

CONTADOR ELECTRONICO DE VEHICULOS^(*)

Por LUIS R. DE GOPEGUI

Cuando se habla de automática, se piensa principalmente en operaciones matemáticas largas o en complejos procesos industriales, porque la automatización del cálculo y de la fabricación son rasgos característicos de la época que vivimos. Pero la aplicación juiciosa de artificios electrónicos se presta a la ejecución sin intervención directa del hombre, de muchas operaciones; — captar determinados fenómenos, contarlos, medirlos, registrarlos, etc. —, que son otras tantas manifestaciones del automatismo, aplicables a numerosos procesos, tales como el control del tráfico rodado en calles y carreteras, al cual, por sugerencias de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas, viene dedicando el Instituto una cierta atención. La realización que a continuación se describe es uno de los aparatos desarrollados con este objeto.

I. INTRODUCCIÓN.

El Instituto dedica cierta atención al control del tráfico rodado en calles y carreteras, teniendo en cuenta que el gran incremento que éste viene experimentando obliga no sólo a vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales en cuanto a velocidad, para garantizar la seguridad de los propios coches y de los viandantes, sino también a hacer estudios estadísticos del mismo con el fin de encauzarlo debidamente y poder adaptar la capacidad y calidad de las calzadas a las necesidades previsibles de las mismas.

En este sentido se han realizado ya equipos electrónicos para medir la velocidad de los carruajes en ruta, para provocar automáticamente el funcionamiento de los semáforos al paso de los coches por un determinado lugar, para contar el número de los vehículos que circulan en uno y otro sentido y para contarlos clasificándolos por su velocidad; y se trabaja en otros, como medidores dinámicos de presiones en los firmes de las carreteras, contadores impresores, etc.

Hoy nos vamos a ocupar del citado en tercer lugar, que responde al título de esta realización.

II. OBJETO DEL EQUIPO.

Los aparatos generalmente utilizados con esta finalidad en España se basan en la presión ejercida por el vehículo en un tubo de goma que se coloca atravesando la carretera en la zona de detección. El método tiene muchos inconvenientes, de los cuales los principales son su fragilidad y su visibilidad. El Laboratorio de Transportes y Mecánica del Suelo del Ministerio de Obras Públicas nos lo hizo ver así,

(*) En el desarrollo de este equipo han intervenido, además del autor del presente artículo, los señores Arellano (don Félix) y Ruiz Vera (don José).

y nos sugirió la idea de desarrollar un equipo electrónico que, libre de estas desventajas, realizara la función de proporcionar a las autoridades un medio invisible, idóneo y eficiente para contar el número de vehículos que pasan por una carretera.

III. CARACTERÍSTICAS PREFIJADAS.

Previamente se fijaron las siguientes características:

- 1) Error de la medida: menor del 10 por 100.
- 2) Autonomía de funcionamiento: quince o más días.
- 3) Alimentación, también autónoma; es decir, independiente de toda fuente exterior, tal como la red de energía eléctrica.
- 4) Muy elevada seguridad funcional.
- 5) Mantenimiento sencillo.
- 6) Fácil instalación.
- 7) Economía.

IV. ARTIFICIOS APLICABLES.

Aparte del neumático ya mencionado, y de otros mecánicos, como el de pedal, todavía más deficientes desde todos los puntos de vista, la aplicación de principios electrónicos permite los siguientes principales tipos de contadores: de microondas, de ultrasonidos, fotoeléctricos y eletromagnéticos.

Los primeros suelen estar constituidos por un aparato emisor-receptor, que se sitúa encima del lugar de detección y emite una débil señal de microondas, cuyo eco se capta al pasar un vehículo por debajo. Los de ultrasonidos son un tanto semejantes, si bien lo que en este caso se detecta es el desplazamiento del eco, pues el suelo de la calzada refleja continua-

mente la energía ultrasónica. Estos dos tipos de detectores son caros y de autonomía reducida, y requieren un servicio de conservación asiduo, por lo que se aplican casi exclusivamente en el interior del casco de las ciudades, donde se les puede alimentar con la red eléctrica.

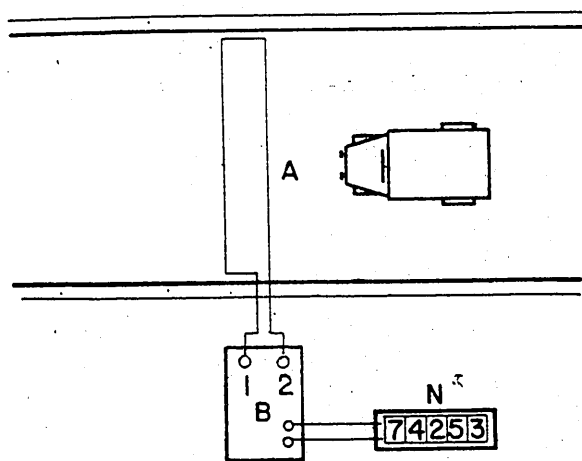


Figura 1.^a

Los detectores fotoeléctricos funcionan en forma convencional, y se utilizan en casos muy especiales, ya que, además de costosos, resultan difíciles de instalar y mantener.

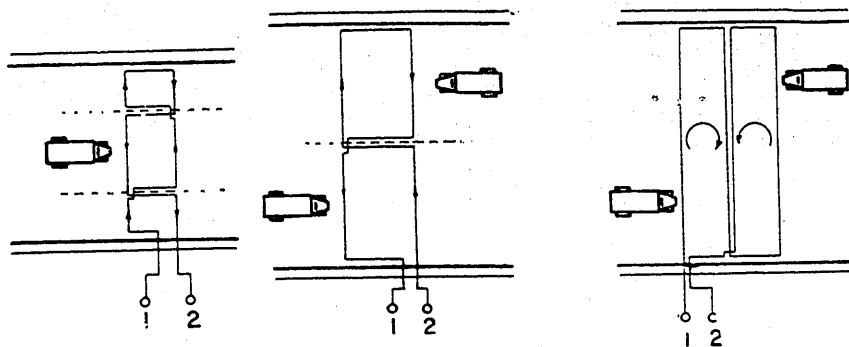


Figura 2.^a

En el grupo de los detectores electromagnéticos se pueden distinguir dos clases, esencialmente distintas, según que funcionen por variación del valor de la inductancia de una bobina al paso, por sus proximidades, de cualquier cuerpo metálico, o bien por un cambio del campo magnético terrestre, provocado por la misma causa. De las dos, es esta última la que ofrece mejores perspectivas, en cuanto a sencillez de instalación y fácil mantenimiento. Y fué por eso la elegida.

V. PRINCIPIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL DETECTOR POR VARIACIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE.

Se comprende sin dificultad con ayuda de la figura 1.^a

En la zona elegida para la detección se dispone, cruzando la calzada, un lazo o espira rectangular, de hilo conductor aislado. Naturalmente, esta espira queda constantemente sometida al flujo magnético de la componente vertical del campo terrestre. En consecuencia, al cruzar sobre ella cualquier sustancia ferromagnética — tal como el chasis de un vehículo o el motor de un automóvil —, el flujo varía de acuerdo con la ley de Lenz, y esta variación da origen a una f. e. m. que se manifiesta en forma de diferencia de potencial entre los extremos de la espira (puntos 1 y 2 de la figura).

La señal así obtenida es muy débil, y no sería capaz de accionar directamente un contador electromecánico de impulsos; por otra parte, su amplitud y forma resultan, en general, muy irregulares. Se corrigen ambas deficiencias en el equipo representado en el bloque B de la figura, que comprende un amplificador de tensión y un circuito formador de impulsos: el primero eleva al nivel necesario la señal captada; el segundo la transforma por cada vehículo que pasa sobre el lazo, en un solo impulso de amplitud y duración suficientes para accionar el contador electromecánico N, colocado a continuación.

La amplitud de la señal provocada por el paso de un vehículo depende, entre otras cosas, de la relación

de magnitud existente entre las dimensiones del vehículo y la superficie de la espira. Por otra parte, las interferencias que capta la espira — piénsese en que, inevitablemente, actúa como una antena de cuadro — dependen también de su tamaño. Deberá, pues, en la práctica buscarse un compromiso entre estos dos factores para conseguir una relación satisfactoria entre la señal y la interferencia.

Si por circunstancias particulares del lugar elegido para la detección no fuera factible este compro-

miso, queda el recurso de emplear tipos especiales de lazos, como los que se muestran en la figura 2.^a. Obsérvese que, con tales disposiciones, las interferencias, que hay que suponer que influyen simultáneamente sobre el conjunto del lazo, se anulan, mientras que cualquier vehículo, por actuar asimétricamente sobre aquél, dará lugar a una señal perceptible. Otra posible solución consistiría en utilizar una sola espira, como la de la figura 1.^a, pero realizada con cable coaxil, cuyo conductor exterior esté puesto a tierra en uno de sus extremos. Se forma así un lazo con blindaje electrostático que atenúa considerablemente las interferencias y no afecta prácticamente a las señales, habida cuenta del origen magnético de éstas.

La espira o espiras detectoras se pueden, bien simplemente extender sobre la carretera, bien enterrarlas a algunos centímetros por debajo del pavimento. El primer procedimiento se emplea en las instalaciones provisionales; el segundo es el recomendable en las permanentes. Si por cualquier circunstancia debida al paraje elegido para la instalación fuera preciso enterrar la espira a bastante profundidad o hacer que su área resultara demasiado pequeña, con la consiguiente reducción del nivel de señal captada al paso de los vehículos, no hay inconveniente en colocar dos o más espiras superpuestas y en serie, para así lograr un nivel de señal adecuado.

La figura 3.^a es una reproducción oscilográfica de

mente una interferencia. La segunda, que es la útil, tiene configuración y frecuencia muy irregulares, y corresponde al instante del paso del vehículo por encima de la espira; obsérvese que, al principio, es de una amplitud doble, aproximadamente, a la debida a la interferencia antes citada, y en seguida llega a

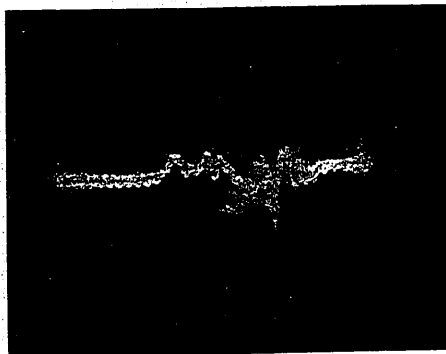


Figura 3.^a

ser hasta cuatro veces superior a ella; esto se debe a que el vehículo que provocó esta señal era un automóvil de motor situado en la parte de atrás, y es la masa de este motor la que más contribuye a la dis-

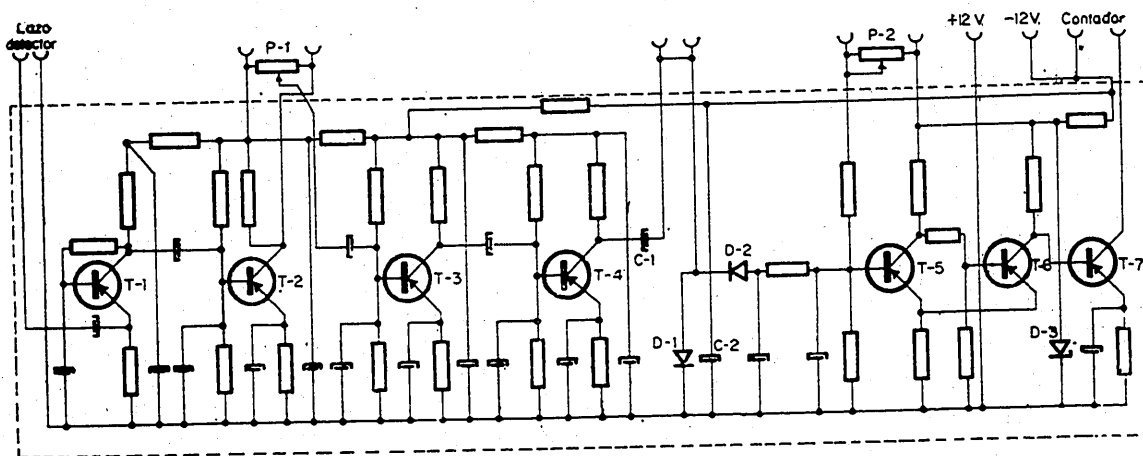


Figura 4.^a

la señal captada en un caso particular. Fué obtenida con una espira sencilla construida con cable sin blindaje, y en ella pueden apreciarse tres partes características, a saber: La primera, un rizado continuo de frecuencia constante (50 Hz.), consecuencia de haber colocado la espira detectora cerca de una línea subterránea de energía eléctrica; es, por tanto, simple-

torsión del campo magnético terrestre origen de la señal. Finalmente, superpuesta a esta parte, se aprecia perfectamente otra de frecuencia aproximadamente doble a la de interferencia, que corresponde a la chispa del motor, y que, como consecuencia de su naturaleza eléctrica, también es captada por el lazo detector.

VI. ESQUEMA DEL CONTADOR (*).

En la figura 4.^a se muestra el esquema del contador que corresponde al bloque B' de la figura 1.^a. Los transistores $T-1$, $T-2$, $T-3$ y $T-4$ forman el amplificador de señal, de cuatro etapas, con emisor común y acoplo $R-C$. La banda de paso abarca desde 10 hasta 400 Hz. y la ganancia en tensión es algo superior a los 100 dB., pudiéndose variar mediante el potenciómetro $P-1$, lo cual permite ajustar la sensibilidad del equipo al tamaño y profundidad del lazo detector. Después del amplificador viene un cir-

cuito que puede ser más útil en algunos casos y que, por ello, nos vamos a detener brevemente a explicar. Su esquema aparece en la figura 6.^a, y lo mismo que el anterior, va precedido de un amplificador de tensión — transistores $T-1$, $T-2$, $T-3$ y $T-4$ (fig. 4.^a) — y seguido de otro de potencia (transistor $T-7$ de la misma figura). He aquí cómo funciona:

Los cristales de germanio $G-1$ y $G-2$, refiriéndonos ahora a la figura 6.^a, tienen la misión de suprimir las partes positivas de la señal procedente del amplificador de tensión; los transistores $T-5$ bis y $T-6$ bis constituyen un multivibrador — o balancín —

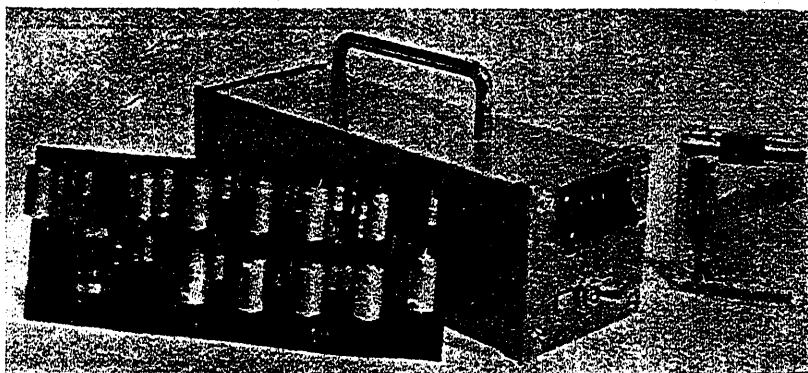


Figura 5.^a

cuito doblador — constituido por los cristales $D-1$ y $D-2$ y los condensadores $C-1$ y $C-2$ —, seguido de un filtro de aplanamiento; la misión de estos circuitos es rectificar la señal detectada, y evitar que contenga partes con signos opuestos, lo que perjudicaría el funcionamiento del circuito conectado a continuación; los transistores $T-5$ y $T-6$ forman un circuito de Schmitt convencional, cuyo umbral de disparo se ajusta mediante el potenciómetro $P-2$; este circuito es muy estable, debido a que en él se han empleado transistores de silicio y a que la tensión de colector se estabiliza mediante el diodo zener $D-3$ y la correspondiente resistencia. Por último, el transistor $T-7$ constituye una etapa amplificadora de potencia, capaz de proporcionar la energía necesaria para accionar directamente el contador electromecánico.

La figura 5.^a es una reproducción fotográfica del circuito impreso, con todos sus elementos, y de la caja que contiene éstos. La figura permite apreciar, por comparación, el tamaño del instrumento, que es muy reducido, y en cuanto al consumo, no excede de 1/4 de vatio en vigilancia, y de 1 vatio durante la operación de contar, provocada por los pasos de los vehículos.

Antes de adoptar para nuestro equipo el circuito de la figura 4.^a, se hicieron experiencias con otro,

nonostable; $T-5$ bis no conduce durante los períodos de ausencia de señal de entrada, y $T-6$ bis lo hace a saturación. Cuando llega una señal negativa a la base de $T-5$ bis, éste comienza a conducir y $T-6$ bis queda cortado; pero a través del diodo zener $Z-1$ se permite el paso de corriente a la base de $T-5$ bis, lo que mantiene a este transistor en saturación hasta que la descarga del condensador C , a través de R , provoca el estado de conducción en $T-6$ bis.

Se consigue así que la duración del estado de no conducción de $T-6$ bis sea muy constante e independiente de la amplitud, forma y duración de la señal suministrada por el amplificador, es decir, se logra que el contador se accione una sola vez por cada vehículo que pasa sobre el lazo detector, siempre que la duración de este paso sea inferior al tiempo de no conducción de $T-6$ bis, el cual depende de R y C , y se puede, por tanto, ajustar teniendo en cuenta la velocidad media de los vehículos en el lugar de instalación del detector.

La discriminación entre vehículos es mayor con el circuito de la figura 4.^a que con el de la figura 6.^a, ya que en este segundo el paso de los vehículos rápidos — llamamos así a los de velocidad superior a la media — va seguido de un corto intervalo durante el cual el detector permanece inactivo. Esta fué, precisamente, la causa de que prefiriéramos el circuito descrito en primer lugar para los contadores normales. Pero puede haber casos, como antes hemos apuntado,

(*) El equipo que se describe a continuación está protegido por la patente núm. 272.502.

en que ofrezca ventajas el último, por ejemplo, cuando mediante la combinación de dos o más detectores, sólo se pretende contar los vehículos que circulan en una dirección, o los que lo hacen a velocidad superior a una previamente fijada (*).

Todos los equipos electrónicos derivados del principio expuesto se prestan perfectamente al control remoto, bastando para ello sustituir el contador *N* de la figura 1.^a por un relevador, y transmitir a dis-

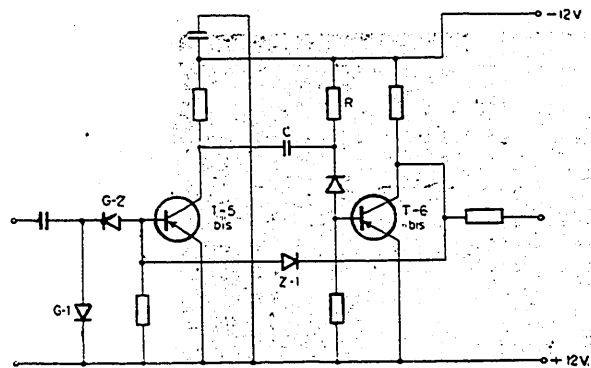


Figura 6.^a

tancia por un procedimiento convencional las señales que origina este relevador al paso de los vehículos.

En cuanto a las dimensiones que debe tener el lazo detector, se ha comprobado experimentalmente que una anchura del orden de 35 cm. proporciona, en general, una relación señal a interferencia muy aceptable, incluso tratándose de vehículos pequeños y en condiciones adversas. Esta espira puede enterrarse hasta a unos 10 cm. de profundidad, debiendo ser de cable de muy buena calidad y, por supuesto, del tipo antihumedad.

VII. EL PROBLEMA DEL CRUCE.

Es fácil imaginar lo que debe ocurrir cuando dos vehículos circulan al mismo tiempo sobre el lazo detector: Si uno de ellos pasa por encima del lazo antes de que el otro lo haya abandonado, el contador acusará uno solo, cualquiera que sea el sentido de circulación de uno y otro. Esto constituye una fuente de errores sistemática del contador descrito, y en este hecho reside su principal inconveniente.

La probabilidad de un tal cruce es algo mayor con el contador electrónico que con el neumático, en virtud de que el tiempo de activación del primero abarca el paso de la totalidad del vehículo sobre el lazo detector, mientras que en el segundo solamente se produce la activación durante el paso de las ruedas. Además, en el primer caso los errores son siem-

(*) Estas combinaciones de detectores se prestan a aplicaciones de interés, tales como la de actuar un semáforo cuando un vehículo atraviesa un poblado a velocidad superior a la límite, la de contar los vehículos clasificándolos por velocidades o longitudes, etc.

pre por defecto, mientras que en el segundo, la coincidencia de dos vehículos sobre la manga detectora da origen a una serie de "rebotes" en las correspondientes ondas de presión, cuyos resultados se traducen, indistintamente, en errores por exceso o por defecto.

En la instalación de los contadores electrónicos de vehículos debe tenerse muy en cuenta esta circunstancia, procurando hacerlo en las zonas en que los cruces sean menos probables (cambios de rasante, curvas con poca visibilidad, etc.). Es también recomendable, cuando haya que prever cruzamientos muy frecuentes, aplicar coeficientes de corrección que se obtienen fácilmente por métodos estadísticos.

VIII. RESULTADOS EXPERIMENTALES.

El contador electrónico de vehículos descrito en las líneas anteriores ha sido sometido a numerosas pruebas. Con la colaboración del Ministerio de Obras Públicas, se enterró un lazo como el de la figura 1.^a en el kilómetro 12 de la carretera de Barcelona. Este lazo lleva más de un año instalado y su estado actual es totalmente satisfactorio, a pesar de las inclemencias del tiempo y de lo denso que es el tráfico en dicho lugar. Es curioso notar que si en este mismo lugar se hubiesen pretendido hacer, durante el mismo período de tiempo, registros con contadores neumáticos, hubiera sido preciso cambiar la manga detectora un número de veces muy próximo al centenar.

La verificación del tráfico ha permitido establecer la conclusión de que la precisión del detector es del orden del 6 por 100 por defecto, sin aplicar ningún coeficiente de corrección. Y hay que tener en cuenta que por diversos motivos que no hacen al caso, el lazo detector fué a sabiendas instalado en un lugar inadecuado, ya que su visibilidad es muy buena en ambas direcciones y en consecuencia es propicio a los cruces por adelantamiento.

Pruebas de vibración, temperatura, etc., también han sido realizadas con el equipo descrito, con resultados plenamente satisfactorios.

Actualmente el Instituto tiene en avanzado estado de desarrollo un "Impresor Totalizador Horario", que funcionará conjuntamente con el contador electrónico descrito y que permitirá registrar, en forma continua y automática sobre una cinta de papel, el número de los vehículos contados por el detector cada hora, cada media hora o cada diez minutos, con una autonomía de quince días. De él nos ocuparemos en otro número.

Envío.

Debemos expresar nuestro reconocimiento al Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo del Ministerio de Obras Públicas, por su aliento y colaboración en la realización de estos trabajos.