

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1977

NT 19/78

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

GERENCIA PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD
SECCION INSTRUMENTACION ESPECIAL

LINEALIZACION DE LA RESPUESTA DE UN CONTADOR
DE NUCLEOS DE CONDENSACION
APLICACION AL CONTROL DE LA POLUCION ATMOSFERICA

SAJAROFF, P.M.

BUENOS AIRES
1978

LINEALIZACION DE LA RESPUESTA DE UN CONTADOR
DE NUCLEOS DE CONDENSACION
APLICACION AL CONTROL DE LA POLUCION ATMOSFERICA

Sajaroff, P.M.

1. INTRODUCCION

A continuación de los estudios efectuados en la Sección Técnica de Estudios de Polución en la Atmósfera y en Minas, Centros de Estudios Nucleares de Fontenay-aux-Roses y Saclay, Commissariat a l'Energie Atomique, Francia, por los ingenieros G. Madelaine, M. Pourprix, R. Pringent y R. Chuiton, sobre la medida de la polución atmosférica, surgió la necesidad de contar con un sistema de instrumentación electrónica para ser acoplado a un contador de núcleos de condensación.

El mismo fue desarrollado por el suscripto durante la estadía en dicho organismo francés y constituyó uno de los temas en el contrato de colaboración técnica entre la C.N.E.A. y el C.E.A.

2. GENERALIDADES

La granulometría y la concentración de partículas en suspensión en un medio fluido son los parámetros a determinar en el cuadro del estudio y control de la polución atmosférica.

Las dimensiones de las partículas a medir están comprendidas entre algunas decenas de angstroms y algunas centenas de micrones.

Las técnicas de medición son variadas, puesto que la gama a medir es amplia, pero según el procedimiento puede hacerse una clasificación en tres grupos:

- a. Electroestáticos (caso de la medida de la movilidad de partículas cargadas)
- b. Microscópicas (ya sea con microscopio óptico o electrónico)

c. Fotoeléctricas

Es esta última la que nos interesa puesto que es el método que se emplea en el aparato que se describe.

El método fotoeléctrico se basa en las leyes de la difusión y la absorción de la luz por las partículas a medir.

Con un artificio, se puede medir la concentración de partículas de pequeñas dimensiones, lo cual hace que el método sea interesante.

Para poder detectar el flujo luminoso difundido por las mismas, se las hace pasar por un medio cargado en vapor de un dado líquido, alcohol por ejemplo, y se provoca una sobresaturación.

Se tiene así una condensación del líquido en cada partícula y adquieren una dimensión tal que pueden ser detectadas por métodos fotoeléctricos clásicos.

Los aparatos que trabajan según esta idea se denominan "contadores de núcleos de condensación" y el objeto del presente trabajo es presentar un sistema electrónico que permite tener una tensión proporcional a la concentración de partículas a la vez que linealizar la respuesta de dicho contador C.N.C.

Este aparato se halla ya industrializado en Francia y fue además presentado en la Universidad de Minnessotta, U.S.A., Departamento de Física de Aerosoles, a cargo del Dr. Liu.

Sus aplicaciones principales son el monitoraje del medio ambiente, el control en salas blancas, en medios industriales, estudios de emplazamiento y control de la polución en general.

3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La idea de funcionamiento de un contador de núcleos de condensación puede verse en la Fig. N° 1.

El aerosol a analizar es aspirado de manera continua dentro de un reservorio cuya función es saturar el aire en vapor de alcohol. A continuación pasa a un sobresaturador

en el cual se opera la condensación del vapor alrededor de las partículas.

Resulta de ello un aumento artificial de las partículas, lo cual genera gotas con un diámetro del orden del micrón.

La detección de las mismas se hace por vía óptica: un sistema emisor genera y condensa la luz sobre su trayecto en tanto que un sistema receptor capta la luz que ellas difunden, dando una respuesta proporcional a su concentración.

4. DISEÑO Y CALCULO DE LOS CIRCUITOS ELECTRONICOS

4.1 Introducción

El flujo de luz que recibe el fotodetector en un CNC no tiene una relación lineal con la concentración de partículas, ya que la función transferencia hallada empíricamente es del tipo:

$$V_s = A. (V_e)^B + C. V_e \quad (1)$$

donde:

V_s = tensión de salida

V_e = tensión de entrada

A, B, C = constantes.

El diagrama sinóptico del contador está dado por la Fig. N° 2.

La señal del fotodetector es amplificada linealmente y luego linealizada de acuerdo a la ecuación (1)

El módulo refrigerante Peltier permite obtener el fenómeno de condensación sobre las partículas en la cámara de medida donde la temperatura es mantenida constante con un circuito de regulación térmica.

4.2 Descripción técnica

Los circuitos se dan en las figs. 3 y 4. La primera corresponde al detector, un foto-darlington alimentado a corriente constante.

Su señal de salida es amplificada linealmente por el conjunto A1, A2 que constituye un amplificador operacional

de alta estabilidad y baja deriva a largo término.

La Fig. 4 muestra el circuito de corrección alineal.

El mismo está constituido fundamentalmente por un circuito integrado comercial que computa analógicamente una función del tipo:

$$V_s = V_y \left[\frac{V_z}{V_x} \right]^m \quad (2)$$

donde puede elegirse una expresión simplificada:

$$V_s = k (V_e)^m \quad (3)$$

donde: $k = \frac{10}{10^m} = \text{constante}$

y: $0,2 \leq m \leq 5$

A fin de poder tener una expresión similar a (1), a (3) se le suma una fracción lineal de la tensión de entrada.

4.3 Método de cálculo

Para el prototipo construido en el Commissariat à l'Énergie Atomique, Francia, se encontró empíricamente la siguiente relación:

$$N = 268,66 \times V^{2,27} + 2298,08 \cdot V \quad (*)$$

donde: $N = \text{número de partículas/cm}^3$
 $V = \text{tensión en milivolts a la salida del amplificador lineal}$

Esta ecuación puede descomponerse en dos partes:

$$V_{s1} = 268,66 \times \left[V_{e2} \text{ (mV)} \right]^{2,27} \quad (4)$$

$$V_{s2} = 2298,08 \left[V_{e2} \text{ (mV)} \right] \quad (5)$$

(en la Fig. N° 5 se aclara la nomenclatura empleada)

La ecuación (4) puede resolverse con el circuito analógico ya mencionado (**), puesto que su respuesta es:

(*) Para los siete contadores de una primera serie se constataron pequeñas variaciones en el valor de los coeficientes, cosa sin importancia dada la posibilidad de ajuste en el circuito de corrección alineal.

(**) Comercializado por la firma Burr-Brown bajo la denominación "MULTIFUNCTION CONVERTER 4301/4302".

$$V_s(V) = 10 \left[\frac{V_e(V)}{10} \right]^m$$

siendo en este caso $m = 2,27$, con lo cual:

$$V_s(V) = 0,053 \left[V_e(V) \right]^{2,27}$$

expresando esta relación en milivolts, se tiene:

$$\frac{V_s(mV)}{10^3} = 0,053 \left[\frac{V_e(mV)}{10^3} \right]^{2,27}$$

$$V_s(mV) = 8,21 \times 10^{-6} \left[V_e(mV) \right]^{2,27}$$

comparando esta expresión con las (4) y (5), se puede expresar:

$$V_{s1}(mV) = 8,21 \times 10^{-6} \left[V_{e2}(mV) \right]^{2,27} \quad (6)$$

$$V_{s2}(mV) = k \cdot \left[V_e(mV) \right] \quad (7)$$

Como el circuito 4301 trabaja correctamente con tensiones de entrada comprendidas entre 70mV y 10V, se prevee una amplificación adicional G a la entrada, tal como se presenta en el diagrama sinóptico de la Fig.5.

Se tiene así:

$$V_{s1}(mV) = 8,21 \times 10^{-6} \left[G \cdot V_{e1}(mV) \right]^{2,27}$$

$$V_{s2}(mV) = k \left[G \cdot V_{e1}(mV) \right]$$

siendo la relación de partida:

$$N = 268,66 \times \left[V_{e1}(mV) \right]^{2,27} + 2298,08 \left[V_{e1}(mV) \right]$$

Sumando V_{s1} y V_{s2} se tiene:

$$\begin{aligned} V_s(mV) &= V_{s1}(mV) + V_{s2}(mV) = \\ &= 8,21 \times 10^{-6} G^{2,27} \left[V_{e1}(mV) \right]^{2,27} + k G \left[V_{e1}(mV) \right] \end{aligned}$$

Si se adopta un factor de escala tal que:

$$1 \text{ mV} = 10^4 \text{ partículas/cm}^3$$

$$\therefore \frac{N}{10^4 \frac{\text{part. cm}^{-3}}{\text{mV}}} = 10^{-4} N \left[\frac{\text{mV}}{\text{part. cm}^{-3}} \right]$$

con lo cual:

$$10^{-4}N = 8,21 \times 10^{-6} G^{2,27} [V_{e1}(\text{mV})]^{2,27} + k G [V_{e1}(\text{mV})]$$

Puede ahora determinarse el valor de los parámetros k y G, ya que se tiene un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$8,21 \times 10^{-2} \times G^{2,27} = 268,66 \quad (8)$$

de donde:

$$\begin{aligned} G &= 35,4 \\ k \times 35,4 \times 10^4 &= 2298,08 \end{aligned} \quad (9)$$

de donde:

$$k = 65,7 \times 10^{-4}$$

La ganancia G se obtiene con un amplificador operacional, el valor k con un puente divisor.

5. VERIFICACION DE LOS RESULTADOS

Para verificar la respuesta del CNC, o sea para verificar la relación lineal entre la indicación leída sobre el voltímetro y la concentración real de partículas, se hizo la experiencia siguiente (ver Fig. N° 6):

- Se introdujo en una esfera de lucite aerosoles patrones de Na^{Cl} producidos según el método de LIU y PUI (*).
- Vaciado progresivo de la esfera por introducción de aire filtrado.
- Se grafica la respuesta del CNC en función del tiempo.

La ley de decrecimiento del número de partículas en la esfera es del tipo

$$N = N_0 \cdot \exp \left(- \frac{Qt}{V} \right)$$

donde:

- N_0 = concentración para $t = 0$
- N = concentración t segundos después
- Q = tasa de vaciado ($\text{cm}^3/\text{seg.}$)
- V = volumen de la esfera

Se grafica en estas condiciones la tensión de salida del amplificador lineal del foto-detector en función del tiempo.

(*) Journal of Colloid and Interface Science - Vol.47, N° 1, Abril 1974, LIU, B - PUI, D.

Se obtiene así la curva de la Fig. 7.

A cada valor de tensión se le puede asociar un dado valor de concentración, Fig. N° 8.

Puede verse que la relación que liga v con N no es lineal sino de la forma:

$$N = A.v^B + c.v$$

donde A , B y C son constantes.

Para el cálculo de los coeficientes, pueden elegirse 3 puntos distintos sobre la curva con lo cual se tiene un sistema de ecuaciones del tipo:

$$\begin{aligned} N_1 &= A. v_1^B + C. v_1 \\ N_2 &= A. v_2^B + C. v_2 \\ N_3 &= A. v_3^B + C. v_3 \end{aligned}$$

La resolución de este sistema puede ser enormemente simplificada con la ayuda de una calculadora programable.

La Fig. N° 9 presenta una comparación de mediciones realizadas en laboratorio.

APENDICE

La regulación de temperatura tiene por objeto mantener en condiciones isotérmicas la cámara de medición óptica, ya que la misma se calienta a causa de la disipación térmica de la fuente luminosa y del módulo Peltier.

La regulación se efectúa a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, lo cual es suficiente para el fenómeno a estudiar.

El elemento de enfriamiento es un ventilador cuyo funcionamiento es controlado digitalmente por un sensor integrado de temperatura.

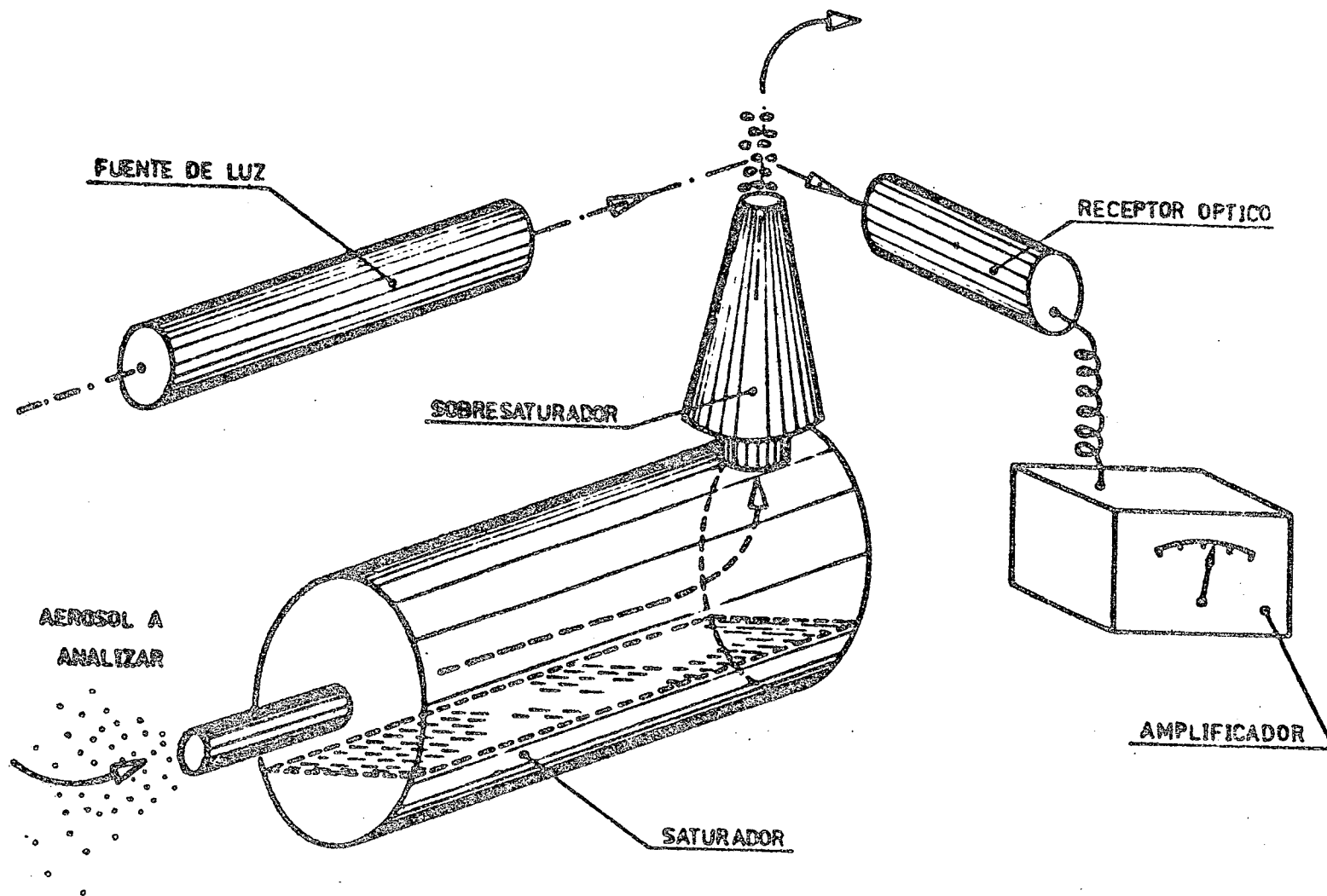
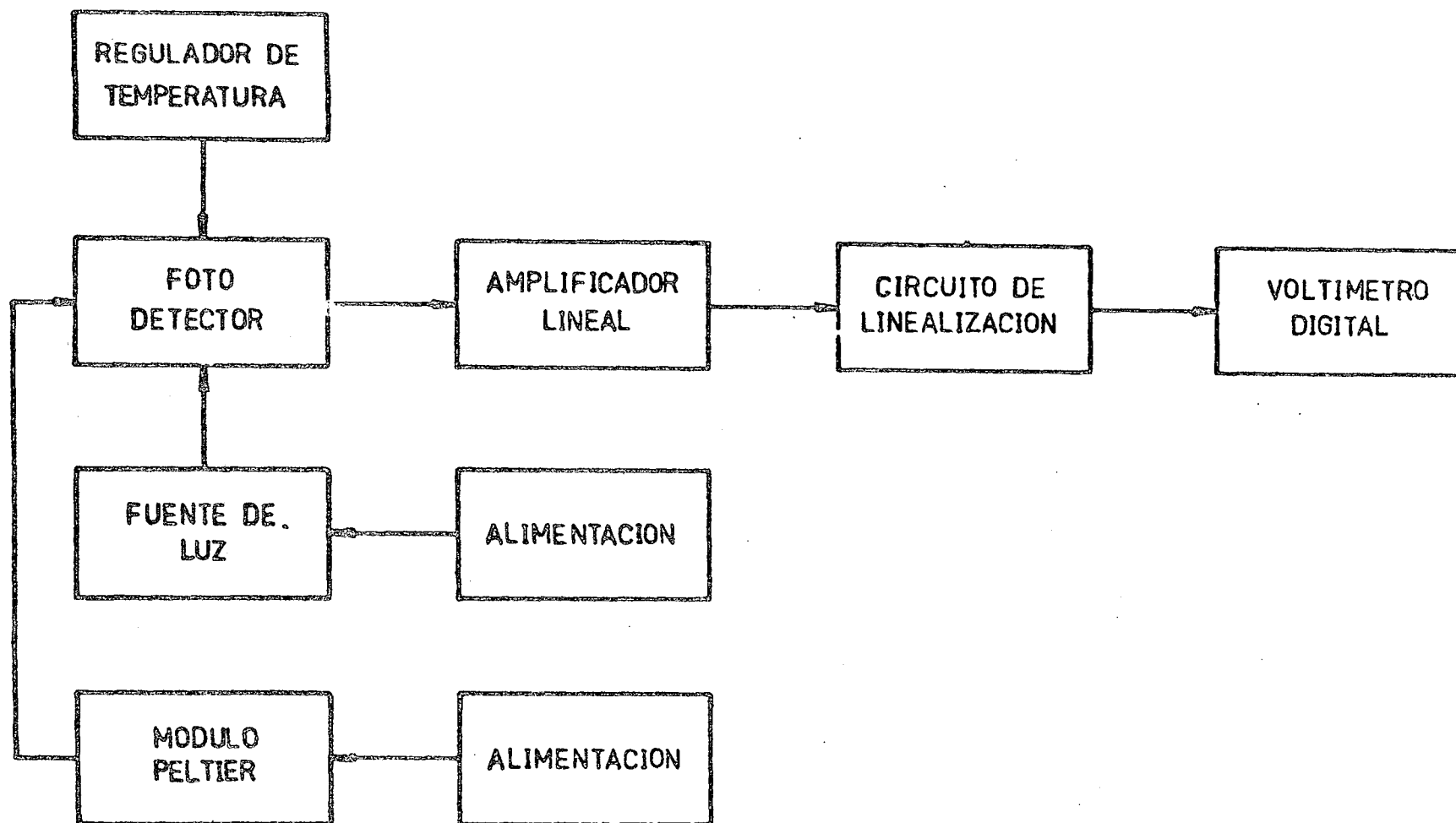


Figura No. 1
ESQUEMA DE PRINCIPIO

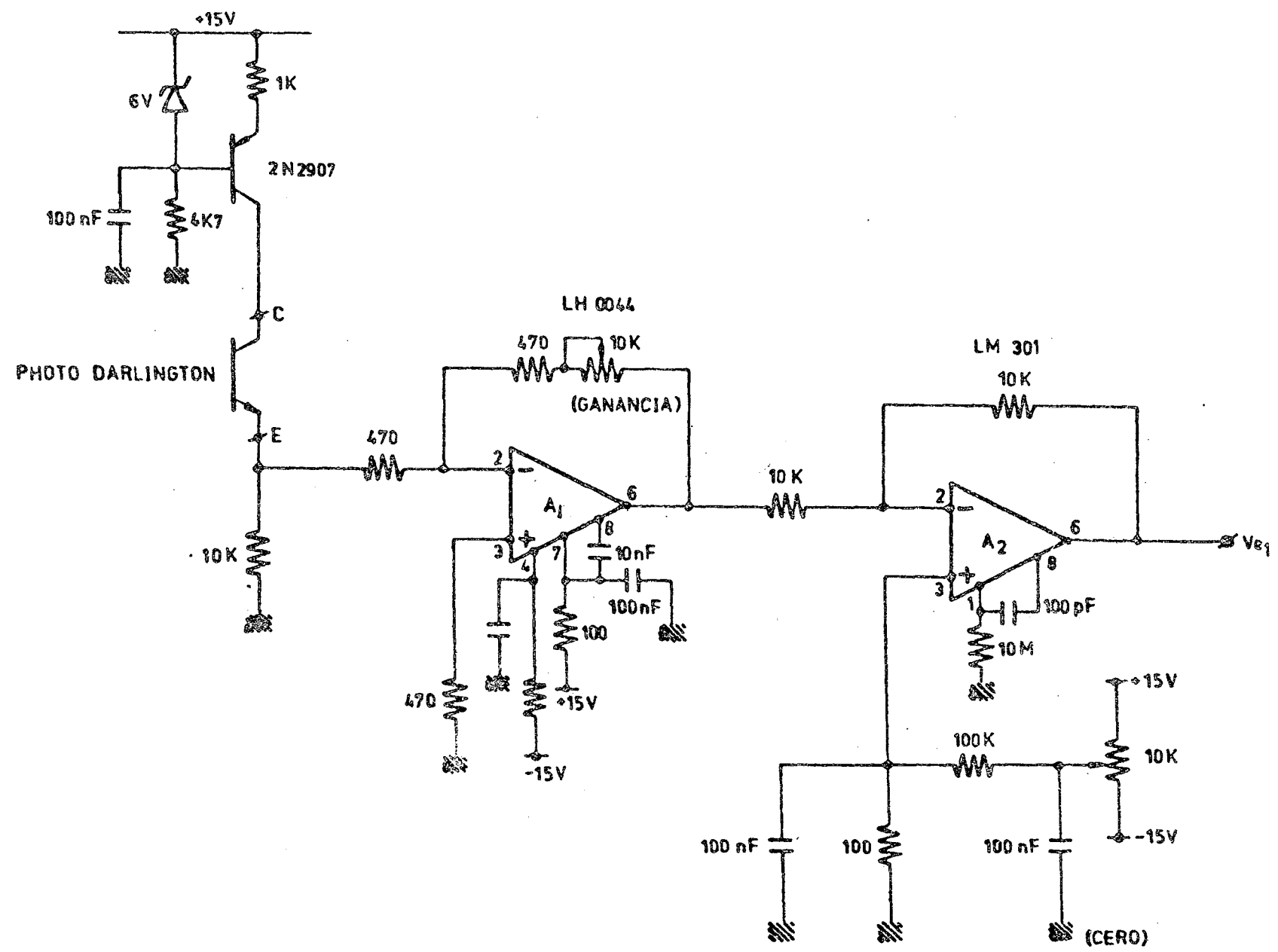
ESQUEMA SINOPTICO DEL CNC

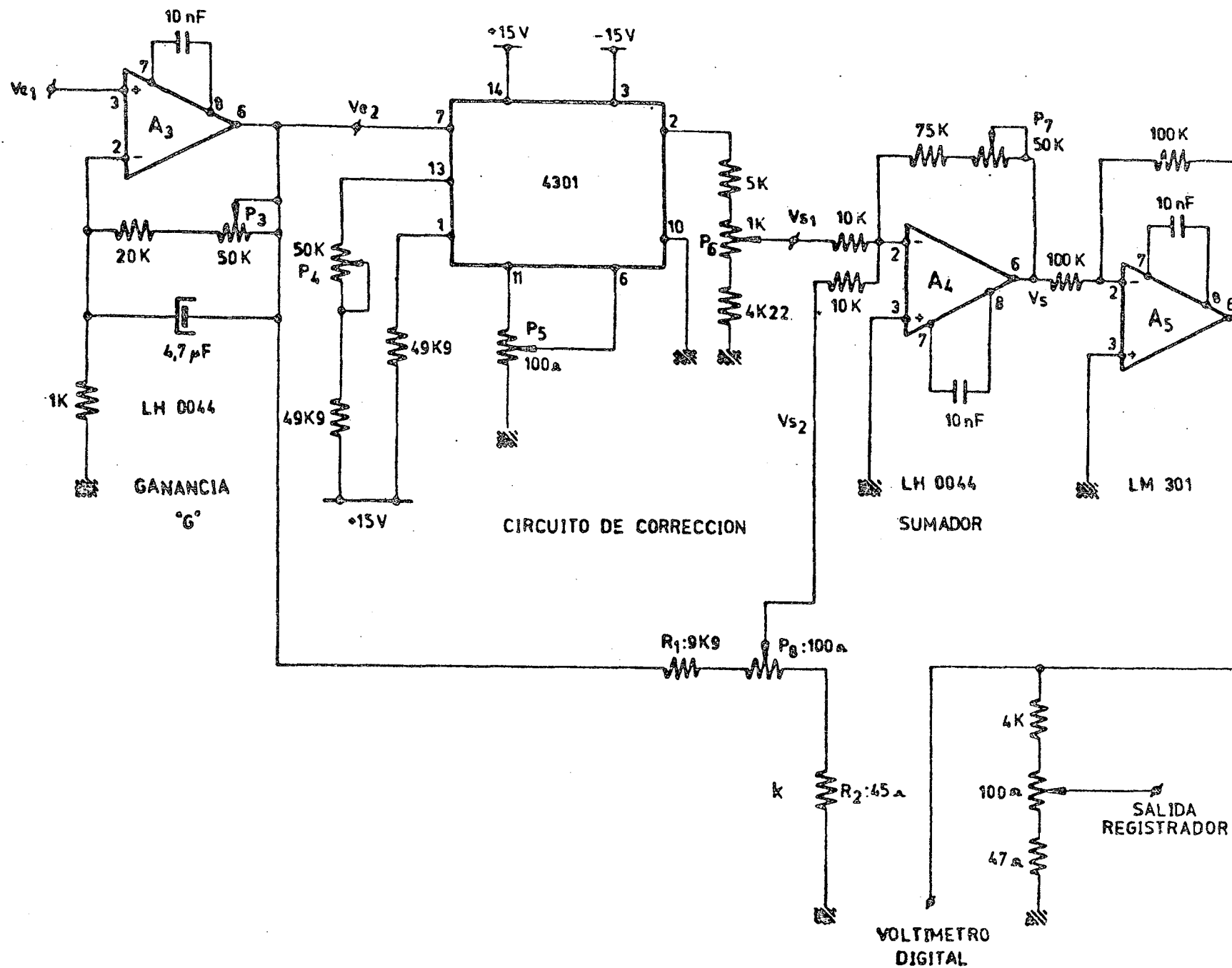
Figura No 2



AMPLIFICADOR LINEAL DEL FOTODETECTOR

Figura N° 3

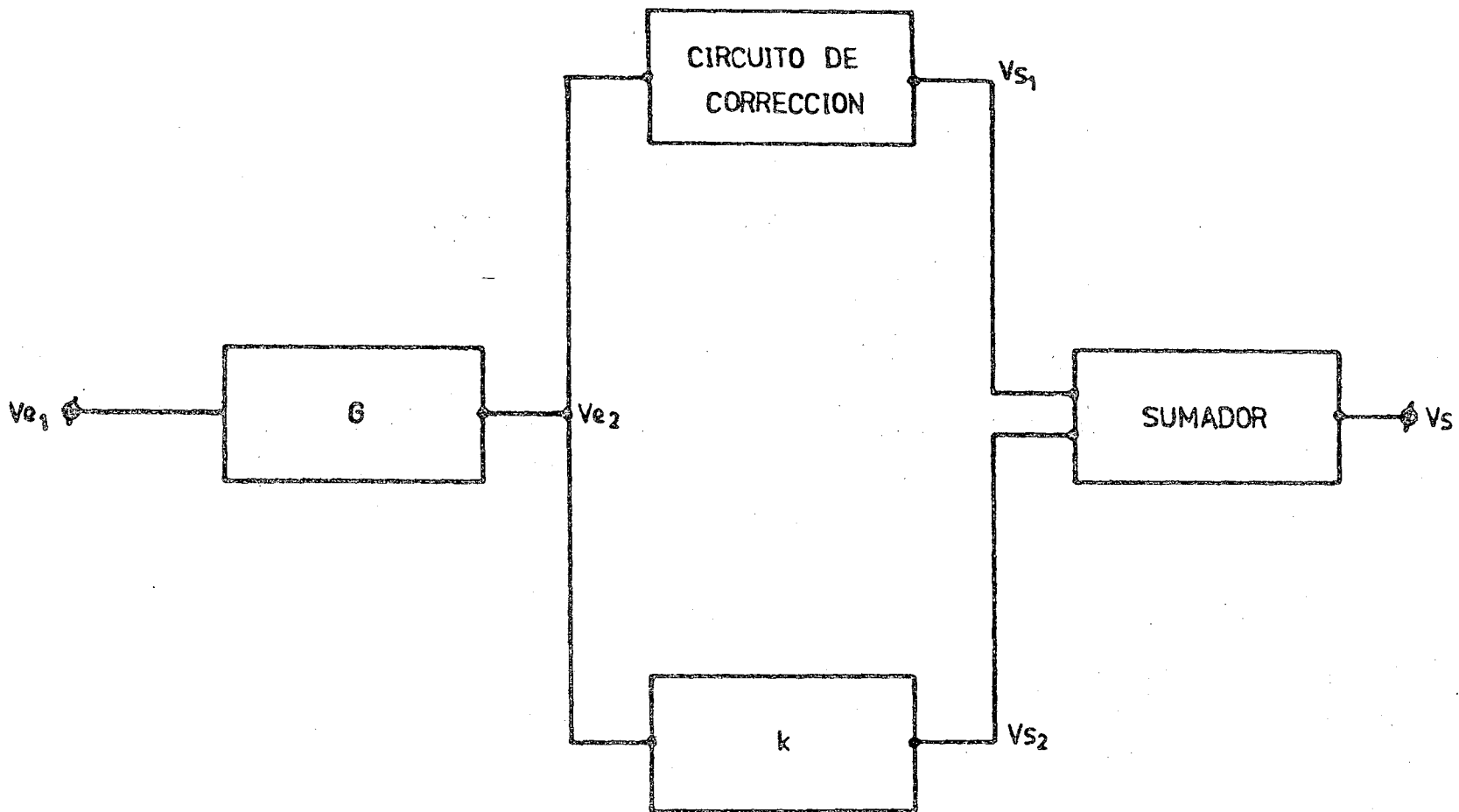




CIRCUITO DE LINEALIZACION
Figura N° 4

ESQUEMA SINOPTICO DEL CIRCUITO DE LINEALIZACION

Figura N° 5



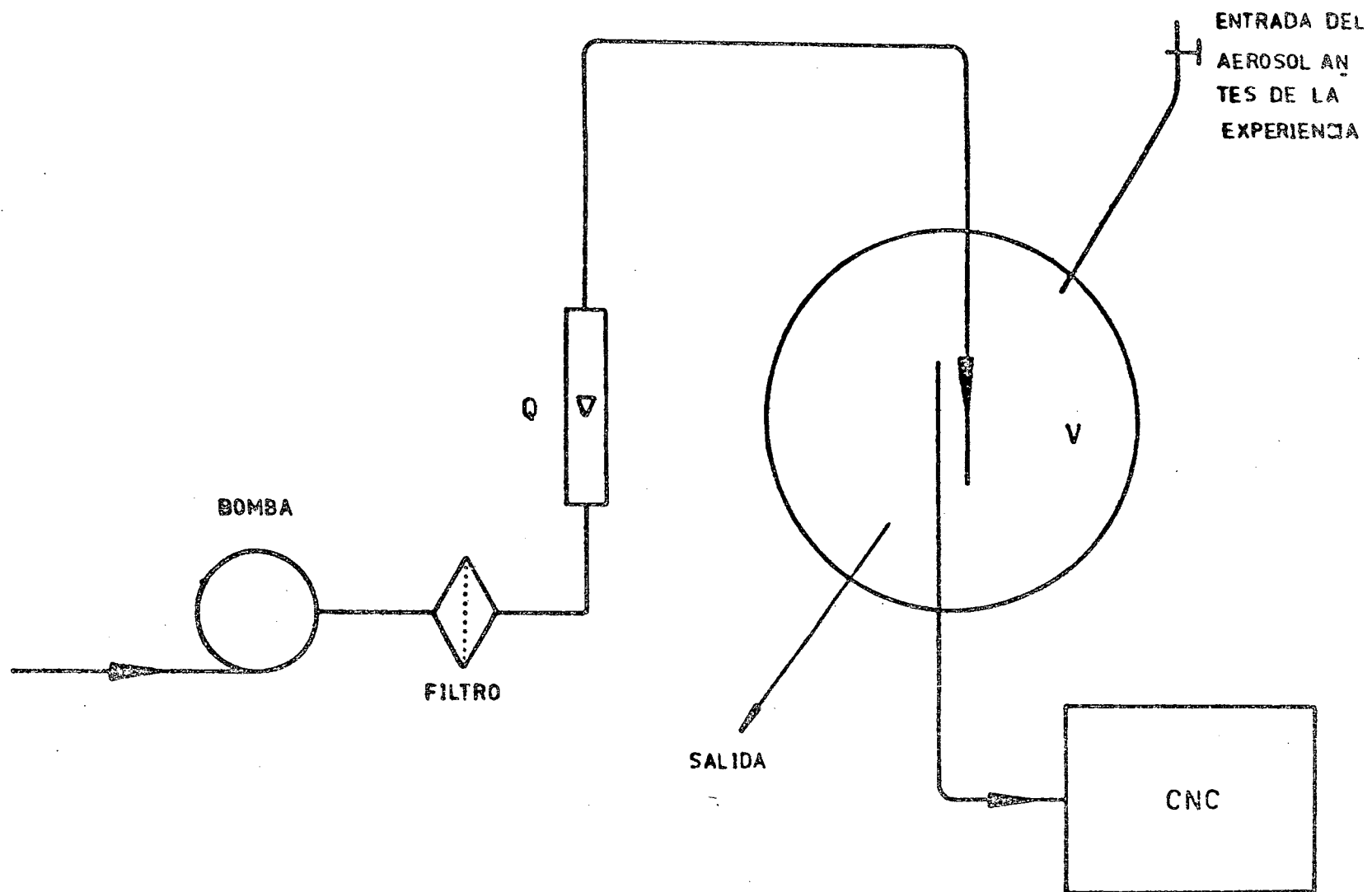


Figura No 6

- 15 -
Figura N° 7

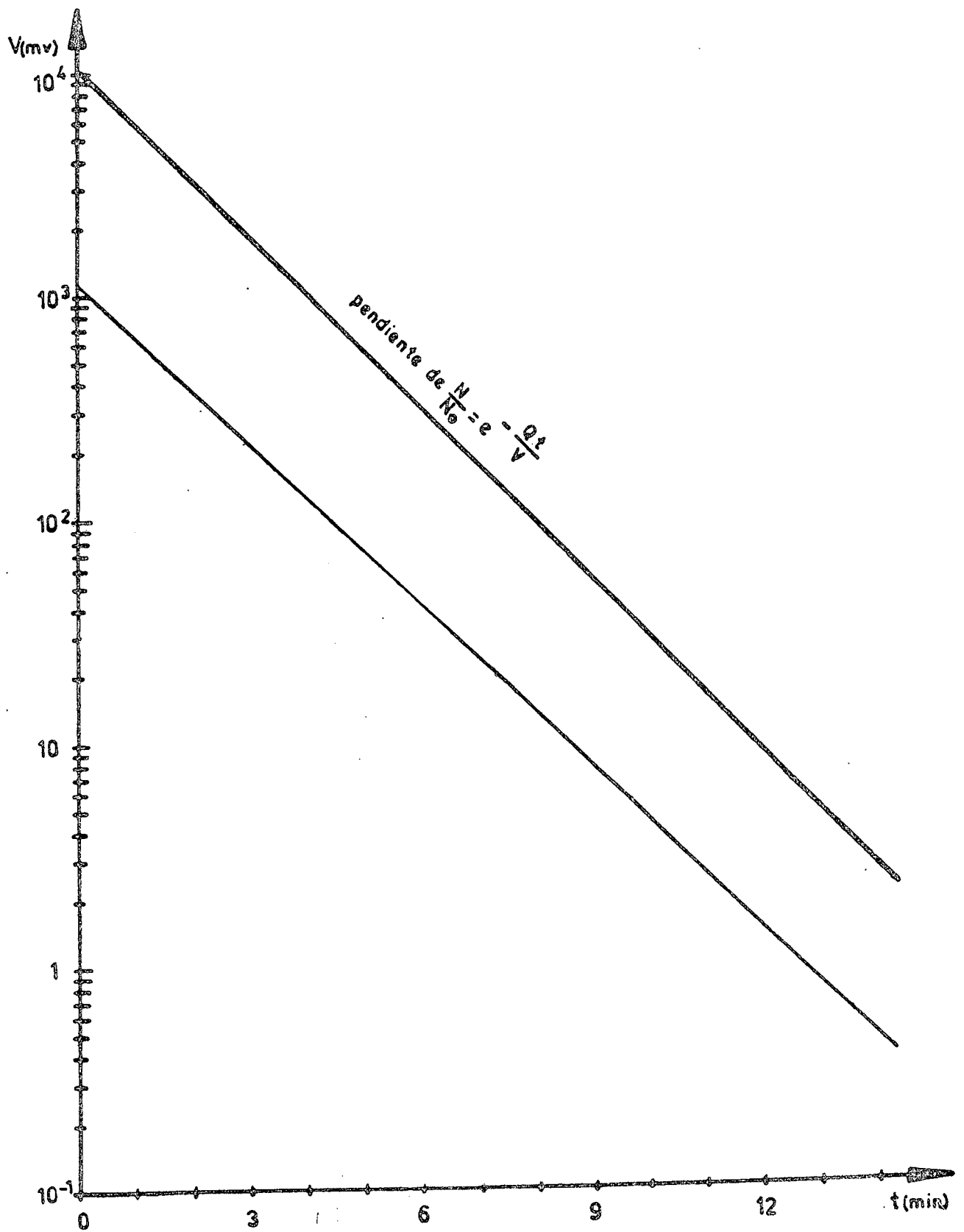


Figura N° 8

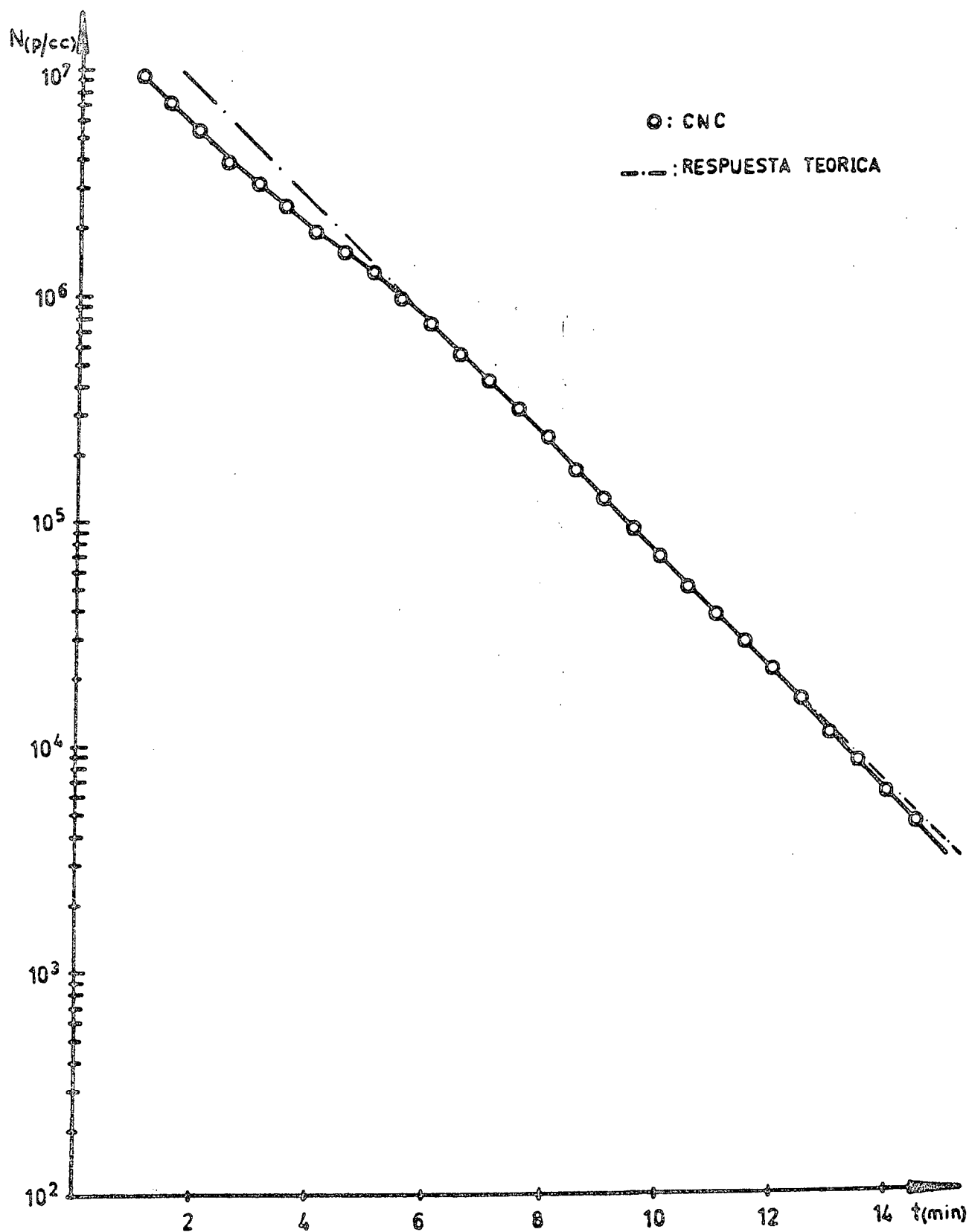


Figura N° 9

CNC

