



227239

MEMORIA DESCRIPTIVA
PARA SOLICITAR
UNA PATENTE DE INVENCION
por VEINTE años,
en España, a nombre de
DON JOSE IGNACIO CAICOYA DE RATO, de nacionalidad es-
pañola, residente en Plaza de Salamanca, 11, Madrid,
por:

"PROCEDIMIENTO E INSTALACION PARA LA MEDICION
DE LONGITUDES DE MICRO-ONDAS".

Este invento se refiere a un procedimiento y a
una instalación para la medición de longitudes de onda
en el margen de las micro-ondas.

227239

Las micro-ondas, como es sabido, poseen un campo vastísimo de utilización y, así, por citar sólo algunas de sus aplicaciones, puede decirse que se utilizan en televisión, telefonía, radar ... La medición de sus longitudes se ha hecho hasta ahora, principalmente, por dos sistemas, el de cavidades resonantes y el de ondas estacionarias, cada uno de ellos dividido en dos modalidades, es decir, por transmisión o por absorción.

Estos dos sistemas de medición para longitudes de ondas muy pequeñas están afectados por inconvenientes nacidos de consideraciones mecánicas, ya que el tamaño del guía-ondas ha de adaptarse a la longitud de onda; la utilización de multimodos, permite multiplicar las dimensiones físicas de los aparatos.

En el sistema de medición por cavidades resonantes, la utilización de un multimodo dá como resultado la disminución del Q (que es una característica del circuito que influye en la exactitud de la medida obtenida).

En el sistema de ondas estacionarias, es preciso hacer uso de una sonda eléctrica o magnética pero, a longitudes de onda muy pequeñas, la dimensión física de esta sonda adquiere un tamaño, con relación a la longitud de onda, excesivamente grande, produciendo distorsión de los campos y falseando los resultados de la medición.

El invento resuelve el problema por utiliza-



227239

ción de los multimodos de orden elevado, permitiendo el uso de aparatos de dimensiones físicas elevadas con respecto a la longitud de onda, sin provocar distorsiones por no utilizar sondas y, por tanto, sin falsear los resultados de la medición.

En ensayos realizados por el solicitante, se ha comprobado que, en contra de lo que pudiera creerse, la simple utilización de multimodos no permitía aplicar las técnicas anteriores a la medición de longitudes de microondas, habiéndose llegado únicamente a generar multimodos de orden bajo excitados por medio de sondas eléctricas o magnéticas, ya que la presencia misma de estas sondas produce las distorsiones de que hemos hablado antes.

Por tanto, en uno de sus aspectos, el invento crea un procedimiento para la excitación de multimodos TE_{m0} y TM_{m0} en guía-ondas, expresiones bajo las cuales han de entenderse los multimodos denominados asimismo de "campo eléctrico transversal" y de "campo magnético transversal" y en las cuales el subíndice m representa un número comprendido entre 1 e infinito, y 0 representa el orden cero del subíndice generalmente utilizado n , tal como TE_{mn} y TM_{mn} .

Otro objeto del invento es el de crear una disposición adecuada para llevar a la práctica el procedimiento citado de medición de longitudes de microondas.

Otro objeto más del invento es crear un procedimiento y una disposición del carácter descrito, que sir-

227239

van para un gran margen de longitudes de ondas, ya que al disminuir la longitud de onda basta elevar el valor de m , para no tener que variar las dimensiones del aparato.

5 Otro objeto del invento es crear un procedimiento y una disposición, del carácter descrito, en los cuales la medición efectuada se puede comprobar con el mismo aparato, además de poder repetirse la medida con otras variables y en distinta disposición del aparato,
10 lo que permite esperar que no se repitan los mismos errores, eliminando así los inconvenientes de los ondámetros conocidos de cavidad resonante o de ondas estacionarias que utilizan el modo dominante, en los cuales la repetición de la medición es siempre en las mismas condiciones y con idénticas variables, lo que
15 permite esperar solamente la eliminación de los errores subjetivos y no los del aparato.

Otro objeto del invento es el de crear un procedimiento y una disposición del carácter descrito
20 que sirven para medir longitudes de onda muy pequeñas en las que los tamaños de las cavidades y de los guíasondas se reducen a extremos que hacen muy difícil su construcción y, por tanto, resultan hasta ahora de precio muy elevado los elementos precisos en la medición, al paso que en el procedimiento y en el aparato
25 del invento, el uso de modos de orden elevado permite multiplicar las dimensiones físicas del aparato por



227239

factores de alto valor.

Otros objetos y ventajas del invento se apreciarán mejor por la siguiente descripción detallada del mismo, dada en relación con los dibujos adjuntos, en los cuales:

5 La figura 1a representa en un sistema de coordenadas tridimensionales una onda plana incidente y la misma después de la reflexión en una placa de material conductor;

10 La figura 1b representa los campos de ondas, incidente y reflejada para la producción de ondas estacionarias;

15 La figura 2 representa la situación respectiva de las tres placas que utiliza el invento con relación también a las ondas estacionarias de la figura 1b para generar multimodos;

20 La figura 3 es un gráfico utilizado para el cálculo de la radiación del extremo abierto del guía-ondas formado por un par de placas cuando se propaga en su interior una onda en un multimodo TE_{m0} y TM_{m0} ; y

La figura 4 es una representación diagramática vista desde arriba de los elementos que integran la instalación y que se utilizan en los cálculos que siguen;

25 La figura 5 es una vista en perspectiva de la instalación del invento.

Antes de pasar a describir la estructura de

227239

la instalación de medición de ondas del invento, y el procedimiento de medición correspondiente, es preciso establecer algunas consideraciones teóricas que constituyen el fundamento del ondámetro del invento.

5

EL ONDAMETRO "MULTIMOD".

1.- FUNDAMENTO TEORICO DEL ONDAMETRO.

Quando una onda plana incide oblicuamente sobre una superficie conductora y plana, tal como se ve en las figuras 1-(a) y 1-(b), se originan unas ondas estacionarias, tales que si el campo eléctrico de la onda incidente es normal al plano de incidencia, las ecuaciones de los campos eléctrico y magnético después de la reflexión son:

$$\begin{aligned} E_y = E_z = X_x &= 0 & 1 \\ E_x &= -2j E_0 e^{j(\omega t + \beta y \cos \vartheta)} \sin(\beta z \sin \vartheta) & 2 \\ H_y &= -2H_0 \sin e^{j(\omega t + \beta y \cos \vartheta)} \cos(\beta z \sin \vartheta) & 3 \\ H_z &= 2jH_0 \cos e^{j(\omega t + \beta y \cos \vartheta)} \sin(\beta z \sin \vartheta) & 4 \end{aligned}$$

Siendo E_0 y H_0 , los valores máximos de los campos en la onda incidente y el sistema de coordenadas empleado el de la figura 2. En esta figura 2, las líneas de trazos horizontales, representan la intersección de las superficies de $E_x = H_z = 0$, con el plano del papel; superficies que serán planos paralelos a la de reflexión.

Si en dos de estas superficies de $E_x = H_z = 0$, se sitúan dos placas de material conductor de espesor

25



227239

suficientemente pequeño, no se producirá distorsión del campo electromagnético, tal como se ven en la figura 2, las placas B y C.

5 Si se prescinde de los campos eléctrico y magnético exteriores a estas placas B y C, se tendrá una onda que se propaga en el interior del espacio comprendido entre dichas placas en un modo TE_{m0} , dependiendo el valor de m del número de lóbulos de las ondas estacionarias comprendidos entre las placas. Así, por ejemplo, en 10 el caso de la figura 2, el modo es el $TE_{3,0}$.

Para que las placas B y C, coincidan con las superficies antes citadas de $E_x = H_z = 0$, será preciso que se satisfagan las condiciones de las siguientes ecuaciones:

$$15 \quad \text{sen}(\beta d \text{ sen } \theta) = 0 \quad 5$$

$$\text{sen}(\beta (d + a) \text{ sen } \theta) = 0 \quad 6$$

obtenidas de las 2 y 4, haciendo z igual a (d) y a (d + a), como se ve en la figura 2.

20 Las condiciones de las dos anteriores ecuaciones equivalen a las:

$$2d \text{ sen } \theta = k \lambda \quad 7$$

$$2a \text{ sen } \theta = m \lambda \quad 8$$

25 Las ecuaciones de la radiación del extremo abierto de un guía-ondas de sección rectangular, cuando propaga en su interior una onda en un solo modo TE_{m0} , son:

227239

$$W(r) = K, \frac{m^2}{a} \frac{\operatorname{sen}^2 \frac{wa}{2c} \operatorname{sen}}{\frac{w}{c} \cos + m^2} \quad \text{para } m \text{ par} \quad 9$$

$$W(r) = K_2 \frac{m}{a} \frac{\cos^2 \frac{wa}{2c} \operatorname{sen}}{\frac{w}{c} \cos + m^2} \quad \text{para } m \text{ impar} \quad 10$$

5 Siendo $W(r)$, la energía radiada en la dirección del radio r , para el punto $P(x, y, z)$ de la figura 3.

Establecidas estas consideraciones o bases de cálculo, procede ahora detallar la estructura del aparato, el cual consta de las siguientes partes:

10

DESCRIPCION DEL APARATO.

El ondómetro "multimod", consta de las siguientes partes:

15

a)-. Tres placas paralelas entre sí, de material conductor, por ejemplo, de acera bruñido plateado) planas y de sección rectangular, situadas de tal forma, que dos de ellas, las B y C, de la figura 2, sean simétricas con respecto a un plano vertical, que llamaremos el plano diametral del aparato; la tercera placa o placa reflectora A, está situada de forma que cuando las tres placas coinciden con el plano diametral, la A queda en prolongación de las otras dos y con una de sus aristas verticales en perfecta coincidencia con una de las aristas verticales de las placas B y C.

20

La placa A se puede desplazar paralelamente a si



1356

227239

misma, mediante un tornillo sin fin y lleva adaptado un índice que permite medir sus desplazamientos en una escala micrométrica, de tal forma que la lectura de esta escala coincide con la magnitud designada en los cálculos de la sección anterior con la letra d.

Las dos placas B y C, también se pueden desplazar mediante un tornillo sin fin, paralelamente a sí mismas, a ambos lados del plano diametral simultáneamente; también en estas placas y mediante un índice y escala micrométrica, se puede medir la separación de las mismas que es la magnitud designada con la letra a.

b)-. Un brazo soporte para el sistema generador de la onda plana, cuya longitud de onda se trata de medir; este brazo es giratorio alrededor de un eje vertical situado en el plano diametral del aparato en coincidencia con la arista común a las tres placas cuando las cantidades a y d se hacen cero.

Este brazo puede girar un ángulo de 90° a partir del plano diametral y a un solo lado de éste, de esta forma el ángulo girado, que se puede medir en la correspondiente escala coincide, con el ángulo θ de los cálculos anteriores.

c)-. Un brazo soporte para el sistema receptor de la energía radiada por el extremo abierto del guía-ondas, situado de tal forma que puede girar alrededor de un eje vertical situado en la intersección del plano diametral con el de la abertura del guía-ondas.

227239

También mediante la correspondiente escala e índice se puede medir el ángulo girado a ambos lados del plano diametral, ángulo que coincide con el designado con la letra .

5 El procedimiento de medición de longitudes de micro-ondas, según el invento es el siguiente:

Del análisis de las ecuaciones 7 y 8, se desprende que por existir cuatro variables, a , d , m , y θ , bastará conocer dos de ellas para por medio de una u
10 otra de estas ecuaciones, poder determinar el valor de λ , longitud de onda, mediante la medición de la otra variable; lo que hace que el aparato se pueda utilizar de diversas maneras para la medición; según cuál sea la variable medida.

15 1) Medición de la longitud de onda mediante la variable d .

Partiendo de la disposición del aparato tal como se representa esquemáticamente en la figura 4; es decir con $\alpha = 0, d = 0$, y $a = 0$, se variará el ángulo θ ,
20 hasta que se obtenga un cero de energía detectada en el sistema receptor, lo que de acuerdo con la ecuación 9, corresponde al caso de propagarse un solo modo TE_{m0} , de m par en el interior del guía-ondas.

A continuación se desplazará la placa A en el
25 sentido de aumentar d , hasta que se vuelva a obtener otro cero de energía detectada, lo que de acuerdo con la ecuación 7, tiene lugar para $K=1$ y $d = \Delta d$, siendo



1. 258

227239

Δd , el desplazamiento comunicado a la placa A; por lo tanto y a partir de la ecuación 7, se puede escribir:

$$2 \Delta d \text{sen } \theta = \lambda \quad 11$$

5 Como comprobación de la medición, se puede calcular el valor de m de la ecuación 8, valor que ha de ser un número entero, par y múltiplo exacto de Δd , como se ve en la figura 2.

$$m = \frac{2 \Delta d \text{sen } \theta}{\lambda} \quad 12$$

10 Medición de la longitud de onda mediante la variable θ .

2) Disponiendo el aparato en la misma forma que en caso anterior y una vez obtenido el valor del ángulo θ que llamaremos θ_1 que produce un cero de energía detectada, se pasa a obtener otro valor del mismo ángulo, que 15 llamaremos θ_2 , obtenido por ejemplo aumentando el valor; este aumento de θ , producirá una disminución de la cantidad Δd , o ancho de los lóbulos de las ondas estacionarias, lo que equivale a pasar del m anterior a $m + 2$; de acuerdo con la ecuación 8 se puede escribir:

$$2 \Delta d \text{sen } \theta_1 = m \lambda \quad 13$$

$$2 \Delta d \text{sen } \theta_2 = (m + 2) \lambda \quad 14$$

Que por división dan:

$$m = \frac{2 \Delta d \text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2 - \text{sen } \theta_1} \quad 14$$

227239

Debiendo de ser como en el caso anterior este m , un número entero, y par% será un índice de la exactitud de los valores de θ_1 , y θ_2 , medidos la de este valor calculado.

5 Medición de la longitud de onda mediante la variable a.

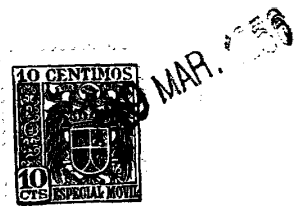
3). Disponiendo el aparato tal como en los casos anteriores, una vez determinado el valor de θ que proporciona un cero de energía detectada, se procederá a
10 desplazar la placa A hasta obtener otro cero de la energía radiada, igual que en el caso primero; a continuación, se desplazarán las placas B y C, separándolas hasta que se vuelva a obtener el cero de energía detectada;

15 En este caso se puede calcular λ , como en el caso primero, o también mediante la ecuación 8, para los dos valores de a , que proporcionaron el cero de energía detectada, es decir, del valor inicial y el correspondiente a después del desplazamiento de B y C.

20 Una comprobación sencilla que se puede realizar antes de efectuar los cálculos consiste en comprobar si las placas A y B, están situadas al final del experimento en el mismo plano, puesto que los desplazamientos comunicados a las dos son iguales.

25	$2a_1 \text{sen } \theta = m \lambda$	15
	$2a_2 \text{sen } \theta = (m + 2) \lambda$	16

227239



Ecuaciones que por división proporcionan el valor de m , que habrá de ser par.

Llevando este valor de m a la ecuación 8 se tiene

$$\lambda = \frac{2a_1 \text{sen } \theta}{m} \quad 17$$

5 Es evidente que a los técnicos, dentro de la descripción que antecede, se les ocurrirán variaciones y sustituciones que resultarán evidentes por sí mismas, y por ello se pretende que el alcance del invento no sea fijado por la anterior descripción, que sólo se ha dado
10 con fines ilustrativos y no limitativos, sino por el de las reivindicaciones siguientes a la vista de la técnica anterior.

- N O T A -

15 Los puntos de invención que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención, son los siguientes:

1º. - Un procedimiento para la medición de longitudes de micro-ondas, que comprende las operaciones de generar energía de micro-ondas, o recibir dicha ener-

227239

227239

gía, hacerla incidir sobre una superficie reflectora, recibir la energía reflejada entre un par de placas conductoras para generar multimodos de orden elevado, recibir la energía conducida entre este par de placas en un sistema receptor adecuado, regulando el sistema de modo que el nivel de la energía recibida sea cero, desplazar la superficie reflectora con respecto al par de placas y recibir de nuevo la energía reflejada hasta un nivel diferente adecuado, y medir el desplazamiento realizado de la superficie reflectora para deducir de él la longitud buscada de acuerdo con las leyes expuestas en esta Memoria,

2a. - Una instalación para la medición de longitudes de micro-ondas, que consiste en un aparato generador o receptor de micro-ondas, una superficie reflectora sobre la que es hecha incidir la radiación, un par de placas conductoras, siendo las tres placas paralelas entre sí y estando situadas de tal forma que dos de ellas que forman el par citado, sean simétricas con respecto a un plano vertical, el denominado plano diametral del aparato, estando situada la tercera placa, o placa reflectora, de forma que cuando las tres placas coinciden con el plano diametral, la placa reflectora queda en la prolongación de las otras dos y con una de sus aristas verticales en perfecta coincidencia con una de las aristas verticales del par de placas restante, pudiendo desplazarse la placa reflectora paralelamente a sí misma, median-



227239

5 te un sistema de accionamiento adecuado, y llevando un índice que permite medir sus desplazamientos en una escala micrométrica, de tal forma que la lectura de esta

10 reflectora de la más próxima a ella de las dos placas del par, pudiendo desplazarse también las dos placas del par mediante un sistema adecuado, paralelamente a sí mismas, a ambos lados del plano diametral simultáneamente, pudiendo también leerse en estas placas, mediante un índice y una escala micrométrica, la separación de las mismas, un brazo soporte para el aparato generador de la onda plana cuya longitud ha de medirse, siendo este brazo giratorio en torno de un eje vertical situado en el plano diametral de la instalación

15 en coincidencia con la arista común a las tres placas cuando las distancias entre la placa reflectora y la más próxima a ella de la placa que constituye una de las placas del par, y la distancia entre las dos placas del par, son cero, pudiendo este brazo girar en un

20 ángulo de 90° a partir del plano diametral y a un solo lado de éste, un sistema receptor de la energía radiada por el extremo abierto del aparato generador, un brazo de soporte para el mismo, que puede girar alrededor de un eje vertical situado en la intersección

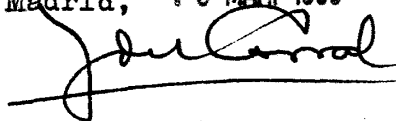
25 del plano diametral con el de la abertura del generador de micro-ondas, y un sistema de escala e índice cooperantes para medir el ángulo girado a ambos lados

227239

del plano diametral por el sistema receptor de energía radiada.

3º. - PROCEDIMIENTO E INSTALACION PARA LA MEDICION DE LONGITUDES DE MICRO-ONDAS.

Madrid, 10 MAR. 1956

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. L. L. L.', written over a horizontal line.

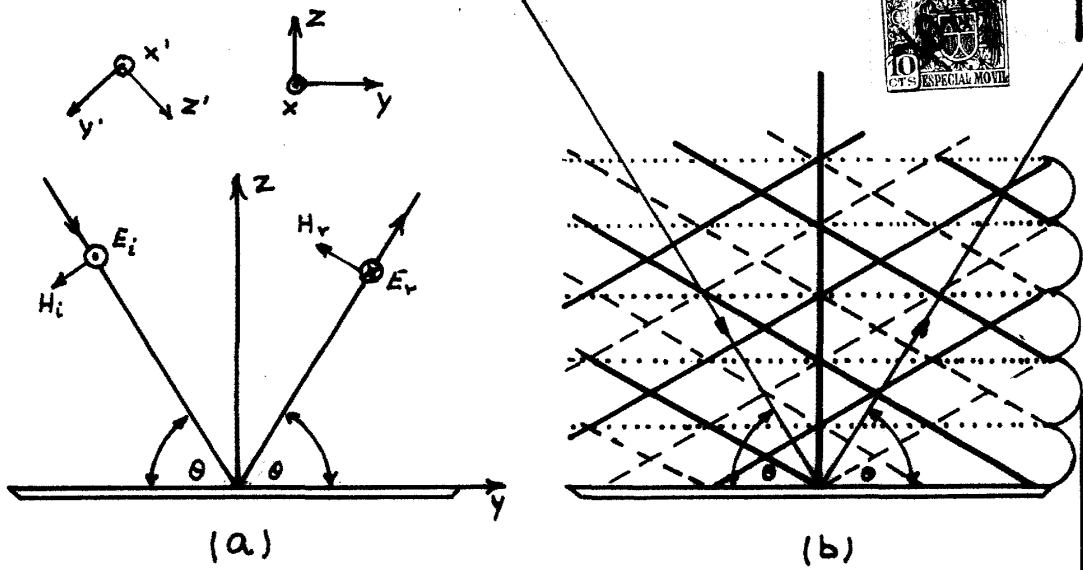


Fig 1

239

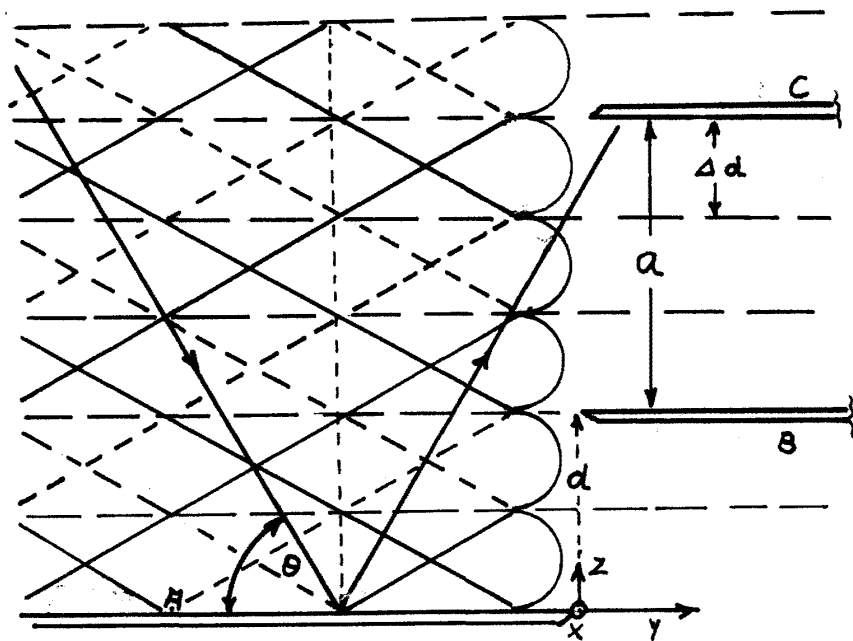
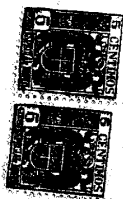


Fig. 2

Journal



227239

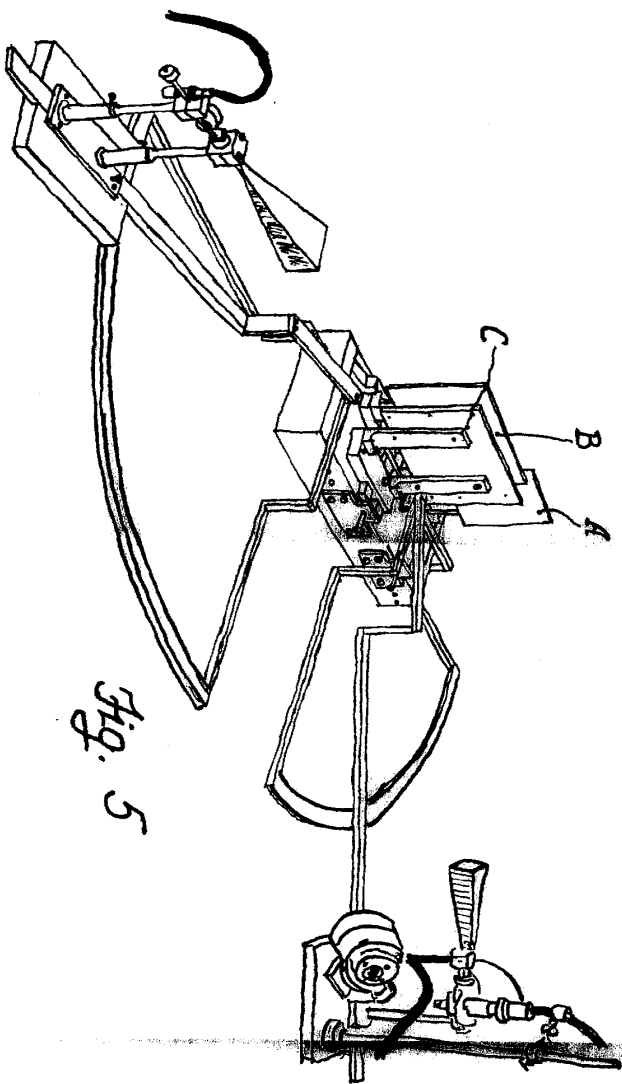


Fig. 5

ESCALA VARIABLE
10 MAY 1956
José Ignacio Caicoya de Rato