B. Verjovsky, Ing. L. Meltzer, Ing. V. Shevchenko.

INSTRUMENTO ISOTOPICO DE NUEVO TIPO PARA CONTROLAR LA DENSIDAD Y UNIFORMIDAD DE CIGARRILLOS

La medición de la densidad del cigarrillo se realiza por absorción de radiación Beta.

La uniformidad se estima promediando las fluctuaciones de la señal de salida. Para aumentar la precisión, las mediciones se realizan en la parte final de la curva de absorción, lo cual permitió obtener la relación entre los errores de medición de radiación a densidad de 6 a 8 y alcanzar una alta precisión (0,1-0,2%) con un circuito e instrumento muy simple.

Los cálculos hechos en el informe permiten determinar los parámetros principales del instrumento y muestran que el principal factor de limitación para aumentar la precisión es el "ruido de fondo".

En el informe se dan las fórmulas para determinar las condiciones óptimas de medición dependiendo del "ruido de fondo".

Los resultados experimentales confirman las consideraciones teóricas. Se describe un instrumento transistorizado con una fuente de Tl204 con una actividad de 2 mCi aprox.

S U M M A R Y

The measurement of the density of the cigarettes is carried out by means of the absorption of beta radiation.

The uniformity of the cigarettes is estimated by the average of the output signal fluctuations.

For increasing the precision, the measurements are carried out at the end of the absorption curve, permitting us to obtain the relation between the errors of the radiation measurement and density, 6-8 in order to get a high precision (0.1-0.2%) with a very simple circuit and instrument.

The calculations worked out allowed us to determine the main parameters of the instrument and show that the principal factor of limitation for increasing precision is the background noise.

In the paper the formulas are given for the determination of optimal conditions of measurements dependent upon noise.

The experimental results are in agreement with theoretical considerations.

The transistorized instrument with the Tl204 source, with activity of approximately 2 mCi is described.

BIBLIOGRAFIA

1. N. N. Shumilovsky, Y. P. Betin y Otros. Métodos radioisotópicos y de rayos X.
2. A. M. Bogachev, B. I. Verjovsky y A. N. Maxarov. Método de medición de espesores utilizando radioisótopos.
3. L. A. Drabkin. Selección de la fuente de radiaciones para instrumentos radioisotópicos.

Instrumento isotópico de nuevo tipo para controlar la densidad y uniformidad de los cigarrillos.

Marrero M., Verjovsky B., Meltzer L., y Shevchenko V.