

electronia + radio + tv



Televisión I

ediciones **AFHA**

electronia radio tv

método especialmente ideado para aprender por sí mismo

electronia + radio + tv

tomo X

televisión I

AFHA

el método de

electronia radio tv

comprende los siguientes títulos:

Tomo I	Teoría y montajes iniciales
Tomo II	Válvulas de vacío. Electrometría teórico-práctica
Tomo III	Detectores. Osciladores. Amplificadores
Tomo IV	Amplificadores B.F. Altavoces. Válvulas amplificadoras
Tomo V	El superheterodino de AM
Tomo VI	Receptores de frecuencia modulada
Tomo VII	Transistores
Tomo VIII	Alta fidelidad
Tomo IX	Instrumentos de medida
Tomo X	Televisión (I)
Tomo XI	Televisión (II)
Tomo XII	Televisión (III)

© AFHA Internacional, S.A.
c/. Maestro Nicolau, 4 Barcelona (21)
Decimoctava edición: Cuarto trimestre 1980
Depósito legal: B. 12.799-1976
ISBN: 84-201-0274-1 Obra completa
ISBN: 84-201-0337-3 Tomo 10
Impreso en España
Printed in Spain
Impreso por EMOGRAPH, S.A.
Almirante Oquendo, 1-9 Barcelona (20)

prólogo

Por televisión se entiende la transmisión de imágenes vivas —en movimiento— a distancia.

La televisión es todo un conjunto complejo de muy reciente implantación; sin embargo, se gestó a finales del siglo pasado, y a partir de 1950 se difundió rápidamente por todos los países civilizados. En los últimos años, el asombroso progreso experimentado por la televisión en España ha dado lugar al desarrollo de una floreciente industria y a la consagración de unos expertos técnicos, especialistas de gran valía, cuyos denodados esfuerzos tanto han contribuido a la consolidación de este eficiente conjunto de necesidades y servicios que ha creado y procura la televisión en nuestra patria.

Esta pujante industria, regida y controlada por técnicos especializados, ha fabricado y vendido muchos millares de televisores, lo cual ha dado la oportunidad de perfeccionarlos y abaratarlos y así, sucesivamente, despertar en el consumidor potencial el deseo de posesión de uno de ellos o de uno más moderno. En efecto, cuando aparecieron los primeros televisores sólo unos pocos podían poseerlos; pocos técnicos bastaban. Posteriormente se *automatizó* el funcionamiento del televisor y se estabilizó la línea del mueble, a la par que el precio se reducía —o por lo menos seguía el crecimiento del índice del coste de la vida—, todo lo cual creó mayores deseos y mayores posibilidades de adquisición y dio lugar a la espectacular implantación de todo un sistema de comunicación, convivencia y modo de vida que es la televisión.

En la actualidad, el televisor es un elemento imprescindible en el hogar o en el lugar de reunión. Hoy el telespectador desea poseer un segundo televisor, el portátil, el cual es ahora una realidad gracias al otro fabuloso descubrimiento de la electrónica que son los semiconductores. No obstante, ya estamos acostumbrados a esta posibilidad de disponibilidad y entra en cuestión el televisor de color. Hace ya algunos años que la televisión en color es un hecho en Norteamérica; si por el momento no lo es en Europa, donde se halla en fase experimental, ello se debe a los enormes intereses que entran en juego para adoptar un sistema de TV-Color de los varios desarrollados. Indudablemente, no tardará en producirse la nueva *ola* de necesidades y servicios acusadamente crecientes, que ratifica la oportunidad de especializarse como técnico de televisión capaz de desenvolverse en todas las facetas que implican la tecnología actual y su desarrollo acelerado.

Ello no sólo considerando la televisión en su aspecto de espectáculo y de medio informativo, sino también formando parte de la estructura material del puente entre dos siglos en que nos hallamos, integrándola con muchos otros inventos y perfeccionamientos. Así, la TV se ha convertido en un tercer ojo —espía u observador— dentro de las actividades del hombre, silencioso y con posibilidades de mantenerlo allí donde se requiere aunque el lugar sea delicado o peligroso —en los reactores nucleares, en las fundiciones para el control de las coladas, en la medicina didáctica, como medio educativo, a veces el único posible, etc.

La televisión no es complicada ni difícil. Se trata de una materia que se comprende apoyándose en todas y cada una de las características propias de los circuitos electrónicos, de la óptica y de la fisiología. Sin embargo, relacionar entre sí esas características, para crear todo un conjunto, constituye en esencia un problema: el de orientación que plantea una exposición lógica de la televisión. Los receptores de televisión se basan en los principios fundamentales comunes a todos los aparatos electrónicos y funcionan según las leyes de la electricidad y del magnetismo. Así, pues, podemos acercarnos a la televisión con los conocimientos básicos, teóricos y prácticos ya adquiridos de la radio-electricidad.

Algunas cuestiones de la televisión son idénticas en principio a las de la radio; sólo difieren en que las características requeridas son distintas en anchura de banda y frecuencia de trabajo. Otras cuestiones son totalmente diferentes y se basan en la óptica, en los campos eléctricos y magnéticos de alto potencial, en la fisiología y en la colorimetría; son éstas las que merecerán nuestra máxima atención en el estudio de la televisión que realizaremos tratando por etapas, aunque conjuntamente, las técnicas de la Muy Alta Frecuencia (VHIF), las de la Ultraalta Frecuencia (UHF) y las de la televisión en color en sus tres sistemas principales: NTSC, SECAM y PAL. En este primer volumen, después de una introducción esencial, trataremos de los cuerpos eléctricos y magnéticos aplicados a la desviación electrónica, de la colorimetría y de la estructura en bloques de los equipos de transmisión y recepción de imágenes; del tubo de rayos catódicos como elemento fundamental para captación de la imagen a transmitir y para su reproducción una vez recibida. Sigue un estudio del régimen de trabajo genérico de todos los sistemas de televisión, culminando finalmente con el conocimiento detallado y práctico del osciloscopio —este preciso aparato de medida y análisis que hace visible cualquier fenómeno, sea eléctrico o no, y que debe considerarse fundamental en cualquier rama de la ciencia y de la técnica.

En los dos volúmenes siguientes pasaremos al estudio minucioso de cada circuito en particular y de cómo este circuito se relaciona con los demás para constituir un conjunto concreto de televisión, el cual sabremos utilizar y conservar en servicio.

Este método de estudio se ha desarrollado con el objeto de formar verdaderos técnicos que tengan ideas amplias sobre todos los sistemas, concretas en cada una de las partes que se desglosen y criterios exactos acerca de su integración en el conjunto.

Lógicamente, los circuitos podrán cambiar con el progreso tecnológico, pero los fundamentos físicos en los que se basan seguirán siendo los mismos.

reconocimiento

Expresamos nuestro agradecimiento a D. José Masana Tardá, ingeniero diplomado y miembro investigador numerario de la Academia de Ciencias Tecnológicas de España por su colaboración. Gracias a sus conocimientos y capacidad ha sido posible reunir en estas páginas una enseñanza de alto valor pedagógico y rigor técnico absolutamente al día, con cuya ayuda estamos seguros que el lector descubrirá una amplia vía de posibilidades para el desarrollo de sus aptitudes en el campo de la televisión.

Lección 56 - página 1

TELEVISIÓN 1. Introducción a la televisión. Transmisión de imágenes televisadas; los primeros experimentos; el disco de Nipkow; la rueda de espejos; hacia nuevos descubrimientos. La televisión; el ojo humano; la persistencia de las imágenes; un ejemplo práctico: la célula fotoeléctrica; poder separador del ojo. El ojo y el televisor; el detalle de la imagen y el problema de la transmisión. Reproducción de una imagen por puntos; reproducción de una imagen por puntos; relación de áreas; cómo se descompone en puntos la imagen; número de líneas en que se descompone la imagen; número de cuadros; la exploración de la imagen: exploración entrelazada; análisis de la imagen.

Lección 57 - página 29

TELEVISIÓN 2. Campos eléctricos y campos magnéticos; el barrido por haz de electrones; el campo eléctrico; líneas de fuerza de un campo eléctrico; intensidad de un campo eléctrico; acciones de un campo eléctrico sobre un haz de electrones; el campo magnético; campos magnéticos creados por una corriente eléctrica rectilínea. Campos creados por corrientes eléctricas en conductores espirales o bobinas; acción de los campos magnéticos sobre los conductores recorridos por corrientes; acción de un campo magnético sobre un haz de electrones. Principios de la televisión en color; colorimetría; el sentido de la vista; la luz y los colores; carta de cromaticidad.

Lección 58 - página 61

TELEVISIÓN 3. Transmisión y recepción de la señal de TV. Los tubos de rayos catódicos. Transmisión de la señal de TV. Recepción de la señal de TV; descripción del televisor por sus bloques; receptor de televisión de amplificación directa, en bloques. Historia del tubo de rayos catódicos; los rayos catódicos. Historia de los tubos para cámaras de televisión; evolución de los tubos para cámaras. El iconoscopio. Iconoscopio de imagen electrónica. El orticón. El vidicón. Los tubos tomavistas y las cámaras de televisión en color; tipos de cámaras para TV en color; sistema óptico de la telecámara.

Lección 59 - página 89

TELEVISIÓN 4. Los tubos de rayos catódicos. Principio del tubo de rayos catódicos. El tubo de rayos catódicos actual. Cómo se ha llegado al tubo actual. Principio de funcionamiento del tubo de rayos catódicos. El cañón electrónico. Electrodo de desviación. La pantalla. Sistema de lentes eléctricas del T.R.C. El ánodo final de M.A.T. La desviación del haz electrónico. Deflexión electrostática.

Lección 60 - página 113

TELEVISIÓN 5. Los tubos de imagen. La deflexión electromagnética. Particularidades del tubo de imagen para receptores de televisión. Angulo de desviación. Concentración electrostática. La mancha iónica. Centrado de la imagen. Aberración de la imagen en el tubo y su corrección. El cañón electrónico del tubo de imagen. El ánodo final. La pantalla del tubo de imagen. El tubo de imagen para televisión en color. Características particulares en la construcción del tubo tricolor. Dispositivos accesorios necesarios para el funcionamiento del tubo de imagen triomático.

Lección 61 - página 153

TELEVISIÓN 6. Normas internacionales para la reproducción de la imagen. Reproducción de la imagen de televisión; interlineado; frecuencia de cuadro; frecuencia de línea; sincronización entre el emisor y el receptor. Características de la señal de televisión; modulación de la onda portante de TV; la señal de televisión (imagen); impulsos de control en señal de televisión; resumen del tren de señales; portadora de televisión; fidelidad de reproducción; banda pasante; canales de televisión; las normas de televisión; norma CCIR de 625 líneas; características principales de los standards de televisión en VHF; características principales de los standards de televisión en UHF; tiempos y número de señales que intervienen en el sistema CCIR; tabla para los canales de VHF; tabla para los canales de UHF; la norma inglesa; la norma francesa; la norma americana; las normas belgas; sistemas de televisión en color; coexistencia entre TV en blanco y negro y TV en color; sistemas empleados en TV en color; sistemas actuales de TV en color; sistema NTSC; el sistema SECAM; el sistema PAL.



LECCION 56

Introducción a la televisión
Transmisión de imágenes televisivas
La televisión
El ojo y el televisor
Reproducción de una imagen por puntos

televisión

INTRODUCCION A LA TELEVISION

El nivel alcanzado por la televisión en la actualidad no ha sido, desde luego, consecuencia de una feliz idea tenida en un momento de inspiración por cualquier sabio distraído, o resultado de un casual hallazgo en un laboratorio de experimentación, sino todo lo contrario.

Cuando usted contempla un programa de televisión, sentado cómodamente en su casa, tiene ante sí el resultado, el fruto de la paciente y abnegada labor de un número incalculable de personas que dedicaron lo mejor de su vida al descubrimiento de una serie de fenómenos básicos que sentaron los cimientos de ese alarde de la técnica.

¿Cómo es posible que la técnica haya llegado a conseguir que la imagen móvil sea reproducida en el televisor? Ahora nos parece sencillo por lo evidente; pero el camino ha sido largo, suma de experiencias y del contraste, la experimentación, de unas y otras teorías hasta encontrar la síntesis de todas ellas en realidades demostrables en hechos.

A finales de 1842, fecha en la cual podemos vislumbrar el nacimiento de la televisión, existía una aparato que transmitía dibujos, de forma muy aproximada y a través de un cable, basándose en un sistema de análisis por líneas.

Las primeras formas de investigación respecto al problema del envío de imágenes se dirigieron, como es natural, al sujeto más sencillo; es decir, hacia la imagen fija: no era poco resolver los enormes problemas de la descomposición y reconstrucción de la imagen, lo que comportaba la imposibilidad de plantearse por añadidura el problema de la sucesión rápida de estas imágenes para dar la impresión de movimiento.

Digamos que el primer paso hacia la televisión fue el que hoy conocemos como telefotogra-

fía; es decir, el envío de imágenes fijas. A esta meta, por tanto, se dirigieron desde el principio la atención y la voluntad de los investigadores.

En la primera mitad del siglo pasado, según las crónicas de 1842, Bain realizó un sistema bastante primitivo capaz de transmitir, mediante hilos, imágenes dibujadas. Utilizaba dos cilindros que giraban en sincronismo. (Figura 1.)

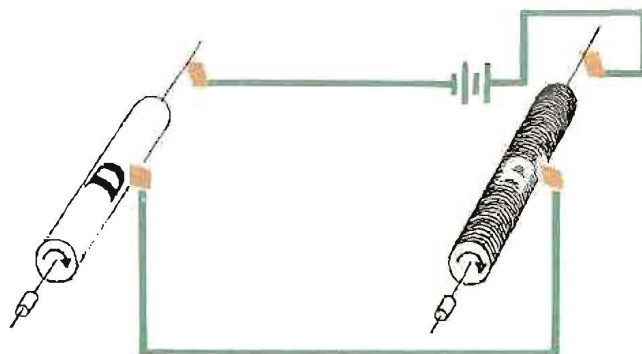


Figura 1. — He aquí el esquema básico del primer aparato de transmisión de imágenes, creado por Bain en la primera mitad del siglo pasado. Sólo podía transmitir dibujos realizados con una tinta especialmente aislante.

Otro sistema de lectura de imágenes fue, por ejemplo, el de Korn que utiliza un cilindro de transmisión transparente y exige, como original, un negativo bien transparente. (Figura 2.)

Los modernos instrumentos son capaces, por medio de células que leen directamente los valores de los grises de la fotografía en movimiento, de enviar al receptor, sincronizado con el emisor, valores eléctricos que, transformados en impulsos luminosos, reconstruyen la imagen inicial con perfección casi absoluta. (Figura 3.)

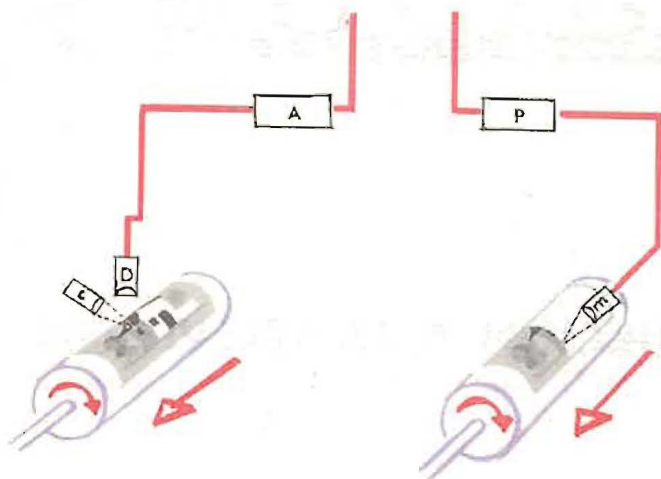


Figura 2. — Esquema del sistema actual de transmisión de las imágenes. A y B son, respectivamente, el transmisor y el receptor, que además de las intensidades de las células fotoeléctricas también controlan el sincronismo de los cilindros. C representa una fuente de luz puntiforme que inspecciona la imagen en rotación sobre el cilindro. D es una célula que genera una corriente proporcional a la cantidad de luz que refleja el sujeto. E es otra fuente luminosa que reconstruye la imagen, línea por línea, sobre el papel sensible, que después se revela del modo usual.



Es claro que los resultados obtenidos, aun siendo una gran conquista, aprovechan un elemento básico: el tiempo.

Poco importa, en el fondo, que para examinar un sujeto el mecanismo transmisor emplee un minuto o una hora, y esta circunstancia no plantea ningún problema. Pero los equipos de telefotografía más perfeccionados tardan hoy, para obtener resultados perfectos, unos catorce minutos. No es poco un cuarto de hora; pero no se experimenta la necesidad de acortarlo, ya que, siendo la imagen estática, representa un período aceptable, y más teniendo en cuenta que proporciona una imagen que a veces procede de miles de kilómetros de distancia.

TRANSMISION DE IMAGENES TELEVISADAS

El paso siguiente al del envío de imágenes fijas, compuestas lentamente, sobre un soporte fotosensible (todavía, en la actualidad, se tarda un cuarto de hora en la impresión total de una telefotografía), es la transmisión de imágenes que pueden ser vistas inmediatamente en el momento de la recepción.

Esto, en la práctica, quiere decir transmitir imágenes por televisión.

Una rápida sucesión de éstas, ligeramente diferentes entre sí, lleva a la sensación de movimiento y de ahí a la televisión propiamente dicha, como hoy la entendemos.

Los primeros experimentos

En la telefotografía, o transmisión de imágenes fijas, existía la gran ventaja de que el sujeto original, estático, permitía la inspección y la recomposición con una línea fija.

Esto no es posible en la televisión: se precisa hacer móvil la línea con respecto al sujeto de la imagen.

Hemos visto, sin embargo, que el ojo humano tiene necesidad de un movimiento bastante rápido para que la persistencia de la imagen sobre la retina pueda crear el efecto de continuidad.

Por este motivo, es necesario que todo el análisis de la imagen, desde el punto inicial al final, se produzca en un tiempo inferior a 1/16 de segundo, para que inmediatamente pueda entrar la imagen sucesiva y garantizar el efecto de conti-

Figura 3. — Fotografía original de una transmisión por sistema Baird de 30 líneas. Como puede verse, la imagen, a pesar de su imperfección, representa de forma suficientemente clara el sujeto original.

nuidad de movimiento, gracias a la persistencia de las imágenes en la retina.

Para obtener este efecto, hay que contar con un sistema de análisis o exploración suficientemente rápido.

El disco de Nipkow

Entre las numerosas pruebas y experimentos llevados a cabo durante el pasado siglo para poder hallar algún sistema que reuniera en sí las precisas cualidades de rapidez para el análisis o exploración de la imagen cabe destacar el llamado *disco de Nipkow*.

El alemán Pablo Nipkow nació en Lauenburg en 1860. Era un estudiante de sólo veintitrés años de edad cuando realizó ese ingeniosísimo sistema de análisis de una imagen.

El disco de Nipkow es el sistema más importante de análisis mecánico. Se trata de una rueda de aluminio provista de una serie de ranuras equidistantes, dispuestas siguiendo un giro en espiral. (Figuras 4 y 5.)

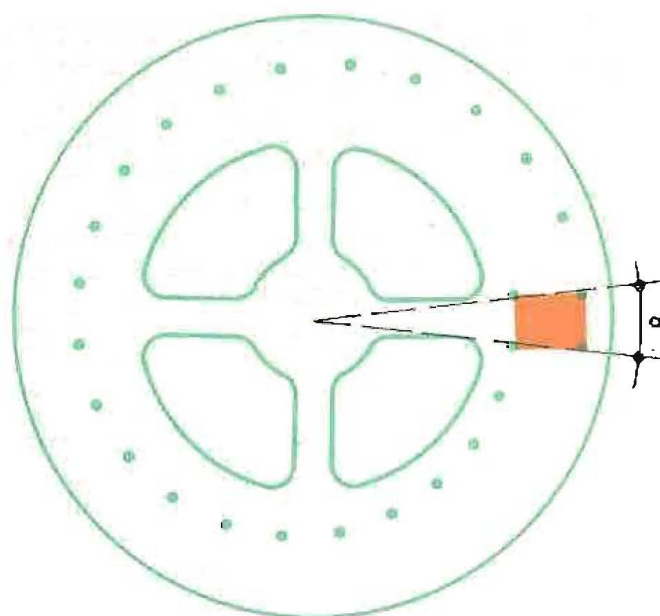


Figura 4. — Esquema del disco de Nipkow. Una serie de orificios, distanciados entre sí por un ángulo "a", descubren consecutivamente sectores de la imagen (representada por un rectángulo). El número de líneas de la imagen es igual que el de orificios.

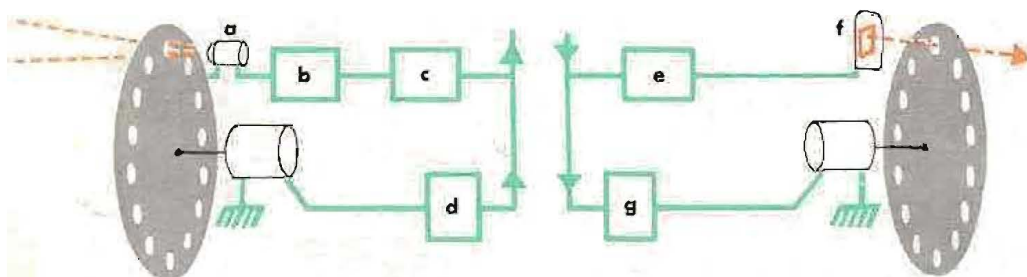


Figura 5. — Esquema del funcionamiento del sistema Baird; a) Célula fotoeléctrica; b) Amplificador; c) Transmisor; d) Transmisor de sincronización motora; e) Receptor; f) Lámpara de neón; g) Receptor de impulsos de sincronización.

El rectángulo A representa el campo de la imagen observada y explorada por el disco. Cuando el disco está en movimiento rápido, cada ranura analiza una banda muy precisa de imágenes en arcos concéntricos, tanto más densos cuanto mayor sea el número de las ranuras.

Este principio, aplicado al *analizador* en transmisión o al *reconstructor* en recepción, hace posible el envío a distancia de imágenes en movimiento, sea por cable o por medio de las ondas de radio. (Figura 6.)

El disco de Nipkow daba imágenes compuestas como máximo de 180 líneas (en comparación con las 625 de hoy). Su mayor limitación, empero, no era ésta —dado que la imagen, al ser muy pequeña, podía ser examinada con 180 líneas con suficiente claridad—, sino el hecho de que el disco, al girar, provocaba el rumor de una máquina de coser; y tenía también limitaciones con res-

pecto a su velocidad, que no pudiendo superar estos límites hacía imperfecta la visión.

En la actualidad no tiene aplicación práctica alguna y su importancia es exclusivamente histórica. La televisión utiliza hoy sistemas electrónicos de exploración y se han abandonado los de análisis mecánico.

La aplicación práctica del disco de Nipkow a las transmisiones televisadas se debe a otro científico, el inglés John Logie Baird, que nació en una aldea de Escocia en 1888. Baird presenta una figura excepcional del científico que, privado prácticamente de títulos de estudios, basó sus investigaciones en sus extraordinarias dotes intuitivas. En un pequeño laboratorio de ocasión, montado en su casa, había construido una rudimentaria telecámara basada en el principio del análisis de Nipkow. En la estancia vecina había situado el aparato receptor, que funcionaba se-

gún el mismo principio. Un día (era el año 1925) transfirió de la estancia vecina a su laboratorio la imagen de un muñeco mascota que había colocado delante de la telecámara. Sólo tres años después, el sistema se empleaba de tal forma que el oficial radiotelegrafista de la nave inglesa *Berengaria* pudo ver el rostro de su prometida en una pequeña pantalla situada a varios kilómetros de distancia del sujeto. Las primeras transmisiones oficiales de televisión, realizadas en 1929

en forma experimental por la British Broadcasting Co., utilizaban el sistema Baird. En 1936, empero, cuando se iniciaron en forma oficial, al sistema de Baird se añadió el Marconi EMI, que a continuación fue elegido definitivamente, abandonándose el sistema que utilizaba el disco de Nipkow. Fallaron otras tentativas de Baird de utilizarlo para proyecciones televisadas sobre pantalla, dados los defectos inherentes al propio sistema. Baird murió casi olvidado en 1946.

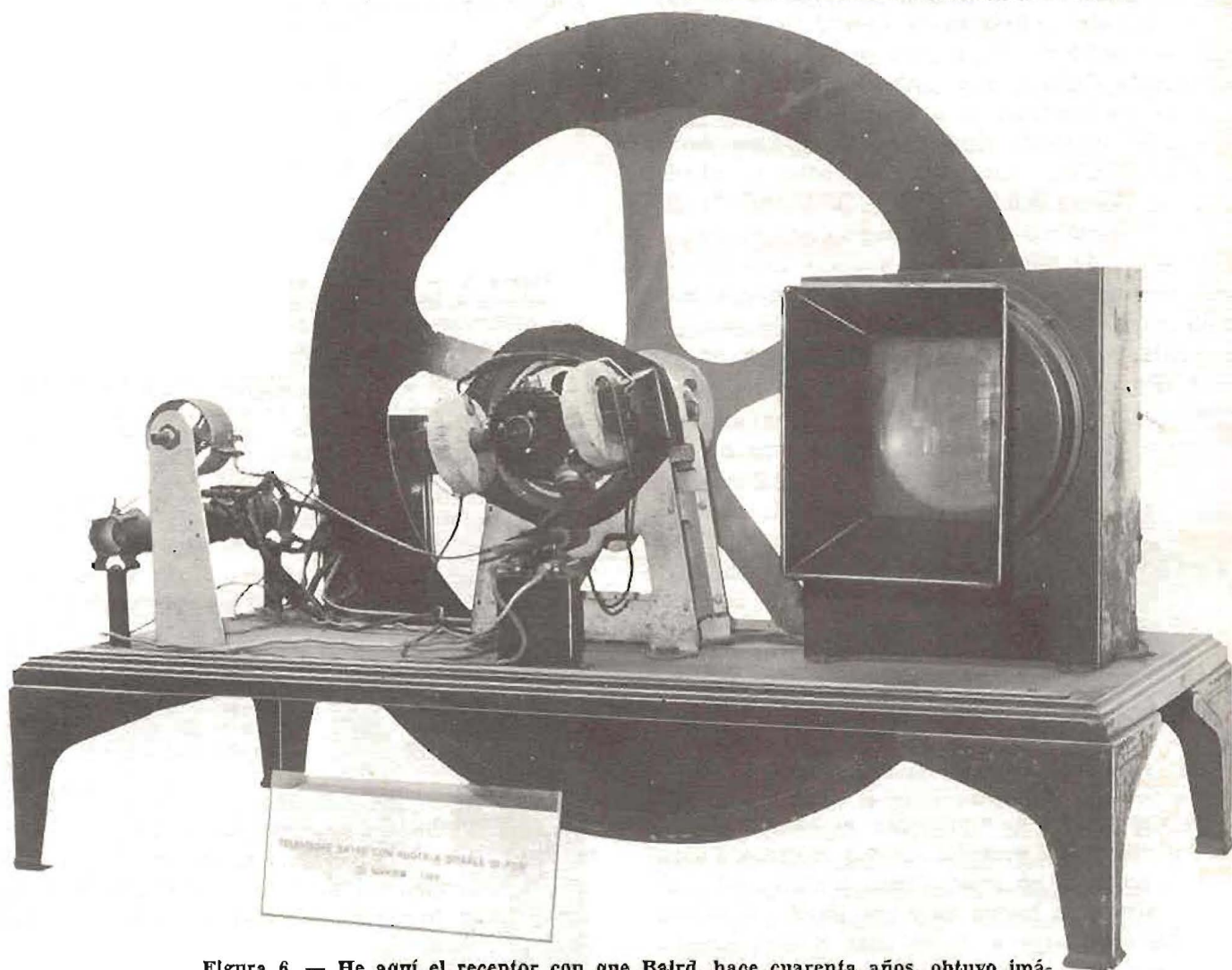


Figura 6. — He aquí el receptor con que Baird, hace cuarenta años, obtuvo imágenes a distancia de millares de kilómetros. En la actualidad este ejemplar se conserva en el Museo de Ciencia y Técnica de Milán.

La rueda de espejos

Después de los ensayos realizados con el disco de Nipkow se experimentaron otros sistemas, entre los cuales se encuentra la rueda de espejos.

Este dispositivo consistía en una rueda con cierto número de espejitos situados en su periferia, y dispuestos de forma que, cuando la rueda giraba, un rayo de luz dirigido a la circunferencia formaba un rectángulo luminoso en una pantalla blanca. (Figuras 7 y 8.)

Si la fuente de luz fuese modulada en lugar de ser constante, la fuente de luz también habría formado una imagen sobre la pantalla. Ahora examinaremos el funcionamiento preciso de ese dispositivo y veremos de qué modo se formaba tal imagen en la pantalla.

Ante todo había una fuente luminosa constituida por una lámpara de neón que ofrecía, con respecto a las lámparas normales de incandescencia, menor inercia, y por tanto mayor velocidad de reacción.

Había también un objetivo o un sistema óptico que concentraba toda la luz suministrada por la fuente luminosa en un pequeño punto luminoso. El rayo luminoso concentrado de esta forma incidía en la rueda de espejos, que giraba a determinada velocidad en perfecto sincronismo con la transmisora. Los espejos reflejaban el rayo de luz sobre una pantalla blanca, en la que se formaba una línea luminosa por efecto de la rotación de la rueda y en consecuencia de los espe-

jos. Pero una raya luminosa no es suficiente para componer una imagen completa; los espejos estaban situados de forma que cada uno formase una línea en posición diferente a la de los demás, para así iluminar toda la pantalla. Se trataba en realidad de un movimiento continuo de rayos que se sumaban y que, gracias al fenómeno de la persistencia de las imágenes en la retina, producía la sensación de que la pantalla estaba iluminada en su totalidad. (Figura 8.)



Figura 7. — Rueda de espejos que se conserva en el Museo de Ciencia y Técnica de Milán. Servía para transmisiones experimentales. Para la reconstrucción de una imagen se utilizaba el principio de la desviación de un rayo modulado.

Ahora veremos cómo se situaban los espejos. Cada uno tenía una inclinación determinada con respecto al eje de rotación. (Recuerde que cuando un rayo de luz incide en una superficie reflectora, el ángulo de reflexión es igual al ángulo incidente, por lo que si varía este último también varía el ángulo de reflexión.) Examine ahora la figura 10, que da la idea de la situación del primer espejo de la serie. Estaba inclinado hacia arriba con respecto al eje de rotación, y en consecuencia el rayo luminoso se proyectaba hacia arriba.

En la fase sucesiva se muestra la posición de un espejo inclinado hacia abajo, que en consecuencia desvía el rayo luminoso hacia la parte baja de la pantalla. Para que las líneas estuviesen próximas una a otra, los espejos tenían una

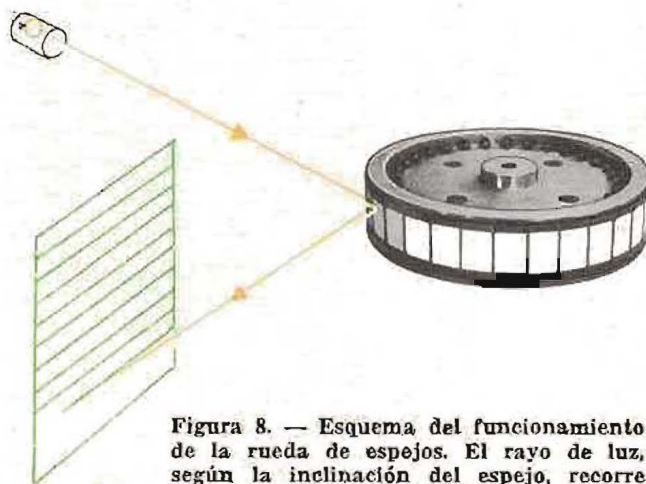


Figura 8. — Esquema del funcionamiento de la rueda de espejos. El rayo de luz, según la inclinación del espejo, recorre una zona precisa, y siempre diferente, de la pantalla. Así es posible iluminar, en fases sucesivas, toda superficie de la pantalla.

inclinación gradual comprendida entre el primero y el último. Así, a cada giro de la rueda se producía un campo completo, desde el primer espejo, que formaba la primera línea de la pantalla, al segundo, ligeramente inclinado de modo que formara una línea inmediatamente debajo de la primera, y hasta el último, que completaba el cuadro.

En este punto, terminado el giro completo de la rueda y con éste el campo, llegaba de nuevo el primer espejo que llevaba el rayo luminoso hacia arriba repitiendo el ciclo. El número de líneas proyectadas sobre la pantalla dependía del número de espejos que contenía la rueda. Los cua-

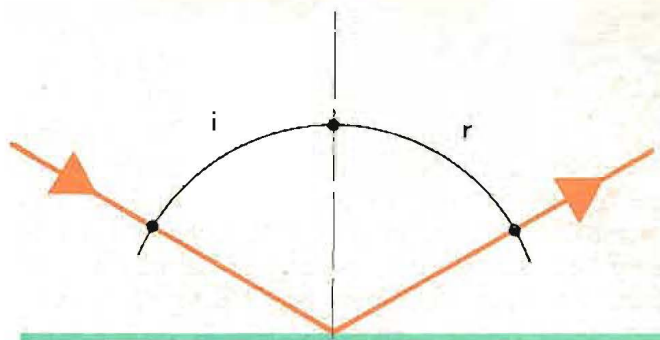


Figura 9. — La rueda de espejos se basa en el principio de que son idénticos los dos ángulos que forman el rayo incidente y el reflejado con la normal a la superficie reflectora.

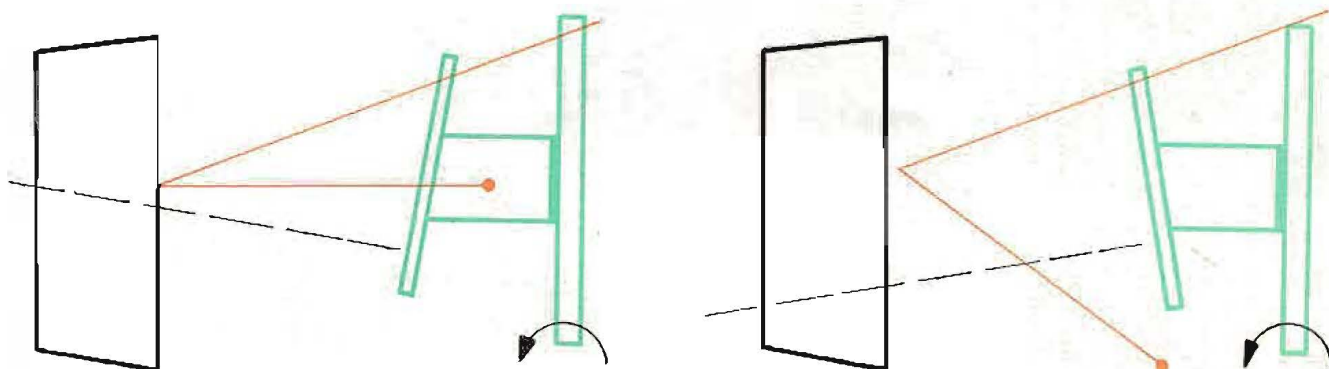


Figura 10. — Cada uno de los espejos situados en la circunferencia de la rueda tiene diferente inclinación. Así es posible hacer que un haz de luz emitido por un proyector cubra totalmente, en sucesivas líneas paralelas, la superficie de una pantalla. Si además se varía la intensidad de la luz, es posible reconstruir una imagen en la pantalla.

dros —es decir, los campos explorados— dependían del número de vueltas por segundo de la rueda.

De esta forma, con la fuente luminosa modulada de una imagen cualquiera, es posible reconstruir la imagen que ha modulado la luz. Naturalmente, la imagen no se acercaba tanto a la perfección como la de las actuales transmisiones y recepciones, ya sea por el bajo número de líneas, o por la inercia de la fuente luminosa (que no era ni de mucho tan veloz como la modulación del rayo catódico de los modernos tubos), o incluso por la dificultad de mantener la rueda en perfecto sincronismo con el transmisor.

Con este sistema, para poder recibir las actuales transmisiones televisadas habría que construir una rueda con 625 espejos, de un diámetro de unos tres metros, que girase a la velocidad constante de 25 vueltas por segundo. Ahora imagine las dificultades técnicas y prácticas de dicho mecanismo.

Hacia nuevos descubrimientos

Los sistemas que hemos visto estaban destinados a morir nada más nacer a causa de su propia simplicidad y torpeza.

Basados en principios mecánicos, y por tanto sometidos a limitaciones que no concilian la precisión con una velocidad muy elevada, funcionalidad y perfección de funcionamiento, lograron los primeros e imperfectos resultados, sólo suficientes para probar que existía realmente la posibilidad de transmitir imágenes en el espacio. Baird, Wailer y Nipkow partieron prácticamente de cero y llegaron a conseguir que pudiera verse la imagen de una persona a varios kilómetros de distancia. Este resultado debe ser considerado como una piedra miliaria, un cimiento en el que se apoya la televisión de la actualidad, aunque hoy en día ésta funcione en forma casi perfecta gracias a otros principios y a otros hombres.

LA TELEVISION

Hasta hace bien pocos años las técnicas de las comunicaciones por ondas electromagnéticas quedaban limitadas al restringido campo de la transmisión de señales destinadas tan sólo a nuestro sentido auditivo. Se podían transmitir únicamente sonidos.

Pero al aparecer la televisión es ya posible que las ondas electromagnéticas impresionen otro de nuestros sentidos: la vista. Sin la existencia de nuestra retina, la televisión no tendría razón de existir.

Aunque parezca raro, cada uno de nosotros contribuimos de forma activa —cuando miramos la pantalla del televisor en marcha— en la realidad de esa imagen de escenas lejanas que el televisor nos muestra. La especial constitución de nuestro órgano visual —los ojos— juega un importante papel en el conjunto del fenómeno. Veamos por qué.

El ojo humano

La estructura del ojo humano es comparable a la de una cámara fotográfica.

Aquél tiene una lente denominada pupila, a través de la cual pasa la imagen que se proyecta

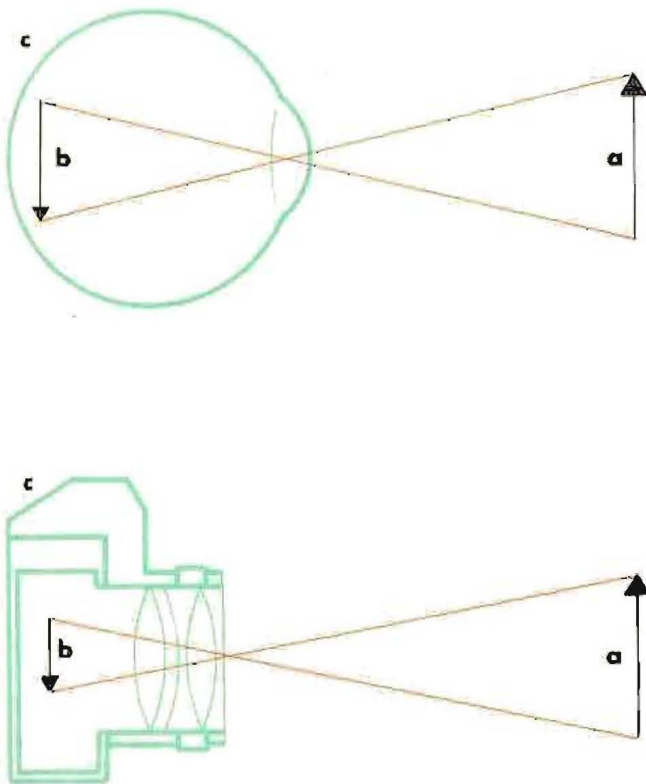


Figura 11. — La imagen de un objeto que se halla ante nuestros ojos se reconstruye, empequeñecida e invertida, en la retina. El mismo proceso se realiza en un aparato fotográfico.

en el fondo, donde se encuentra situada la parte sensible llamada retina. Esta, a su vez, recoge la imagen y la transmite al cerebro por medio del nervio óptico. Este mecanismo, aparentemente sencillo, nos da la visión de lo que nos rodea. (Figura 11.)

La persistencia de las imágenes

La imagen que se proyecta en nuestra retina no desaparece inmediatamente después de cesar la causa que la produce. En la práctica, permanece *grabada en aquélla* durante alguna fracción de segundo.

Si miramos un objeto a través de un obturador que gire primero a velocidad lenta, más rápida después, veremos inicialmente la imagen a intervalos, vacilante, dado que nuestro ojo ve la imagen y el obturador negro. Si se hace aumentar la velocidad, la imagen del objeto toma ventaja sobre el período de oscuridad provocado por el obturador. Esto nos sucede porque la imagen formada del objeto persiste grabada en la retina aun después de que el obturador la oculte. Aumentando la velocidad de rotación del obturador hasta un cierto punto, deja de advertirse su presencia, lo que ocurrirá cuando el tiempo de persistencia de la imagen en la retina sea igual al que el obturador mantiene oculto el objeto.

Este fenómeno no es un descubrimiento de hoy. Ya en el siglo pasado —un período rico en descubrimientos— algunos observaron tal cir-

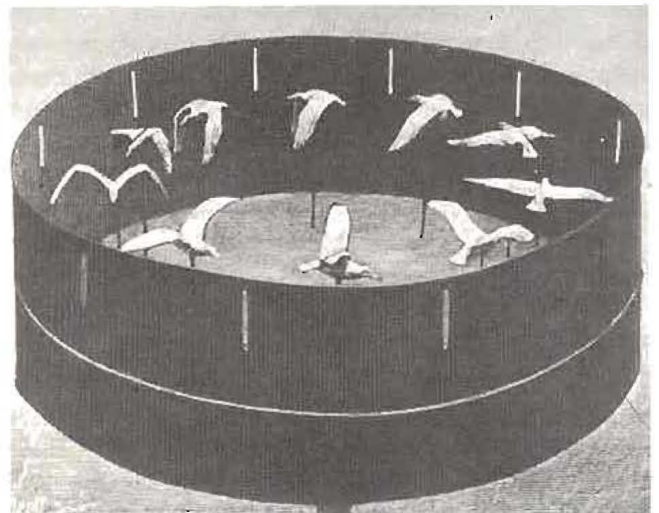


Figura 12. — Basándose en el fenómeno de la persistencia de las imágenes en la retina, Marey construyó, en el siglo pasado, este "zootropo". Observando el disco de rotación, a través de las ranuras se veían las figuras de la periferia interior, y de este modo se creaba una ilusión del movimiento.

cunstancia y trataron de encontrar los medios para traducirla a resultados prácticos que permitieran la demostración en el plano mecánico de la sensación óptica del movimiento.

Así, por ejemplo, uno de los aparatos más ingeniosos e interesantes en lo que respecta a la reconstrucción del movimiento lo fue el *zootropo* de Marey. Este, con un *fusil fotográfico* especial, tomó una rápida secuencia de imágenes de aves en vuelo a partir de las cuales seleccionó diez fases sucesivas del de una gaviota.

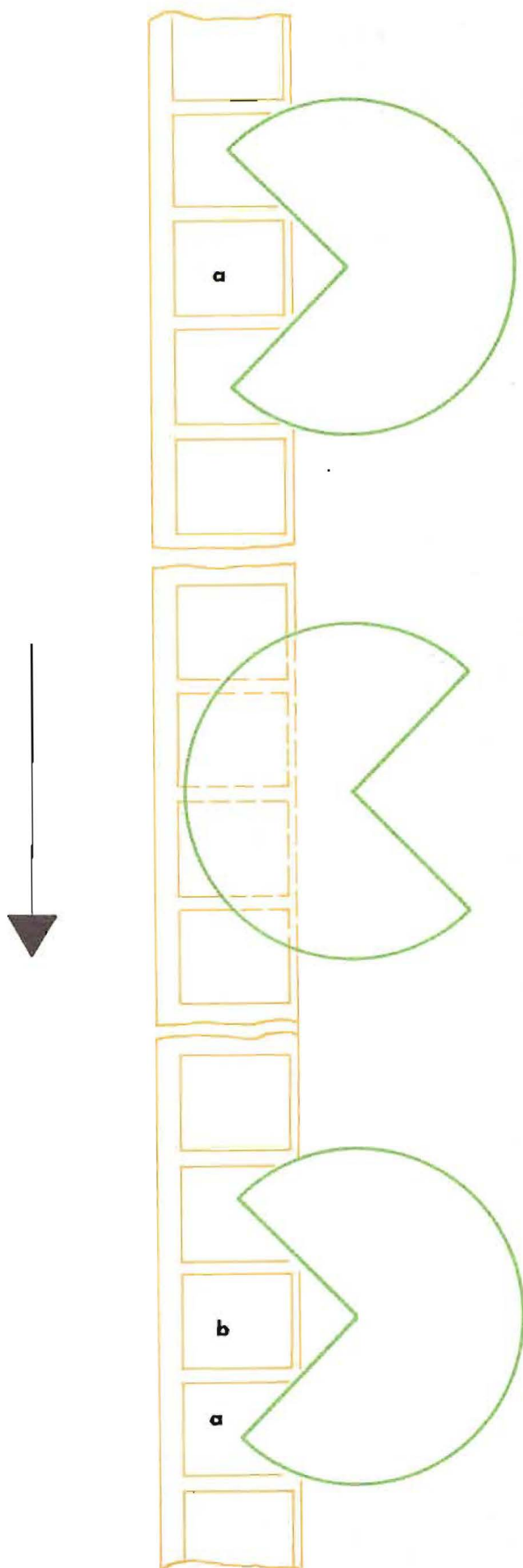
Estas imágenes, situadas en la periferia interna de un disco ranurado, reproducían la sensación de movimiento, cuando se veían a través de dichas ranuras cuando la rueda giraba a gran velocidad. (Figura 12.)

Estos experimentos fueron el origen del cine actual, el cual funciona, como todos sabemos, de esta forma: por el proyector pasa una cinta con millares de fotogramas que se detienen ante el objetivo durante un brevísimo espacio de tiempo. Cada fotograma reproduce una imagen completa; si ésta es fija, los fotogramas son iguales entre sí y el resultado es idéntico al que se obtendría proyectando un solo fotograma fijo. Si, en cambio, el sujeto está en movimiento, la imagen del fotograma difiere en pequeños detalles, que reproducen variaciones graduales del movimiento de aquél. Por ejemplo, el desplazamiento de un sujeto de un lado al otro de la pantalla se fotografía en diversas posiciones intermedias, que después se proyectan en la misma sucesión y a la misma velocidad con que fueron fotografiadas. (Figura 13.)

Los proyectores que funcionan en la actualidad en las salas cinematográficas proyectan veinticuatro fotogramas por segundo y proporcionan resultados de absoluta realidad. También existen proyectores que funcionan a dieciséis fotogramas por segundo, lo cual representa el límite mínimo en que la persistencia de la imagen de la retina no es suficiente para ocultar el movimiento del obturador.

Con la cadencia más rápida, el ojo del espectador puede seguir el movimiento normal del objeto proyectado en la pantalla sin que le moleste la sucesión de los fotogramas gracias a la persistencia de la imagen en la parte sensible de la retina.

Figura 13. — El cinematógrafo se basa en el mismo principio. Se proyecta una serie de imágenes diferentes entre sí, y se obtiene el efecto natural del movimiento. Un obturador giratorio tapa la película en el momento en que cambia el fotograma, y la descubre en el instante en que permanece detenida para la proyección.



Otro ejemplo del fenómeno de la persistencia de la imagen en la retina es el siguiente: se dibuja una jaula en un trozo de cartulina blanca, y un canario en la cara opuesta y se sitúa en cualquier dispositivo que le haga girar; por ejemplo, un motorcito o cualquier otro sistema mecánico. Cuando gire con lentitud se ven alternativamente la jaula y el pajarito. Al aumentar la velocidad en cierto punto se tiene la sensación de que el canario ha entrado en la jaula, porque se verán al mismo tiempo la jaula y el pájaro. (Figura 14.)

Tal como hemos visto, la cinematografía se basa en este principio de sucesión de imágenes que permanecen ante nuestros ojos durante un determinado período de tiempo.

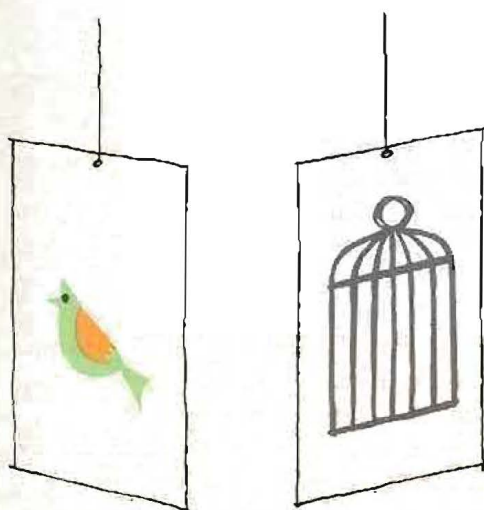


Figura 14. — He aquí una sencilla prueba fácil de realizar. Se trata de dibujar una figura en una cara de cartulina y otra en el reverso. Haciendo girar velozmente la cartulina se tiene la visión de las dos imágenes superpuestas.

Un ejemplo práctico. La célula fotoeléctrica

Gracias a esa propiedad fundamental de nuestro sentido visual —la persistencia de las imágenes—, cuando se nos oculta el objeto que previamente ha impresionado nuestro sentido de la vista, la sensación que ha producido en el cerebro —la imagen— no desaparece instantáneamente, sino que perdura durante una fracción de segundo.

En este aspecto el ojo humano se comporta de forma muy parecida a como lo hace una resistencia LDR. Este dispositivo —presente en muchos modelos de televisor como control automático de intensidad luminosa— no es más que una resistencia cuyo valor en ohmios depende de la iluminación que recibe. De ahí su nombre en inglés: Light Dependent Resistor (LDR), es decir, resistencia dependiente de la luz. Expresado de otro modo, se trata de una resistencia cuyo valor óhmico depende de la luz que la ilumina.

Para dar una idea cuantitativa del comporta-

También la televisión aprovecha esta particularidad del ojo humano: en efecto, una rápida sucesión de impulsos electrónicos, obtenidos por medio de procedimientos diferentes de los cinematográficos, reconstruye en la pantalla la imagen y su sensación de movimiento.

Aunque más adelante hemos de ocuparnos en detalle de esta importante cuestión, bueno será anticipar que también la imagen televisiva se basa en el fenómeno de la persistencia de la imagen en la retina del ojo humano. Esa imagen no es tal, sino una sucesión de ellas formadas por puntos que a su vez forman líneas en rapidísima sucesión. La apariencia de esos puntos crea la sensación visual de imagen.

miento de estas resistencias especiales pondremos un ejemplo. Una LDR Miniwatt B8 731 O3, si permanece en oscuridad absoluta durante unos veinte minutos, presenta una resistencia de unos 10 M Ω , en tanto que si la colocamos en un medio con una intensidad luminosa similar a la de un día con sol su resistencia es tan sólo del orden de unos 200 Ω . Esa variación en el valor óhmico se produce aproximadamente en una centésima de segundo en el momento en que la luz incide en la LDR.

Tanto el ojo como la LDR se impresionan al ser iluminados. El primero lo manifiesta dando la sensación de la visión; la resistencia, disminuyendo su valor óhmico. Ambos responden con gran rapidez al tipo de impresión que tiende a excitarlos. Pero no acaba aquí la semejanza. Veamos: si después de ser iluminada se coloca la LDR en la oscuridad, su resistencia de 200 Ω no pasa con rapidez al valor 10 M Ω —que como hemos dicho es el que debe tener en plena oscuridad—, sino que no lo alcanza de nuevo hasta después de determinado tiempo.

Fijemos la atención en este punto: cuando cesa la causa que ha excitado el dispositivo —la iluminación—, no cesa rápidamente el efecto (resistencia baja de la LDR), sino que en el dispositivo persisten por algún tiempo los efectos de la excitación.

Esto es exactamente lo que ocurre en el ojo humano: a pesar de que las células de la retina, una vez iluminada, se impresionen con suma rapidez, cuando la causa de la sensación desaparece persisten en aquéllas, por un breve espacio de tiempo, los efectos de la impresión luminosa recibida; es decir, la imagen. Sin embargo, esa permanencia no es de minutos como en las LDR, sino del orden de décimas de segundo.

Esa falta de rapidez en la recuperación de nuestro sentido visual, esa limitación en la rapidez de observación de los fenómenos, que quizás desde el punto de vista fisiológico pudiera constituir un defecto, es sin lugar a dudas la propiedad que ha hecho posible la existencia de estos dispositivos de recreo visual que en la actualidad nos rodean —el cine y la televisión—, porque gracias a ella —es decir: a la persistencia de la imagen en la retina— una sucesión de imágenes que se presente con determinada rapidez da la sensación de continuidad por quedar compensado el paso de una imagen a la siguiente por el breve tiempo de permanencia en la retina de cada imagen aun después de haber desaparecido.

Según esto, todos los fenómenos que tengan lugar a intervalos de tiempo inferiores al de la persistencia de las imágenes en la retina (1/10 de segundo aproximadamente), los verá como continuos el ojo, debido a lo ya dicho: cuando aparece cada uno de ellos existe todavía en la retina la imagen del anterior.

Esto explica todos los experimentos anteriores.

Existe otra limitación del ojo que, al igual que la persistencia de las imágenes en la retina, nos interesa para el estudio de la televisión. Se trata del poder separador del ojo humano.

Poder separador del ojo

Existe una limitación con respecto a la distancia mínima que debe mediar entre dos puntos para que puedan verse separados al observarlos desde una distancia dada. Si entre esos dos puntos existe una separación menor de la que exige dicho límite darán la sensación de encontrarse juntos. Es decir: el ojo no los distingue, ya que para él esos dos puntos aparecen como si se tratara de uno solo.

De ello se deduce que la limitación del ojo humano es *angular*. Puede distinguir dos puntos mientras el ángulo de visión preciso para observarlos sea igual o superior a un cierto ángulo al que corresponde la máxima agudeza visual.

Tratamos de explicarlo en la fig. 15. Si el ojo mira a un objeto A situado a una distancia d , trazando dos rayos por los extremos A' y A'' que parten del ojo, éstos formarán el ángulo θ . Este es el ángulo de visión o ángulo visual del objeto A para la distancia d . Si se separa A hasta una distancia d' , el ojo lo verá bajo un ángulo visual θ' , siendo inferior a θ .

A medida que el objeto se va alejando del ojo el ángulo θ va siendo menor y los dos puntos A' y A'' extremos de A se ven cada vez más juntos, hasta llegar a una distancia D a la que el ojo no puede distinguirlos. Si esos dos extremos del objeto fueran puntos, no sería posible verlos separados. El ángulo θ_1 correspondiente a esa distancia es el ángulo límite de poder separador del ojo. Todos los puntos vistos desde un ángulo de visión inferior se confunden; el ojo no podrá apreciarlos separados.

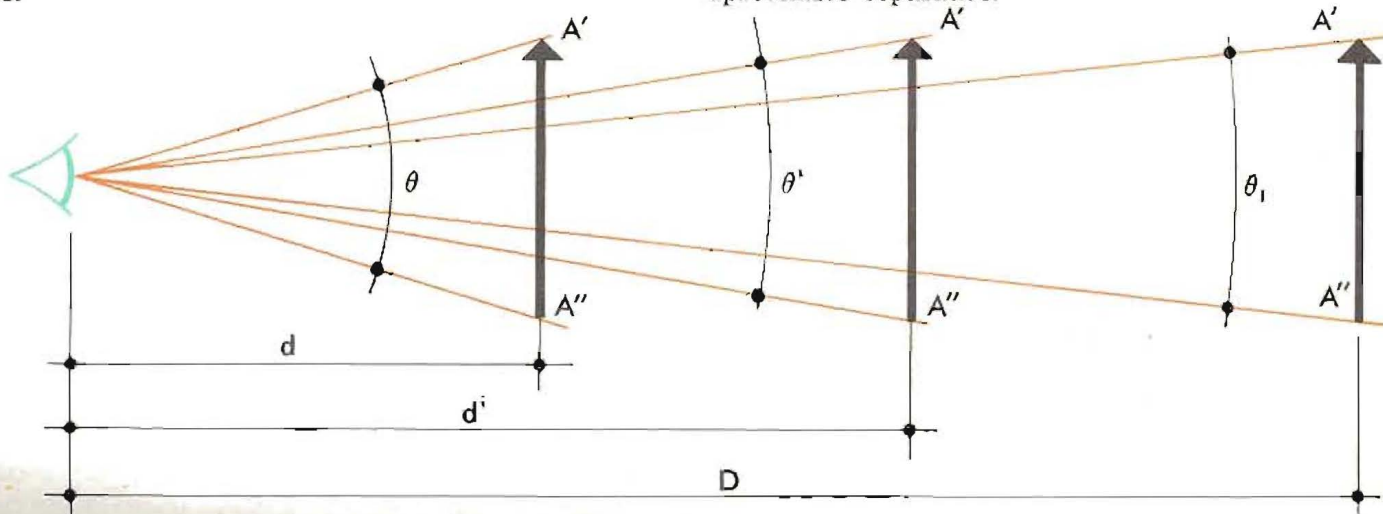


Figura 15. — Gráfico explicativo de la agudeza visual. Véase descripción en el texto.

Esto explica por qué los detalles de los objetos pueden distinguirse mejor de cerca que de lejos, puesto que cuanto más cerca estemos, bajo mayor ángulo se ve el objeto, por lo cual pueden distinguirse más puntos próximos entre sí.

Existe, pues, un límite para el ojo humano en lo que a distinguir detalles se refiere. Este límite viene dado, por una parte, por el ángulo de visión mínimo —que es aproximadamente de 1 minuto, cinco mil cuatrocientas veces más pequeño que un ángulo recto— y por otra por la distancia bajo la que se observa el objeto.

Esta otra limitación del ojo fija a su vez límites en la necesidad de detalle en las imágenes. Dicho de otro modo: cuando se quiere contemplar la imagen de un objeto determinado que se supone constituida por una enorme multitud de puntos muy próximos entre sí, se distingue cierto número de dichos puntos, número que depende de la distancia a que se observe el objeto. Con ello se pierde la visión del resto de los puntos y, por ende, los detalles diminutos que representan.

Puede deducirse de ello que existe una relación entre el detalle apreciado en una imagen y la distancia a que se observa: a menor distancia de observación, más detalle aparece.

A pesar de esto, un objeto no puede acercarse indefinidamente al ojo, puesto que a distancias inferiores a unos centímetros —punto próximo del ojo— dejan de verse con claridad los objetos. Pero esto no es todo; si bien se gana en detalle al reducir la distancia de observación, se pierde campo visual —es decir: se ve menos zona del objeto observado—, y si se quiere ampliar el campo visual sin aumentar la distancia hay que «forzar la vista», hay que desacomodar el ojo.

Podemos completar lo dicho referente al detalle de la imagen con lo que sigue: para ver en su totalidad un objeto determinado sin forzar la vista —o sea, colocando el objeto dentro del campo visual cómodo— debemos observarlo desde una distancia determinada, pero a esa distancia corresponde un determinado detalle. Si se pretende ver más detalles del objeto, al perder campo visual deja de percibirse entero; sólo es fácil ver la zona próxima al detalle que ha interesado.

Estamos, pues, en un dilema: si se quieren apreciar detalles muy finos hay que reducir el campo visual. Si se quiere observar más campo debe sacrificarse el detalle.

EL OJO Y EL TELEVISOR

El principio del funcionamiento del ojo difiere mucho del de un aparato receptor de televisión y es extraordinariamente más complejo. En efec-

Como regla práctica debe tomarse la siguiente: se verá con comodidad y entero un objeto cuya dimensión máxima en sentido perpendicular al eje visual sea unas cinco veces menor a la distancia entre el punto en que se coloca el ojo del observador y el objeto observado.

Aunque sea adelantar acontecimientos, veamos qué conexiones existen entre estas propiedades del ojo y la televisión.

Lógico es que el espectador desee ver la pantalla entera sin forzar la vista. Para ello deberá situarse a una distancia por lo menos superior a unas cinco veces el diámetro de la pantalla —distancia mínima para visión cómoda—; pero a esa distancia sólo podrá apreciar determinado grado de detalle. Si el televisor da una imagen con más detalle del que a esa distancia se puede observar de nada sirve, puesto que tampoco lo apreciamos.

En televisión no es, pues, necesario reproducir con absoluta fidelidad las imágenes. Basta únicamente hacerlo en la medida en que somos capaces de analizarlas al observar la pantalla del televisor. Querer reproducir más detalle es superfluo.

Este punto es de suma importancia en TV, pues, como más adelante veremos, sirve para comprender el porqué de algunas cifras elegidas en las normas de televisión.

Esperamos se comprenda ahora nuestra afirmación inicial al asegurar que el espectador juega un papel activo en la televisión; un papel tan importante dentro del mecanismo total del televisor como el de los circuitos electrónicos.

Si pudo parecer un poco apartada del tema la mención del ojo humano, queda ya justificada. Para la comprensión de buena parte de lo que sigue bueno será retener algunos puntos.

1. La sensación de la imagen persiste en nuestra retina aproximadamente 1/10 de segundo después de haber cesado la causa que la ha producido.

2. El ojo humano no puede distinguir dos puntos vistos bajo un ángulo visual inferior a 1 minuto.

3. El ojo humano no es capaz de observar con comodidad objetos cuya dimensión máxima sea superior a la quinta parte de la distancia entre el ojo y el objeto observado.

Todas estas afirmaciones son válidas para un ojo normal, clínicamente desprovisto de defectos.

to: mientras que el aparato de televisión recibe solamente una onda de radio portadora de una sola información en cada instante, el ojo capta in-

numerables ondas luminosas. La retina está formada por unos 137 millones de pequeñísimas fibras nerviosas, cada una de las cuales se comporta como una antena y está unida a una parte del cerebro mediante su propio hilo conductor. Los 137 millones de hilos conductores forman el nervio óptico. Cada una de las *antenitas* de la retina capta una onda luminosa procedente de una pequeñísima parte del campo visual. En su hilo conductor se forma una corriente de neuronas que lo recorre y alcanza el cerebro, donde se transforma en sensación; es decir, en la visión de la parte del campo visual del que procedía la onda luminosa.

El ojo capta simultáneamente los 137 millones de ondas luminosas.

Como es natural, no se puede poner en práctica la televisión partiendo del principio del funcionamiento del ojo, ya que es imposible captar con simultaneidad millones de ondas de radio con otras tantas antenas receptoras.

La visión de lo que nos rodea sería suficiente aun con un número mucho menor de fibras de la retina.

Con diez mil *antenas* la visión sería adecuada para la mayor parte de nuestras ocupaciones; pero no nos sería posible distinguir los objetos muy pequeños o los detalles finos de los objetos grandes; perderíamos agudeza, ya que entonces el ángulo de visión distinta sería algo mayor. Pero aun así tampoco sería posible llegar a un resultado práctico para su aplicación en televisión, incluso utilizando el sistema de visión reducida de sólo diez mil antenas, dado que tanto la estación emisora como el aparato receptor tendrían que estar provistos de diez mil antenas.

Analicemos cuál es nuestra posición ante el problema. El ojo humano es capaz de percibir, de ver simultáneamente varios millones de puntos distintos del campo visual, disponiendo para cada uno de ellos de un sistema de transmisión (el nervio óptico) que transporta al cerebro la información recibida por cada una de los millones de células, donde en un proceso complicado de síntesis se ordenan todas las informaciones recibidas para dar una imagen del campo que ha visto el ojo.

El sistema equivalente en televisión sería: descomponer la imagen a transmitir en gran cantidad de puntos, analizar el estado de brillo (entre el blanco y el negro) de cada uno de ellos, disponer de un sistema de transmisión de la información de brillo para cada punto y de un sistema de recepción. Esto conduciría a la necesidad de poseer tantas ondas portadoras como puntos y,

por tanto, un número de antenas inaceptable dada la complejidad del sistema.

Tan sólo disponemos de una onda portadora y de una antena; y con tan pocos elementos hemos de transmitir las imágenes a distancia.

Sabemos que una portadora, una vez modulada, puede transportar en cada instante una sola información, y por tanto transmitir un solo punto. ¿Cómo conseguir transmitir todos esos puntos de la imagen? Puede surgir una idea recordando la persistencia de las imágenes en la retina. En efecto. Si podemos transmitir un punto en cada instante y sólo uno, ¿por qué no transmitir en un orden predeterminado, uno tras otro, todos los puntos que constituyen una imagen? En cada instante aparece un solo punto en la pantalla; pero si el siguiente aparece en un tiempo tan breve que la imagen del anterior todavía subsiste en la retina, son dos los puntos que se verán, y si se puede transmitir con suficiente rapidez todos los puntos de la imagen en un tiempo inferior al de persistencia de las imágenes en la retina dará la sensación de que todos los puntos son transmitidos al unísono y por consiguiente que son imágenes completas lo que se modula en las portadoras en vez de puntos.

El primer paso para llegar al verdadero sistema es, pues, descomponer la imagen en puntos. Se comprende que cuantos más puntos haya como resultado de esta descomposición, mayor definición tendrá la imagen. Ahora hay que materializar esos puntos, deben conseguirse a base de algo de que dispongamos, células fotoeléctricas, por ejemplo.

El detalle de la imagen y el problema de la transmisión

Tomemos una hoja de árbol o cualquier cosa parecida y dejémosla sobre alguna superficie; si se espolvorea con talco, al retirar la hoja queda la impresión de su contorno. Pero si realizamos la prueba con arroz tendremos una imagen menos definida; finalmente, con pequeñas piedrecitas sólo tendremos una débil idea de la forma original de la hoja. (Figura 16.)

Si la hoja estuviera colocada sobre un mosaico de células fotoeléctricas, podríamos obtener también su contorno iluminándola, ya que darían señal sólo las células iluminadas (las exteriores a la hoja). El perfil sería tanto más preciso cuanto más pequeños fueran los puntos que ocupan las células o sea cuantas más células pudieran colocarse por unidad de superficie.

En consecuencia: si el material usado es muy

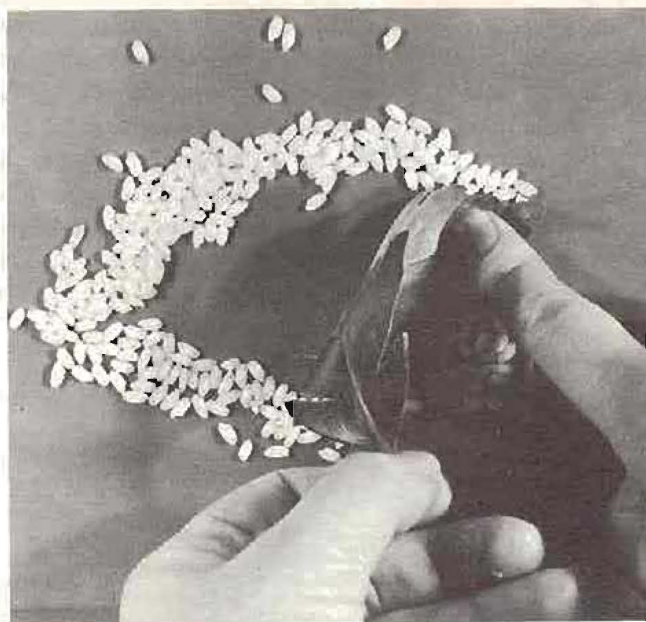


Figura 16. — Las dos fotografías muestran que la huella que deja una hoja espolvoreada con polvos de talco es más nítida que la que deja una sustancia menos fina, como por ejemplo arroz.

fino, la marca queda bien detallada; mientras que si los gránulos que componen el material usado son gruesos, el contorno sólo es aproximado.

Todo esto prueba cómo es posible en la práctica proceder a una descomposición en puntos de la imagen.

REPRODUCCION DE UNA IMAGEN POR PUNTOS

Veamos una aplicación práctica de los dos sistemas examinados, tratando en ambos casos de llegar a una transmisión a distancia de la imagen *sujeto*.

Antes de la transmisión, la imagen televisada debe ser descompuesta en puntos que —transformados en impulsos eléctricos y adecuadamente amplificados— se confían a la onda portadora del transmisor. Ahora veremos cómo se descompone la imagen.

En el caso de la televisión, trabajando con fuentes luminosas, tenemos la posibilidad de variar la intensidad de la fuente de luz que reconstruye la imagen, eligiendo el tono que mejor se adapte al del original.

Dicho de otra manera: entre la extinción y el encendido a todo brillo de una lámpara, es posible disfrutar de una gama intermedia de tonos casi infinita.

El procedimiento es bastante sencillo: imaginemos disponer de numerosas células fotoeléctricas dispuestas de forma que en conjunto se forme un mosaico. En la práctica se disponen lo más cerca posible una de otra. Después se unen a otros tantos amplificadores, cada uno de los cuales, a su vez, está conectado por medio de un cable a una lámpara que ocupa en el mosaico la misma posición que la célula. (Figura 17.)

Cuando se ilumina una célula con un sistema óptico se enciende la lámpara correspondiente; si se hace desplazar en sentido horizontal el sistema óptico, las lámparas de la hilera se encienden, una tras otra. Si este movimiento es muy rápido

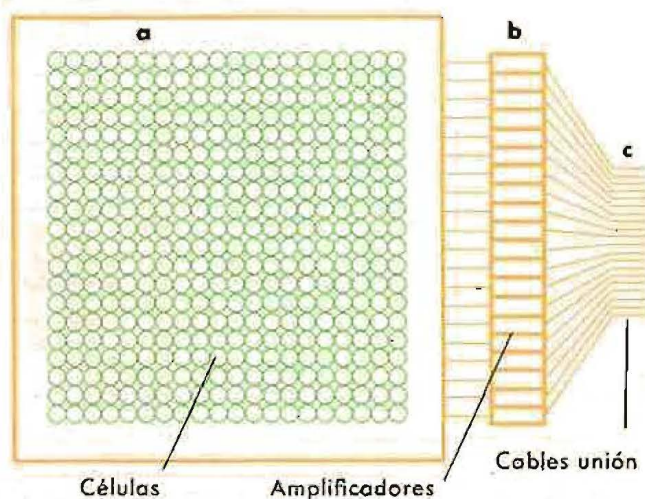


Figura 17. — Para intentar transmitir imágenes por el sistema de descomposición en puntos es necesario disponer de una pantalla de toma de mosaico de células fotoeléctricas. Se trata de construir un cuadro en que las células fotoeléctricas estén dispuestas lo más próximas posible entre sí y de forma rigurosamente geométricas.

y se aplica a todo el cuadro, se tiene la impresión de que todas las lámparas están encendidas; pero en realidad no se trata de una acción continua, sino de un fenómeno de intermitencia rápida que nuestros ojos no perciben. ¿Y si se interpone entre el rayo luminoso y las células un diseño opaco extendido a todo el cuadro? Pues sucede que las células que no reciben luz no dan el impulso para encender las lámparas, y así se reproduce

la imagen opaca que había tapado algunas de las células fotoeléctricas. Es evidente que, en este caso, se obtiene la descomposición de la imagen en un número de puntos correspondientes al número de células, y la reconstrucción de la misma imagen por obra de otras tantas lámparas. (Figuras 18, 19 y 20.)

Las células fotoeléctricas de este ejemplo sólo tienen dos posibilidades de reacción: pueden dar

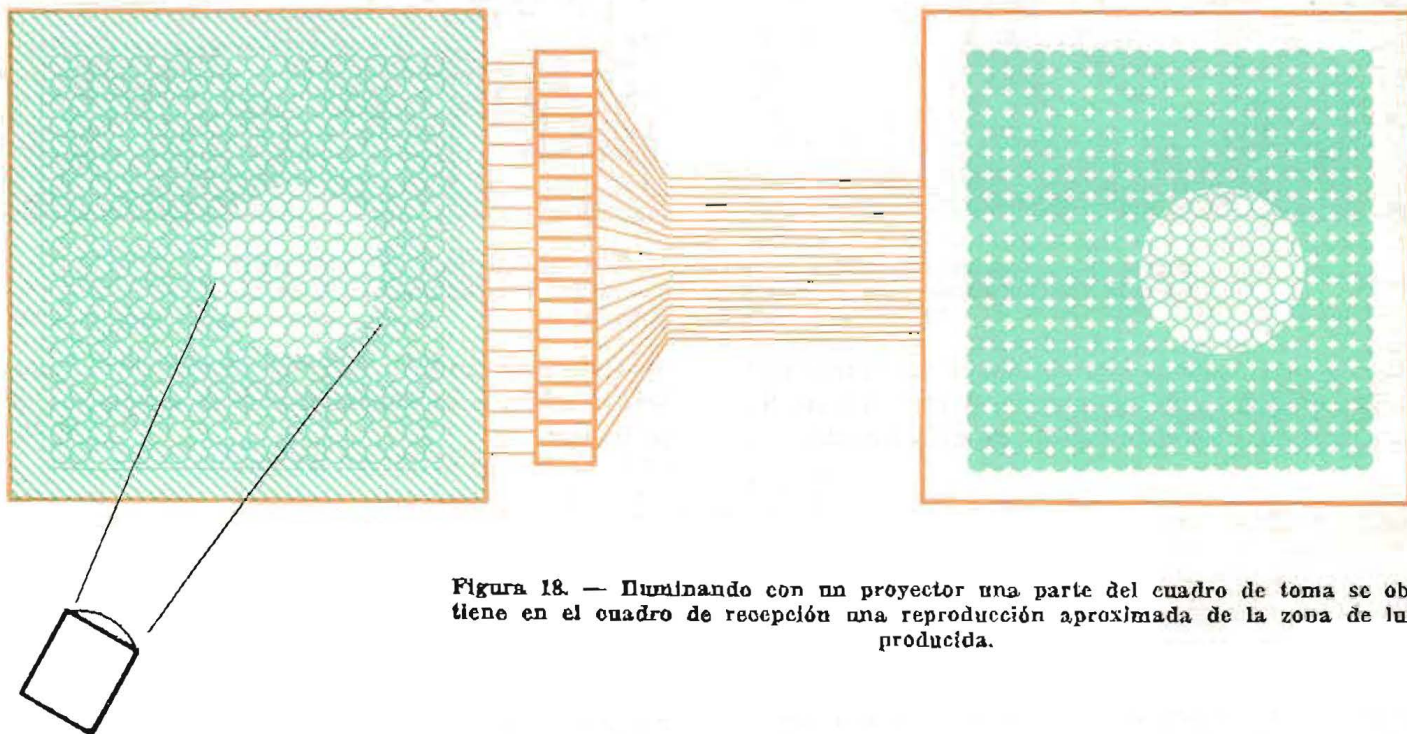


Figura 18. — Iluminando con un proyector una parte del cuadro de toma se obtiene en el cuadro de recepción una reproducción aproximada de la zona de luz producida.

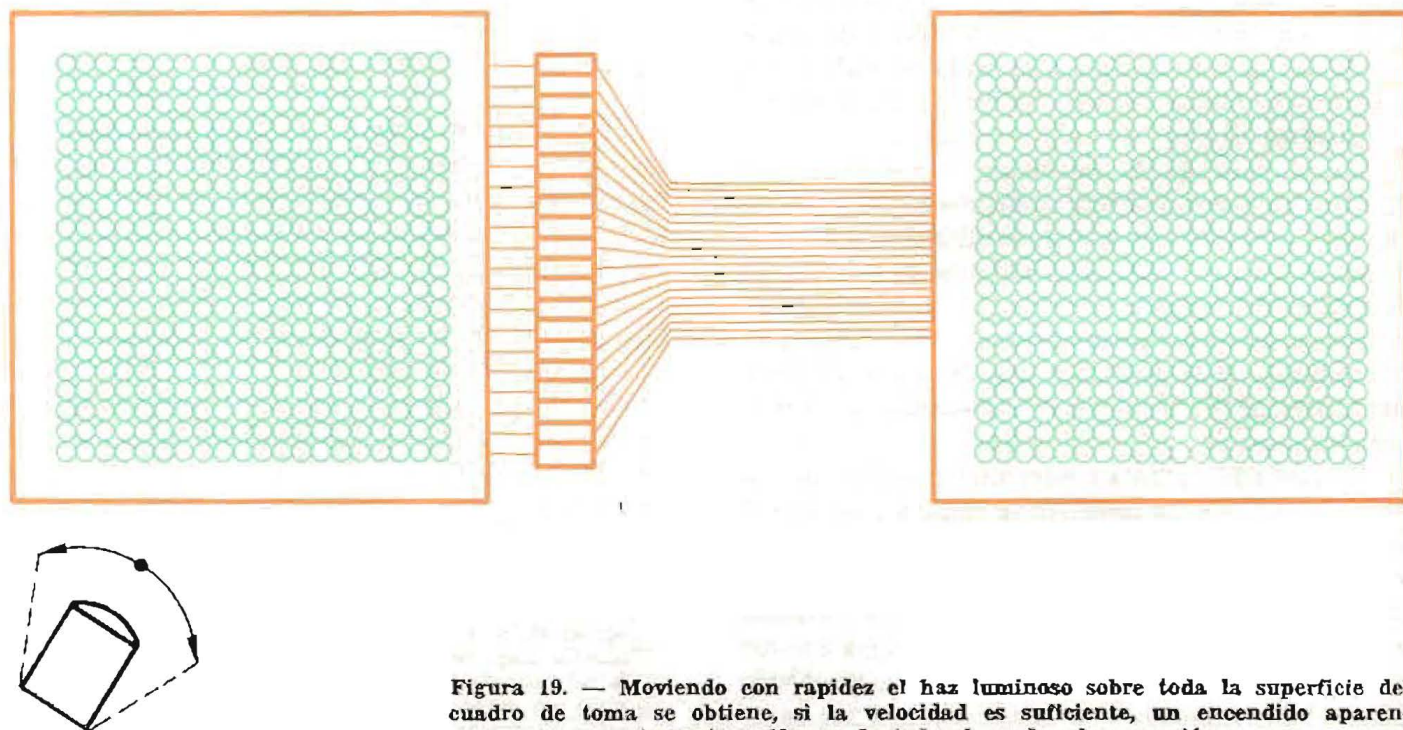


Figura 19. — Moviendo con rapidez el haz luminoso sobre toda la superficie del cuadro de toma se obtiene, si la velocidad es suficiente, un encendido aparentemente uniforme de todo el cuadro de recepción.

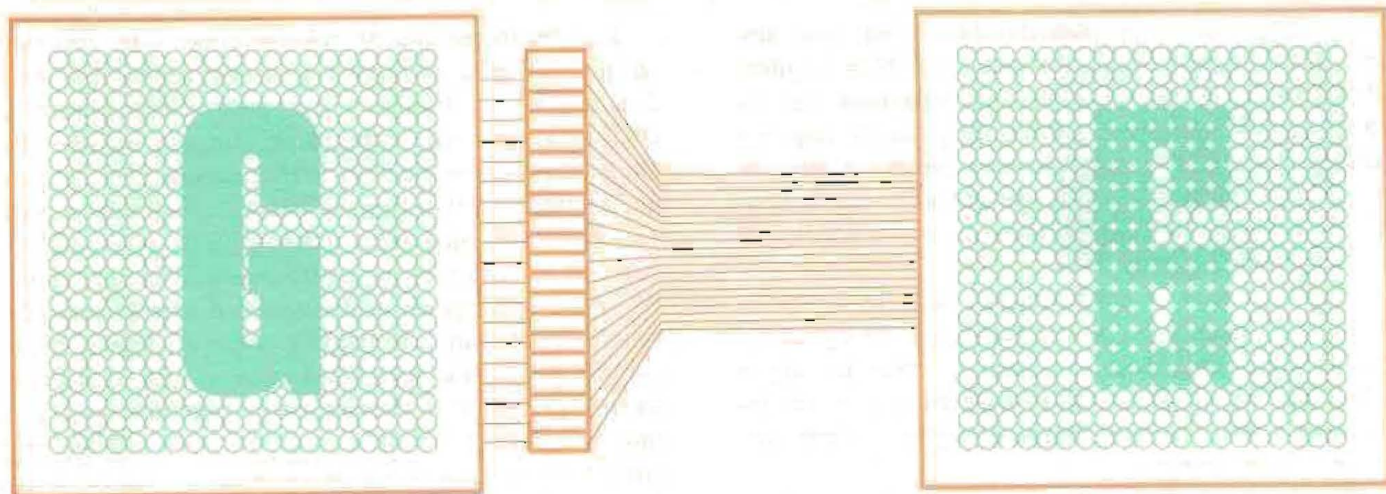


Figura 20. — Al interponer entre la fuente de luz y el cuadro de toma una pantalla opaca de configuración determinada, se obtiene su reproducción en la pantalla de recepción. Como es natural, la imagen obtenida es imperfecta, dada la imposibilidad de construir lámparas tan pequeñas que puedan agruparse juntas sin dejar espacios vacíos.

corriente si las excita el haz luminoso, o pueden quedar en condiciones de inercia si están en la zona oscura de la imagen.

Existe también, no obstante, la posibilidad del desvanecimiento; es decir, del tono en el cual no se está ni en la zona oscura ni en la luminosa, sino en un punto de gris.

En este caso, la célula fotoeléctrica excitada por una luminosidad intermedia da al amplificador una intensidad de corriente más baja, lo cual hace que la lámpara se ilumine menos. De esta forma es también posible la reproducción de los tonos de una imagen además de sus contornos. Aunque, a primera vista, la idea ilustrada por las figuras 19 a 20 da la impresión de ser de fácil realización, no puede conseguirse prácticamente dado el elevado número de células fotoeléctricas, de amplificadores y de lámparas de reproducción necesario para su puesta en práctica. Además, no se llegaría a obtener una imagen perfectamente detallada dado que es prácticamente imposible construir un número enorme de células fotoeléctricas de tales características que situadas juntas entre sí no dejen espacios vacíos, y cuya superficie sea de orden infinitesimal.

Si, por ejemplo, se quisiera utilizar este sistema para transmitir una imagen equivalente, desde el punto de vista de la nitidez, a la reproducida en un periódico diario, habría que disponer de tantos elementos sensibles y de tantas lámparas, de dimensiones reducidísimas, como fueran los puntos que compusieran la imagen reticulada. En el caso más tosco, habría que contar con unas

mil células y lámparas por cada centímetro cuadrado.

Es fácil ver que la imagen situada delante del mosaico de células fotoeléctricas es clara en cuanto a sus detalles, pero que la reproducción no tiene esta nitidez, sino que es reconstruida toscamente por las lámparas.

Todo lo dicho no tiene otra utilidad que la de facilitar la comprensión práctica del funcionamiento actual de la televisión, que dé a conocer las dificultades prácticas que presenta el problema de la reproducción eléctrica de la imagen, y los principios fundamentales de la TV que intervienen en la composición y en el análisis de los pequeños sectores de una imagen en estrecha unión entre sí. Lo que hemos visto no tiene, como hemos indicado, aplicación práctica, pero dirige a un interesante análisis de la técnica actual de transmisión y recepción de las imágenes.

Reproducción de una imagen por puntos

Puede parecer extraño, pero se puede decir que en la naturaleza no existe el gris ni sus infinitas tonalidades. Existen sólo el blanco y el negro, que mezclados entre sí dan las tonalidades intermedias.

También sucede lo mismo, en forma más compleja, con los colores; pero éste es un tema distinto que trataremos más adelante.

Hacer gris quiere decir mezclar blanco y ne-

gro, pero de tal modo, entiéndase bien, que ambas tintas sigan siendo lo que son. Nos explicaremos mejor: imaginemos que tomamos un tubo de gouache blanco y otro de gouache negro y examinamos al microscopio una pizca de su contenido. Veremos una serie de gránulos diminutos blancos o negros suspendidos en un vehículo de cola que los une.

Suponga que a continuación mezcla un poco de los dos gouaches, añade una gota de agua, revuelve todo bien con el pincel y traza un signo sobre un papel. Resultado: una raya gris de tonalidad más o menos intensa, según las proporciones de la mezcla.

Acaso crea usted haber creado un color nuevo, partiendo de dos iniciales, pero se engaña.

Observe su trabajo por medio de un microscopio: verá un conjunto de puntos *perfectamente negros* mezclados con *otros completamente blancos*. Si predominan los puntos blancos el gris es claro; si prevalecen los puntos negros, se obtiene un gris oscuro.

También una imagen fotográfica se basa en el mismo principio: sólo que en este caso basta con un solo color, el negro, pues el papel representa el blanco para la mezcla.

El negro proviene de los gránulos de plata oxidada que, con mayor o menor densidad, cubren la superficie de la fotografía.

Cuando están apiñados y cubren totalmente el soporte de papel, dan tono negro absoluto; allí donde la superficie cubierta sea igual a la libre se tiene gris medio; y finalmente, en las áreas por entero desprovistas de gránulos de plata aparecen blancos puros.

A veces, utilizando películas muy sensibles —cuyos gránulos de plata son mayores—, o bien con grandes ampliaciones, se puede ver con facilidad la estructura de esta trama.

Relación de áreas

El mismo problema se plantea en la imprenta; es necesario reproducir un fotograbado con muchísimos tonos de gris y se dispone solamente de dos elementos: el papel blanco y la tinta negra. La solución es similar a la ya señalada, con una variante: la cantidad de los puntos del fotograbado es siempre igual por unidad de superficie, y por tanto no varía su concentración, sino el tamaño de los puntos.

Estas variaciones de superficie —en la práctica, traducción de tonos en áreas— se realizan de manera automática, por medio de aparatos especiales.

Por tanto, se puede descomponer una imagen en puntos más o menos grandes según las graduaciones del blanco y del negro. Por ejemplo, si observamos una fotografía impresa en un diario advertiremos que no está impresa con la misma uniformidad entre el blanco y el negro que ven nuestros ojos. Las graduaciones intermedias entre el blanco y el negro no son uniformes, como las de una impresión fotográfica compuesta de muchísimos puntitos negros sobre el fondo blanco del papel. La tonalidad más o menos oscura de los grises está determinada por la superficie mayor o menor de los puntos. Cuando cubren por completo la superficie se obtiene el negro absoluto. La dimensión de estos puntos varía, pero es siempre tal que es preciso utilizar una lente para valorar sus características. Como es natural, cuanto más pequeños sean los puntos, más nítida aparece la fotografía en sus detalles.

Existen, en el caso de la imprenta, muchas posibilidades de elección en cuestión de la descomposición de las imágenes. Se pueden hacer de 25 a 60 o incluso 70 líneas de puntos por centímetro lineal; en estos últimos casos se obtienen imágenes de una uniformidad perfecta. Con este modo de descomponer la imagen es posible imprimir sobre papel común. Se obtienen así imágenes dotadas de diversas tonalidades de gris, reproducidas, con respecto al original, con una fidelidad y un detalle satisfactorios. (Figura 21.)

Como hemos dicho, en la práctica, un paso gradual de una zona blanca a una negra se debe a un aumento progresivo de la dimensión de los puntos negros que constituyen la imagen. Es evidente que cualquier imagen más o menos detallada puede ser descompuesta en puntos diminutos y después reconstruirse en la impresión de forma análoga.

Lo que varía la calidad de la imagen, no es otra cosa que el número de puntos que componen una unidad de superficie, por ejemplo un centímetro cuadrado. Esta característica se define como tramado; es decir, que al hablar de un fotograbado de 25 líneas se entiende que en un cuadrado de 1 cm, tomado de cualquier zona de la ilustración, existen 25 líneas de 25 puntos.

Se comprende que cuanto más fina sea la trama mejor es la calidad de la imagen.

Una vez más, una aplicación útil de nuestra civilización se basa en una de nuestras imperfecciones.

En efecto. Si nuestros ojos fueran absolutamente perfectos, no veríamos una imagen uniforme, sino una serie de puntos blancos y negros, lo mismo que los vemos con la ayuda de una

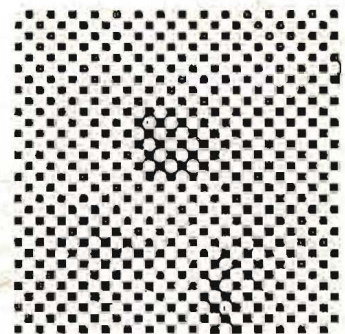
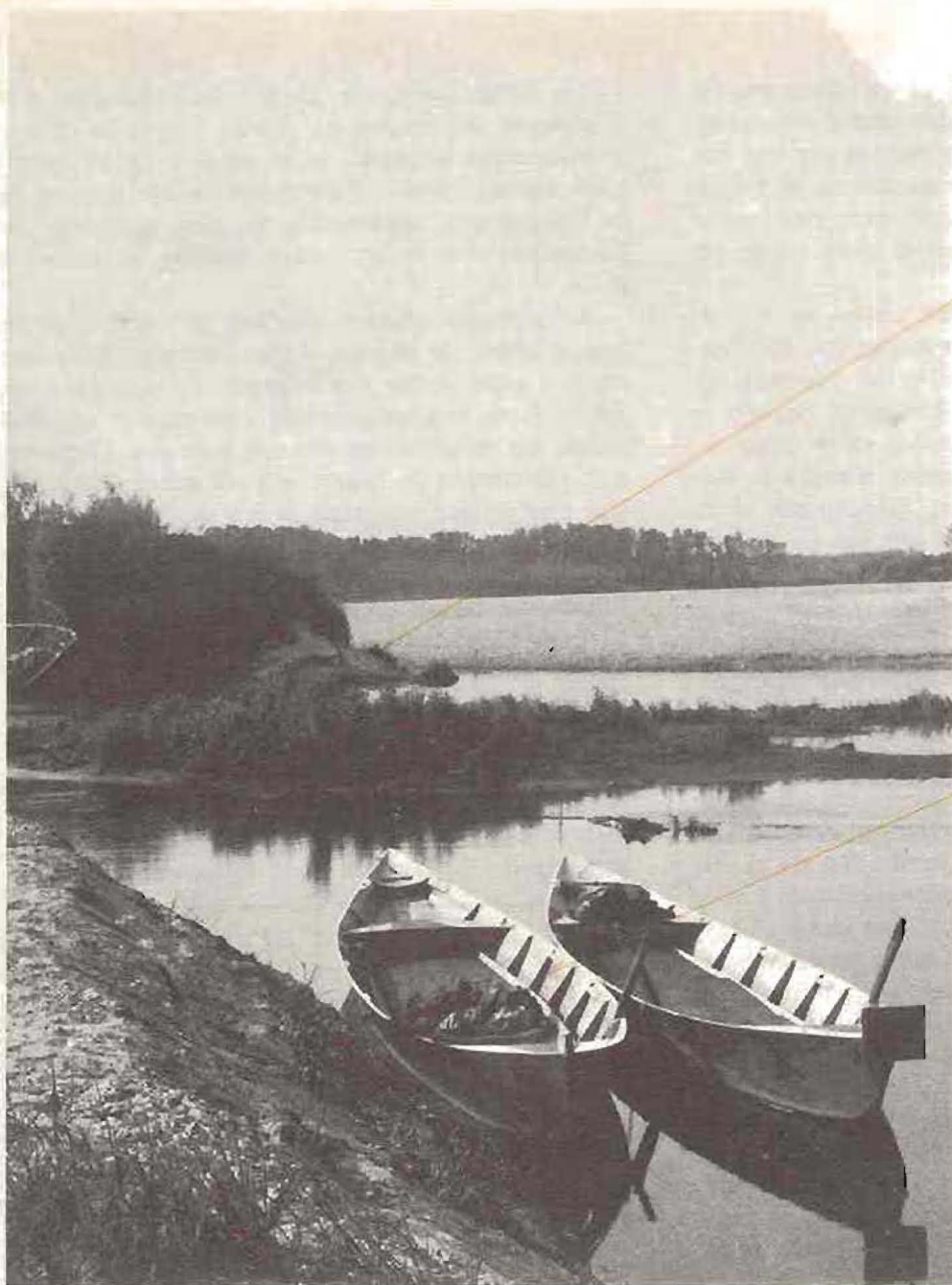


Figura 21. — Una ilustración de tonos grises variados, como la de la izquierda, está formada en realidad por dos únicas tonalidades: blanco y negro, representadas por puntos de diferente área uniformemente distribuidos. Están presentes tanto en los tonos claros como en los negros, como puede verse en los detalles ampliados.

lupa. Nuestros órganos visuales, sin embargo, tienen limitaciones y no hay riesgo de que *destaquen* a la perfección detalles de imagen demasiado pequeños, que se funden entre sí, exactamente igual que si se mezclasen dos tintas. A cierta distancia, los puntos negros sobre fondo blanco se mezclan para nuestros ojos y proporcionan al cerebro una sensación de gris. Si el predominio es de puntos negros, veremos un gris oscuro; y en caso contrario, veremos una tonalidad clara.

Como hemos visto, el sistema de reproducción de una imagen mediante la descomposición en puntos se adapta perfectamente a las aplicaciones gráficas, pero presenta excesivas dificultades para la realización de los aparatos de transmisión de las imágenes. No obstante la simplificación ofrecida por la posibilidad de variar el grado de ilu-

minación de las lámparas para obtener una intensidad de tono diversa, el sistema de puntos sigue siendo puramente teórico (fue enunciado entre 1875 y 1877 por los físicos ingleses Carley y Senlecq), y no ha hallado aplicación práctica alguna, ni siquiera en el laboratorio o en fase de experimentación.

El sistema de líneas se ha mostrado de más fácil realización y aplicación práctica, y hasta las más rudimentarias tentativas de realización de transmisión de las imágenes a distancia se han basado siempre en esta técnica de análisis por líneas.

No sólo la televisión emplea el sistema de descomposición de las imágenes en puntos, sino que, de modo más o menos parecido, también en fotografía y en imprenta se sintetizan las imágenes

mediante puntos. (Decimos *de modo más o menos parecido* porque, como podremos comprobar, para obtener un punto negro en televisión no hay necesidad de emplear tinta que oscurezca el fondo blanco, como en imprenta, ni de provocar transformaciones químicas en la sal de plata, como en fotografía.)

En televisión cada uno de los puntos de la imagen se obtiene por el impacto de un haz de electrones sobre la pantalla del tubo del televisor. Si los electrones del haz llegan con gran energía a la pantalla, el punto donde inciden se ve iluminado, blanco. Si la energía es menor decrece la iluminación: tendremos un gris. Finalmente, si la energía del haz es tan pequeña que los electrones no pueden excitar la capa fotosensible de la pantalla, el punto aparece como negro.

Tenemos ya una idea de cómo podría ser el sistema: se descompondría la imagen en puntos, mediante células fotoeléctricas o algo parecido, se analizaría la intensidad luminosa de cada punto (su brillo) y se modularía una portadora con la información de brillo, transmitiendo un solo punto cada instante y uno tras otro todos los de la imagen en un orden preestablecido. Ya en el receptor, se trataría de manera conveniente la información llevada por la portadora, que daría el brillo de cada punto; brillo que podría reproducirse modulando un haz de electrones que incidiría en el justo punto de la pantalla en que correspondería el punto a reproducir, de acuerdo con el orden en que se han transmitido los puntos.

Bueno, parece que el sistema puede funcionar; pero no adelantemos acontecimientos. Para tener en marcha el dispositivo hemos supuesto que nos daban ya hechas una serie de operaciones que debemos conocer perfectamente. Se ha hablado de descomponer la imagen en puntos. ¿Cómo se hace? Se ha visto la necesidad de analizar la iluminación de cada punto. ¿De qué manera? Se ha establecido un orden para la transmisión de los puntos. ¿Cuál es? Finalmente, se ha supuesto que todo el proceso se llevaba a cabo dentro de un tubo con una pantalla. ¿Cómo es ese tubo?

No podemos proseguir sin contestar y dejar claros todos estos enigmas. Empecemos por el primero: ¿cómo se descompone en puntos una imagen y cómo se lleva a cabo la exploración?

Cómo se descompone en puntos la imagen

Para llevar a cabo el proceso de análisis de una imagen, ésta debe descomponerse en un número determinado de zonas más o menos grandes a las que podemos considerar como puntos.

Se habla de zonas porque es imposible descomponer la imagen en puntos —por lo menos considerando el punto en el aspecto de su definición matemática—. Para nosotros los puntos de la imagen son unas zonas de muy reducidas dimensiones; es decir, puntos físicos, no matemáticos.

La primera parte a resolver es considerar en qué número de puntos debe descomponerse una imagen para poder reproducirla de manera aceptable. Esta pregunta puede contestarse considerando las propiedades del ojo humano. Llegamos a la conclusión de que el ojo no puede distinguir dos puntos por separado si los ve bajo un ángulo de visión inferior a un minuto, y que para una visión cómoda debe ver los objetos desde una determinada distancia mínima.

Pues bien, empecemos por determinar esa distancia para cada tamaño usual de pantalla.

La distancia mínima de visión cómoda es aproximadamente cinco veces la dimensión máxima del objeto a ver. De acuerdo con este principio, en el cuadro que sigue se han calculado estas distancias teniendo en cuenta que la dimensión máxima de la pantalla es la diagonal.

(1)	(2)
9	22'9
11	27'95
13	33
15	38'1
17	43'2
19	48'25
21	53'35
23	58'4
25	63'5
28	71'1
(3)	(4)
115'5 cm	0'35 mm
139'75 »	0'42 »
165 »	0'50 »
190'5 »	0'57 »
216 »	0'65 »
241'25 »	0'72 »
266'75 »	0'80 »
292 »	0'88 »
317'5 »	0'95 »
355'5 »	1'07 »

- (1) Diagonal de la pantalla en pulgadas (D).
- (2) Diagonal de la pantalla en centímetros aproximadamente (d).
- (3) Distancia mínima de visión cómoda (D).
- (4) Separación mínima entre dos puntos para que puedan distinguirse (aprox.).

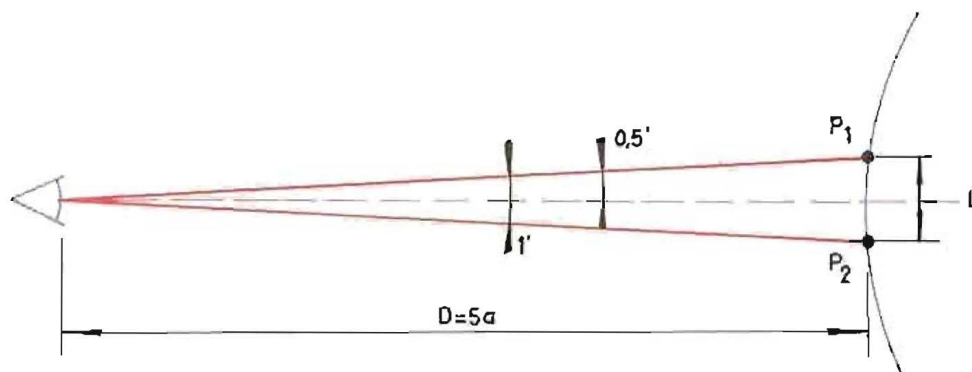


Figura 22. — La distancia L' entre los puntos P_1 y P_2 será la mínima para que P_1 y P_2 puedan verse separados si $L' = 2 D \operatorname{tg} 0,5' = 2 \cdot D \cdot 0,00015 = 0,0003 \cdot D$. D es la diagonal de la pantalla.

Considerando que vemos la pantalla por lo menos desde una distancia igual a la calculada, podemos saber cuál será la capacidad de nuestro ojo para distinguir puntos separados sobre esta pantalla; es decir, qué distancia mínima debe separar dos puntos P_1 y P_2 para que el ojo pueda percibirlos por separado. Recordemos para ello que el ángulo de visión para esos puntos debe ser de $1'$. (Figura 22.)

De la figura, y por una simple relación trigonométrica, podemos hallar L'

$$(L' = 2D \cdot \operatorname{tg} 0,5' = 2 \times D \times 0,00015)$$

cuyos valores se han colocado en la tabla, columna (4).

Tenemos ya la separación mínima entre puntos para que el ojo pueda distinguirlos desde la distancia D . Para llegar al cálculo del número de puntos mínimo que debe tener la imagen, basta tan sólo con calcular cuántos podrá ver por separado el ojo en sentido vertical y cuántos en sentido horizontal.

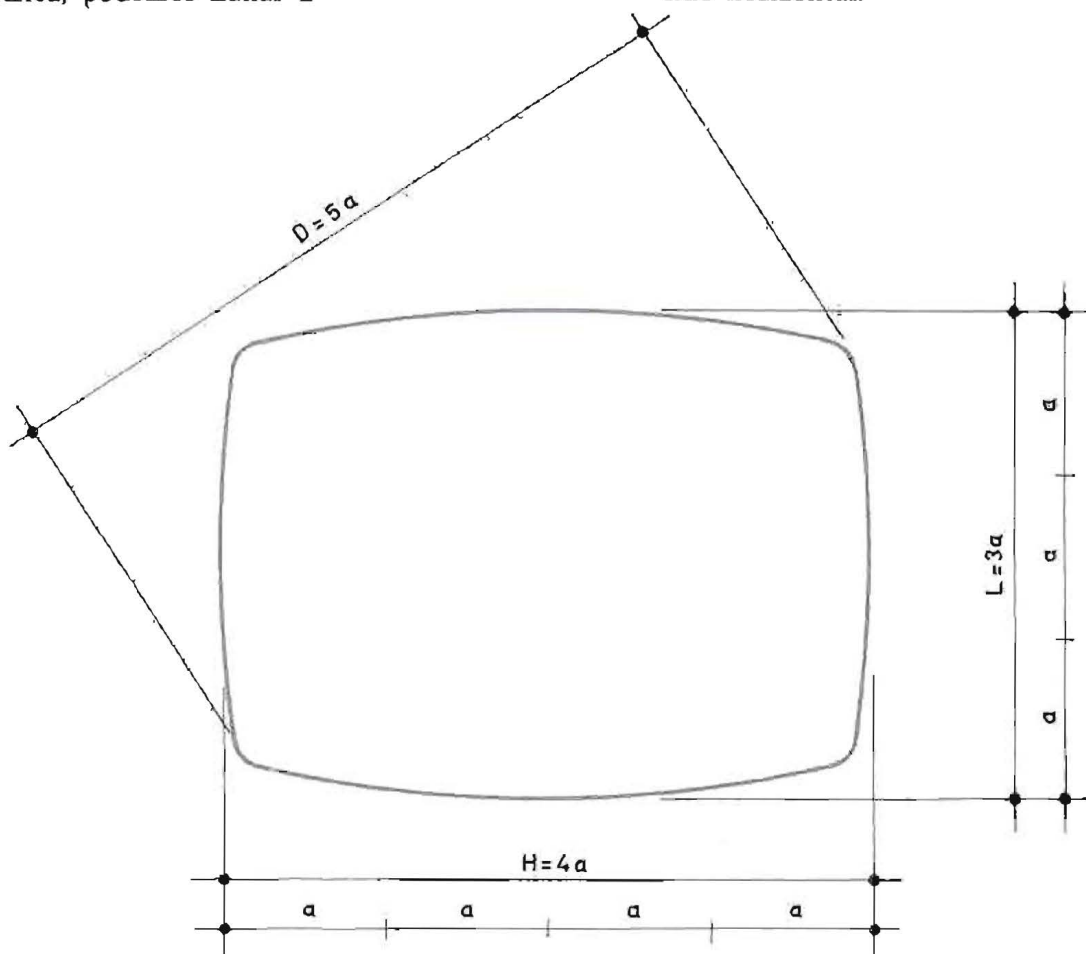


Figura 23. — Relación entre las dimensiones de la pantalla $H/L = 4/3$. La anchura H está en relación con la altura L como 4 es a 3.

Para ello hay que conocer las dimensiones de la pantalla. Sabemos que la pantalla es rectangular y que su anchura está en relación a su altura como cuatro es a tres. (Figura 23.) O sea, que si la anchura H está dividida en cuatro partes iguales a , la altura L será igual a tres veces a . $L = 3 a$.

Aplicando el sencillo teorema de Pitágoras podemos obtener que la diagonal D será cinco veces a ($D = 5 a$). Con esto podemos hallar el ancho y el alto de la pantalla conocida sólo su diagonal:

$$H = \frac{4}{5} D \quad \text{y} \quad L = \frac{3}{5} D$$

y con esas dimensiones seguir con el cálculo del número mínimo de puntos que nos habíamos propuesto.

En efecto: el número mínimo de puntos en sentido vertical es

$$N_{vm} = \frac{L}{L'} = \frac{\frac{3}{5} D}{0,0003 \cdot D} = \frac{3}{0,0003 \cdot 5} = 400$$

para cualquier tipo de televisor. No debe extrañarnos que el número de puntos mínimo resulte idéntico para todos los tamaños de pantalla, puesto que para su cálculo partimos de la distancia mínima entre dos puntos consecutivos y de las dimensiones de pantalla, y ambos datos se han obtenido a partir de uno solo: la diagonal.

El número mínimo de puntos en sentido horizontal es:

$$N_{hm} = \frac{H}{L'} = \frac{\frac{4}{5} D}{0,0003 \cdot D} = \frac{4}{0,0003 \cdot 5} = \frac{40.000}{75} \approx 533,$$

que es también idéntico para cualquier medida de pantalla, siempre, claro está, en el supuesto de que se mantenga la relación

$$\frac{L}{H} = \frac{3}{4}$$

Para toda la pantalla el número mínimo de puntos es:

$$N_m = N_{vm} \cdot N_{hm} = 400 \cdot 533 = 213.200 \text{ puntos}$$

Confirmamos con esta cifra lo que ya dijimos al estudiar el ojo humano: que para reproducir una imagen de forma que la veamos idéntica a un

original, no hace falta reproducir todos sus detalles exactamente (lo que nos conduciría a descomponerla en infinitos puntos), sino que con dar los detalles hasta un determinado tamaño (número de puntos limitado) nos es suficiente en la práctica.

Para ver, pues, una imagen en la pantalla del televisor con suficiente detalle basta tan sólo con descomponerla en el número de puntos hallado. Sin embargo, como más adelante se verá, el número de puntos en que realmente se descompone la imagen en un televisor es algo diferente.

Para completar la respuesta ¿cómo se descompone en puntos la imagen? falta ahora tan sólo ver de qué manera ordenamos estos puntos; es decir, si tuviéramos que asignarles un número de orden, cuál sería el primero, el segundo, etc., hasta el último.

Este orden nos interesará de forma primordial al analizar la imagen para sincronizar el analizador de la emisora con el reproductor del televisor, y así conseguir que cuando el tubo de imagen

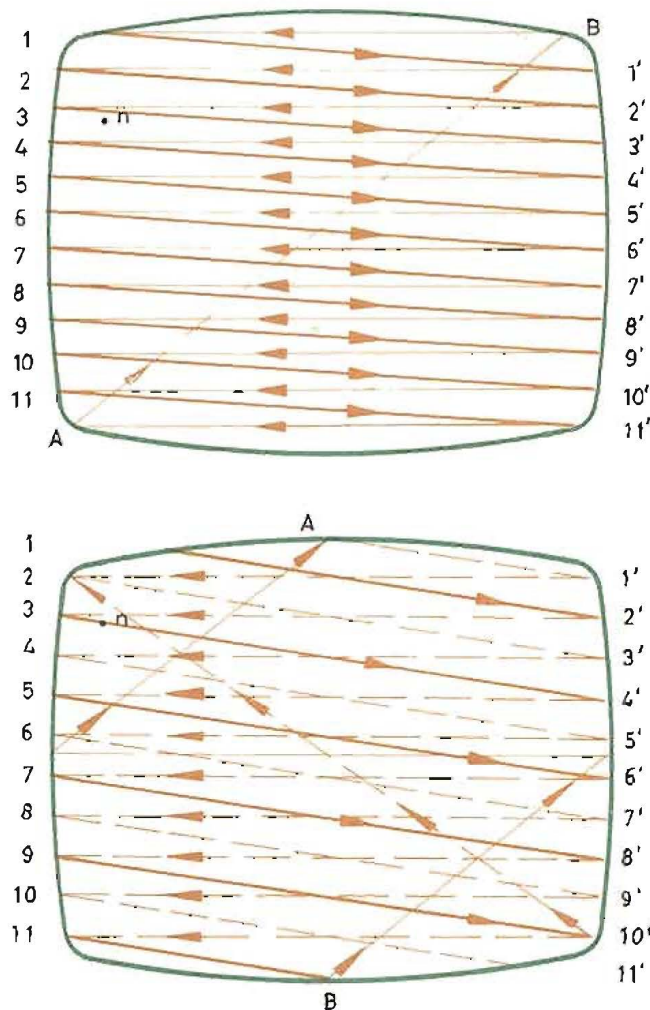


Figura 24. — Exploración mediante once líneas. Exploración entrelazada con once líneas por cuadro completo.

de la cámara de los estudios de televisión analice la zona de la imagen correspondiente al punto n el tubo del televisor reproduzca precisamente este mismo punto n .

La imagen se descompone, pues, en vistas a su análisis en un determinado número de líneas horizontales separadas entre sí por una determinada distancia, valores todos que ya calcularemos.

El análisis de la imagen empieza en la parte superior izquierda de la pantalla, recorriendo la primera línea de izquierda a derecha; sigue con la segunda, recorrida igualmente de izquierda a derecha, y continúa así hasta la última línea, concluyendo en la parte inferior derecha de la pantalla. Al llegar aquí se empieza nuevamente por la izquierda de la primera línea y se repite el ciclo indefinidamente. (Figura 24.)

Número de líneas en que se descompone la imagen

Ahora resulta fácil determinar cuál debe ser este número de líneas.

Hemos calculado que, en sentido vertical, el ojo puede distinguir como máximo 400 puntos diferentes en la pantalla, si el que mira al televisor se halla a una distancia superior o igual a la mínima para que la totalidad de la pantalla quede dentro de la zona de visión cómoda de su campo visual.

El número mínimo de líneas en que puede descomponerse la imagen es, pues, 400. (El número exacto que se emplea depende de las normas del sistema a que se atenga cada país.)

En nuestro país se han adoptado las normas europeas CCIR, en las que se establecen 625 líneas. Estas normas están aceptadas por toda Europa occidental excepto Francia e Inglaterra. El número de líneas por cuadro es 819 en Francia y 405 en Inglaterra, mientras que en E.E. UU. es 525.

El número elegido pudiera haber sido otro cualquiera superior a 400, pero se adoptó el de 625. Cuanto mayor sea el número de líneas, naturalmente, más detalle y mejor calidad tiene la imagen; pero, como más adelante veremos, a medida que se eleva esa cifra se multiplican los problemas en el televisor y en la emisora, por lo que hay que adoptar una solución de compromiso entre la calidad conseguida y la complicación aceptable.

No son visibles en la pantalla todas las líneas en que se divide la imagen, ya que algunas se pierden para la visión entre los retornos de cuadro y los extremos de la pantalla. Las normas CCIR establecen entre 563 y 587 el número de líneas visi-

bles. Tomaremos para los cálculos en que precisemos este dato el valor medio de 575.

Determinado el número de líneas —que es lo mismo que el número de puntos verticales distintos—, sigamos con el cálculo del número de puntos que debiera tener cada línea.

Si, para conseguir idéntica definición en sentido horizontal que la que se ha conseguido en sentido vertical con las 575 líneas visibles, aceptamos entre punto y punto de una línea a una separación igual a la que existe entre dos líneas, obtendremos para cada línea un número de puntos:

$$N_n = 575 \cdot \frac{4}{3} \approx 766 \text{ puntos,}$$

valor obtenido aceptando una vez más una relación 4 a 3 entre las medidas de la pantalla.

Número de cuadros

En televisión se conoce como *cuadro* la imagen que resulta después de la exploración de todas las líneas en que se ha dividido. O sea, que un cuadro es la representación de la imagen completa una vez explorada en la totalidad de sus líneas.

Para fijar el número de cuadros que han de representarse por segundo, recordemos la propiedad del ojo humano: la persistencia de las imágenes en la retina.

Ya hemos dicho que una imagen podía representarse mediante puntos sucesivos, siempre y cuando el último de los puntos apareciese en la pantalla al cabo de un tiempo inferior al necesario para que el primero se borre de la retina. Sabemos que este tiempo es de aproximadamente 1/10 de segundo; por tanto, la totalidad de los puntos debe aparecer en la pantalla en un tiempo inferior.

En cinematografía se pasan los cuadros a razón de 16, 18 ó 24 por segundo, valor que sería suficiente en televisión; pero por una razón muy fácil de comprender se ha tomado otro valor.

Cada vez que cambie el cuadro, es lógico que haya una señal que mande y controle el cambio, señal que ha de provenir de un oscilador. Si se elige para este oscilador una frecuencia cualquiera, se hace necesario un sistema de control de frecuencia; en cambio, si se elige una oscilación de frecuencia igual a la de la red, o sea, 50 c/s, la misma tensión de alimentación puede controlar el oscilador, con la consiguiente simplificación del televisor —al menos en los aparatos alimentados por el sector.

Por esta razón se han elegido un número de 25 cuadros por segundo, que como luego veremos corresponden a 50 cambios de cuadro debido al

sistema de exploración entrelazado que se explicará en otro momento.

Ya hemos resuelto un problema: la manera de descomponer la imagen, el sentido en que se explora y la frecuencia con que se lleva a cabo este proceso.

Observamos que con el número de líneas elegido (625; visibles unas 575) queda resuelta la definición de la imagen en sentido vertical; que asignando a cada una de esas líneas un número de puntos determinado resolvemos la definición de la imagen en sentido horizontal; que transmitiendo cada uno de estos puntos en secuencia determinada (empezando por el primero de la parte superior izquierda y terminando por el de la parte inferior derecha, siguiendo siempre el sentido de izquierda a derecha y de arriba abajo) sólo tenemos que transmitir la información de un punto en cada instante y, por tanto, esta transmisión puede efectuarse con sólo una línea de enlace; y que efectuando la transmisión de cada cuadro completo en un tiempo de $1/25$ de segundo veremos todos los puntos de la imagen (por la propiedad de la persistencia de las imágenes) al mismo tiempo a pesar de que se transmitan separados por tiempos muy pequeños.

Comprobemos cómo el sistema, por lo menos hasta el momento, cumple los requisitos que se le han exigido.

La exploración de la imagen. Exploración entrelazada

Sabemos ya cómo debe efectuarse esta exploración y sus particularidades. Para ello efectuaremos todas las consideraciones sobre la figura 24, en la que se ha representado un cuadro explorado con sólo 11 líneas para evitar las 625 en los ejemplos, puesto que las observaciones a considerar son las mismas.

Se empieza el barrido por el punto 1 y en marcha, como siempre en la exploración, de izquierda a derecha, explora la línea 1-1'. Como al mismo tiempo actúa el sistema de desplazamiento vertical en sentido descendente, el final de línea 1' se encuentra un poco por debajo de la horizontal del punto 1. Recordemos que son 625 y no 11 las líneas de exploración; podremos darnos cuenta de que, a pesar de apreciarse en la figura un descenso bastante considerable, en la pantalla de un televisor este descenso es del orden de 0,2 mm en una pantalla de 9" y de 0,53 mm en otra de 23: ¡totalmente inapreciables!

El tiempo que se emplea para esta exploración en televisión es:

$$t = \frac{1 \text{ seg}}{N}$$

N = número total de líneas a explorar en un segundo. Como cada segundo se exploran 25 cuadros y cada cuadro tiene 625 líneas, N es igual a

$$N = 25 \times 625 = 15.625$$

y, por tanto,

$$t = \frac{1 \text{ seg}}{15625} = 0,000064 \text{ seg} = 64 \mu \text{ seg}$$

Este tiempo, que corresponde a cada línea, incluye los invertidos en la exploración y en el retorno; o sea, el empleado en explorar la línea 1-1' y la vuelta de 1' a 2.

El tiempo asignado para el retorno —o sea, para recorrer el camino de 1' a 2— es de 18 a 19 % del total de línea. O sea, tiempo de retorno de línea:

$$t_{r1} = 0,18 \dots 0,19 \times 64 \mu \text{seg} = 11,8 \dots 12,4 \mu \text{seg}.$$

Se comprende que en este tiempo tan breve es insignificante el descenso del punto 2 respecto al 1, y, por tanto, el retorno es prácticamente horizontal.

Siguiendo con esta exploración llegamos al punto 11' (que en el televisor sería el 625'). De aquí hay que volver de nuevo al punto 1, lo que se consigue actuando sobre el sistema de exploración vertical.

El tiempo que se emplea en el televisor para el descenso vertical es de:

$$t = \frac{1 \text{ seg}}{25} = 0,04 \text{ seg}$$

El tiempo de retorno está comprendido entre el 6 y el 10 % del tiempo de descenso, de lo que resulta:

$$t_{r2} = 0,06 \dots 0,10 \times 0,04 \text{ seg} = 0,0024 \dots 0,004 \text{ seg}$$

tiempo al que corresponde un total de 38 a 62 líneas.

En nuestro ejemplo se ha elegido como tiempo de retorno el de una línea; del punto 11' pasamos en la exploración al 1 para seguir de nuevo el ciclo.

A pesar de que el barrido podría efectuarse como se acaba de explicar, se hace de forma algo diferente por las razones que siguen. Hemos visto que si se explorase con un número de cuadros por segundo que no fuese múltiplo o divisor del de la frecuencia de la red se complicaría el oscilador horizontal; pero además, debido a las ondulaciones residuales de la tensión del filtro aparecerían en la pantalla del televisor unas baudas

ombreadas que se moverían en sentido vertical. Adoptando para el cuadro una frecuencia múltiplo o divisor de la frecuencia de red, se consigue fijar, inmovilizar estas bandas, atenuando su molestia.

Además, para reducir el centelleo, la frecuencia de los cuadros debe ser lo más elevada posible; y a pesar de que con 25 cuadros completos por segundo no molesta la oscilación de la luminosidad de la pantalla, se prefiere aumentar la frecuencia. Para conseguirlo de una forma ficticia—o sea, de manera que para los efectos de centelleo la frecuencia fuese superior, sin que realmente se exploren más de 25 cuadros por segundo—se explora 25 veces la imagen cada segundo, pero sólo la mitad de ella cada vez. O sea, que cada cuadro se divide en dos medios cuadros completos explorados a líneas alternadas; es decir, que en la exploración de la primera mitad la línea pasa de 1 a 2' en vez de ir a 1'; de 3 a 4' y así sigue hasta 11, pero al adelantar hacia la derecha nos encontramos a media línea en el extremo inferior de la pantalla B, con lo que concluye la exploración horizontal en su movimiento hacia la derecha hasta concluir su desviación en el extremo derecho de la pantalla. Esta acción combinada de las exploraciones de cuadro hacia arriba y de línea hacia la derecha lleva la exploración por la línea B-6. En el punto 6' empieza el control de la exploración de línea (el retorno), que nos lleva a A, de donde pasaremos de derecha a izquierda. Aquí empieza el segundo semicuadro.

Puede preguntarse por qué pasamos la exploración de B a 6' y no a otro punto cualquiera. Observemos que el tiempo que tardaría la línea en pasar de B a lo que sería 12', si existiera, sería la mitad del tiempo de línea; por tanto, ya que hemos supuesto un tiempo de retorno de cuadro igual al de exploración de línea, el rayo ha de subir desde B exactamente medio cuadro, y por tanto desde la porción de 11 líneas y media hay que subir 5 líneas y media (medio cuadro), lo que nos lleva a 6'. Aquí actuaría el retorno de línea, que al ser breve haría subir la exploración muy poco (entre 6 y 5). Al llegar al extremo izquierdo de la pantalla, sería de nuevo la línea, que en su exploración más lenta que el retorno actuaría con el cuadro para llevar exactamente la exploración a A, por donde se iniciaría la exploración del segundo semicuadro. Aquí puede verse por qué se elige un número impar de líneas. De haberlo elegido par, el segundo semicuadro no empezaría en A y las líneas no quedarían entrelazadas como se pretende.

En televisión es exactamente así como se ex-

plora la imagen, con dos semicuadros de 312'5 líneas entrelazadas. La única diferencia frente al ejemplo dado está en los retornos de cuadro, que en vez de tener una duración igual a una línea ocupan un tiempo de varias líneas enteras; por tanto el retorno da varios vaivenes antes de empezar de nuevo en A.

Confirmamos que, a pesar de los 25 cuadros completos o imágenes, el oscilador de cuadro debe dar 50 ciclos por segundo, como habíamos dicho.

Análisis de la imagen

Al hablar del procedimiento de exploración dijimos que ésta tiene un desplazamiento horizontal (trazado de las líneas), así como una lenta desviación hacia abajo.

Es lógico que la exploración no puede seguir desplazándose hacia abajo. En consecuencia, una vez que se considera que el desplazamiento es suficiente para cubrir la pantalla se actúa de forma que vuelva a subir rápidamente. Tan pronto como llegue de nuevo a la parte superior de la pantalla, puede volver a desplazarse hacia abajo.

Nos damos cuenta de que para seguir con precisión todo lo indicado es necesario detenerse en algunos términos del lenguaje técnico que son de uso común y que pronto se le harán familiares. En primer lugar, la operación general de desviación del rayo en los dos sentidos se denomina EXPLORACIÓN DE LA IMAGEN. Este término se adopta tanto para la exploración de la imagen en la telecámara como para la exploración de la pantalla del tubo de rayos catódicos de reproducción.

El movimiento horizontal del rayo se denomina también DESVIACIÓN HORIZONTAL O DE LÍNEA.

El movimiento del rayo de arriba abajo se define como DESVIACIÓN VERTICAL O DE CUADRO. La exploración completa de un cuadro se obtiene cuando el rayo electrónico (o sea el punto), después de haber iniciado la exploración desde la parte superior de la imagen, llega a la extremidad inferior y se dispone a volver hacia arriba para repetir la exploración.

El movimiento del punto hacia la izquierda, después de haber descrito una línea, se denomina RETORNO DE LÍNEA.

El movimiento del punto de retorno al extremo superior, después de haber descrito un cuadro completo, se denomina RETORNO DE CUADRO. Señalamos que se puede adoptar los términos horizontal o vertical en sustitución, respectivamente, de los términos línea o cuadro.

Una vez determinada la manera de descomponer la imagen y el orden que se sigue en la explo-

ración, ¿cómo se analiza el brillo de cada uno de los puntos de esta imagen?

En televisión, el análisis de brillo efectuado durante la exploración de la pantalla se lleva a cabo por medio de un haz de electrones del siguiente modo: dentro un tubo analizador de imagen o tubo visor de cámara, se consigue, con la ayuda de un sistema de lentes, proyectar la imagen del objeto a analizar sobre una pantalla fotosensible del interior del tubo. Este tubo está provisto de un dispositivo generador de electrones (cañón de electrones) que es capaz de llevar sobre la pantalla un haz de estas partículas después de haber conseguido *enfocarlas* sobre un punto de la pantalla. Figuras 25 y 26.

Este haz de electrones, manifestado en la pantalla por el diminuto punto de incidencia denominado *spot*, es el que analiza la imagen, describiendo sobre ella todas las líneas de exploración que en los apartados anteriores se han estudiado.

El *spot* del tubo analizador de imagen descri

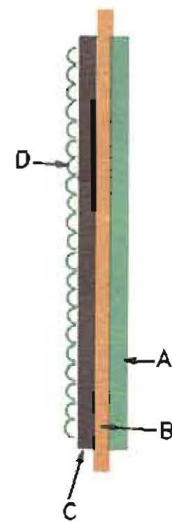


Figura 25. — Sección demostrativa de la construcción de la placa fotosensible de un tubo analizador. A. Electrodo de señal (Placa. Depósito metálico). B. Dieléctrico de mica. C. Malla finísima donde se depositan los glóbulos fotosensibles de plata. D. Glóbulos fotosensibles de plata.

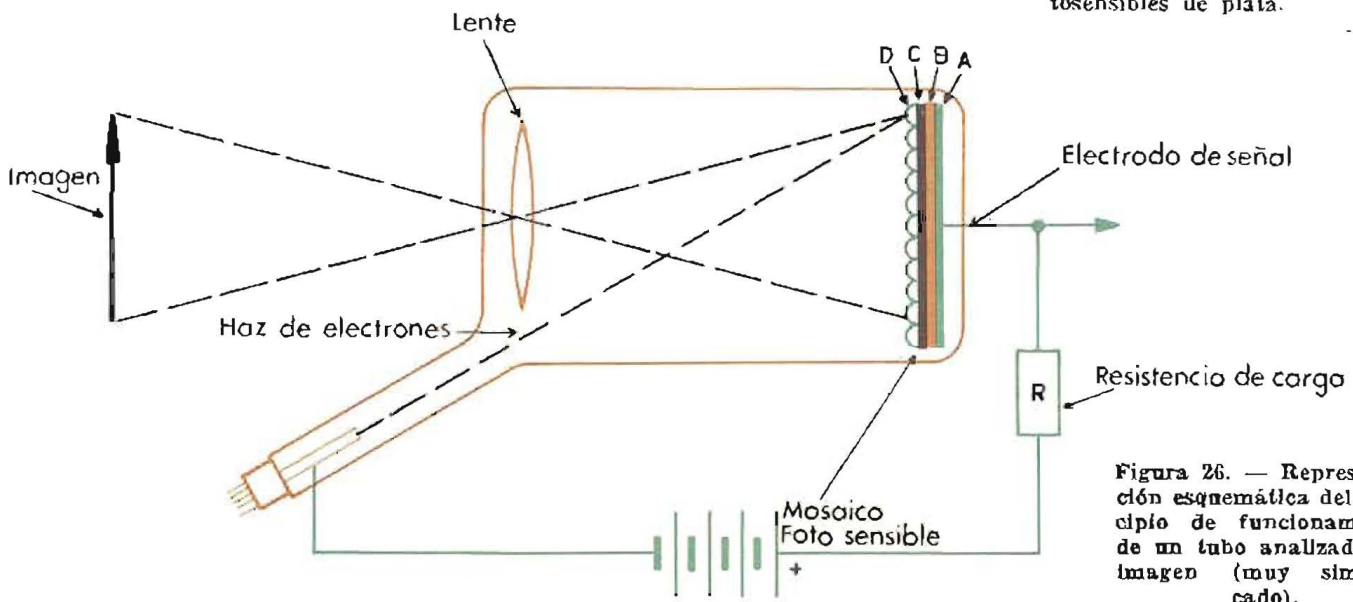


Figura 26. — Representación esquemática del principio de funcionamiento de un tubo analizador de imagen (muy simplificado).

be, pues, las 625 líneas de cada cuadro completo (312,5 en cada semicuarto según el sistema de exploración entrelazada); y en sincronización con el *spot* del tubo del televisor, recorre también la pantalla de izquierda a derecha y de arriba abajo.

En el tubo de imagen de la telecámara el haz de electrones actúa como analizador de la imagen, mientras que en el tubo del televisor actúa como reproductor.

Cuando se forma una imagen en la pantalla con su correspondiente luminosidad en cada punto, el material fotosensible se excita en cada punto según la intensidad luminosa que reciba, excitación que se manifiesta por una determinada can-

tidad de carga positiva al desprender fotoelectrones el material de la capa fotosensible de la pantalla.

Cuando el rayo de electrones incide en cada punto, cede un número de electrones igual al que la célula ubicada en el punto ha desprendido por efecto fotoeléctrico. Esta cesión de electrones supone el paso de una corriente instantánea por ánodo del tubo de la telecámara, y por consiguiente provoca la aparición de una tensión proporcional a la luminosidad del punto analizado. Siguiendo así punto por punto podemos completar una línea y finalmente el cuadro completo.

Lo que interesa comprender es que cada línea

explorada corresponde a una parte de la imagen. Imaginando seguir todo el proceso —es decir, el desplazamiento del rayo electrónico de izquierda a derecha y lentamente hacia abajo— nos percataremos de que el punto ha *tomado* de la imagen original informaciones suficientes para su reconstrucción.

De esta manera se forma una imagen representada por impulsos eléctricos que corresponden con exactitud a los claroscuros de la imagen original. Estos impulsos, después de la amplificación, modulan la tensión oscilante producida, a su vez radiada por la antena de la estación emisora bajo forma de ondas de radio moduladas.

A la antena del aparato receptor de televisión llega una tensión oscilante modulada; tensión que, tras varios procesos de amplificación y de detección, se procede a convertir en imagen en la pantalla de un tubo de rayos catódicos o de imagen.

En este tubo, como en el de la telecámara, se

concentra un haz de electrones en un punto que incide en la superficie de una pantalla. Esta superficie no está formada por material fotosensible, como hemos visto en la telecámara, sino por un material fluorescente que se ilumina cuando le toca el rayo electrónico.

Como el rayo electrónico del tubo de rayos catódicos se desvía exactamente en la misma forma que el rayo de la telecámara, y ambos se hallan sincronizados, se reconstruye en la pantalla del tubo receptor la misma retícula que se traza en la telecámara, y además con una modulación que corresponde a los claroscuros de la imagen original. En el mismo instante y en el mismo punto en que el rayo electrónico de la telecámara explora la superficie fotosensible, se reproduce la imagen. Dicho de otra forma, ésta se forma en la pantalla del tubo de rayos catódicos por una técnica de fraccionamiento análoga a la que hemos visto aplicar a la reproducción gráfica con puntos de diversa tonalidad.





LECCION 57

Campos eléctricos y campos
magnéticos

Campos creados por corrientes
eléctricas en conductores espirales
o bobinas

Principios de la televisión en color

CAMPOS ELECTRICOS Y CAMPOS MAGNETICOS

El barrido por haz de electrones

Para el análisis de la imagen por el haz de electrones, lo mismo que para la reproducción sobre la pantalla del televisor, nos hemos visto en la necesidad de mover el haz de un lado a otro de la pantalla y de arriba abajo; es decir, hemos supuesto que podríamos controlar la posición del haz y desviarlo en cualquier sentido según nuestra voluntad.

Estudiemos cómo puede llevarse a cabo este control del haz. En definitiva, ¿cómo puede desviarse un haz de electrones?

Existen dos formas básicas para conseguirlo: mediante campos eléctricos y mediante campos magnéticos.

Consideremos a continuación el comportamiento del electrón dentro de esos campos para llegar a la perfecta comprensión de cómo pueden controlarse los haces de electrones.

El campo eléctrico

Damos el nombre de campo eléctrico a la región del espacio en que una pequeña carga eléctrica sufre los efectos de determinadas acciones. Es decir, si al colocar una carga eléctrica positiva o negativa (un electrón, por ejemplo) en un punto, detectamos la presencia de una fuerza que tiende a mover la carga si estaba parada, o a cambiar alguna característica de su movimiento si la partícula se movía, podemos afirmar que en este punto existe un campo eléctrico. Cuanto mayor es la acción (fuerza) ejercida por el campo sobre la carga eléctrica, tanto más intenso es el campo eléctrico en aquel punto.

Una medida, pues, de la intensidad de un campo eléctrico en un punto es la acción que ejerce el campo sobre una carga eléctrica situada en este punto. Cuanto mayor es la acción, mayor es la intensidad del campo eléctrico.

Podemos afirmar que encontramos campos eléctricos en cualquier dispositivo en que tenga lugar el paso de una corriente. Sin embargo, de toda esa infinidad de campos, sólo nos interesa un tipo: el campo eléctrico en el vacío.

Ejemplo de campo eléctrico en el vacío podría ser el del interior de una válvula electrónica. En efecto, ¿no tiene el ánodo potencial positivo respecto al cátodo? En estas condiciones, si se abandona un electrón entre ánodo y cátodo ¿no será atraído por el ánodo? Ser atraído el electrón ¿no significa que sobre él se ejerce una acción, una fuerza? Y si sobre una carga eléctrica, como el electrón, se ejerce una fuerza, ¿no significa que está dentro de un campo eléctrico? Luego, entre cátodo y ánodo de una válvula electrónica existe un campo eléctrico, ya que cualquier carga situada entre esos electrodos sufre una acción.

Líneas de fuerza de un campo eléctrico. Intensidad de un campo eléctrico

Acabamos de ver que existe un campo eléctrico entre cátodo y ánodo de una válvula, debido a la diferencia de potencial entre esos dos electrodos. En este caso particular no existe problema para determinar qué camino sigue un electrón abandonado al campo eléctrico (dejado entre cátodo y ánodo). Sin embargo, en campos un poco más complicados no suele ser tan clara y sencilla la trayectoria que puede seguir una carga eléctrica. Para soslayar este problema se recurre al artificio de representar los campos con una serie de líneas en su interior que sean aproximadamente los caminos que seguiría una pequeña carga eléctrica positiva abandonada sin ninguna velocidad dentro del campo eléctrico. Estas líneas son las *líneas de fuerza del campo eléctrico*. Para determinar estas líneas en un campo cualquiera basta

con pensar: ¿qué camino seguirá una carga eléctrica positiva, situada en este punto? Dada la respuesta se traza la línea.

Veamos, por ejemplo, en la figura 1, un diodo de vacío. El cátodo y el ánodo tienen forma prácticamente cilíndrica y están dispuestos de manera que sus ejes coincidan. Los electrones siguen, naturalmente, caminos radiales en el sentido de cá-

todo a ánodo; por tanto las líneas de fuerza de este campo son radios que atraviesan el espacio entre los cilindros; pero ¡cuidado!, en el sentido de ánodo a cátodo, ya que hemos dicho que las líneas de fuerza del campo eléctrico daban el camino que seguiría una carga eléctrica positiva, y este camino es de sentido contrario al que sigue el electrón, que es una carga eléctrica negativa.

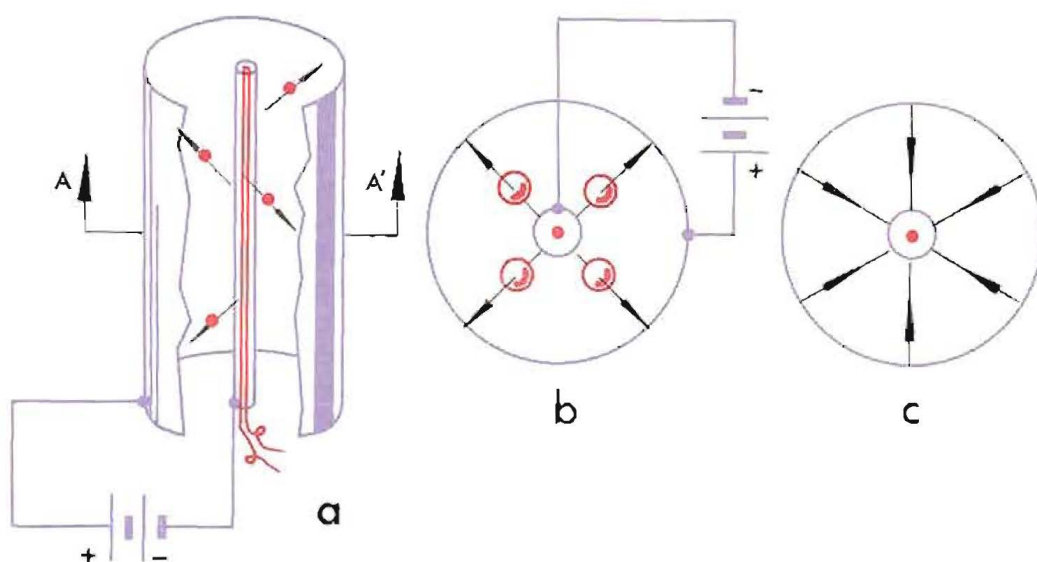


Figura 1. — Líneas que siguen los electrones dentro del campo eléctrico del diodo de vacío: a) disposición del cátodo y del ánodo; b) vista de la sección en corte A-A'; c) líneas de fuerza del campo eléctrico en el diodo de vacío.

Otro ejemplo podría ser un dispositivo como el de la figura 2, constituido por dos placas planas conectadas a un generador de tensión. Un electrón situado en un punto A sería atraído por la placa positiva y llegaría a A'; igual ocurriría con otro electrón B, que acabaría en B', siempre en el supuesto de que los electrones estuvieran completamente parados cuando se abandonaran a la acción del campo eléctrico. Para representar las líneas de fuerza de este campo bastaría, pues, con trazar una serie de líneas paralelas entre sí y perpendiculares a las placas, con flechas indicando sentido contrario al de marcha de los electrones.

Cabría preguntarse ahora: ¿puede ser cualquiera el número de líneas a trazar? La respuesta es no, naturalmente. Tan sólo se ha de representar en cada punto un número de líneas proporcional a la intensidad del campo eléctrico en este punto.

Según este criterio, ¿cómo determinar las líneas de fuerza del campo anterior? Como es lógico, hay que empezar por determinar la intensidad del campo eléctrico. Para ello cambiaremos alguna de las características y veremos qué es lo que ocurre.

Supongamos que hacemos dos veces mayor la tensión entre placas: ¿qué le ocurrirá al electrón A o al B? La acción del campo sobre esos

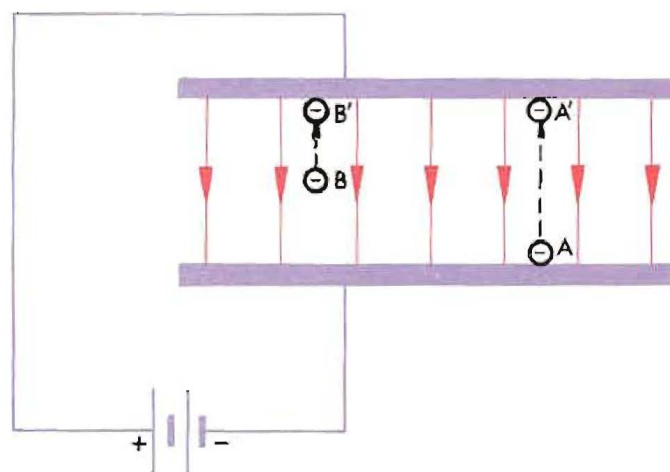


Figura 2. — Campo eléctrico entre dos placas paralelas.

electrones es igual al doble de la de antes; y como la intensidad del campo eléctrico es proporcional a la acción sobre las cargas eléctricas, resulta que esta intensidad ha quedado multiplicada por dos. De aquí puede deducirse que la intensidad de un campo eléctrico es proporcional a la tensión que lo genera.

Aumentemos ahora la distancia entre placas hasta que sea el doble de la de antes. La acción sobre el electrón se reduce a la mitad, puesto que

las placas, por estar más alejado, no pueden ejercer igual influencia sobre las cargas. La intensidad del campo es, pues, inversamente proporcional a la distancia entre placas.

Si se aumentara la superficie de las placas podríamos comprobar que la acción sobre las cargas se mantiene constante, y por tanto deducir que la intensidad del campo eléctrico no está afectada por la superficie de las placas.

Con todo lo anterior llegamos a la conclusión de que la intensidad de un campo eléctrico es directamente proporcional a la tensión que lo produce e inversamente proporcional a la distancia que media entre las partes a las que se ha aplicado esta tensión.

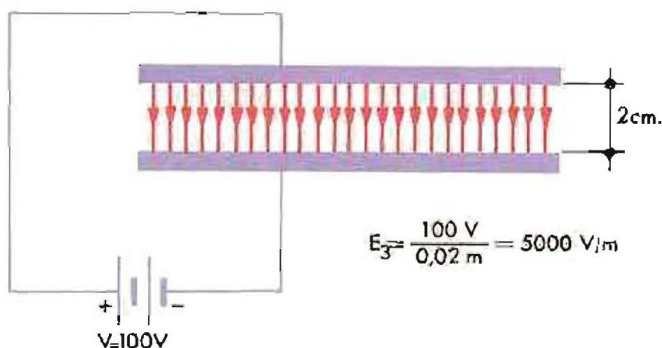
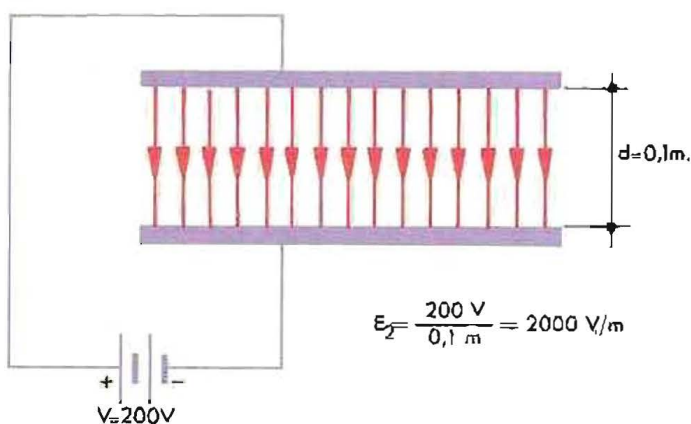
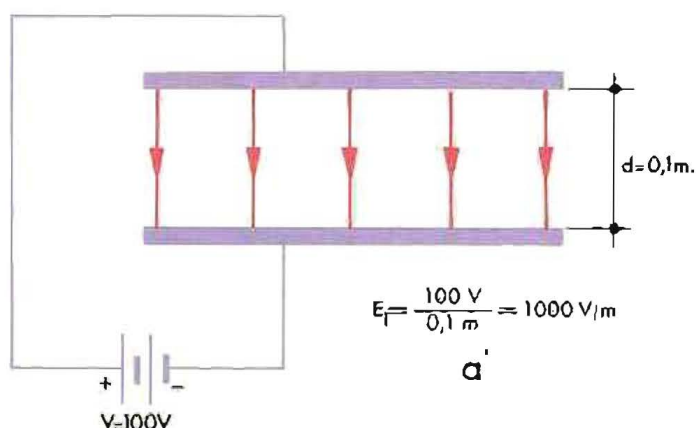


Figura 3. — Representación de las líneas de fuerza proporcionales a las intensidades de los campos.

Una unidad adecuada para medir la intensidad de los campos eléctricos es, según lo que acabamos de decir, el voltio/metro.

Si la tensión aplicada a las placas de la figura 3 es de 100 V y están separadas 10 cm, la intensidad del campo eléctrico entre las dos placas es:

$$E_1 = \frac{100\text{ V}}{0,1\text{ m}} = 1000\text{ V/m}$$

Si convenimos en que la superficie de las placas es la unidad y trazamos una línea de fuerza del campo por cada 200 V/m, representaremos el campo por cinco líneas de fuerza.

Si doblamos la tensión la intensidad del campo eléctrico es:

$$E_2 = \frac{200\text{ V}}{0,1\text{ m}} = 2000\text{ V/m}$$

y representaremos el campo por 10 líneas de fuerza.

Si se mantiene la tensión de 100 V y se reduce a 2 cm la distancia entre placas, la intensidad del campo es:

$$E_3 = \frac{100\text{ V}}{0,02\text{ m}} = 5000\text{ V/m}$$

y representaremos el campo por 25 líneas de fuerza.

Tenemos ya la manera de determinar la intensidad de un campo eléctrico y la forma de representarlo.

Acciones de un campo eléctrico sobre un haz de electrones

Ya conocemos el caso de un campo creado por placas paralelas y la acción que ejerce sobre los electrones parados; o sea, que están quietos dentro del campo, sin movimiento alguno. En este caso el electrón se dirige en línea recta desde el punto donde se ha dejado a la placa positiva.

Ocurre exactamente igual en el campo del interior de un diodo o cualquier otra válvula de vacío. Los electrones que desprende el cátodo por efecto termoiónico son atraídos por el ánodo, hacia el que se dirigen en línea recta.

Si ahora suponemos que los electrones atraviesan las placas con determinada velocidad en lugar de estar quietos entre ellas, las cosas no ocurren de la misma manera. Veamos por qué. (Figura 4.)

Al atravesar un electrón el campo eléctrico con determinada velocidad, la acción del campo se manifiesta por una desviación de la trayectoria rec-

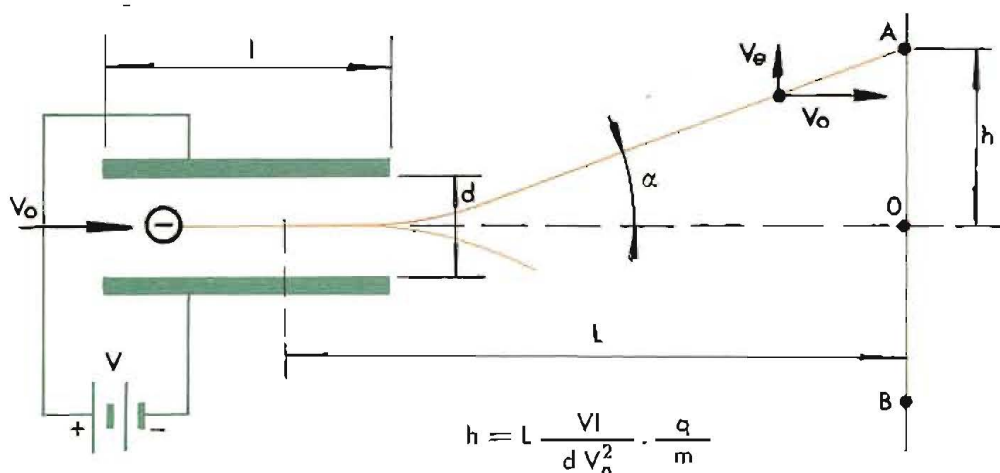


Figura 4. — Acción de un campo eléctrico sobre un electrón.

tilínea que seguiría el electrón, que tiende a desviarlo hacia el lado de la placa positiva. Puede demostrarse matemáticamente y comprobarse prácticamente que la desviación del electrón sobre la pantalla h es (ver figura):

$$h = L \frac{Vl}{d v_o^2} \frac{q}{m}$$

fórmula en la que:

L es la distancia entre el centro de las placas y el centro de la pantalla;

l longitud de placas deflectoras;

d es la distancia entre placas deflectoras;

V es la tensión entre placas deflectoras;

v_o es la velocidad del electrón impulsado por el campo;

h es la desviación del electrón sobre la pantalla;

q es la carga de electrón;

m es su masa.

Démonos cuenta de que el electrón se desvía dentro del campo eléctrico de las placas; una vez ha atravesado el campo sigue su trayectoria de nuevo en línea recta, pero con la nueva dirección que ha adoptado al dejar las placas.

Retengamos que la desviación del electrón depende de:

$$h = L \frac{V}{d} \frac{l}{v_o^2} \frac{q}{m}$$

La longitud de las placas es l . Naturalmente, cuanto más longitud tengan más tiempo tarda el electrón en atravesarlos y más tiempo dura la acción del campo sobre este electrón. En consecuencia, más desviación sufre. Por tanto, cuanto mayor longitud tengan las placas del campo eléctrico, mayor desviación sufre el electrón.

$$h = L \frac{V}{d} \frac{l}{v_o^2} \frac{q}{m}$$

La intensidad del campo eléctrico entre las placas $= V/d = E$. Lógicamente, cuanto mayor sea la intensidad del campo, mayor es la acción sobre el electrón a lo largo de toda la longitud de las placas. Como consecuencia, la desviación es proporcional a la intensidad del campo eléctrico de desviación:

$$h = L \frac{V}{d} \frac{l}{v_o^2} \frac{q}{m}$$

La velocidad del electrón al atravesar el campo $= v_o$. Cuanto mayor sea esta velocidad, menos tiempo está el electrón sometido a la acción del campo desviador; y en consecuencia la acción de la velocidad del electrón tiene sentido contrario a la que ejercía la longitud de las placas. Si ésta favorecía la desviación, la velocidad con que el electrón atraviesa el campo desviador tiende a impedir esa desviación. Esta velocidad actúa también de otra manera en su tendencia a no desviar la trayectoria del electrón: cuanto mayor sea la velocidad, mayor es el impulso que tiene el electrón en el sentido de entrada en el campo, y por tanto menos importancia relativa tiene el efecto de desviación. El factor velocidad del electrón al atravesar el campo influye, pues, desde dos puntos en su tendencia a frenar la desviación del haz. Diremos que la desviación es inversamente proporcional al cuadrado de la velocidad con que el electrón atraviesa el campo desviador; y

$$h = L \frac{V}{d} \frac{l}{v_o^2} \frac{q}{m}$$

la relación entre la carga y la masa del electrón, magnitud inherente a la naturaleza del electrón.

Tenemos ya una manera de desviar el haz de electrones: basta con aplicar convenientemente sobre su marcha un campo eléctrico.

Claro está que si invertimos la polaridad de V , cada uno de los electrones del haz se desvía en sentido contrario, y el haz incide en la pantalla aproximadamente en B.

Si queremos que sea rápido el movimiento del haz de electrones entre A y B, caeremos en la cuenta de que no se puede invertir la polaridad del generador tan de prisa. Una solución podría ser sustituir el generador de tensión continua por

otro de tensión alterna, con lo que, automáticamente, en cada ciclo de la tensión pasaría el haz de A a B. Si la tensión máxima fuese inferior sólo se desplazaría entre A' y B'. (Figura 5.)

El movimiento del haz entre A y B (o A' y B', en este caso) se produce con idéntica velocidad en el camino de A a B que en el opuesto. Sin embargo, para la exploración en televisión se necesita un barrido muy lento de A a B (tiempo de exploración de todas las líneas) y un retorno muy rápido de B a A (retorno de cuadro). Una manera de conseguirlo podría ser aplicar entre placas una tensión como la de la figura 6 (tensión llamada en diente de sierra).

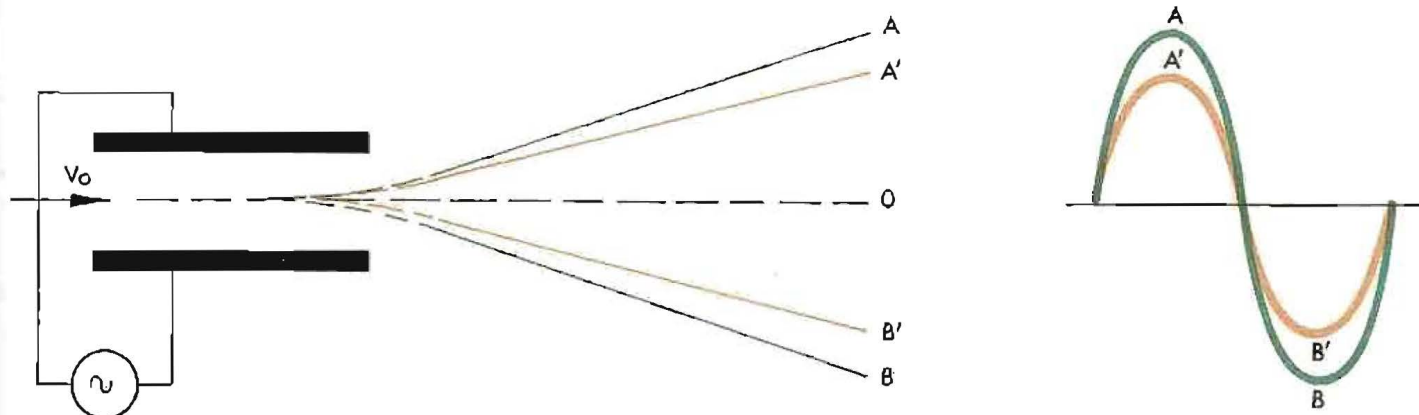


Figura 5. — Con tensión alterna en las placas deflectoras (de desviación), el haz oscila entre A y B o A' y B' según el valor de la tensión máxima.

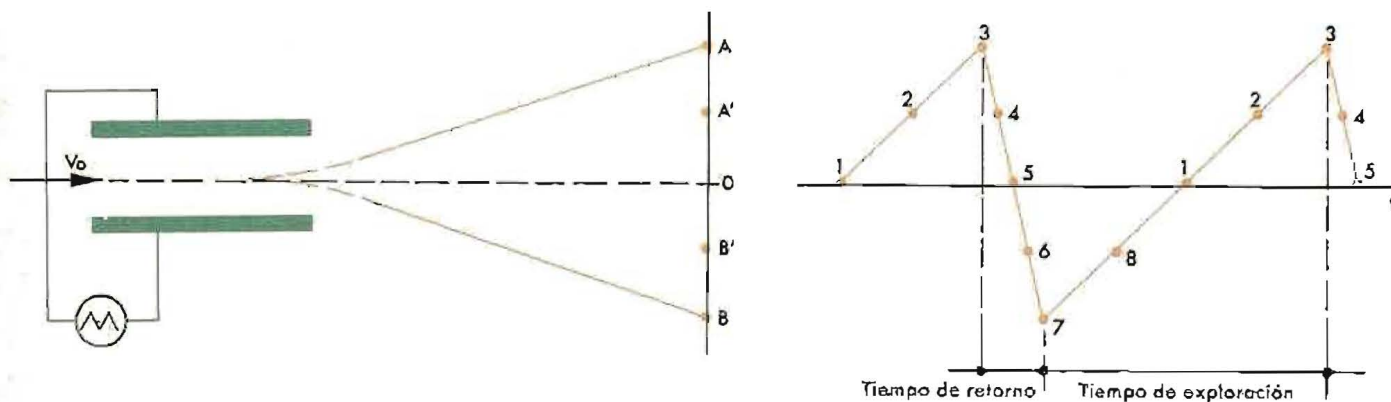


Figura 6. — Desplazamiento del haz cuando se aplica a las placas una tensión en diente de sierra.

Tensión aplicada señalada por números	Posición del haz en la pantalla	Sentido de despla- zamiento del haz
1	O	hacia arriba
2	A'	hacia arriba
3	A	hacia arriba
4	A'	hacia abajo
5	O	hacia abajo
6	B'	hacia abajo
7	B	hacia abajo
8	B'	hacia arriba
1	O	hacia arriba

Con ello queda resuelto el barrido vertical o de cuadro. Basta con aplicar a las placas de desviación del tubo de rayos catódicos una tensión en diente de sierra con tiempos de exploración y tiempos de retorno adecuados.

Para el barrido de línea podrían colocarse dos placas en posición perpendicular a las anteriores. Aplicándolas una tensión diente de sierra puede obtenerse la desviación horizontal del haz. (Figura 7.)

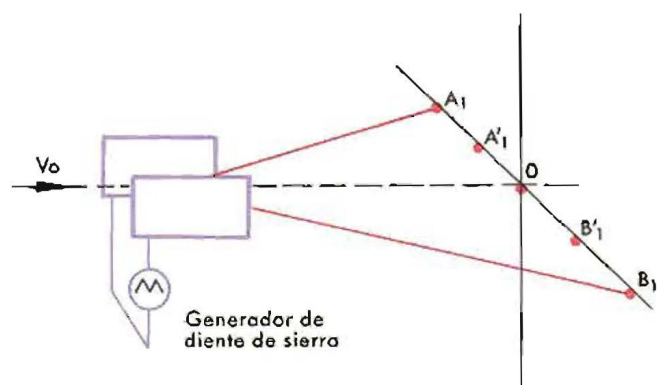


Figura 7. — Desplazamiento del haz cuando se aplica a dos placas verticales una tensión en diente de sierra. Las posiciones del haz sobre la pantalla corresponden con las de la figura anterior, cambiando las letras por las mismas con subíndice 1.

En el caso de un barrido de línea para televisión, la duración total del ciclo (período de línea) sería de $64 \mu s = 0,000064$ seg, correspondiendo unos $12 \mu s$ al tiempo de borrado.

Con ello concluimos las posibilidades de desviación de un electrón en un campo eléctrico, ya que combinando las acciones de dos placas horizontales de desviación con dos verticales se puede obtener los barridos de línea y de cuadro necesarios para la televisión. (Figura 8.)

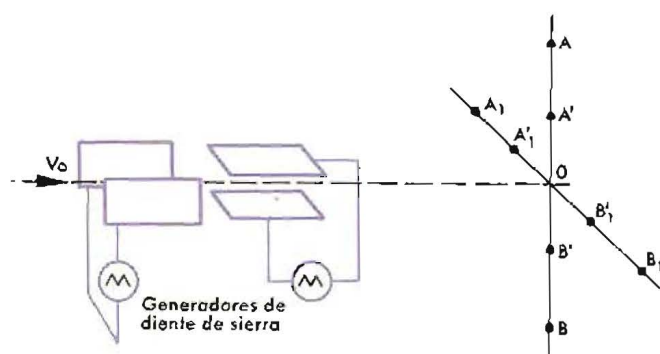


Figura 8. — Acción combinada de las desviaciones horizontal y vertical.

El campo magnético

Otra posibilidad de desviar un haz de electrones, es la que ofrece la acción de un campo magnético.

Decimos que existe un campo magnético en una región del espacio si, colocando un pequeño imán en cada uno de sus puntos, se observan acciones que tiendan a hacerlo girar (orientarlo),

desplazarlo o girarlo y desplazarlo simultáneamente.

Existen dos tipos fundamentales de campos magnéticos: los naturales —creados por imanes naturales— y los artificiales —creados por corrientes eléctricas; sea directamente (campos magnéticos de los conductores) o indirectamente.

Como los campos magnéticos creados por imanes permanentes son invariables, o sea, que no

manifiestan cambio alguno con el tiempo, y por tanto son constantes las desviaciones que pueden ejercer sobre el haz de electrones, nos limitamos a su sola mención, ya que no pueden proporcionar desviaciones variables con el tiempo.

De forma parecida a como se hacía con los campos eléctricos, podemos representar los campos magnéticos por sus líneas de fuerza, que de análoga forma que en aquéllos representan los caminos que seguirían pequeñísimos imanes imaginarios abandonados al campo magnético. También en los campos magnéticos deben distinguirse dos polos, no denominados positivo y negativo, como en las corrientes eléctricas, sino polo norte y polo sur.

Para representar la dirección de las líneas de fuerza del campo magnético se ha convenido en que por el aire —fuera del interior del imán o sistema de corrientes que lo cree— la dirección de las líneas es de norte a sur; y en sentido contrario, o sea de sur a norte, por el interior del imán.

Según este convenio, aunque con cierta impropiedad, podrían definirse las líneas de fuerza del campo magnético como los caminos posibles que seguiría un imán que sólo tuviera polo positivo (totalmente imaginario, ya que en todo imán existen los dos polos) abandonado sin movimiento alguno a la acción del campo.

En la figura 9 puede verse el campo magnético creado por un imán permanente y la acción que ejercería sobre otro pequeño imán que pudiese girar libremente, sobre su eje primero (b) y supuesto sin fijación alguna después (c).

Sigamos ahora con el estudio de los campos magnéticos creados por corrientes eléctricas.

Campos magnéticos creados por una corriente eléctrica rectilínea

Conocemos ya el hecho de que alrededor de un conductor recorrido por una corriente eléctrica continua aparece una zona en la que sobre cualquier imán se manifiesta una acción, que puede comprobarse mediante limaduras de hierro espolvoreadas sobre una cartulina golpeada con suavidad: se observa que las limaduras se orientan según circunferencias concéntricas con el conductor; o bien con una brújula, al ver que la aguja se coloca, al pasar corriente por el conductor, en dirección tangente a una circunferencia con centro en el conductor que pase por el eje de la brújula. (Figura 10.)

Estos hechos nos llevan a la conclusión de que existe un campo magnético alrededor del conductor debido al paso de corriente por él; y además,

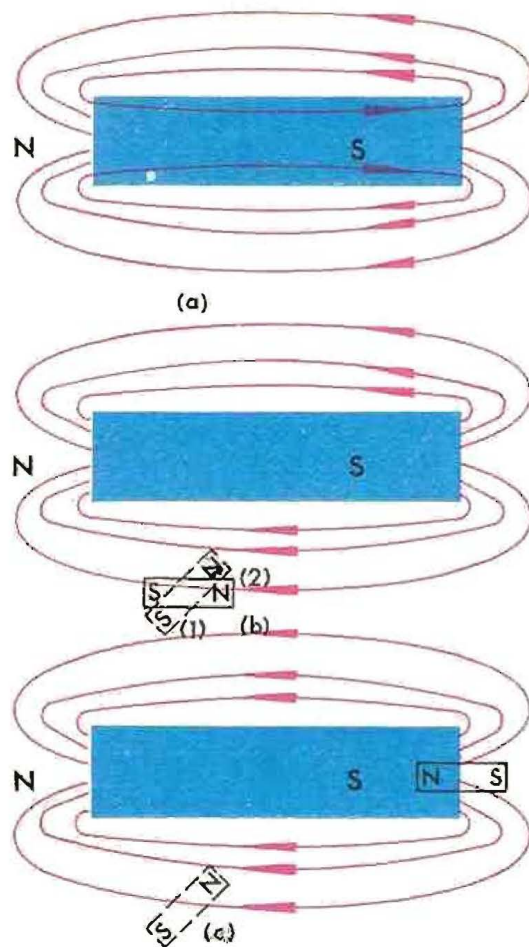


Figura 9. — a) Campo magnético creado por un imán permanente. b) Acción del campo sobre un pequeño imán: 1, posición primitiva; 2, giro que efectúa el imán al ejercer la acción en el campo de imán fijo. c) Caso de poder desplazarse al imán pequeño, seguiría aproximadamente una línea de fuerza del campo magnético.

que las líneas de fuerza de este campo magnético son circunferencias concéntricas con centro en el conductor y que el sentido de esas líneas de fuerza es el adecuado para que en la orientación que adopta la brújula entren en ella por el polo sur y salgan por el polo norte.

Como regla práctica para deducir el sentido de las líneas de fuerza del campo magnético, creado por un conductor recorrido por una corriente eléctrica, nos valdremos de la llamada regla del sacacorchos, que dice: *El sentido de las líneas de fuerza de un campo magnético generado por una corriente eléctrica es aquel con que debe girar un sacacorchos para que adelante en el sentido de paso de la corriente.*

De modo parecido a como hacíamos en el campo eléctrico, podemos hablar de intensidad del campo magnético y especular de qué factores depende.

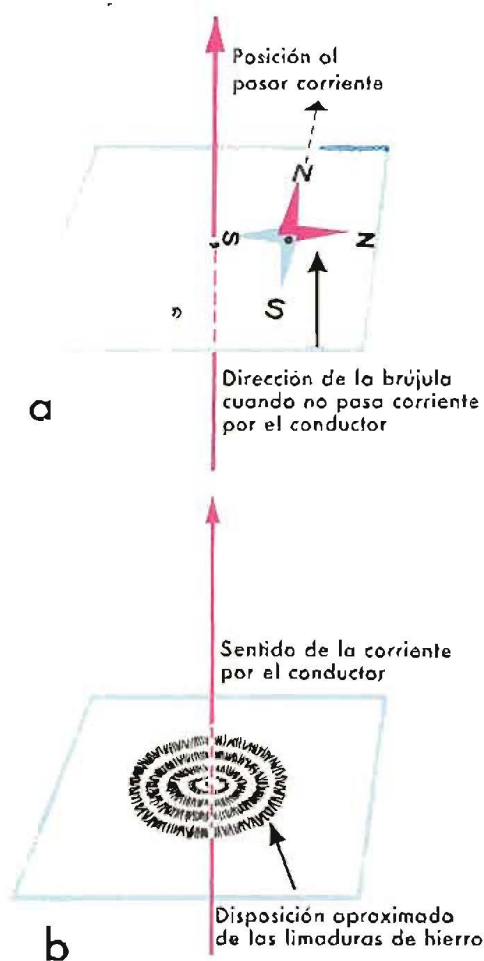


Figura 10. — a) Las agujas magnéticas situadas alrededor de un conductor por el que pasa corriente se orientan en sentido tangencial a una circunferencia que pasa por donde se encuentra cada aguja y que tiene por centro al conductor. b) Campo magnético y trayecto de las líneas de fuerza, hecho visible por medio de limaduras de hierro. c) Dirección de las líneas de fuerza en el caso de una corriente que se dirige hacia el plano del papel de esta página. d) Dirección de las líneas de fuerza en el caso de que la corriente salga del plano de esta página.

La conclusión es, pues: La intensidad en un punto de un campo magnético creado por una corriente eléctrica rectilínea, es directamente proporcional a la intensidad de esta corriente e inversamente proporcional a la distancia mínima entre la dirección de la corriente y el punto. Su expresión es:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{r}$$

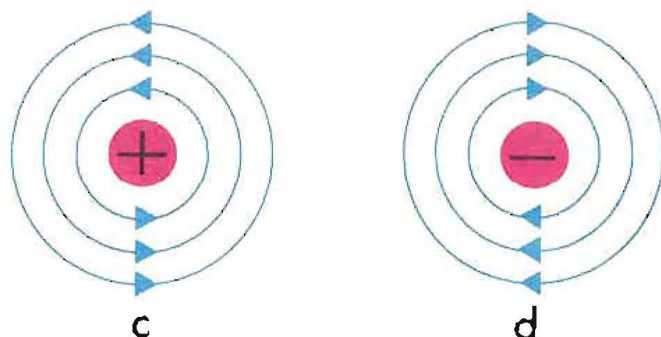
deducida de la ley de excitación total.

Discutamos un poco esa expresión.

En primer lugar, vemos que la intensidad del campo depende de un factor μ_0 . Este factor recibe el nombre de permeabilidad magnética del medio y representa una medida del comportamiento

Puede observarse que si la corriente que atraviesa el conductor es débil las limaduras de hierro se orientan con mucha más dificultad que si la corriente es mayor; que la orientación de la brújula es más rápida y brusca con corrientes elevadas y, en fin, que toda manifestación de acción del campo magnético aumenta con la corriente, todo lo cual lleva a la conclusión de que la intensidad del campo magnético es proporcional a la corriente que lo genera.

También pueden apreciarse efectos contrarios con el alejamiento del conductor; o sea, que las acciones del campo magnético decrecen de manera proporcional a la distancia del conductor al punto de las observaciones, lo que nos conduce a la manifestación de una proporcionalidad inversa de la intensidad del campo magnético con la distancia.



del medio frente al campo magnético. Para nuestro conductor el medio era el aire, puesto que es en el aire donde aparecía el campo magnético. La permeabilidad magnética del aire es prácticamente igual a la del vacío que representamos por μ_0 , y que tiene el valor $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{W}{A.m}$

Para otras sustancias la permeabilidad magnética tiene otros valores de μ que pueden expresarse como producto de la permeabilidad magnética del vacío por otro factor M , de la siguiente manera:

$$\mu = M \cdot \mu_0$$

El factor M representa las veces que la sus-

tancia de permeabilidad μ es más permeable que el vacío; se le llama *índice de permeabilidad*.

Desde el punto de vista magnético las sustancias pueden clasificarse en dos grupos fundamentales: las que tienen un índice magnético mayor que la unidad, y aquellas otras en que M tiene un valor inferior a 1.

Si para una sustancia dada M es inferior a 1, físicamente significa que la permeabilidad de esa sustancia es inferior al vacío, y por tanto que es más fácil establecer un campo magnético en el vacío que a través de esta sustancia. A todas las de este grupo se les conoce como *sustancias diamagnéticas*.

Para valores de M superiores a 1, cabe distinguir dos grupos: los que tienen un valor de M ligeramente superior a 1 y los que presentan para M valores elevados. A las primeras sustancias se las conoce como *paramagnéticas* y a las últimas como *ferromagnéticas*; son las que comúnmente se emplean como partes metálicas de los circuitos magnéticos.

Analicemos ahora el resto de la fórmula; la expresión

$$\frac{1}{2\pi} \frac{I}{r}$$

Démonos cuenta que la expresión no depende del medio en el que se ha generado el campo, sino tan sólo de cómo se ha excitado: la corriente por el conductor y la distancia

a que se mide el campo. Por esta razón a esta expresión se la conoce como excitación magnética específica y se representa por

$$H = \frac{1}{2\pi} \frac{I}{r}$$

Volvamos a la expresión de la intensidad del campo, que ahora podemos escribir de esta manera:

$$B = \mu_0 H$$

Retengamos algo muy importante que esta expresión revela: si queriendo aumentar la intensidad del campo se actúa sobre la corriente de excitación, aumenta H y con ella B ; pero si no se quiere aumentar la excitación puede aumentarse igualmente el campo actuando sobre el factor μ_0 , lo que se consigue cambiando el material a través del cual se ha establecido el campo. En el caso del campo estudiado podría, por ejemplo, disponerse un anillo de hierro o de material de mayor índice de permeabilidad, y sin variar la corriente de excitación automáticamente aumentaría la intensidad del campo.

Cuando se necesite tener campos intensos es, pues, conveniente generarlos en materiales ferromagnéticos.

CAMPOS CREADOS POR CORRIENTES ELECTRICAS EN CONDUCTORES ESPIRALES O BOBINAS

Veamos el caso de una espira recorrida por una corriente como se indica en la figura 11. Cada elemento de la espira contribuye a la formación de un campo magnético del sentido indicado, puesto que cada trozo de conductor puede asemejarse a un pequeño conductor rectilíneo.

Si se unen varias espiras recorridas por una misma corriente, cada una de ellas genera un campo magnético; y los campos creados por todas las espiras tienen el mismo sentido. El conjunto se comporta como un imán con la posición de los polos indicada en la figura 12. Lógicamente, el campo creado en cada espira es proporcional a la corriente que la atraviesa, y el campo resultante será aproximadamente igual al creado por cada espira multiplicado por el número de espiras de la bobina.

Las líneas de fuerza del campo magnético son más conocidas como líneas de inducción, aunque no sean exactamente lo mismo. Sólo coinciden en el vacío, ya que las líneas de inducción dependen de la permeabilidad del medio y las de fuerza o

de campo, como también se las llama, sólo dependen de la excitación.

Lo que ocurre es que con una excitación H dada, puede obtenerse en el vacío una determinada intensidad de campo $B = \mu_0 H$. Representaremos este campo por un número de líneas adecuado a la escala elegida. Si se dispone un material ferromagnético dentro del campo, la intensidad de éste aumenta a $B = \mu H$, siendo $\mu = M\mu_0$ y M el índice de permeabilidad, teniendo, por tanto, que representar el nuevo campo con un número superior de líneas. Habrá que distinguir, pues, entre las líneas de campo o de la excitación y las de inducción correspondientes al verdadero campo.

En el caso de un campo creado por una bobina, la expresión de la intensidad del campo es aproxima-

$$B = \mu_0 \frac{IN}{l} = \mu_0 H$$

ya que depende de la relación longitud-diámetro de la espira.

Podemos distinguir, también, dos partes: una

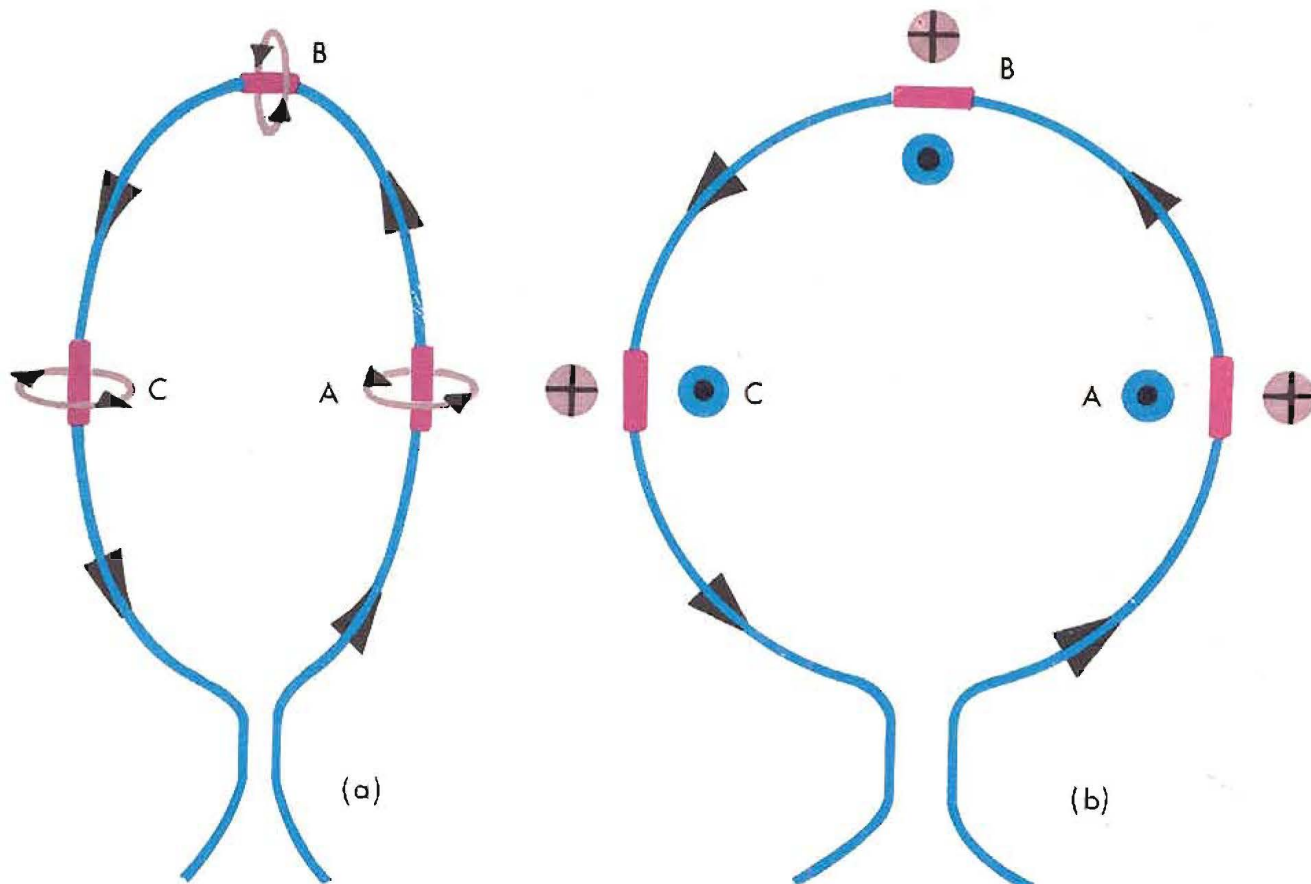


Figura 11. — Líneas de fuerza — de campo magnético — en una espira.

correspondiente al medio μ y otra a la excitación

$$H = \frac{NI}{l}, \text{ siendo:}$$

- N = Número de espiras;
- I = Intensidad de la corriente;
- l = Longitud de la bobina.

Si en el interior de la bobina se coloca un núcleo ferromagnético de índice de permeabilidad $M = 20$, entonces $\mu = 20 \mu_0$, y el campo será veinte veces más intenso sin necesidad de aumentar la corriente por las espiras.

Acción de los campos magnéticos sobre los conductores recorridos por corrientes

Sea un campo magnético cuyas líneas de campo están representadas en la figura 13. No nos preocupemos de cómo ha sido generado, sino tan sólo de que existe. Atravesemos este campo mediante un conductor recorrido por una corriente I cuyo sentido se indica, y deduzcamos la acción

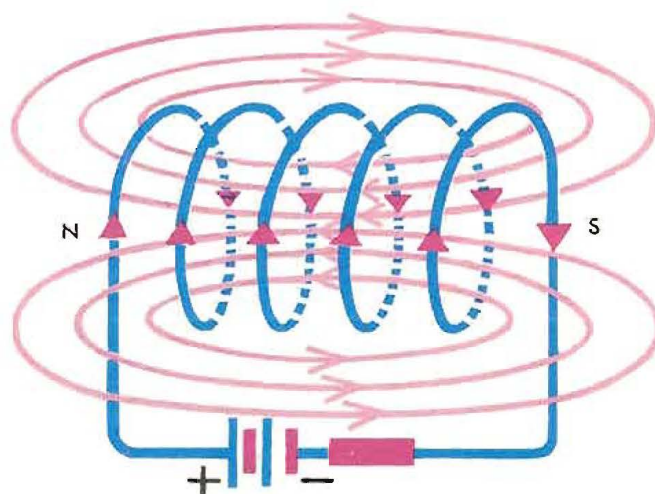


Figura 12. — Líneas de fuerza en una bobina

del campo sobre el conductor. El sentido de la corriente, al indicarse por un aspa, significa que es hacia dentro del papel.

Aplicando la regla del sacacorchos deducimos el sentido de las líneas del campo creado por el conductor. Démonos cuenta que en el lado izquierdo del conductor las líneas de ambos campos coinciden en sentido, mientras que por el lado derecho del conductor tienen sentido contrario. La acción lógica del campo será intentar apartar de

el las líneas que se le oponen y conservar las que le ayudan. La manera más rápida de conseguir este propósito es intentar apartar el conductor hacia la derecha ejerciendo sobre él una fuerza, como se indica.

Si se invierte el sentido de la corriente, también se invierte el de las líneas de campo, y por tanto el de la fuerza sobre el conductor.

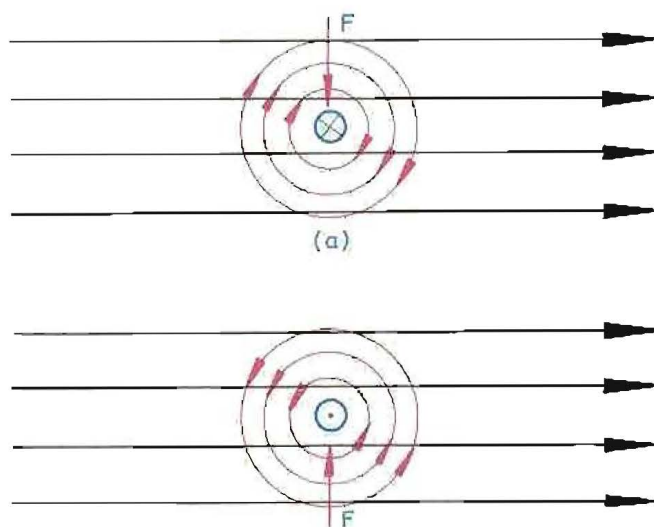
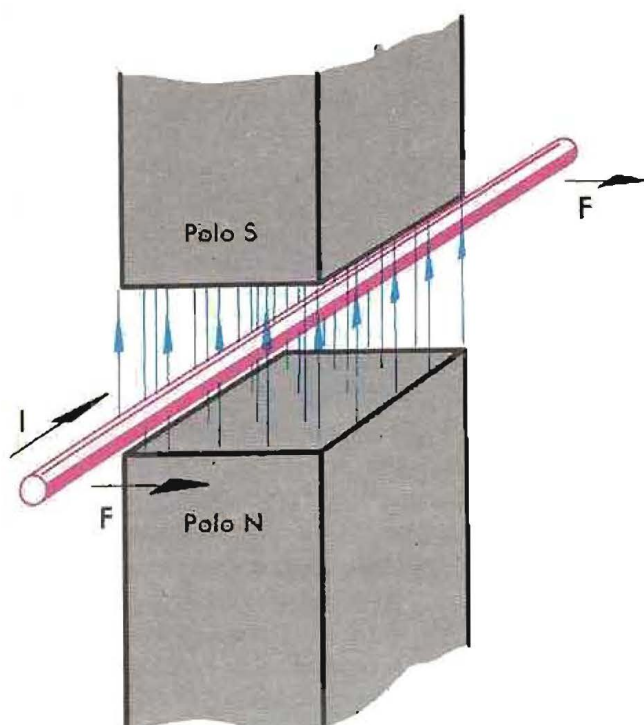


Figura 13. — El campo magnético provoca el desplazamiento hacia la derecha del conductor con cierta fuerza F , de acuerdo con el sentido de giro de las líneas del campo creado por el conductor (regla del sacacorchos) y con el sentido del campo magnético existente.

Una regla práctica para conocer el sentido de la fuerza es la llamada regla de la mano izquierda, que dice: *Colocando los tres dedos de la mano izquierda de manera que formen ángulo recto entre sí (como se indica en la figura 14) y haciéndolos coincidir con las magnitudes indicadas, el sentido de la acción coincide con el dedo pulgar.*

La magnitud de la fuerza que ejerce el campo sobre el conductor depende, lógicamente, de la intensidad del campo magnético B y de la intensidad de corriente I que recorre el conductor, ya que cuanto mayor sea la intensidad, mayor es el campo magnético que crea el conductor, y mayor por tanto la interacción entre ambos; y, desde luego, también depende de la longitud del conductor que está sometido a la acción del campo magnético.

La magnitud de la fuerza depende también de la posición del conductor. Si forma ángulo recto con las líneas del campo magnético, éstas coinciden en dirección con las del campo del conductor y la acción es máxima. En cambio, si el conductor está paralelo a las líneas del campo exterior, las líneas de su propio campo son perpendiculares a las exteriores y la acción es nula. Depende también de la longitud del conductor expuesta al campo: a mayor longitud, más acción. En definitiva:

$$F = B \cdot l \cdot I \cdot \sin \alpha$$

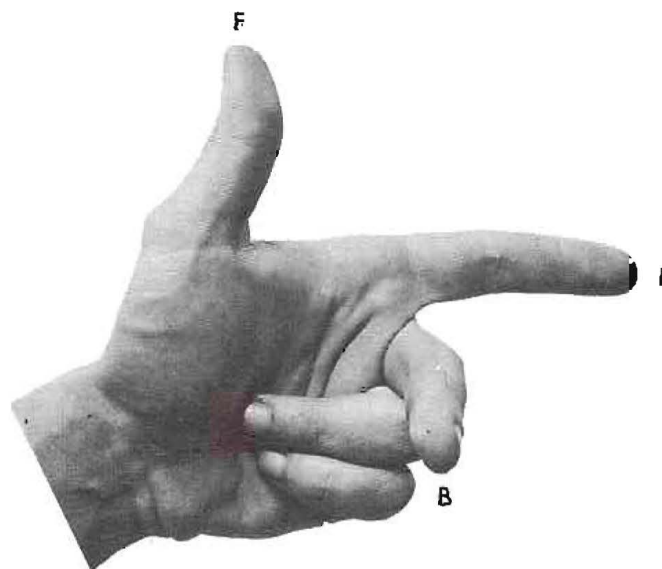


Figura 14. — Regla de la "mano izquierda" para determinar las acciones y magnitudes del campo. I = Sentido de la corriente. B = Sentido del campo magnético. F = Sentido de la fuerza originada.

Acción de un campo magnético sobre un haz de electrones

Un haz de electrones supone un transporte de cargas eléctricas, y un transporte de cargas eléctricas es una corriente eléctrica. Si, como hemos visto, un campo magnético puede ejercer una acción sobre una corriente eléctrica —que no es más que un transporte de cargas eléctricas por dentro de un conductor—, también ejercerá acción sobre el transporte de electrones, aunque no sea por un conductor. La única diferencia está en que cuando las cargas se mueven por dentro de un conductor, la acción del campo se materializa en este conductor; en cambio, cuando las cargas se mueven en el vacío (como ocurre en el caso del haz de electrones) la acción se manifiesta sobre las mismas cargas.

Calculemos la fuerza que ejerce el campo sobre cada electrón.

Sabemos que la acción de un campo magnético de intensidad B sobre una corriente de intensidad I soportada por un conductor expuesto en una longitud l a la acción del campo magnético es:

$$F = B \cdot l \cdot I,$$

suponiendo el conductor perpendicular al campo.

También sabemos que la corriente eléctrica que pasa por un conductor no es más que una medida del número de cargas que lo atraviesan por segundo. La corriente que representa un electrón es, pues:

$$I = \frac{q}{t}$$

siendo q la carga del electrón y t el tiempo que tarde en atravesar el campo. Combinando las dos obtendremos:

$$F = B \cdot l \cdot \frac{q}{t} = B \cdot \frac{l}{t} \cdot q = B \cdot v \cdot q$$

ya que l/t es la velocidad con que el electrón atraviesa el campo. El sentido de esta fuerza es el dado por la regla de la mano izquierda, no olvidando que el sentido de la corriente es el contrario del en que se mueven los electrones.

Según los resultados obtenidos, la fuerza que ejerce el campo sobre el electrón es directamente proporcional a la velocidad con que atraviese el campo, a la intensidad de éste y a la carga del electrón.

Veamos cómo determinar el sentido de las acciones de los campos magnéticos sobre los electrones. Se aplica la regla de la mano izquierda, to-

mando para I sentido contrario que tenga v_0 . Los resultados están representados en la figura 15.

Entremos ya en un caso práctico. Supongamos un haz de electrones en el que se interpone un campo magnético creado por una bobina.

El haz sufre un desplazamiento:

$$h \approx L \frac{l B}{v_0} \frac{q}{m}$$

que depende de casi los mismos factores que la desviación en el campo eléctrico:

1. De L , que es la distancia entre el eje de las bobinas deflectoras y la pantalla. Se comprende que cuanto mayor sea esta distancia mayor será la desviación, por el hecho de que al salir del campo de los deflectores, el ángulo del haz es constante con respecto al eje.

2. De l . Como en el campo eléctrico de desviación, la acción es proporcional a la longitud del campo deflector.

3. De B , que es la intensidad del campo magnético. Cuanto mayor sea esta intensidad más grande será la deflexión.

4. De v_0 , en forma de proporcionalidad inversa. Recordemos que la desviación electrostática era inversamente proporcional al cuadrado de la velocidad del electrón, Y finalmente:

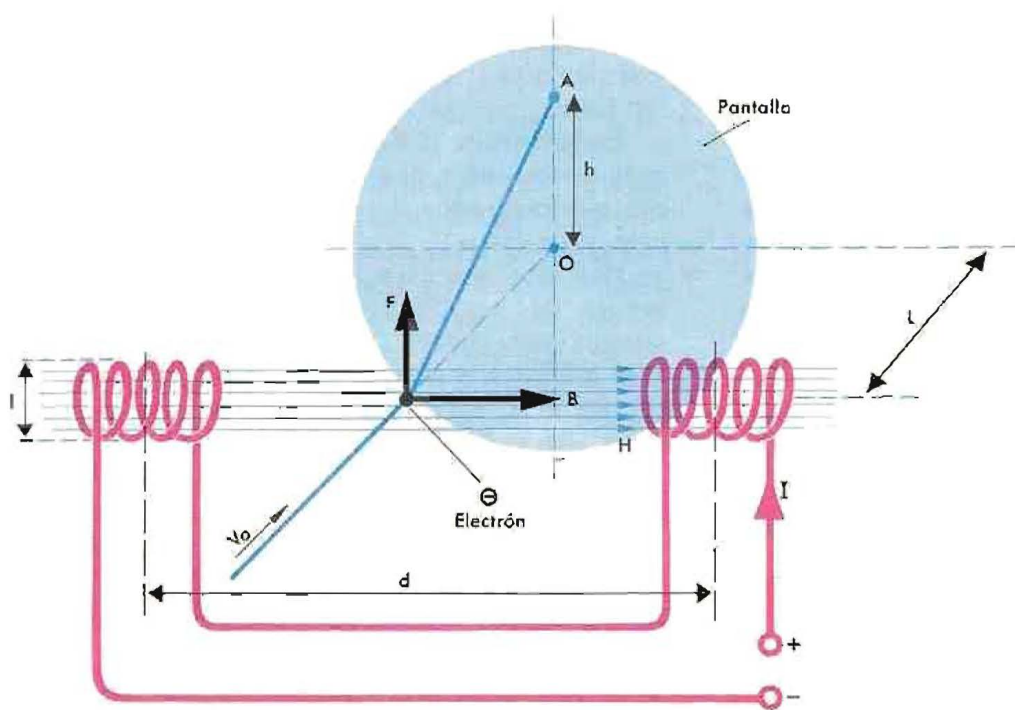
5. De la relación carga/masa del electrón, igual que en la desviación electrostática.

Para conseguir que el haz descienda basta con invertir el sentido de la corriente en las bobinas; y para conseguir la desviación sobre el eje horizontal, con colocar otro par de bobinas perpendiculares a las anteriores.

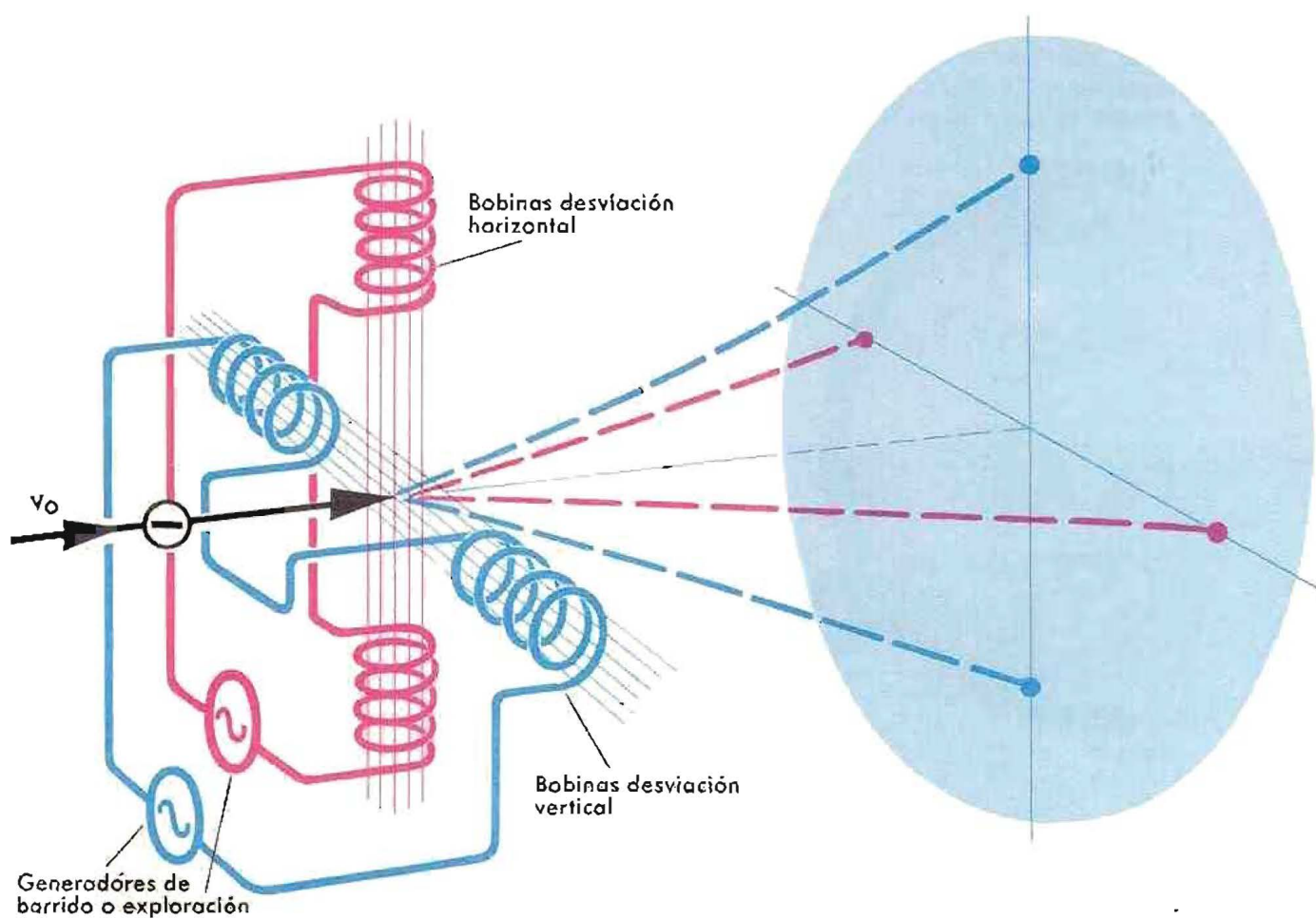
Como la intensidad del campo magnético B es proporcional a la intensidad de la corriente de las bobinas deflectoras, se puede actuar sobre la desviación del haz operando sobre esta corriente.

Con una onda de corriente en forma de diente de sierra, el campo también varía según una intensidad en diente de sierra. En consecuencia, puede obtenerse una desviación del haz adecuada para la exploración apetecida de la pantalla.

Concluido este estudio de la desviación del haz de electrones mediante campos eléctricos o magnéticos, podemos recordar cómo se descompone la imagen para su análisis: se ha visto que se dividía en una serie de puntos ordenados en líneas horizontales y que esas líneas están separadas por determinada distancia vertical. Se ha seguido con el orden en que se analiza la imagen descompuesta: hemos dicho que se exploran las líneas de izquierda a derecha, con rápido retorno de derecha a izquierda (sin exploración), y de arriba hacia abajo, de manera que se empieza por el primer



Figuras 15 y 16. — Desviación del electrón dentro del campo magnético.



punto de la parte superior izquierda de la pantalla para acabar en el último de la parte inferior derecha. Recordemos además que la exploración era entrelazada, o sea, que se empezaba a explorar un cuadro analizando sólo las líneas impares, se seguía en un segundo cuadro con las líneas pares y así se concluía el análisis de la imagen completa. A continuación se ha estudiado cómo se analizaba esta imagen mediante un fino haz de electrones gobernado por unos campos eléctricos o magnéticos que recorría cada punto de la pantalla, dando una tensión en una resistencia del tubo de cámara proporcional a la luminosidad del punto donde había efectuado el impacto.

Hemos dicho antes que todo el proceso se lleva a cabo dentro de unos tubos electrónicos, en cuyo interior se ha hecho el vacío, provistos de una serie de dispositivos que aun sin conocerlos podríamos adivinar. No se sorprenda: ¡claro que podríamos adivinarlos! ¿No hemos hablado de un haz de electrones? Pues algún dispositivo tiene que producirlo. ¿Cuál será, sino un cátodo de emisión termoiónica semejante al de las válvulas? ¿No necesitábamos que los electrones tuviesen gran velocidad? Pues tendrá que acelerarlos algún campo eléctrico constituido por uno o más ánodos. ¿No necesitábamos que el haz de electrones se concentrara en un punto? Alguna lente electrónica tendrá que concentrarlo. Adelantemos que esta lente puede constituirse mediante campos eléctricos o magnéticos. También hemos visto que era preciso desviar el haz; luego un doble siste-

ma (uno horizontal y otro vertical) de desviación debe dotar el tubo. Si el haz tiene que incidir en una pantalla fluorescente, el tubo deberá tenerla también.

En definitiva, el tubo estará constituido por cátodo termoiónico, ánodos aceleradores, lentes concentradoras, rejilla de control, sistemas de desviación y pantalla.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que existen dos tipos fundamentales de tubos en un sistema de televisión: los de cámara y los de imagen. Ambos son idénticos en el principio de funcionamiento, pero muy diferentes en aspecto al estar adaptados a trabajos casi contrarios.

Con ello, sería lógico seguir con el estudio de estos tubos si no entrara en cuestión el estudio de un nuevo elemento en la captación, transmisión y reproducción de las imágenes vivas: el COLOR.

En efecto, hasta aquí, en la imagen sólo analizábamos su concentración en blancos y negros dándonos toda la escala de grises que nos da el *contraste*, que es el que hace que nuestro cerebro pueda interpretar de hecho la imagen. Sin embargo, en la realidad las escenas son coloreadas; y con el fin de reproducirlas lo mejor posible, la televisión también ha ido al color, cuya teoría estudiaremos a continuación. En la lección siguiente iniciaremos la descripción de los tubos de rayos catódicos, tanto en su etapa experimental como en su realidad actual, tanto en el campo del blanco y negro como en el del color.



PRINCIPIOS DE LA TELEVISION EN COLOR

Colorimetría

Sabemos que la luz es una forma de radiación electromagnética de alta frecuencia que impresiona el ojo humano. Los objetos reflejan la luz con diferentes frecuencias; y según sean éstas, nuestros ojos transmiten al cerebro una sensación característica que es la de cada color. Así, lógicamente, todo lo que vemos es de un color u otro y lo apreciamos precisamente por este colorido que nos acompaña siempre: en la ropa que llevamos, en los objetos que utilizamos, en las casas en que vivimos, en los alimentos que ingerimos y en las personas, seres y objetos que nos rodean.

Todo este sistema científico-fisiológico se basa, pues, en dos puntales: la naturaleza electromagnética de la radiación luminosa y las sensaciones producidas por nuestros ojos. Así pues, para el estudio del color partamos de nuestros ojos, o mejor, volvamos a ellos ya que en la lección anterior analizamos algunas de sus cualidades.

El sentido de la vista

Nuestro cerebro interpreta las sensaciones de los colores gracias a la llamada *mácula lútea* o *mancha amarilla* situada en la retina del ojo, que se sensibiliza con la luz y que envía el impulso electrofisiológico, por medio del nervio óptico, hasta el cerebro.

El ojo es perfectamente esférico, salvo una pequeña zona en su parte central. El llamado globo ocular se halla rodeado por una fuerte membrana, la *esclerótica*, que le protege. La esclerótica sobresale en la parte frontal del globo formando una porción transparente y fuertemente abovedada denominada *córnea*. La pared del globo está formada por otra membrana llamada *coroides*, rica en vasos sanguíneos, que en su parte delantera —precisamente detrás de la córnea— tiene un orificio en que se aloja un órgano que actúa de lente denominado *cristalino*. (Figura 17.)

El cristalino está unido a la coroides por una serie de fibrillas y por un músculo circular cuya función es contraer o dilatar el cristalino (que sólo se diferencia de una verdadera lente de óptica en que es elástico y, en cambio, aquélla es rígida). La acción de este músculo es comparable a la del diafragma de una cámara fotográfica, mientras los párpados obran como un obturador permitiendo o impidiendo la entrada de los rayos luminosos.

La coroides se prolonga por delante del cris-

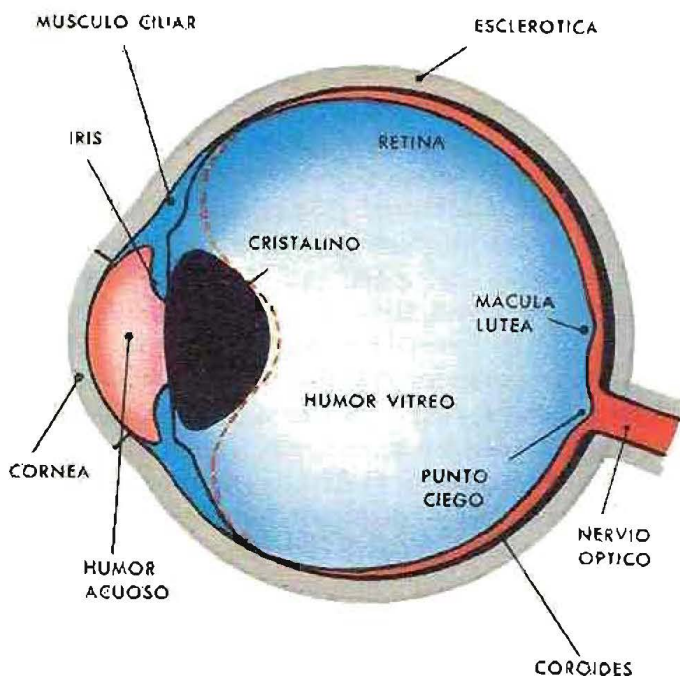


Figura 17. — El ojo visto en sección.

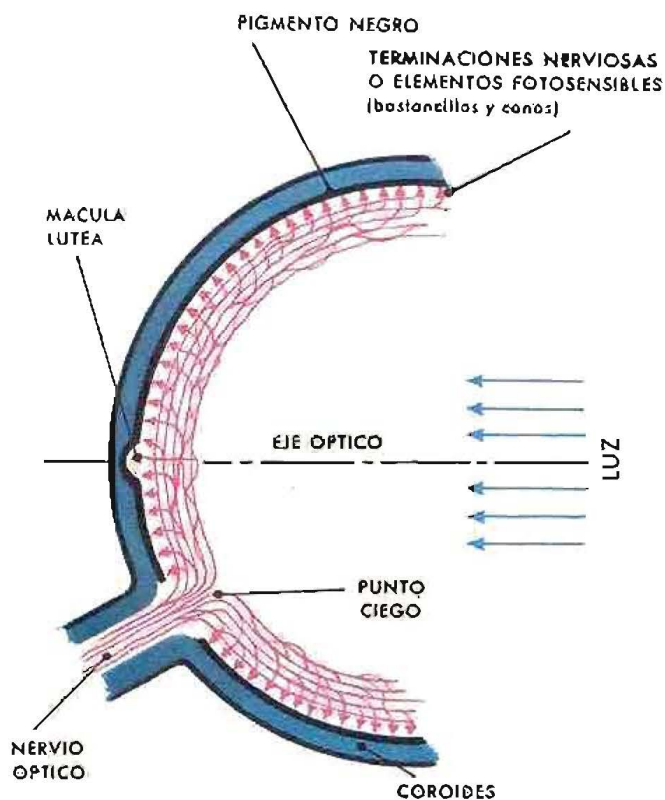


Figura 18. — Sección esquemática de la retina.

talino formando el *iris*, dotado de una perforación circular que aparece como una mancha negra llamada *pupila*.

El espacio comprendido entre la córnea y el iris está lleno de un líquido incoloro, llamado *humor acuoso*, del que también está llena la cámara formada entre el iris y el cristalino.

Una tercera membrana, llamada *retina*, recubre la pared interna del globo ocular. Consiste en un tejido de fibras nerviosas finas y transparentes. El interior del globo está lleno de un fluido gelatinoso llamado *humor vítreo*.

Las fibrillas nerviosas de la retina se reúnen en la parte posterior del ojo, constituyendo el llamado *nervio óptico*. Los dos nervios ópticos se cruzan y se dirigen al cerebro. Las fibrillas nerviosas, cuyo número se estima en un millón, se extienden en todas direcciones sobre la superficie anterior de la retina y terminan en los *bastoncillos* y *conos*, denominados así por su forma, que se distribuyen irregularmente en la superficie de la retina. (Figura 18.)

El punto de entrada del nervio óptico no es sensible a las impresiones luminosas, y se le llama *punto ciego*. La parte central de la retina sólo contiene conos y reacciona a la radiación incidente. Se le llama *mácula lútea* (mancha amarilla), y tiene unos 2 mm de diámetro.

La luz ha de atravesar todo el espesor de la retina, formado por las fibrillas, a fin de llegar a las terminaciones nerviosas. En ellas, bajo la acción de la luz, la energía luminosa se transforma en excitación nerviosa gracias a los conos y bastoncillos y llega al cerebro a través de la fibrilla correspondiente y el nervio óptico. Esta parte sensible a la luz que es la retina se halla prote-

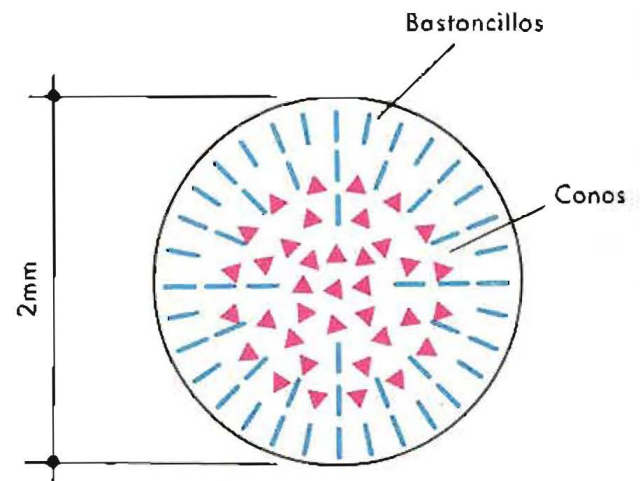


Figura 19. — Mácula lútea (mancha amarilla).

gida por un pigmento negro. Los bastoncillos no son sensibles al color y lo son mucho a la excitación luminosa (intensidad de iluminación). Sucede lo inverso en los conos: ante fuertes niveles de iluminación, los bastoncillos no actúan; en cambio, ante niveles débiles son los conos los que no actúan.

Los conos predominan en la mácula lútea hasta el punto que son el único elemento fotosensible en el centro de ésta. Los conos son los únicos elementos sensibles al color; es decir, aquellos que transmiten la sensación de los colores. (Figura 19.)

La retina es mucho más sensible en la oscuridad como consecuencia de la actividad principal de los bastoncillos. Sin esta facultad quedaríamos completamente ciegos al llegar el crepúsculo; y como los bastoncillos no son sensibles al color, por esto de noche no lo apreciamos. En definitiva, para apreciar bien los colores se necesitan

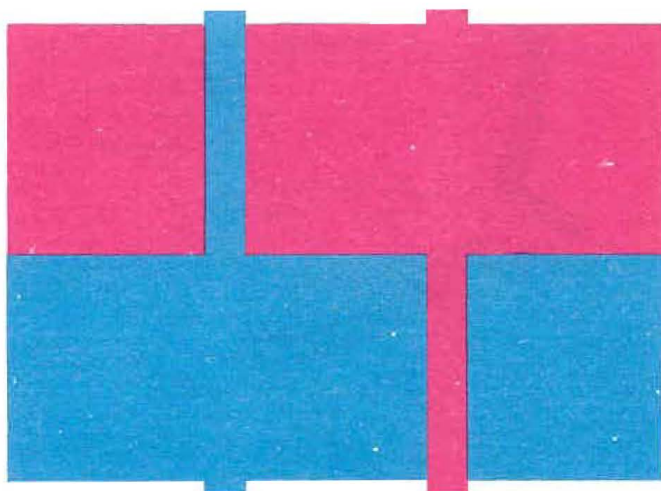
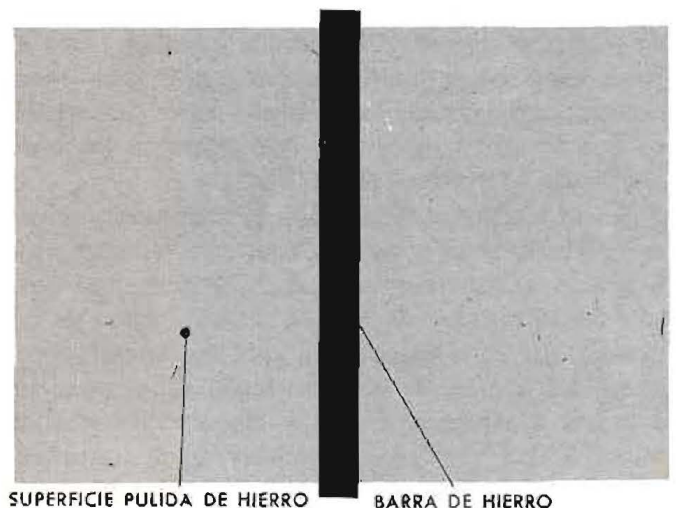


Figura 20. — Contraste de color.



SUPERFICIE PULIDA DE HIERRO BARRA DE HIERRO

Figura 21. — Contraste de luminosidad.

altos niveles de iluminación, ya que entonces son los conos los que hacen posible la visión y son éstos los que nos sensibilizan al color.

El reconocimiento de los objetos situados en nuestro campo de visión se efectúa gracias a la diferencia de las impresiones que nos producen; es decir, gracias a los CONTRASTES.

Dentro de los contrastes debemos distinguir entre los contrastes de color y los de luminosidad, que corresponden a dos impresiones distintas. Un fotógrafo que emplea película en blanco y negro busca el contraste de luminosidad para obtener imágenes contrastadas; al contrario, si emplea película en color, busca el contraste de color, a pesar de que sigue siendo necesario cierto contraste en luminosidad.

En televisión monocromática, el operador busca un contraste de luminosidad en la toma de la escena y el telespectador regula fundamentalmente el mando de contraste (que es de blanco-negro) en su receptor. En televisión en color se busca fundamentalmente el contraste de colores; uno de los mandos fundamentales del televisor es el de contraste de color.

En efecto, si sobre un trozo de cartón pintado mitad por mitad en rojo y azul colocamos dos tiras, también de cartón y pintadas una en rojo y otra en azul, veremos que la tira de color azul no se distingue cuando pasa por la zona azul de la superficie del cartón.

Al contrario, cuando está encima de la zona pintada de rojo se distingue bien. Con la tira de color rojo ocurre lo mismo cambiando los colores. Este contraste se debe al color. (Figura 20.)

Si sobre una superficie de hierro colocamos una barra también de hierro, ésta se distinguirá según que la superficie o la barra sean más o menos brillantes, en relación una con otra. Es decir, este contraste es por luminosidad. (Figura 21.)

Como ya hemos dicho, los conos —elementos fotosensibles de nuestra retina— producen en el cerebro la sensación del color y sirven principalmente para una visión clara y precisa cuando son excitados por la acción de la luz, mientras que otros elementos fotosensibles, los bastoncillos, no son sensibles a la coloración y entran en actividad en el crepúsculo o en la oscuridad.

Cuando la luminosidad es elevada, la sensibilidad de la retina es máxima para los colores amarillosverdosos; a medida que la iluminación disminuye esta sensibilidad máxima se desplaza hacia el color azul. Este corrimiento de la sensibilidad hacia el azul no tiene nada de extraño, ya que proviene del desarrollo de las condiciones de vida sobre la Tierra; en un tiempo en que sólo se conocía el sol como fuente de luz, el ojo se adaptó ex-

clusivamente, de una forma fisiológica, a la luz tamizada en cielo cubierto o a la luz difusa del día, que posee un máximo de radiaciones amarillosverdosas.

La luz y los colores

La luz tiene dos significados: en su sentido general, la luz es el agente capaz de excitar nuestro sentido de la vista, y por tanto la base de un fenómeno fisiológico que tiene lugar en nuestro interior. Desde el punto de vista físico, la luz es una de las manifestaciones de la energía, al igual que la electricidad, el calor, etc.

Podemos definir la luz como energía radiante, o conjunto de radiaciones con capacidad para producir sensaciones visuales. La luz es una sensación, mientras que la radiación luminosa es un fenómeno físico; es decir, energía propagada con gran velocidad en el espacio (al igual que las ondas de radio) y cuya presencia sólo se hace patente por sus efectos, que consisten en impresionar nuestra retina haciéndonos ver. La radiación luminosa y la luz son cosas esencialmente diferentes: la radiación, fenómeno físico, es la causa; la luz, que sólo es una sensación, es un efecto. Aunque una implica la otra, no deben, sin embargo, confundirse.

Todo cuanto se ha dicho reza indudablemente para los colores, ya que la luz es de colores. Es decir, la sensación de un color es la sensación de la luz de este color (cuando la sensación es de luz blanca, en realidad es la sensación de una buena mezcla de luz de varios colores) y la radiación luminosa que la produce tiene una frecuencia bien determinada; si la luz es compuesta (mezcla de varios colores como la luz blanca) se trata de un conjunto de radiaciones luminosas de varias frecuencias.

La energía siempre es de la misma naturaleza en sí y siempre se propaga en el espacio a la misma velocidad de 300.000 kilómetros por segundo, aunque los efectos que produzca sean diferentes (calor, luz, electricidad, sonido, etc.). Lo único, pues, que distingue efectos de otros es la frecuencia a la cual vibra dicha energía.

$$\text{Frecuencia} = \frac{300.000 \text{ km/s}}{\text{(velocidad de propagación)}} \\ \text{Longitud de onda}$$

Los efectos que produce la energía radiada pueden clasificarse según la frecuencia de radiación o, lo que es lo mismo, según la longitud de onda de la propagación. Es la clasificación que conocemos con el nombre de *espectro electromagnético*,

llamado así porque la energía es una carga eléctrica y su radiación se efectúa atravesando el campo magnético.

Las radiaciones visibles o radiaciones luminosas correspondientes a cada color, que impresionan nuestra retina, cubren una gama muy estrecha del citado espectro electromagnético. Para que pueda discernir las radiaciones cuya frecuencia dan lugar a una luz de color bien definido, hemos ampliado el espectro visible al lado del electromagnético o general. (Figura 22.)

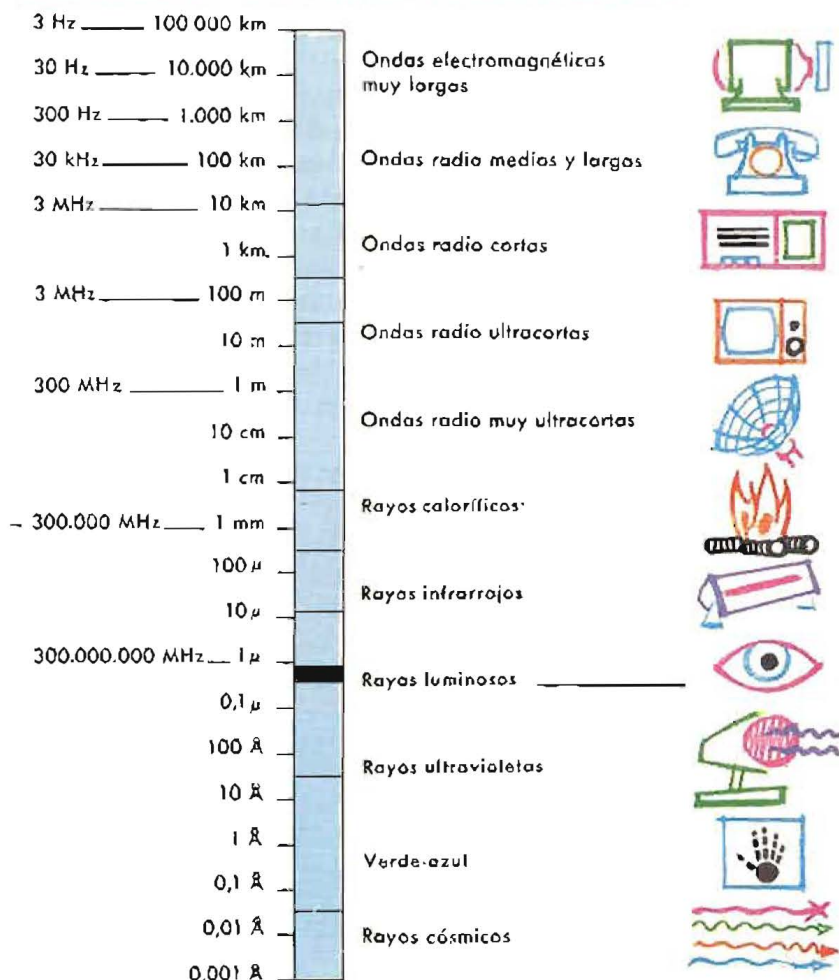
De la radiación luminosa o visible que recibimos del sol decimos que es *luz blanca*; la percibimos como tal e intentamos imitarla en las fuentes de luz artificial para nuestro alumbrado. Sin embargo, al observar el espectro visible se aprecia que no existe ninguna radiación con frecuencia bien definida que corresponda a la luz o color blanco; ello es así porque en realidad la luz blanca no existe como tal. La luz del sol corresponde a una mezcla de radiaciones con frecuencias que varían desde los 4000 Å hasta 7000 Å. Ello se comprueba descomponiendo la luz del sol y también *fabricando luz blanca*.

Podemos descomponer la luz solar colocando una pantalla metálica con un agujerito en el centro, de forma que sólo deje pasar un estrecho haz de luz. En el trayecto de este rayo luminoso se intercala un prisma triangular de vidrio, el cual *refracta* —es decir, desvía o selecciona— cada una de las radiaciones elementales del espectro solar. Cuanto más elevada sea la frecuencia de la radiación, mayor es la desviación que imprime el prisma al rayo luminoso. (Figura 23.)

Si después del prisma se coloca una pantalla de proyección, se recoge toda una banda matizada en que aparecen los colores del rojo al violeta del arco iris, en lugar del punto blanco que aparecería si no se hubiese intercalado el prisma de vidrio.

Pasemos a *fabricar luz blanca*; es decir, esta mezcla de radiaciones que nuestro sentido de la vista entiende como luz blanca. En un disco de cartón o de otro material, se dibujan seis sectores iguales, cada uno de los cuales se pinta con los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta. Si se hace girar con rapidez el disco ocurre algo similar a lo descrito en la lección anterior sobre la sucesión de imágenes en el cine o de puntos

ESPECTRO ELECTROMAGNETICO



ESPECTRO VISIBLE

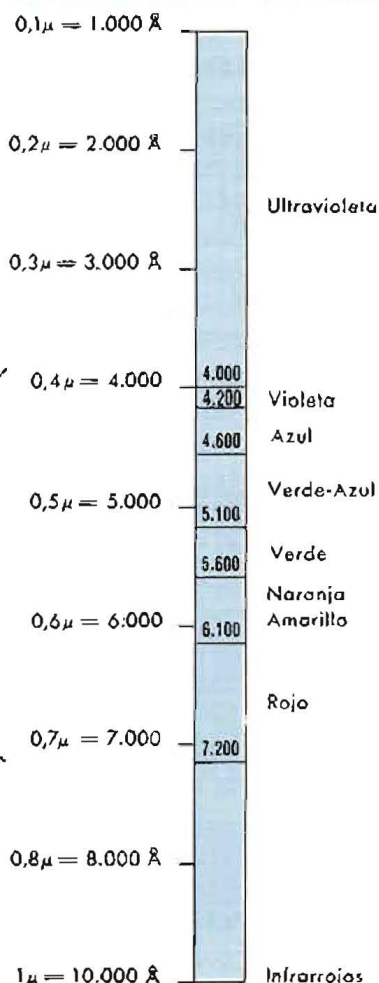


Figura 22. — Gráfico representativo de los espectros electromagnético y visible

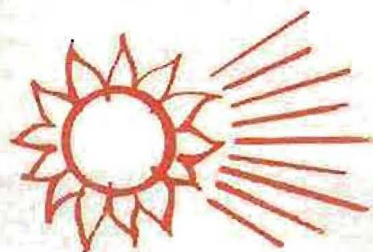
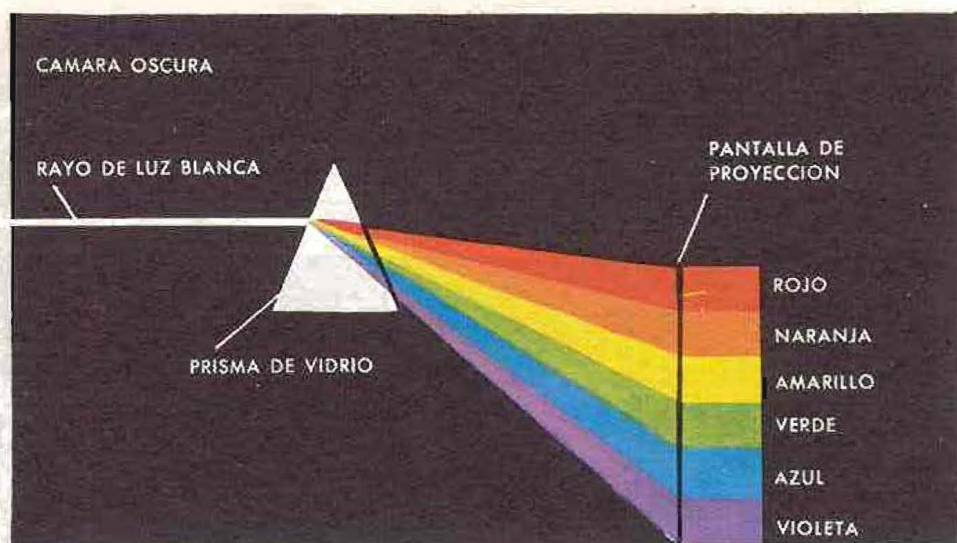


Figura 23. — Descomposición de la luz blanca.



en la televisión: es decir, la propiedad (o el defecto) de la persistencia de las imágenes en nuestra retina hace que en ella vayan superponiéndose —sumándose— los colores, con lo cual a partir de una cierta velocidad veremos blanco el disco. (Figura 24.)

El ojo humano no capta con la misma sensibilidad todos los colores del espectro visible —es decir, no todas las radiaciones de frecuencia comprendida en el espectro visible—. Ya indicamos que el hombre es por naturaleza sensible al amarillo-verdoso. Para tener una idea de nuestra sensibilidad a los diferentes colores, vea el diagrama adjunto, que la muestra expresando los colores por su longitud de onda característica. (Figura 25.)

Hemos dicho que se puede descomponer la luz policromática por medio de un prisma de vidrio; también es posible obtener luz de un color deter-



Figura 24. — Disco de Newton.

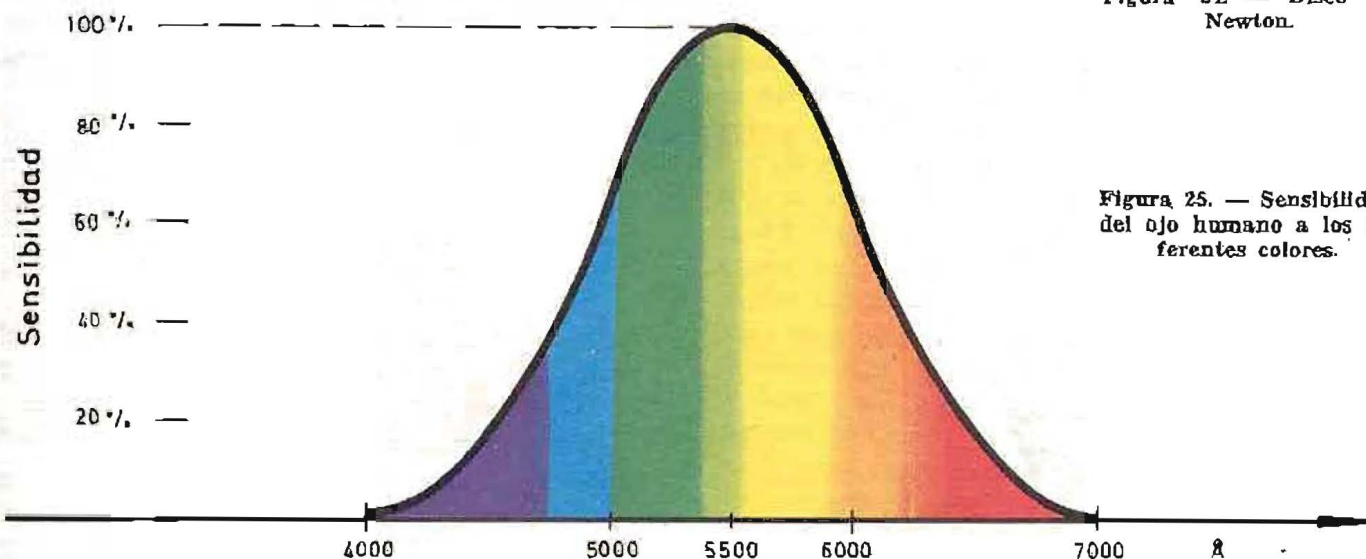


Figura 25. — Sensibilidad del ojo humano a los diferentes colores.

minado interponiendo en el trayecto de la radiación un filtro que deje pasar solamente la radiación de frecuencia correspondiente al color que deseamos y absorba las radiaciones de otras fre-

cuencias. Es decir, por medio de los filtros de color se puede obtener luz monocromática, que puede utilizarse en mezclas de ellas para obtener diferentes colores. (Figura 26.)

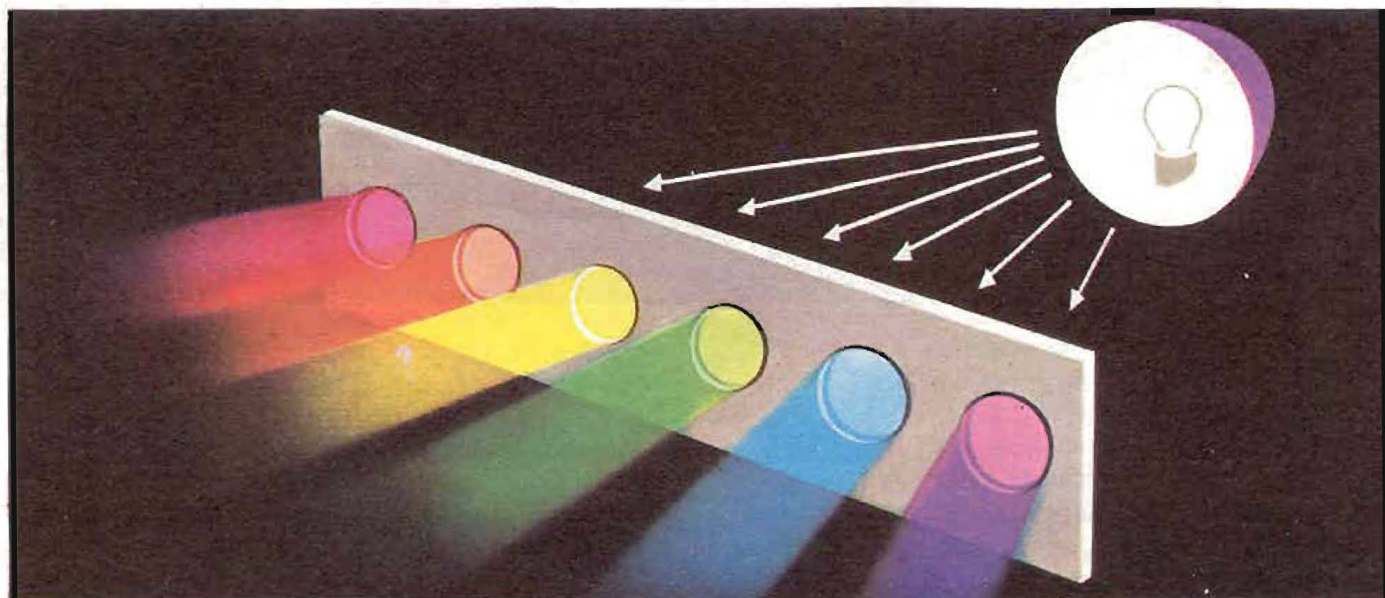


Figura 26. — Filtros de color.

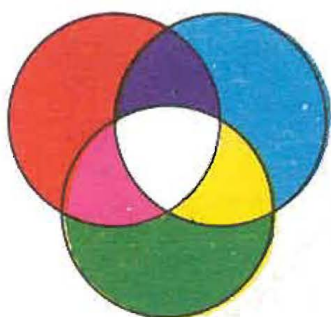
Si bien hemos indicado que con el disco de Newton —de los seis colores del arco iris— puede obtenerse la sensación de luz blanca, los físicos Maxwell y Young demostraron que es factible obtener luz blanca con sólo tres colores, dando con ello en lo que se llama *TRICROMÍA*. De hecho, incluso con sólo dos colores (el azul y el amarillo) puede obtenerse luz blanca. (Figura 27.)

De todos los colores del espectro, realmente con sólo tres de ellos pueden obtenerse todos los demás. Estos tres colores fundamentales son *el rojo, el amarillo y el azul*; así, por ejemplo, el color verde puede obtenerse de la mezcla del amarillo con el azul, y de otras mezclas se logran los demás.

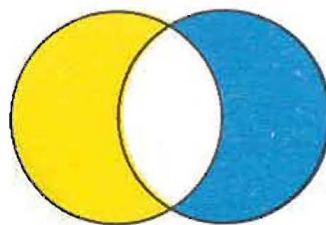
Sin embargo, se ha comprobado que el ojo se comporta como si los conos de su retina reaccionasen principalmente, con mayor sensibilidad,

frente a tres frecuencias de la radiación luminosa —como si hubiese tres familias de conos— que corresponden a las coloraciones *rojo, verde y azul*. Esta es la razón de que en televisión se haya elegido esta *tricromía* del rojo, verde y azul.

Partiendo de este concepto, se comprende fácilmente que si en una cámara captadora de imágenes de televisión se disponen tres tubos tomavistas dotado cada uno de ellos con un filtro correspondiente a los tres colores rojo, verde y azul, se consiguen tres señales de la imagen, correspondientes cada una de ellas a los tres coloridos de aquella. Sólo queda transmitir estas señales y detectarlas en el televisor, donde se distribuyen convenientemente para actuar según métodos bien establecidos sobre el tubo adecuado, dando finalmente una imagen en colores que puede considerarse como natural.



a



b

Sistemas de TV en color

Hasta aquí hemos indicado que la *tricromía* utilizada en televisión es la del rojo-verde-azul, por corresponder con la mayor aptitud o sensibilidad a ella del sistema óptico-nervioso humano y porque con estos tres colores básicos pueden obtenerse prácticamente todos los demás. Sin embargo, existe una amplia variedad de rojos, verdes y azules que pueden ser elegidos, ya que dichas designaciones representan regiones de color (bandas de frecuencia) y no colores específicos (frecuencias).

Entonces, la Comisión Internacional de Iluminación (ICI) estableció el primer sistema tricromático, llamado *Sistema R-V-A de la ICI*. En este sistema, la elección de los tres colores primarios o radiaciones monocromáticas se hizo después de un considerable número de experiencias y medidas, y finalmente se adoptó:

- Rojo:** longitud de onda λ 700 $m\mu$, obtenida con la ayuda de una lámpara de incandescencia y de un filtro rojo normalizado;
- VERDE:** longitud de onda de 546 $m\mu$, correspondiente a una raya verde del espectro de emisión luminosa del arco de mercurio;
- AZUL:** longitud de onda de 436 $m\mu$, correspondiente a una raya azul del espectro de emisión luminosa del arco de mercurio.

Los símbolos adoptados para estas radiaciones patrón o COLORES PRIMARIOS son R, V y A.

Con respecto a las unidades de longitud de onda emitida en que han sido definidos dichos colores, recordemos que:

Un milímetro, 1 mm = 1000 μ , mil micras.

Un milímetro, 1 mm = 10.000.000 Å, diez millones de Angstroms.

1000 μ = 10.000.000 Å

1 μ = 10.000 Å

1 μ = 1000 $m\mu$, mil milimicras

1000 $m\mu$ = 10.000 Å

1 $m\mu$ = 10 Å

de donde,

R — λ = 700 $m\mu$ = 7000 Å

V — λ = 546 $m\mu$ = 5460 Å

A — λ = 436 $m\mu$ = 4360 Å

Una vez quedan especificadas las frecuencias de radiación de los tres colores primarios, cualquier color puede quedar definido por las proporciones en que los primarios entran en él, así:

$$\text{color} = \% R + \% V + \% A$$

Esto da el *matiz* del color, pero no tiene en

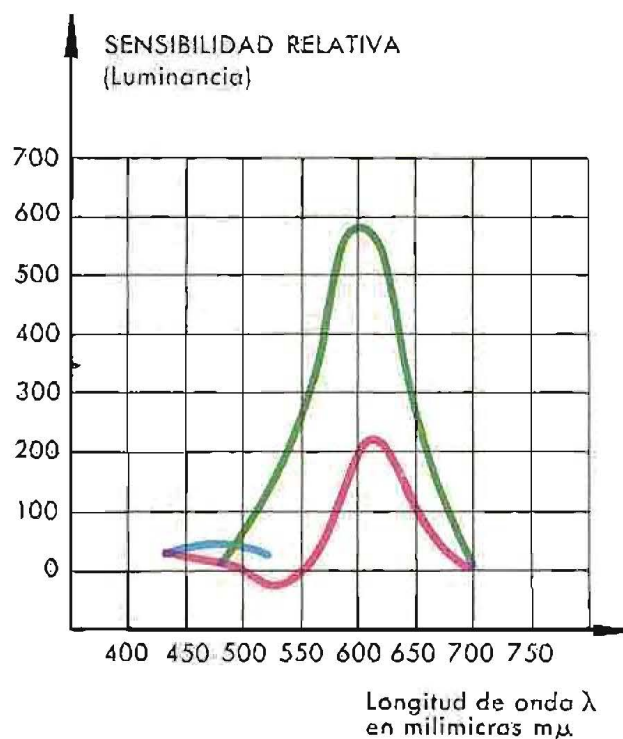


Figura 28.— Sensibilidad (luminancia relativa) a los colores rojo (R), verde (V) y azul (A).

cuenta la *luminancia* de los tres primarios ni del color resultante, de acuerdo también con la sensibilidad del ojo humano ante estos colores.

En televisión, con el fin de adaptar las mezclas de primarios a la sensibilidad del telespectador y lograr que los televisores de blanco-negro puedan recibir en blanco-negro las emisiones que se transmitan en color, y los televisores para color puedan recibir las emisiones que se hagan en blanco y negro, la señal monocromática de la señal total de color está formada por un 59 % de verde, 30 % de rojo y 11 % de azul.

$$\text{Señal monocromática} = 0,59 V + 0,30 R + 0,11 A$$

Se eligió esta combinación porque se aproxima mucho a la sensibilidad del ojo al color. Es decir, si se toman iguales energías luminosas de verde, rojo y azul y se superponen en la pantalla los rayos de estas radiaciones, se ve el blanco. Pero si sólo se mira cada color separadamente, el verde aparece dos veces más brillante que el rojo y de seis a diez veces más brillante que el azul. La razón es que el ojo es más sensible al verde que al rojo, y es muy poco sensible al azul con relación al verde y al rojo. (Figura 28.)

Dentro de la *tricromía*, los tres colores deben ser tan diferentes entre sí (puros) como sea posible, de manera que ninguno de los tres pueda ser reconstruido por una mezcla de los otros dos. A cada proporción determinada de los tres prima-

rios debe corresponder un solo color bien definido.

Esto, en la realidad, prácticamente es imposible, ya que no existen físicamente estos colores primarios. En 1931 la Comisión Internacional de Iluminación adoptó un nuevo sistema de tricromía con tres colores imaginarios que, para diferenciarlos de los anteriores, denominó X, Y, Z. Por ello se les conoce por *primarios no físicos ICI* y al sistema por *sistema X-Y-Z de ICI*.

Es decir, en el nuevo sistema de colores los primarios (no físicos) corresponden a luces que no pueden producirse experimentalmente, en contra de los primarios físicos del sistema R-V-A que, como indicamos, se obtenían con una lámpara de incandescencia o con un arco de mercurio pero que, en realidad, a pesar del cuidado de la fuente de luz patrón eran luces-mezcla.

En el nuevo sistema, el color X es aproximadamente el rojo R; el color Y es el verde V y el color Z el azul A del antiguo sistema R-V-A.

Carta de cromaticidad

El diagrama adjunto da la proporción de luz de cada primario que es necesario producir para una unidad de potencia radiante de cualquier color. Es decir, es un diagrama de mezclas que da la proporción de cada color primario para obtener un color dado. (Figura 29.)

No obstante, este diagrama no es muy práctico de utilizar ya que no da una idea visual (cromática) del matiz del color de la mezcla. Por ello se ha transformado el diagrama (cambiando los sistemas de coordenadas y sus parámetros) en otro más cómodo, muy conocido por su forma de lengua o de herradura. Es el gráfico o CARTA DE CROMATICIDAD. (Figura 30.)

Como no es fácil reproducir fielmente esta carta, sus zonas de matiz se han subdividido aproximadamente con el fin de poder emplearla impresa a una sola tinta, en forma de gráfico, según muestra la figura 31.

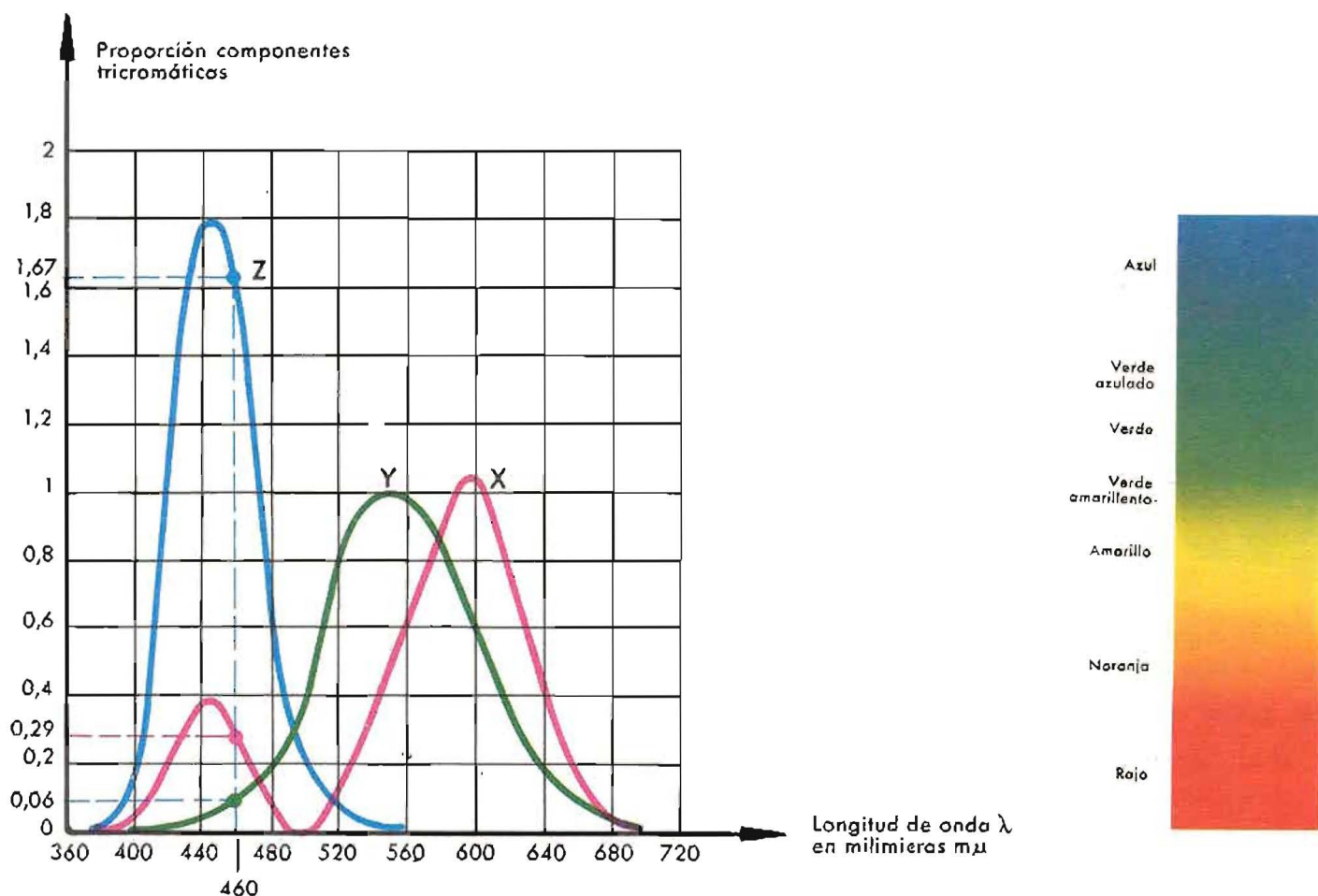


Figura 29.—Diagrama de mezcla de colores ICI dando la proporción necesaria de los tres primarios ICI (X-Y-Z) para la consecución de un color, por unidad de potencia emitida en cada longitud de onda. Ejemplo: Para la obtención del color de 460 mμ de longitud (matiz azulado), es necesario mezclar 0,29 partes de primario X, 0,06 partes de primario Y y 1,67 partes de primario Z; es decir, aproximadamente un 14 % de X, 3 % de Y y 83 % de Z. Color de 460 mμ = 0,14 X + 0,03 Y + 0,83 Z.

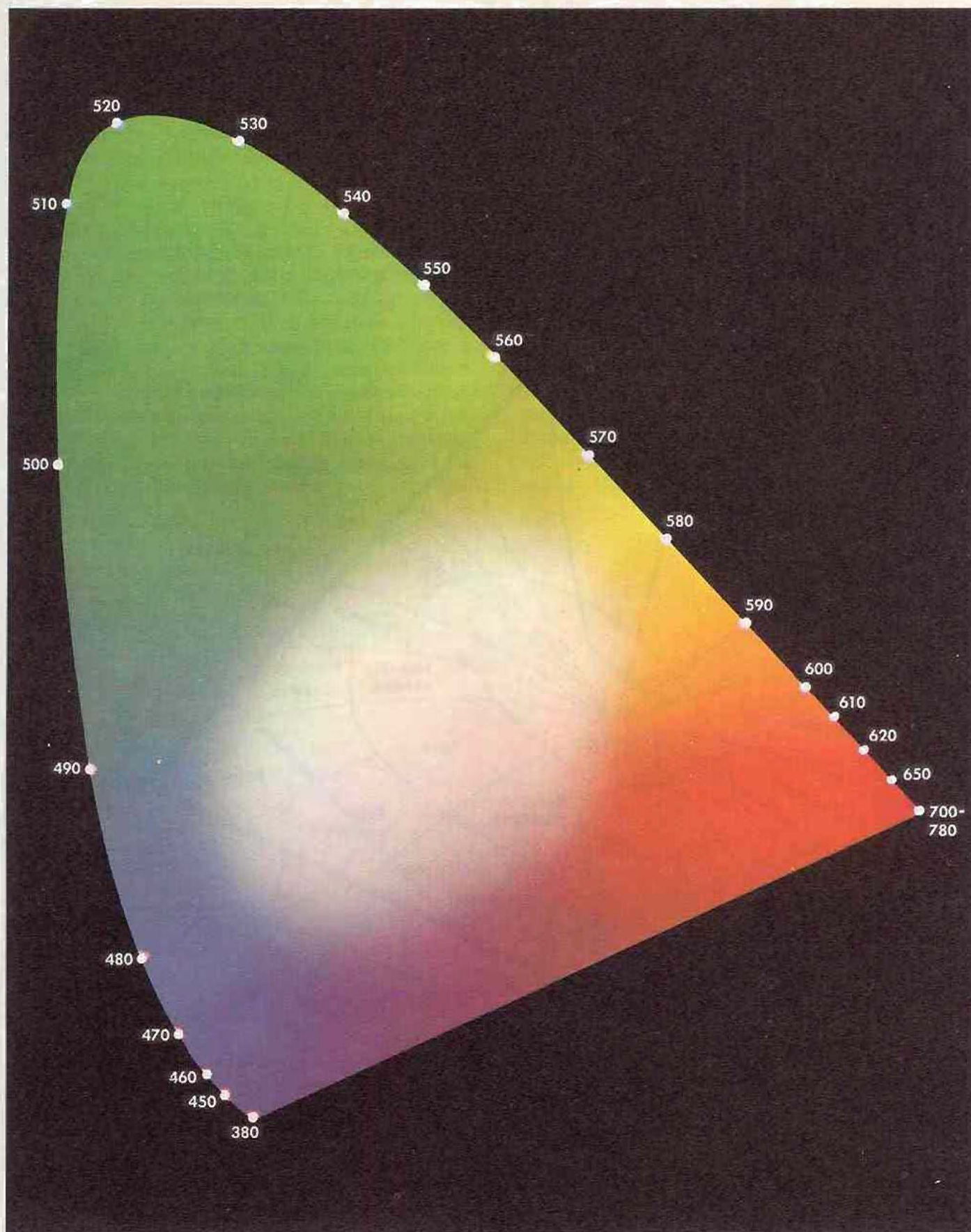


Figura 30. — Carta de cromaticidad.

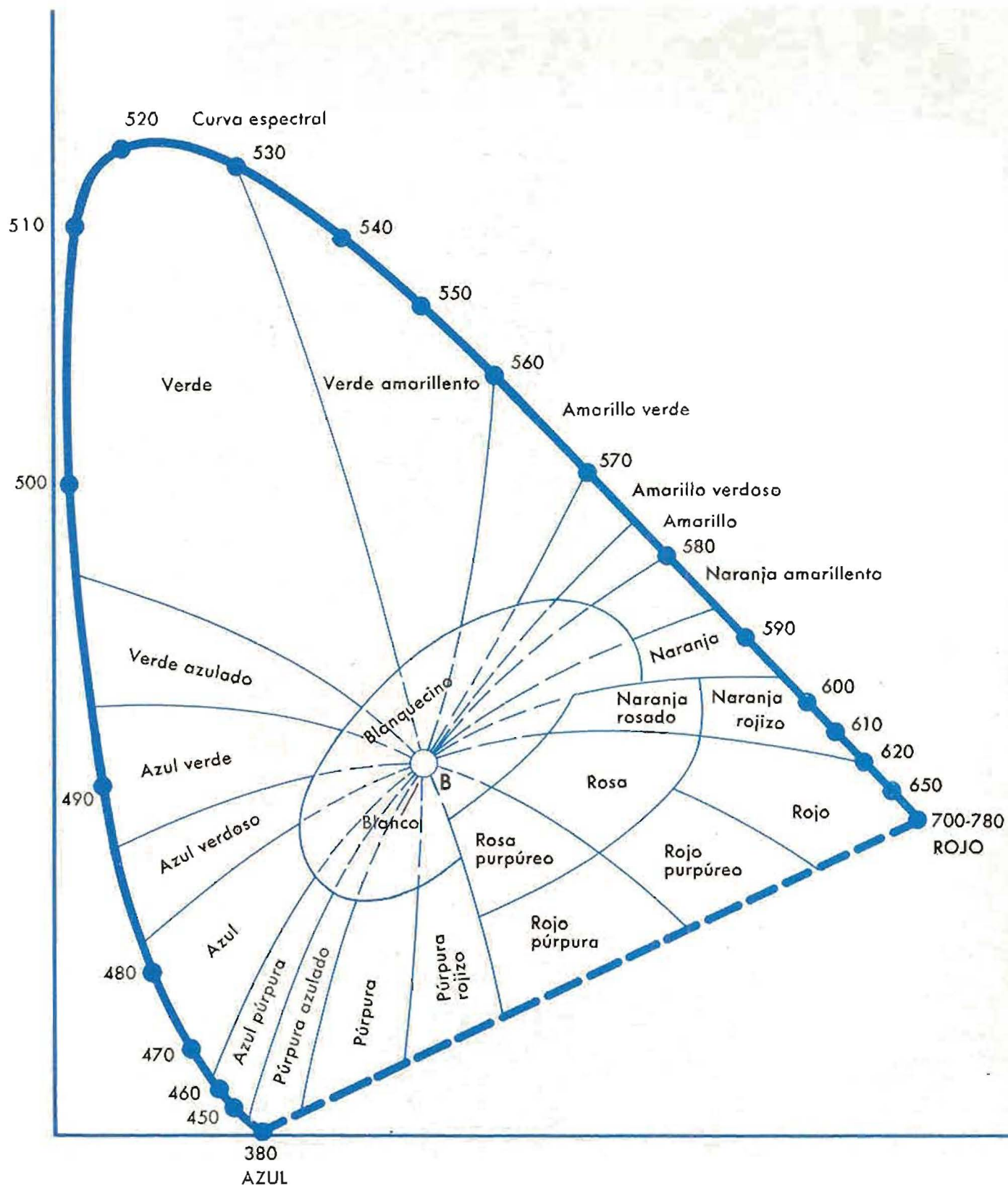


Figura 3I.— Gráfico de cromaticidad (curva espectral o "spectrum locus").

Desde luego, el diagrama de mezcla de colores ICI y el gráfico de cromaticidad —o *spectrus locus*, como también se le denomina— dan la misma información y un gráfico se deduce del otro, con lo que podemos utilizar los mismos valores en ambos gráficos aunque en forma diferente.

En el gráfico de cromaticidad, las posiciones de los diversos colores del espectro desde el violeta $\lambda = 400 \text{ m}\mu$ al rojo $\lambda = 700 \text{ m}\mu$ forman una curva llamada *espectral*. Cualquier punto que no esté en esta curva, pero que esté dentro del diagrama, no representa un color *puro* del espectro sino una mezcla de colores.

En la carta de cromaticidad podemos apreciar que el color cambia gradualmente de un lugar a otro de dicha carta. Los colores más subidos e intensos se obtienen en el borde o curva espectral, donde se hallan los tintes más oscuros (poco frecuentes en la realidad); hacia el centro aparecen los colores claros, que son mucho más corrientes en la vida real. Finalmente, en el centro se encuen-

tran los blancos con el punto B, que podemos considerar el blanco *blanquísimo*.

Por supuesto, toda esta zona del blanco es algo indeterminada, ya que no hay una luz blanca propiamente dicha; la luz del sol, del cielo y del día son todas ellas formas de luz blanca, que como sabemos es luz-mezcla; sus componentes cromáticos varían considerablemente de un blanco a otro.

La carta o el gráfico de cromaticidad es muy útil en el estudio de las mezclas de color, ya que una recta trazada entre dos puntos de la carta da todas las variaciones de color que pueden obtenerse combinando estos dos colores según sea la proporción de los mismos que se emplea. Eso es lo que ocurre en el tubo de imagen de televisión en color según sea la intensidad del haz de cada color. Cuando esta recta pasa por el punto blanco B, se dice que los dos colores son *complementarios* porque con su mezcla se obtiene el blanco. (Figura 32.)

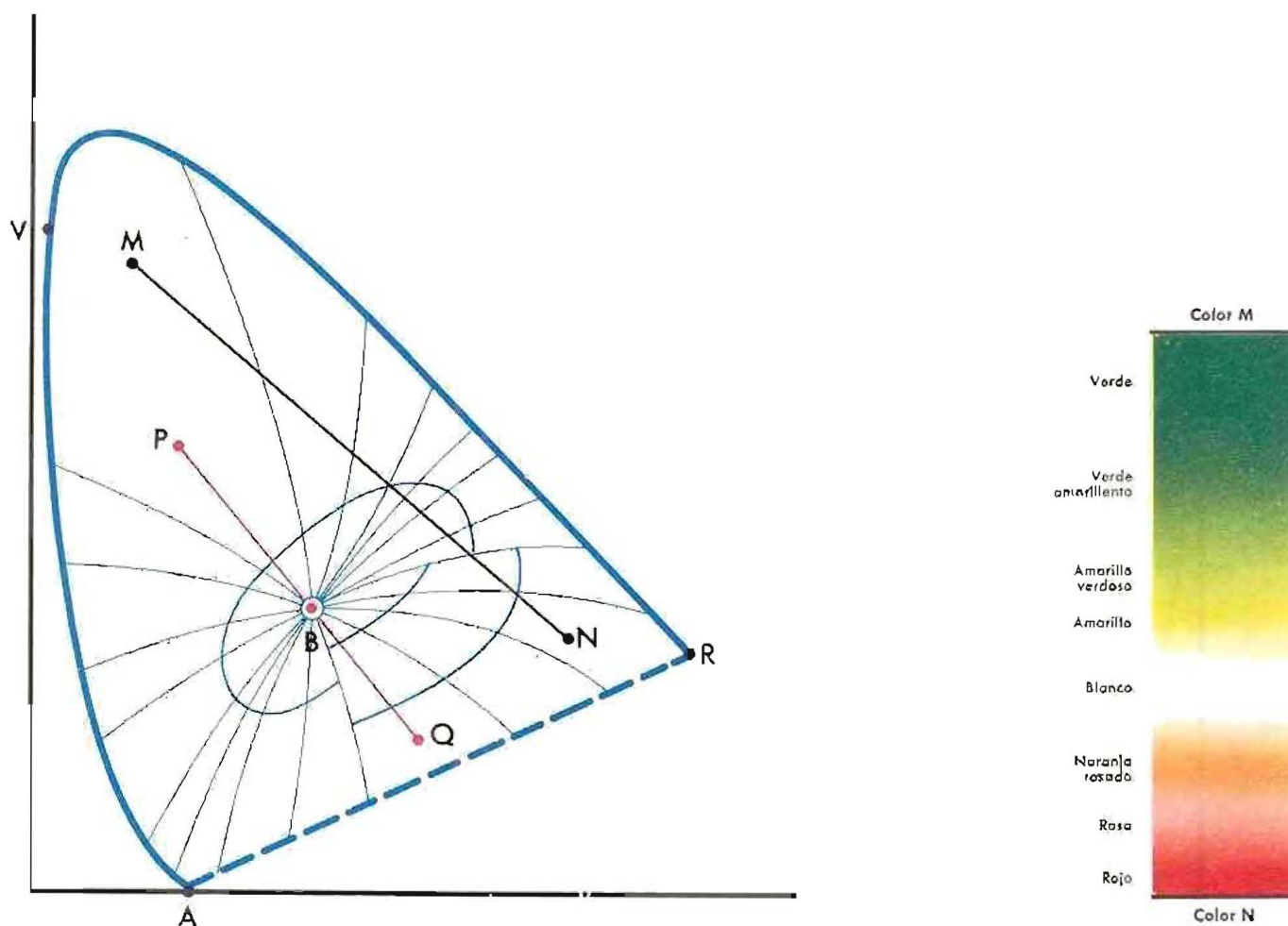


Figura 32. — Según sea la proporción en que mezclamos el verde M con el rojo N, obtendremos la escala de colores que nos indica la recta trazada entre estos dos colores M y N en el gráfico de cromaticidad. (P) y (Q) son colores complementarios.

Si se traza una recta desde el punto B (*blanquísimo*) hasta cualquier punto de la curva espectral, se tiene indicación de toda la gama cromática de la mezcla de luz blanca con la luz de color espectral representada por dicho punto. Si la cantidad de luz blanca es nula se obtiene el color estrictamente *puro* del espectro; añadiendo luz blanca el tono del color considerado va matizándose, según indica la recta trazada, en el sentido de acercarnos cada vez más al blanco. Es como una dilución del color. (Figura 33.)

Precisamente, según sea la proporción de distancia o distancia relativa de cualquier color con relación al color espectral que corresponde por la recta trazada desde B pasando por el punto del color considerado, puede deducirse el *grado de pureza* de este color. Si el punto del color se halla, por ejemplo, a mitad de distancia entre la curva espectral y el punto B, se dice que el color tiene una pureza del 50 %. Frecuentemente, y especialmente en televisión, en lugar de pureza se habla de SATURACIÓN. (Figura 34.)

Con frecuencia se emplea la palabra *matiz*. El MATIZ representa el color, tal como rojo, verde o naranja. Este está definido por la longitud de onda del color: cuando nos referimos a cierto rojo, verde o azul lo que indicamos es un *matiz de color*.

Matiz y saturación son cualidades fisiológicas o sensaciones percibidas por el ojo que observa un color; por ello, es difícil definirlos y valorarlos, como puede hacerse con la longitud de onda —característica puramente física—. (Figura 35.)

La recta que, en el gráfico de cromaticidad, une el punto de radiación 380-400 $m\mu$ con el de 700-740 $m\mu$ no debe considerarse como parte de la curva espectral, ya que no contiene colores del espectro sino únicamente combinaciones obtenidas mezclando rojo y azul. Son los púrpuras o magentas. La región comprendida dentro del triángulo formado por los vértices correspondientes a los puntos blanco B, azul 400 $m\mu$ y rojo 700 $m\mu$ se denomina región de los púrpuras o de los colores no espectrales; el resto del gráfico es conoci-

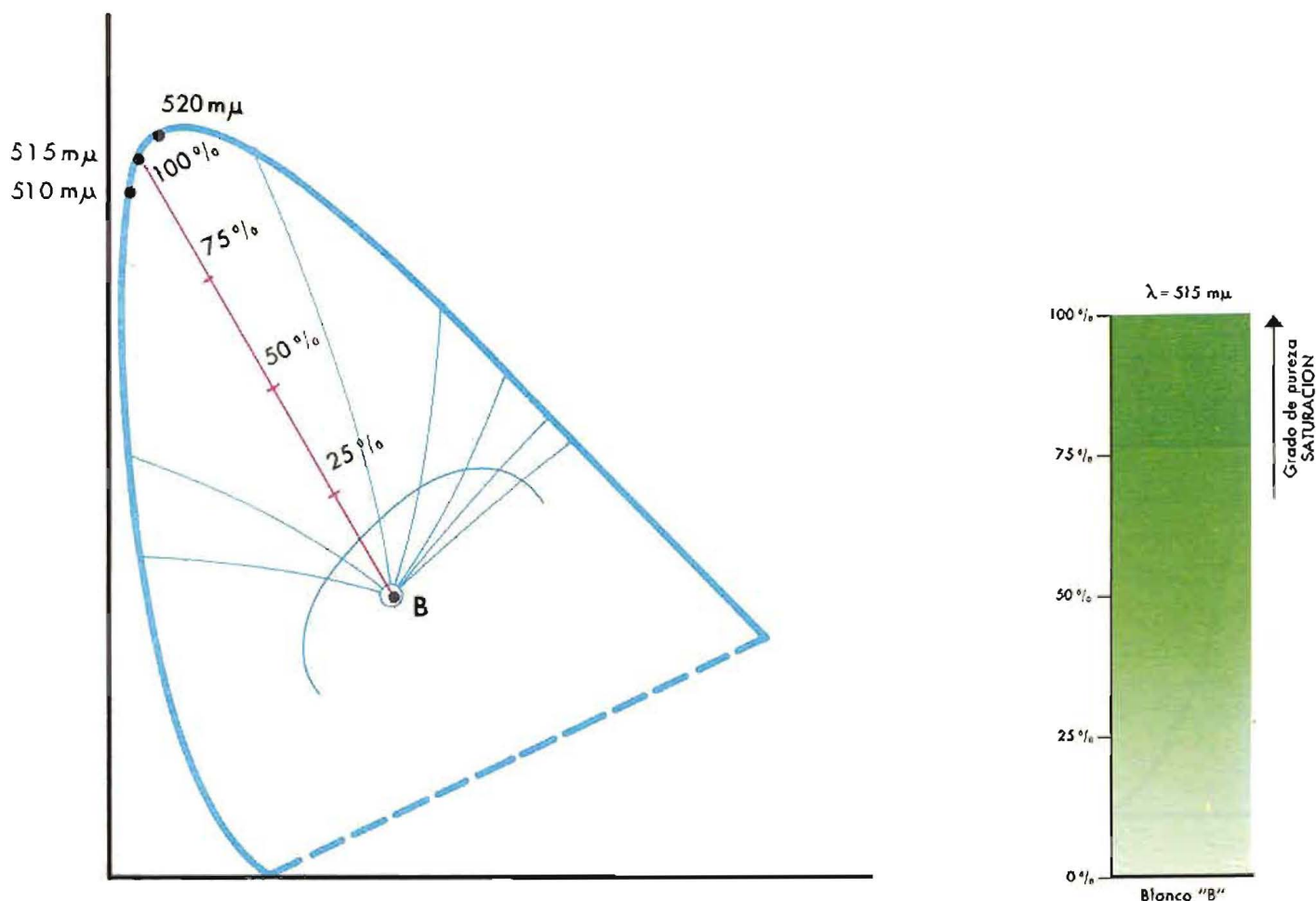


Figura 33. — El grado de pureza o saturación de un color viene dado por su distancia al centro del gráfico de cromaticidad o punto blanco B "blanquísimo".

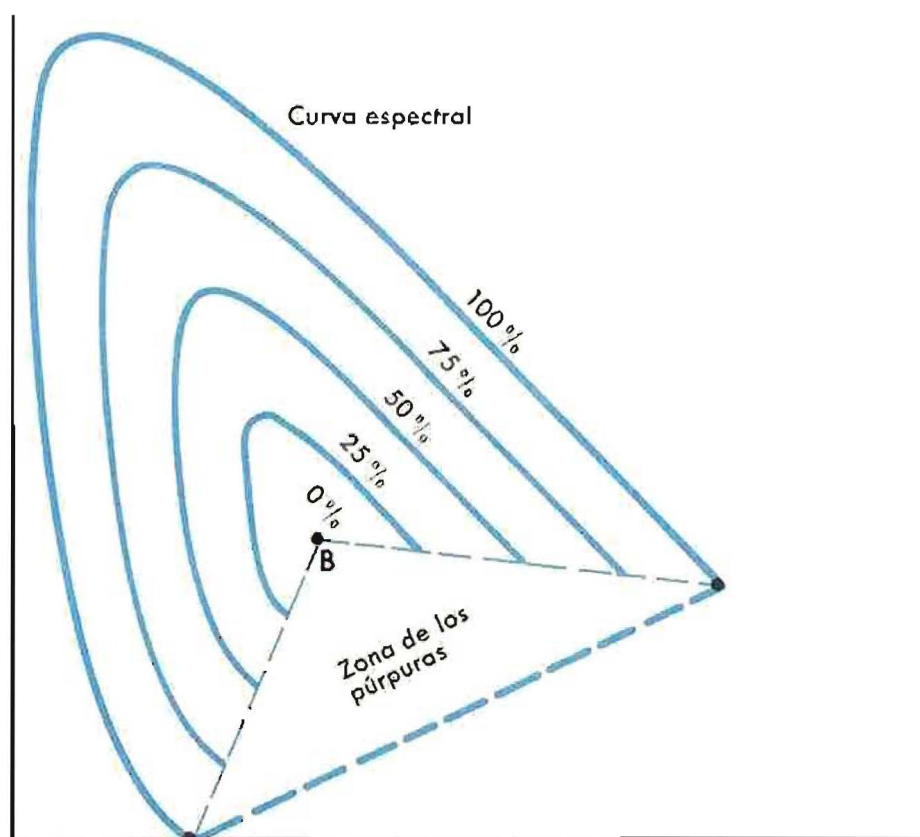


Figura 34. — Niveles de saturación de la carta de cromaticidad. Se han señalado los de 25, 50 y 75%, pero en realidad existe toda la escala de saturación desde el 0 % del blanco B, hasta el 100 % de la curva espectral.

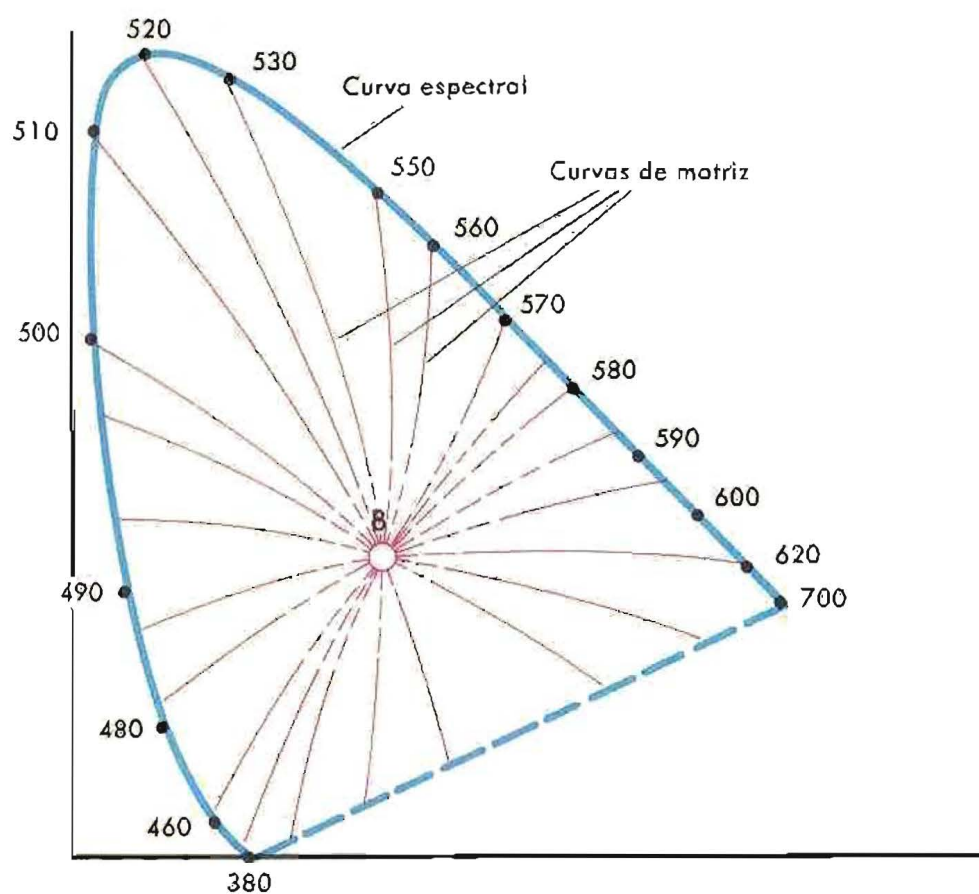


Figura 35. — Líneas de matriz en un gráfico de cromaticidad.

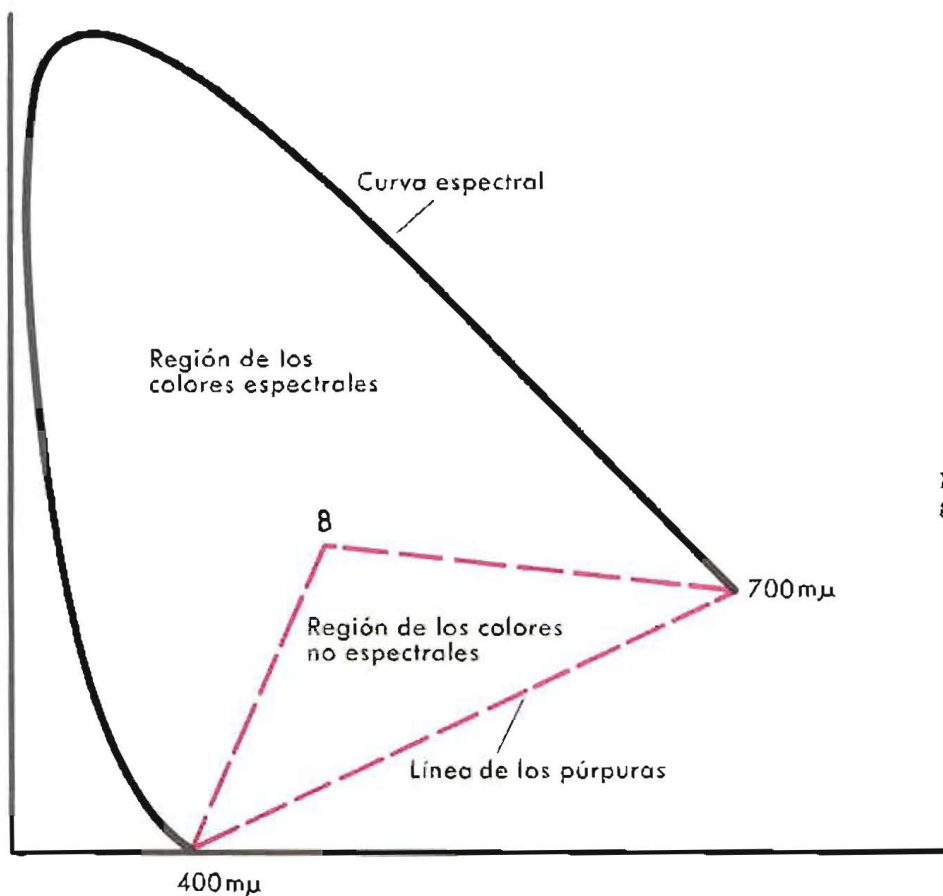


Figura 36. — Gráfico teórico de la región de las zonas espectrales (colores reales).

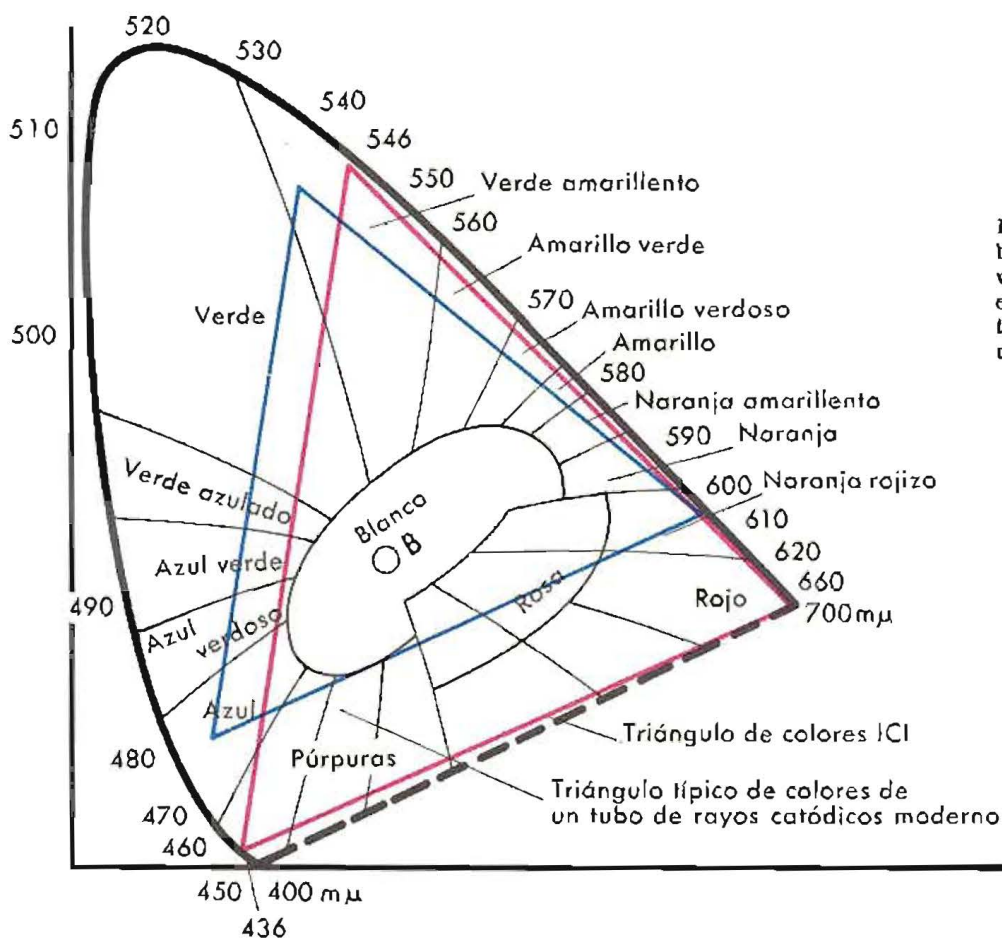


Figura 37. — Las combinaciones posibles de colores en base a tres colores, variando la proporción de cada uno de ellos, quedan englobadas dentro del triángulo formado por las rectas que unen los puntos de color del gráfico de cromaticidad.

do por región de colores espectrales y todo el gráfico en sí como región de los colores reales, ya que todos son reproducibles. (Figura 36.)

Hasta aquí, en el gráfico de cromaticidad, se han considerado todas las combinaciones o mezclas posibles, que se representan por la línea que une los dos puntos de los dos colores.

Sin embargo, sabemos que basamos la colorimetría en el sistema de la TRICROMÍA; es decir, que utilizamos tres colores y no dos.

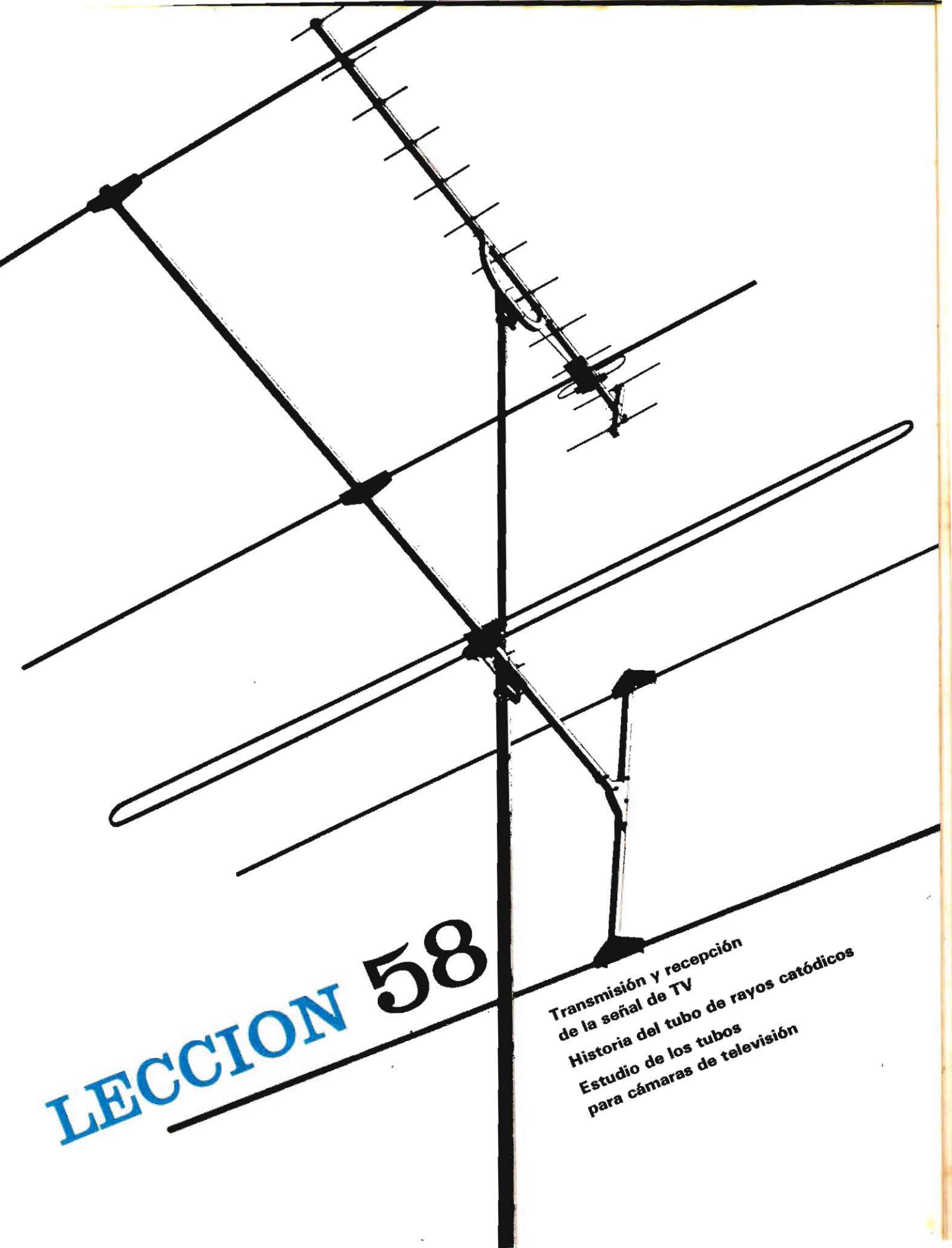
Por ello, para poder obtener información acerca de las combinaciones posibles con tres colores nos bastará con unir por medio de rectas los tres puntos de color, con lo que se obtiene un triángulo, en el interior del cual quedan los colores posibles utilizando en proporciones variables los tres considerados.

Como la tricromía adoptada por ICI es la de

los colores $\lambda = 700 \text{ m}\mu$ (rojo oscuro), $\lambda = 546 \text{ m}\mu$ (verde) y $\lambda = 436 \text{ m}\mu$ (azul oscuro), por ser los tres primarios que permiten obtener la mayor gama de colores posibles, formemos el triángulo de estas posibilidades y observaremos que algunas de ellas quedan fuera, aunque sean pocas; son las que no pueden reproducirse con los tres colores primarios. (Figura 37.)

Basándose en los primarios ICI, en televisión los tres colores están algo condicionados por la respuesta a los colores de los fósforos utilizados en las cámaras tomavistas y en los tubos de imagen reproductores. Se han estudiado muchos fósforos y se ha progresado mucho en esta cuestión, llegándose a un triángulo que si bien no es tan extenso como el de 700-546-436 citado, es lo suficiente para que se pueda considerarlo como muy satisfactorio.

* * *



LECCION 58

Transmisión y recepción
de la señal de TV
Historia del tubo de rayos catódicos
Estudio de los tubos
para cámaras de televisión

televisión

TRANSMISION Y RECEPCION DE LA SEÑAL DE TV LOS TUBOS DE RAYOS CATODICOS

TRANSMISION DE LA SEÑAL DE TV

Para comprender el mecanismo de transmisión de las imágenes usaremos un sistema de bloques, muy simplificado.

Las señales de video recogidas por la telecámara A, oportunamente amplificadas, se envían por el estudio al transmisor por medio de un enlace de radio, y las señales acústicas por cable. En lugar del enlace de radio, a veces se usan para las señales de video cables coaxiales. (Figura 1.)

Como es natural, para las señales acústicas también se puede utilizar un enlace de radio. Tanto en un caso como en el otro la modulación puede ser de amplitud o de frecuencia. Como puede verse en la figura, tenemos una transmisión vía radio para el video y otra vía cable para la audición.

Veamos ahora con mayor detalle los diferentes bloques que en síntesis representan un estudio de televisión. (Figura 2.) Los bloques 1 y 2 equivalen a las telecámaras. Puede decirse que son los ojos de la televisión: ven las imágenes, las descomponen y las transforman en impulsos eléctricos que

luego se recogen. Son aparatos destinados a tomar imágenes del natural. Disponen de varios objetivos intercambiables —o de un solo objetivo de longitud focal variable— a los que se confía la tarea de reproducir la imagen en la superficie sensible del tubo. Por medio de un sistema de prismas y espejos, a veces se proyecta la imagen sobre una pantalla situada en la parte posterior de la telecámara, para que pueda verla el operador dedicado a la toma. Esto es así en las telecámaras de mira óptica.

Existen, sin embargo, y hoy son mayoría, telecámaras de mira electrónica que utilizan un tubo reproductor accionado por las señales que proceden del tubo de toma. Este sistema es más complejo, pero da al operador mejor idea de la imagen tomada y hace menos subjetiva la regulación de la telecámara. Por otra parte, la telecámara comprende un preamplificador de señal video, además de los circuitos de desviación y de alimentación. (Figura 4.)

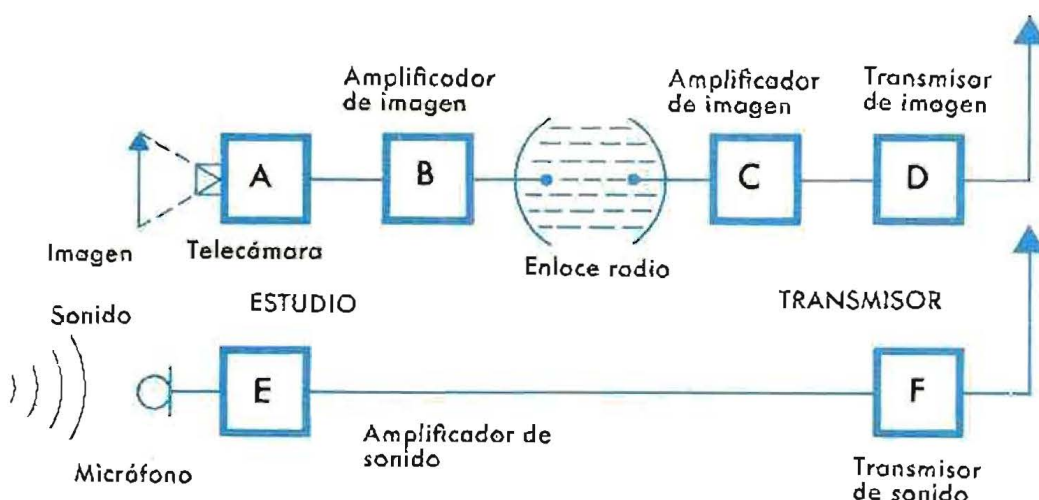


Figura 1. — Representación esquemática, muy simplificada, de un aparato transmisor de televisión.

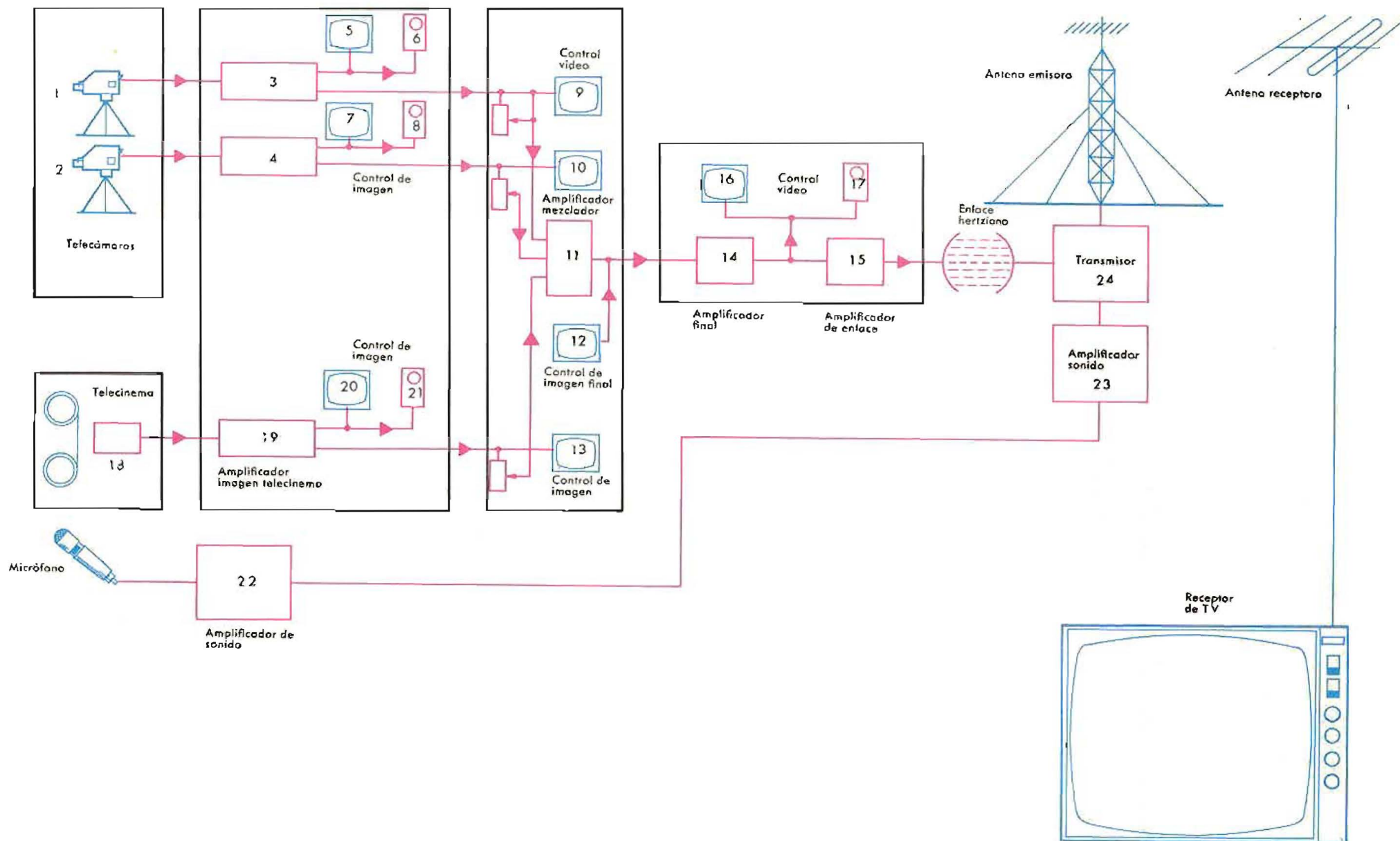


Figura 2. — 1 y 2, telecámaras; 3 y 4 amplificadores de video; 5, 6, 7, 8, control video; 9, 10, control de video operador de control; 11, amplificador mezclador; 12, control imagen final; 13, monitor de imágenes filmadas; 14, amplificador final; 15, amplificador de distribución; 16, 17, controles de video amplificadores finales; 18, telecinema; 19, amplificador de telecinema; 20, 21, sus controles; 22, 23, amplificadores de audio; 24, transmisor, situado por lo general en un monte o una torre.

El bloque 18 representa el telecinema. Como la telecámara, está destinado a tomar imágenes; pero no del natural, sino de una película cinematográfica. Existen muchos sistemas de toma cinematográfica, más o menos complicados, desde el proyector cinematográfico normal al sistema por destellos.

Los bloques 3, 4 y 19 representan los amplificadores video —uno por cada línea; o sea, uno para la telecámara 1, otro para la telecámara 2 y otro para el telecinema—. También se denominan videoamplificadores.

La propia palabra nos dice que estos dispositivos amplifican las señales video producidas por la telecámara.

La principal característica de un videoamplificador es que la banda de frecuencia que debe amplificar tiene una anchura de algunos megaciclos (0 + 5,5 megaciclos, en el caso de la norma europea). En segundo lugar, los tiempos de retardo que se manifiestan entre la entrada y la salida de la señal deben ser iguales en toda la gama, para evitar que la imagen resulte deformada. Para lograr que el videoamplificador amplifique linealmente toda la gama completa de frecuencia se utilizan circuitos compensadores y también circuitos a contrarreacción.

Además se recurre a circuitos de compensación catódica realizados con la desviación de un circuito de elementos en serie en paralelo con la resistencia de cátodo. (Figura 3.)

Los bloques 5, 6 y 20 representan el monitor. Monitor es un término empleado con mucha frecuencia para indicar cualquier aparato de indicación y de control. Sirve para controlar la señal procedente de las diversas telecámaras situadas en los estudios. Cada telecámara está controlada por un monitor, el cual indica la imagen que toma aquélla. Por lo general están todos reunidos en una cabina donde el operador de control elige una u otra imagen para enviar al transmisor. Los bloques 9, 10 y 13 son también monitores. El bloque 11 representa un amplificador y mezclador de las imágenes; sirve para amplificar posteriormente las señales video procedentes de cada una de las telecámaras y puede mezclar las imágenes simultáneamente. Estas se controlan por el monitor representado por el bloque 12, en el que se ve la misma imagen que los teleespectadores contemplan en sus televisores. Desde este punto la señal video pasa a los aparatos para una amplificación final, representada por el bloque 14; la cual además se controla por los monitores representados por los bloques 16 y 17.

Del amplificador final pasa a la amplificación de distribución para los diversos transmisores, que,

según hemos señalado, pueden estar conectados al estudio por medio de enlaces de radio o por cables coaxiales. Desde el transmisor, la señal video llega a los receptores de televisión a través del espacio.

El sistema de emisión de la imagen o televisión hasta aquí explicado es la monocromática o del color blanco, en el que las imágenes se distinguen por contraste de los tonos grises que van desde el blanco hasta el negro. En este sistema, la escala de grises se transforma en una mayor o menor intensidad del haz electrónico explorador en el tubo tomavistas. En el receptor de la señal hertziana se interpreta la intensidad del haz original, la cual aplicada al tubo reproductor de la imagen proporciona la misma tonalidad de gris emitida y que en todo caso se puede modificar algo a voluntad por medio del mando de contraste.

No hay duda que el mayor realismo y belleza de las escenas recibidas puede corregirse si obtenemos en la pantalla las mismas escenas «en colores».

Recordando que la televisión en color se basa en la tricromía de los colores fundamentales *rojo-verde-azul* y que los filtros de color sólo dejan pasar las radiaciones correspondiente a un color característico, fácilmente se comprende que si para la toma de imágenes se utilizan simultáneamente tres telecámaras, o una telecámara triple en que cada tubo de toma lleve un filtro de uno de estos tres colores fundamentales de televisión, se obtienen tres señales: una correspondiente a la imagen esquematizada verde de la escena, otra a la roja y la otra a la azul.

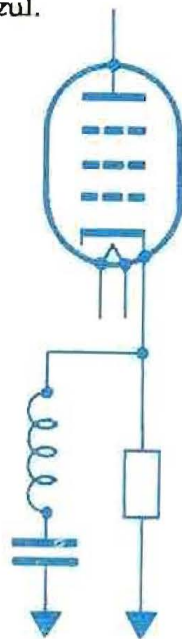


Figura 3. — Ejemplo de circuito de compensación catódica realizado con la conexión en paralelo con la resistencia de cátodo de un circuito reactancia-capacidad.

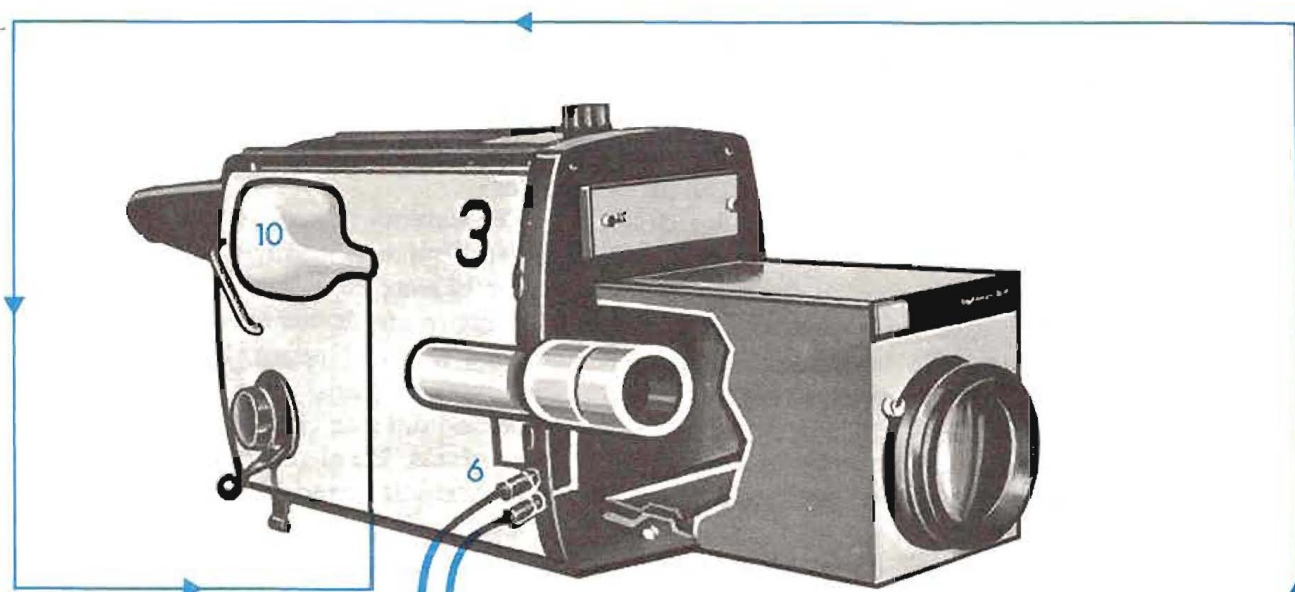
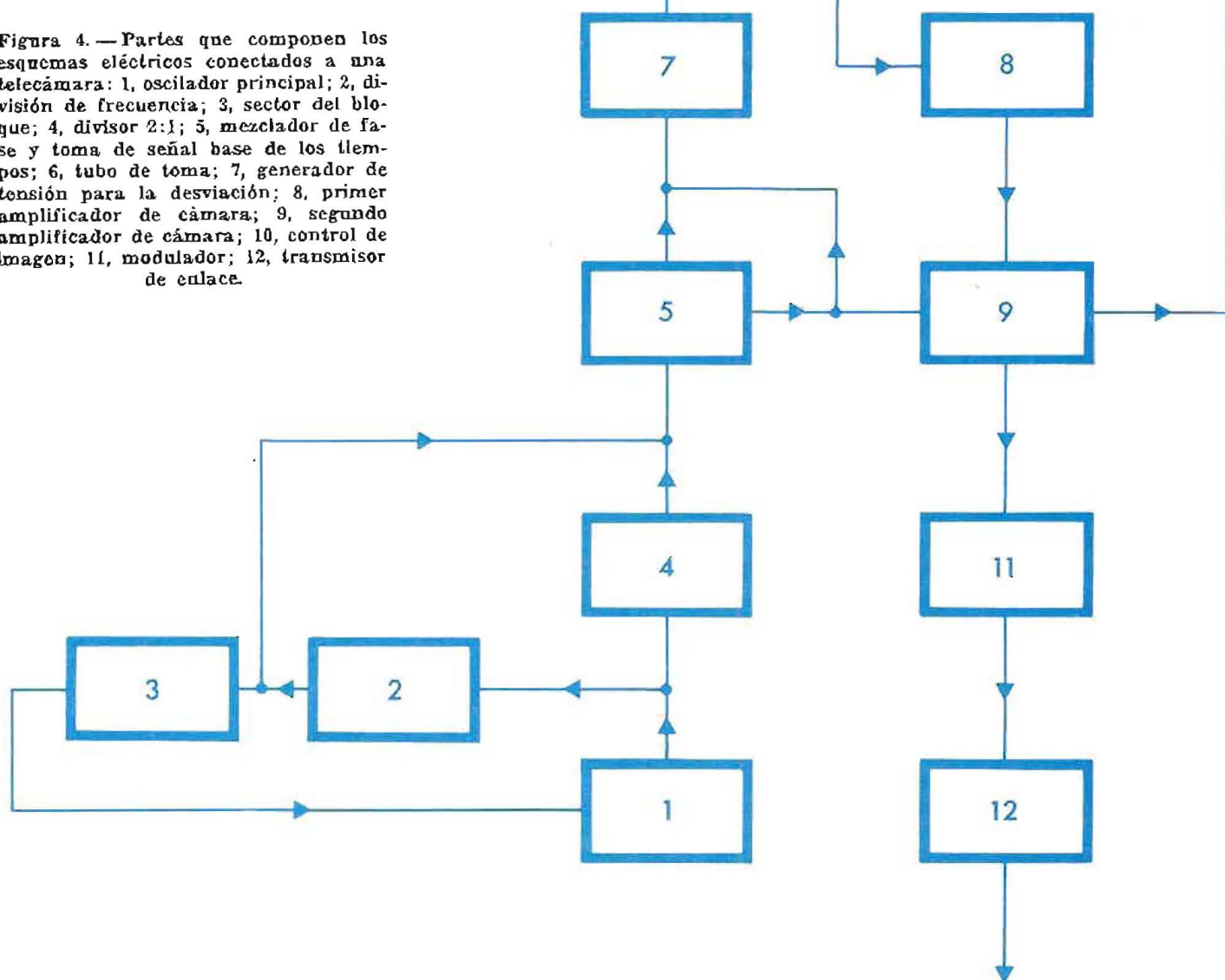


Figura 4. — Partes que componen los esquemas eléctricos conectados a una telecámara: 1, oscilador principal; 2, división de frecuencia; 3, sector del bloque; 4, divisor 2:1; 5, mezclador de fase y toma de señal base de los tiempos; 6, tubo de toma; 7, generador de tensión para la desviación; 8, primer amplificador de cámara; 9, segundo amplificador de cámara; 10, control de imagen; 11, modulador; 12, transmisor de enlace.



Las tres señales pueden modularse sobre una portadora en el transmisor y, finalmente, en el receptor. Estas señales pueden demodularse (detectarse) y aplicadas convenientemente a un tubo de imagen cuya pantalla contenga gránulos de tres tipos que se sensibilizan cada uno a uno de los colores fundamentales pueden reproducir casi simultáneamente las tres imágenes de color fundamental que conjuntadas por la inercia de nuestra retina nos dan la escena total a color en toda su escala debido a las coincidencias de colores y a las intensidades de los mismos.

Vea en la figura 5 una descripción gráfica en

forma muy sencilla de los bloques principales característicos de que se compone un transmisor de TV-color.

Con esta breve explicación hemos dado una idea de cómo viaja una imagen desde los estudios de televisión hasta los aparatos receptores. Para la señal audio el *viaje* es menos complicado. En el estudio, varios micrófonos captan las ondas sonoras; las envían a unos audioamplificadores y de allí al transmisor, tras haber experimentado muchos controles, para poder llegar a nuestro oído desde el altavoz del receptor de forma clara y distinta en todas las frecuencias audibles.

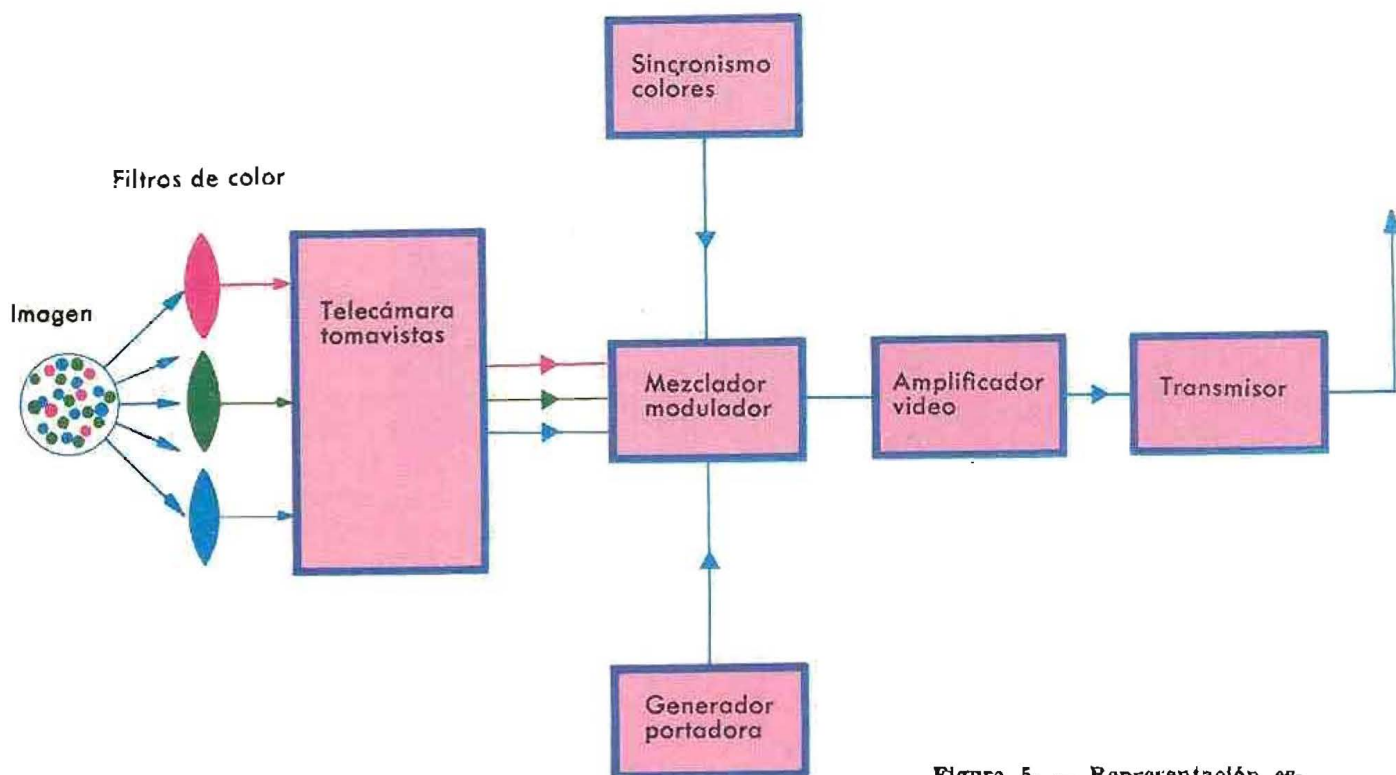


Figura 5. — Representación esquemática, muy simplificada, de un transmisor video de TV-color.

RECEPCION DE LA SEÑAL DE TV

Descripción del televisor por sus bloques

Describir un televisor por sus bloques significa representarlo fase por fase en forma de cuadros esquemáticos, junto con todos sus componentes, según se representa por medio del esquema eléctrico. Este sistema de representación del esquema por bloques tiene la finalidad evidente de simplificar la explicación y de hacer fácil una comprensión más clara de las partes individuales, como ya indicamos para el transmisor.

De esta forma, incluso una persona poco competente puede comprender el funcionamiento o la

finalidad desempeñada por cada fase individual, y le es mucho más fácil penetrar en seguida en el esquema eléctrico con todos sus múltiples componentes.

Ahora será útil dar una visión general al esquema del bloque de un televisor. Veamos primeramente que está compuesto de muchos pequeños cuadros numerados, cada uno de los cuales representa un bloque. La leyenda indica el significado y la función de cada cuadro; las flechas que unen entre sí los diversos bloques indican la dirección y el trayecto que la señal captada por la antena realiza para llegar al cinescopio o al altavoz. Trataremos de lograr la mayor simplicidad en el análisis de los diversos bloques, de forma que se pueda

comprender sin posibilidad alguna de error esta parte general e informativa de las funciones que realiza cada grupo del televisor.

Receptor de televisión de amplificación directa, en bloques

En la figura 6 están esquematizados los componentes esenciales de un receptor de televisión en su forma más sencilla, o sea, del tipo de amplificación directa.

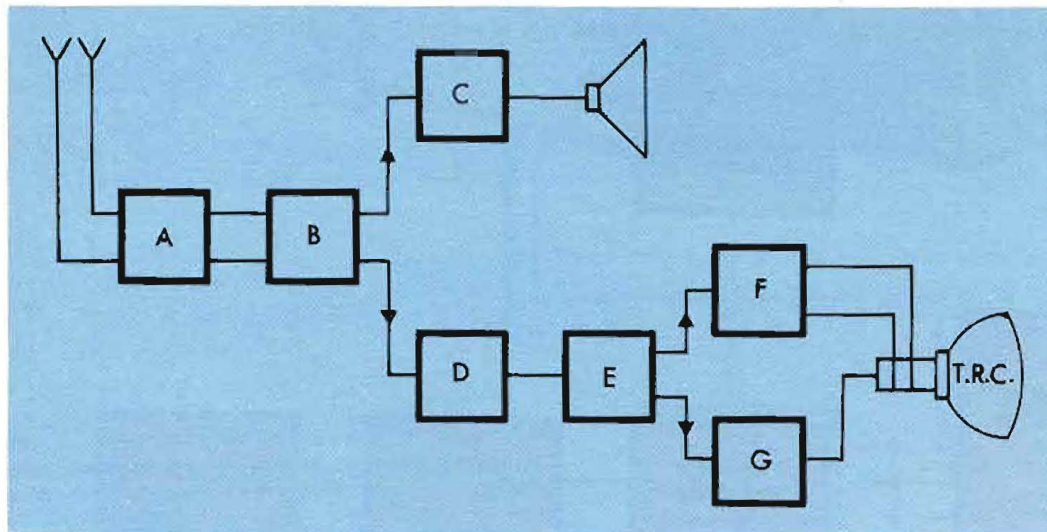


Figura 6. — Receptor de televisión sencillo. A) fase amplificadora; B) fase de detección; C) amplificador de audiofrecuencia; D) amplificador de video; E) separador de sincronismo; F) generador de tensiones de desplazamiento; G) mando del tubo catódico.

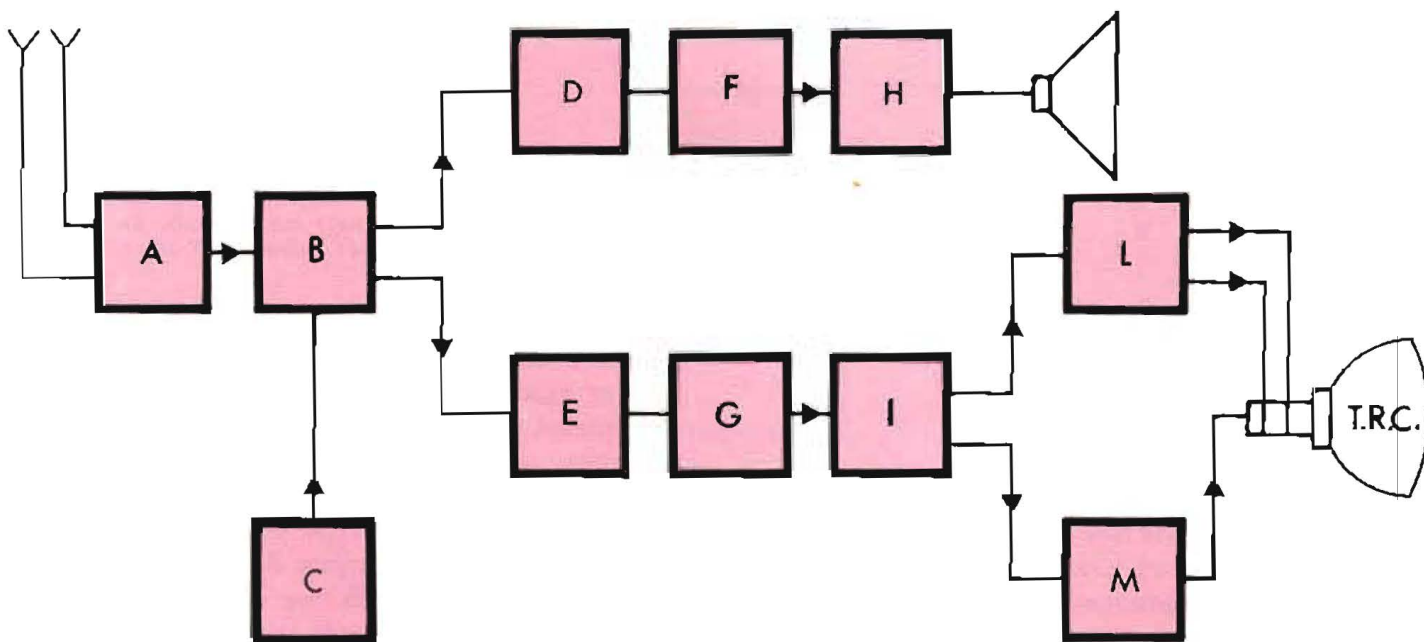


Figura 7. — Representación de un receptor de televisión de cambio de frecuencia. A) amplificador de radiofrecuencia; B) convertidor de frecuencia; C) oscilador local; D) amplificador de frecuencia intermedia de audio; E) amplificador de frecuencia intermedia de video; F) detector de audio; G) detector de video; H) amplificador de audiofrecuencia; I) separador de sincronismos; L) desplazamiento vertical y horizontal; M) amplificador de video.

la señal de video propiamente dicha, que a través de un amplificador va a parar al electrodo de control del tubo reproductor de imágenes. Las señales de sincronismo sirven para controlar las tensiones de desplazamiento vertical y horizontal. Los generadores del bloque F hacen que el rayo electrónico reproductor se mueva en sincronismo con el explorador de la toma de imagen transmitida.

En la figura 7 se ha esquematizado un receptor de televisión de cambio de frecuencia, en la que las indicaciones dadas por la leyenda designan los diferentes componentes.

Además de los receptores de cambio de frecuencia de tipo normal, existen también los tipos *inter-carrier* en los que sólo hay un canal de amplificación de frecuencia intermedia caracterizado por una anchura de banda tal que deja paso a la señal audio o a la señal video. La figura 8 esquematiza uno de tales televisores.

En estos receptores, después de la fase detectora, al mismo tiempo se obtienen la frecuencia video detectada y la oscilación entre las dos frecuencias intermedias (la video y la audio) de 5,5 megaciclos, o sea, el valor de su diferencia. Dicha oscilación se separa mediante un filtro adecuado, se detecta, se amplifica y se envía al altavoz.

Examinemos la composición de los bloques de un televisor de este tipo (figura 8):

El bloque 1 representa un amplificador de radiofrecuencia que amplifica la señal procedente de la antena —del orden de pocos microvoltios— antes de introducirla en la fase sucesiva.

El bloque 2 mezcla dos frecuencias diferentes entre sí y las convierte en una tercera denominada frecuencia intermedia. En otras palabras, la función de esta fase, que más adelante se describe a fondo, es mezclar dos frecuencias, por el método sustractivo, y dar como resultado la diferencia entre ambas. Si, por ejemplo, desde el bloque 10, u oscilador local, se introduce en la fase una frecuencia superior en 40 megaciclos a la de la señal procedente de la antena, se conserva esta diferencia (40 megaciclos) formando la frecuencia intermedia.

El bloque 3 representa el amplificador de frecuencia intermedia. También éste, como la primera fase, amplifica la señal y le da la tensión suficiente para atacar el amplificador de video. A la salida de esta fase, sin embargo, se tiene una señal de elevada frecuencia de la que es necesario extraer la componente de video. La fase representada por el bloque 4 detecta esta señal y la separa de la portadora. Esta señal, después de la detección, es aún insuficiente para modular el tubo de rayos catódicos, razón por la cual pasa a la fase sucesiva representada por el bloque 5, que la amplifica de nuevo y, ya con tensión suficiente, para al tubo 22.

Del bloque 4 se toma la señal de audio, que se envía a una fase siguiente de amplificación de frecuencia intermedia representada por el bloque 6, de donde pasa al sistema detector del bloque 7, que separa la audiofrecuencia de la alta frecuencia. La señal pasa entonces al amplificador de audiofrecuencia, representado por el bloque 8, y después se manda al amplificador de potencia del bloque 9, el cual ataca el altavoz 21 que transforma la señal eléctrica en vibración sonora. El bloque 11 representa el separador de los sincronismos. Esta fase toma del amplificador final video 5 las señales de sincronismo y las separa. Después de haberlas separado pasan a una fase sucesiva (bloque 12) en que se amplifican y de nuevo se separan, esta vez entre sí, las señales del sincronismo vertical de las del horizontal.

Los impulsos eléctricos separados de esta forma toman dos caminos diferentes: los del sincronismo vertical controlan el oscilador de frecuencia vertical representado por el bloque 13. La frecuencia controlada así pasa a la fase sucesiva (14) para una ulterior amplificación y después se envía a la unidad de desviación (23).

Los impulsos eléctricos de sincronismo horizontal pasan a una fase que controla automáticamente la frecuencia (16), ya que ésta es mucho más elevada que la del sincronismo vertical y por ello más difícil de mantener su estabilidad. El impulso pasa después a controlar el oscilador horizontal (17) y sucesivamente va al bloque final de amplificación horizontal (18), fase que tiene la doble finalidad de amplificar los impulsos antes de enviarlos a la unidad de desviación y de elevar la tensión para excitar la unidad de *muy alta tensión* (bloque 19), la cual se aplica al ánodo del tubo de rayos catódicos.

El bloque 15 representa la fase del control automático de ganancia (C.A.G.), cuya utilidad es mantener constante la tensión de la señal procedente de la antena y asegurar la constancia del contraste de la imagen en el tubo, en el que si no existiese este órgano de control se apreciarían variaciones de contraste, ya que en la señal de llegada influyen múltiples perturbaciones que afectan a la propagación de la onda portadora de la señal emitida. El bloque 20 representa la fuente de alimentación de baja tensión a partir de la red.

Todo esto es lo que sucede en un televisor monocromático de blanco-negro. Puede decirse que ya hemos visto todas las secciones que lo componen, examinando superficialmente las funciones que cada una de ellas asume. En televisión-color una gran parte del receptor resultará conocida para quien conoce el funcionamiento del televisor monocromático.

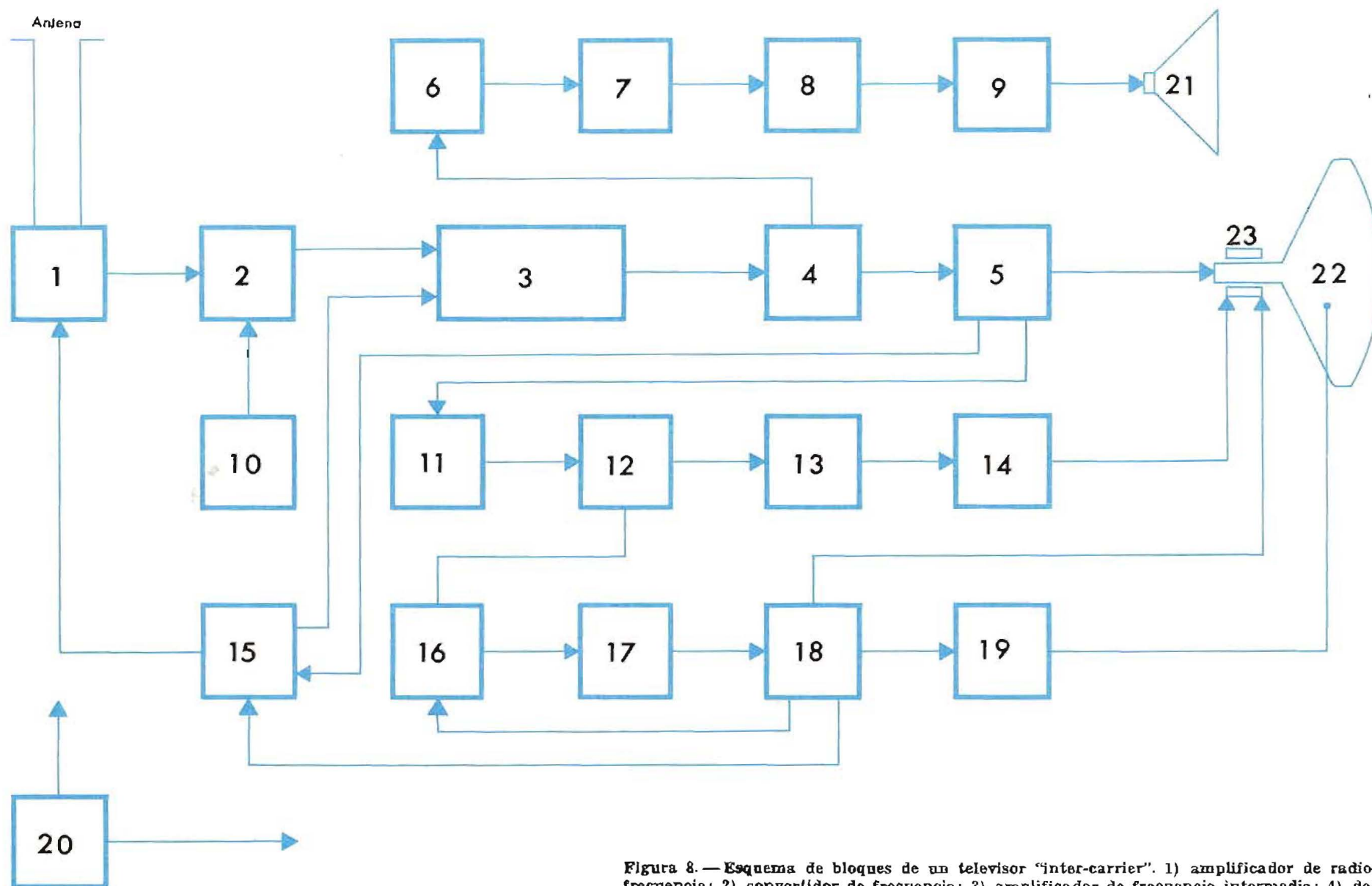


Figura 8.—Esquema de bloques de un televisor "inter-carrier". 1) amplificador de radio-frecuencia; 2) convertidor de frecuencia; 3) amplificador de frecuencia intermedia; 4) detector de video; 5) amplificador final de video; 6) frecuencia intermedia de audio; 7) detector de audiofrecuencia; 8) amplificador de audiofrecuencia; 9) amplificador final de audio-frecuencia; 10) oscilador local de RF; 11) separador de sincronismos; 12) amplificador de los impulsos de sincronismo; 13) oscilador vertical; 14) amplificador final vertical; 15) control automático de ganancia (CAG); 16) control automático de frecuencia (CAF); 17) oscilador horizontal; 18) amplificador final horizontal; 19) alta tensión; 20) alimentador de baja tensión; 21) altavoz; 22) tubo de rayos catódicos (pantalla); 23) unidad de desviación.

Así, la figura 9 muestra un diagrama de bloques de un receptor de TV-color en que se utiliza un tubo de imagen tricolor (que reproduce los tres colores fundamentales rojo-verde-azul). En este diagrama se representan diez bloques, de los cuales tres están totalmente coloreados y uno solo está sombreado.

Los siete bloques no totalmente coloreados constituyen en conjunto el televisor monocromático en blanco y negro. El bloque del tubo de imagen está parcialmente coloreado para indicar que algunas partes de los circuitos de este bloque son nuevas, en tanto que otras son las mismas que en el televisor monocromático. Esto nos ayuda a disipar cualquier duda que el lector pueda tener acerca de la posibilidad de comprender los circuitos de los televisores en color y convencernos de que puede acceder perfectamente a la técnica de la TV-color aunque para ello, lógicamente, tendremos que extender en consecuencia la descripción detallada de los circuitos de la TV-recepción.

Los tres bloques que están completamente coloreados constituyen circuitos que no existen en el televisor monocromático. Dos de estos bloques, denominados *sincronismo de color* y *crominancia*.

están relacionados con la señal de color y con la forma de inyectarla al tubo de imagen tricolor. El tercer bloque, denominado de *convergencia*, apenas tiene relación con la señal de color; su finalidad consiste en mantener los haces electrónicos correspondientes a cada color perfectamente enfocados y desviados entre sí hacia todos los puntos de la pantalla.

Consideremos cada uno de los bloques del TV-color básico, sucesivamente, empezando por la antena receptora.

Las señales captadas por la antena son recibidas por un sintonizador de radiofrecuencia que las amplifica y las convierte en señales de frecuencia intermedia. El sintonizador de R.F. está seguido de un amplificador de F.I. análogo al de los televisores monocromáticos pero con mayor número de etapas amplificadoras y con bandas de paso algo más anchas, aunque es preciso que las curvas de respuesta tengan muy estrictamente la forma correcta.

El sonido se toma del amplificador de F.I. y constituye un bloque clásico similar al TV monocromático.

Después del amplificador de F.I., el detector de video extrae la señal o información de color

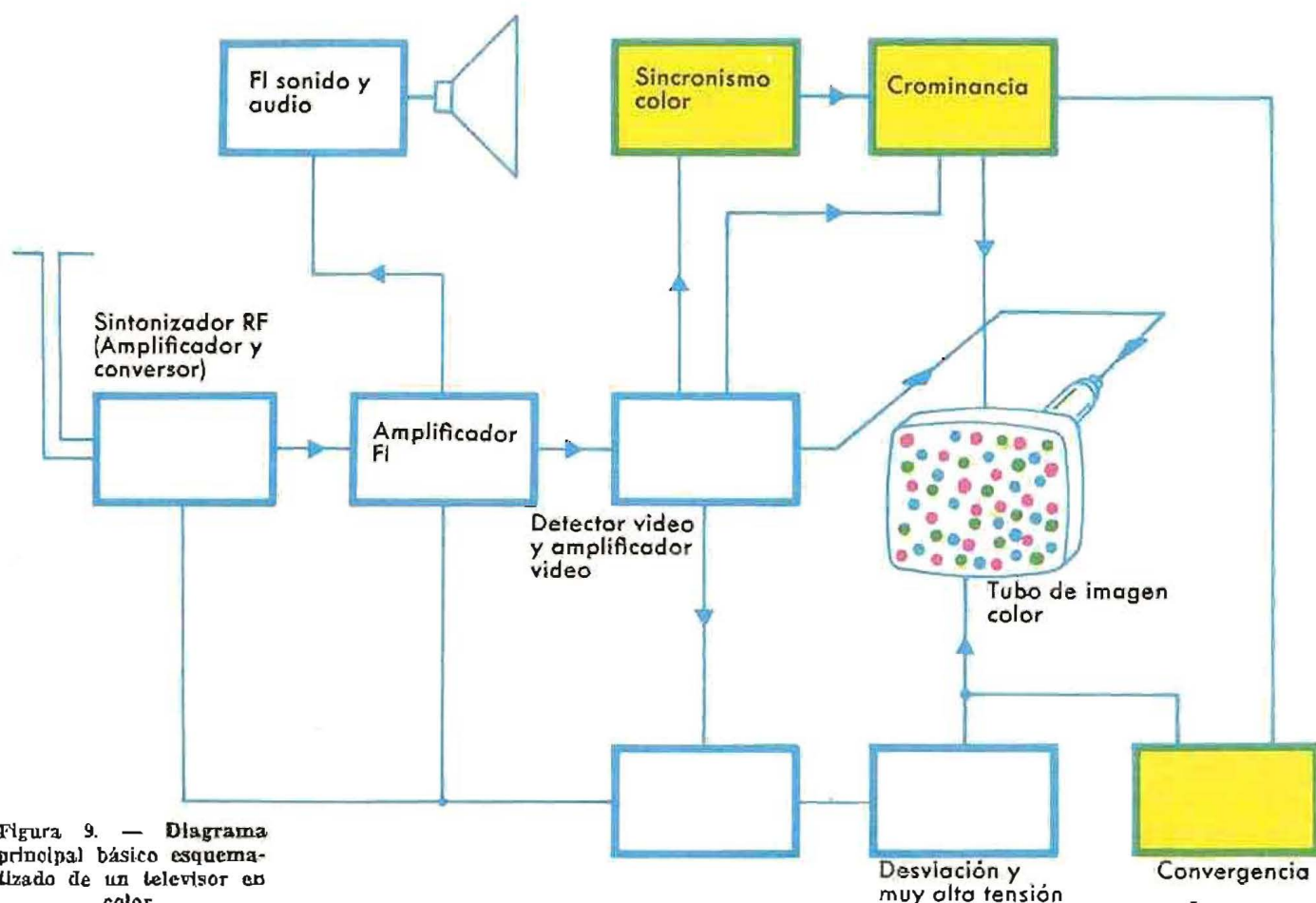


Figura 9. — Diagrama principal básico esquematizado de un televisor en color.

que se aplica al amplificador de video. Desde esta etapa, las señales se distribuyen al separador de sincronismos, C.A.G. y sincronismo de color. Al mismo tiempo, una parte de la información de la señal se aplica a la sección de crominancia o de color del televisor.

Veremos que el amplificador de video es una etapa de ramificación muy importante. A ella llega una señal conteniendo una información del color y dotada de los correspondientes impulsos de sincronismo horizontal y vertical. Al separador de sincronismos llegan los impulsos de sincronismo horizontal y vertical que pasan a los respectivos sistemas de barrido. A la sección de C.A.G. se envía la información necesaria para controlar la tensión de acuerdo con la intensidad de la señal recibida.

El bloque de sincronismo de color actúa de acuerdo con los impulsos de sincronismo horizontal general.

Las señales correspondientes al color pasan al sistema de crominancia, en donde las mismas se diferencian por defase en las fracciones correspondientes al rojo, verde y azul.

Asimismo, en esta etapa, una vez extraídas las

fracciones de la señal correspondientes al color, se atenúan las partes restantes de la señal y finalmente se demodulan (detectan) las informaciones del color.

En el bloque de convergencia se combinan las varias señales de color con el fin de obtener las amplitudes correctas de las tensiones correspondientes al rojo, verde y azul que se aplican al tubo de imagen tricolor.

Hemos visto por encima la constitución básica del transmisor de TV y del televisor, en los que se integran muchas etapas con misión fundamental para el buen funcionamiento de la televisión.

Tanto el transmisor con su telecámara como el televisor están constituidos por todo un conjunto de elementos y dispositivos con función propia bien definida. Todos estos elementos son muy importantes; pero el verdadero corazón de la telecámara, del transmisor y del televisor es un dispositivo sin cuya existencia no sería posible la televisión tal como la concebimos. Se trata del tubo de rayos catódicos, cuya importancia es tal que, antes de proceder a la descripción técnica de los sistemas televisivos, es necesario conocerlo con mucho detalle.

HISTORIA DEL TUBO DE RAYOS CATODICOS

La televisión transmite a distancia las imágenes, aprovechándose de las cualidades de las ondas de radio; éstas, debidamente moduladas y difundidas por el transmisor, llevan a través del espacio las imágenes que, una vez llegadas al receptor, sufren ciertos procesos y se hacen visibles sobre la pantalla.

La pantalla no es otra cosa que el fondo plano de una gran ampolla de vidrio sellada, en cuyo interior se ha hecho el vacío, que contiene un proyector que lanza un haz de electrones, los cuales, golpeando la pantalla recubierta de una capa de materia fosforescente, la hacen luminosa.

Este haz de electrones es comparable a los rayos de luz que en una sala cinematográfica van desde el proyector a la pantalla. Los haces de electrones también son llamados rayos catódicos, dado que en el momento de su descubrimiento no se conocía todavía la existencia de los electrones y no se supo encontrar otra palabra para su denominación sino que aludiendo a su punto de partida (cátodo). En consecuencia, la ampolla se llama también *tubo de rayos catódicos*.

En las estaciones transmisoras hay aparatos que contienen tubos de rayos catódicos, los cuales traducen en modulaciones eléctricas los diversos tonos de los grises de las imágenes; se transmiten

por radio y luego se reciben por aparatos que emprenden el camino en sentido contrario: transforman los impulsos de radio en impulsos eléctricos y, por lo tanto, los convierten en imagen luminosa.

Los rayos catódicos hacen así posible la fusión de las imágenes con las ondas de radio y la reobtención de las mismas en la pantalla. Son la base de la televisión y por lo tanto viene al caso señalar brevemente la historia de su descubrimiento.

Los rayos catódicos

Su descubrimiento se debe a las experiencias de muchos físicos. Se considera que los experimentos iniciales fueron los de Julius Plücker, el cual se ocupó de ellos entre 1858 y 1859.

Plücker probó a lanzar chispas eléctricas en una ampolla de vidrio utilizando la bobina de inducción que había construido algunos años antes el físico alemán Heinrich Ruhmkorff.

Plücker aplicó una tensión superior a 10.000 voltios a dos electrodos insertados en las extremidades de un tubo de vidrio, en cuyo interior se había enrarecido el aire por medio de una bomba de descompresión, y vio que en lugar de las chispas que preveía que serían lanzadas, aparecía una luminiscencia general del tubo.

Algunos años después, concretamente en 1865, otro físico, Heinrich Geisler, repitió el experimento de Plücker: pero en lugar de hacer el vacío del aire llenó la ampolla de un gas noble que al paso de la corriente eléctrica asumió una luminosidad anaranjada.

En este experimento tuvieron origen los tubos luminiscentes, o tubos neón, empleados en los carteles publicitarios.

En 1875, sir William Crookes repitió el experimento de Plücker, con la diferencia de que, por medio de una bomba especial, realizó al máximo el vacío del aire.

Cuando aplicó la corriente eléctrica vio que el tubo permanecía oscuro, salvo un leve resplandor en torno al electrodo negativo o cátodo. Con este experimento Crookes comprobó que la corriente eléctrica pasaba igualmente a través del tubo, no obstante el alto vacío y la ausencia de luminosidad. Observando con mayor atención vio que, el lado opuesto del tubo se iluminaba con una luz fosforescente. Crookes dedujo que el cátodo emitía rayos invisibles de naturaleza desconocida y los proyectaba hacia el fondo del tubo.

Por tanto, la luminiscencia del vidrio debía de tener origen en el impacto de estos misteriosos rayos. Para confirmar esta teoría, Crookes situó hacia la mitad del tubo una lámina metálica en forma de cruz de Malta y repitió el experimento. Apenas dada la corriente eléctrica, en el fondo luminoso del tubo vio la sombra nítida de la cruz de Malta. (Figura 10.)

En 1876, otro físico, Eugen Goldstein, pensó que los rayos presentes en el tubo de Crookes eran de naturaleza igual a la de los rayos luminosos, pero de menor longitud de onda. Llamó por tanto *catódicos* a los nuevos rayos, por cuanto procedían del cátodo y debían de tener carga negativa. En 1879 Crookes demostró, en efecto, que los rayos tienen carga negativa. Para esto tomó un electroscope de panes de oro y lo puso en contacto con el hilo metálico que sostenía la cruz.

Los panes se repelieron, poniendo de manifiesto la presencia de una carga eléctrica que Crookes reconoció ser negativa. Así, sin duda alguna, aquellos rayos invisibles eran efectivamente rayos de electricidad negativa.

Para demostrar también que los rayos eran en efecto negativos, Crookes introdujo en el tubo dos placas metálicas. Aplicó a una el borne positivo y a la otra el borne negativo de una fuente de tensión continua o pila.

Vio que la luminiscencia se desplazaba hacia la placa con polaridad positiva, y que además los rayos se desviaban por la acción de un electroimán situado junto al tubo.

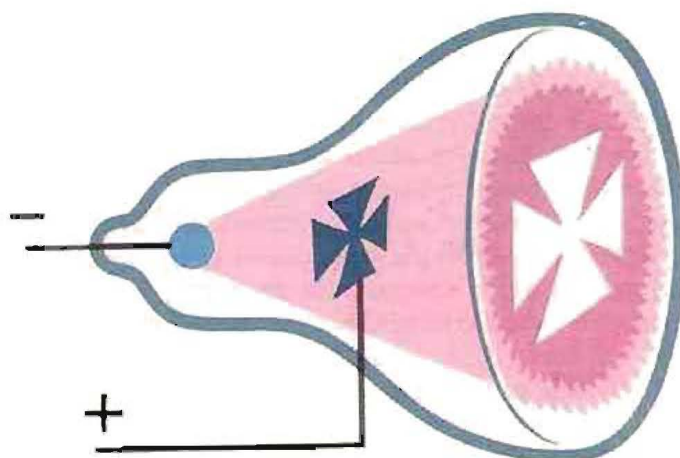


Figura 10. — Reconstrucción del experimento de Crookes, quien introdujo en la mitad de un tubo una pantalla metálica. Esta, reteniendo los rayos catódicos, proyectaba una sombra oscura en el fondo de la ampolla.

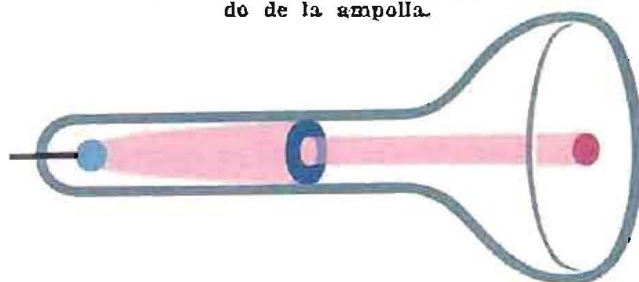


Figura 11. — Braun consiguió proyectar un haz de rayos catódicos interponiendo una pantalla con un orificio en el centro en el camino del haz de electrones. Vio que los electrones producían una mancha luminosa sobre la pantalla de vidrio.

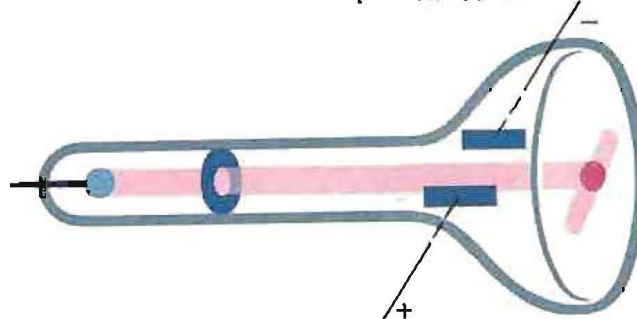


Figura 12. — Al añadir a cierta distancia dos plaquitas, unidas respectivamente a los polos positivo y negativo de una batería de pilas, el punto luminoso se desplazaba siempre hacia el positivo.

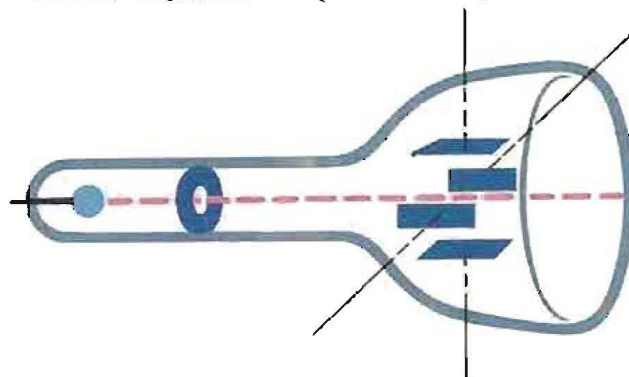


Figura 13. — Añadiendo otras dos plaquitas en posición perpendicular a las anteriores, era posible obtener desplazamientos, además de a derecha e izquierda, también de arriba abajo y viceversa.

Muchos otros físicos prosiguieron los experimentos de Crookes, y los rayos catódicos fueron objeto de largos y pacientes estudios.

Un notable paso adelante, hacia los modernos tubos de rayos catódicos hoy empleados para la televisión, fue el dado por el físico Karl Ferdinand Braun, que en 1897 pensó en hacer llegar al fondo del tubo de Crookes un haz de rayos catódicos. Para conseguirlo colocó en el tubo un disco metálico con un orificio en el centro, a través del cual pasaban los rayos catódicos, que al llegar al fondo formaban un disquito luminoso fluorescente. (Figura 11.) Braun repitió el experimento introduciendo dos placas metálicas, unidas a los polos positivo y negativo de una batería de pilas, y vio que el disquito se desplazaba hacia el lado donde estaba la placa positiva; invirtió la polaridad de las placas y el disquito se desplazó también hacia la placa positiva. Cuanto más elevada era la tensión de la placa, mayor era el desplazamiento del disquito luminoso. Braun construyó entonces un sencillo dispositivo, constituido por un potenciómetro con una toma central y dos baterías de pilas, para desplazar el disquito luminoso de un extremo al otro del fondo del tubo. (Figura 12.)

Braun advirtió entonces que el punto estaba

en el centro cuando entre las dos placas había una tensión nula, dado que el cursor del potenciómetro estaba en el centro. Desplazando el cursor hacia el lado positivo de la batería, también se desplazaba el punto luminoso, dado que la tensión eléctrica era mayor en la placa. Si desplazaba el cursor del potenciómetro hacia el otro lado, hacia él se desplazaba el punto luminoso. Si el movimiento del cursor era lento, el desplazamiento del punto se producía lentamente, mientras que si el movimiento del cursor era muy rápido no se veía el punto, sino una raya luminosa dada por el trazo del punto en movimiento.

En este caso, el punto no se veía, por el conocido efecto del fenómeno de la persistencia de las imágenes en la retina. En nuestros ojos, en efecto, permanece impresionada cualquier imagen durante cerca de una décima de segundo; si el sujeto de ésta se mueve con rapidez sucede que nuestros ojos lo ven incluso cuando ya ha pasado.

Después de haber conseguido trazar líneas, Braun pensó introducir otras dos placas situadas en ángulo recto con relación a las otras, y conectó los dos pares de placas a un dispositivo constituido por dos potenciómetros, un mecanismo eléctrico de movimiento y dos baterías de pilas. (Figura 13.)

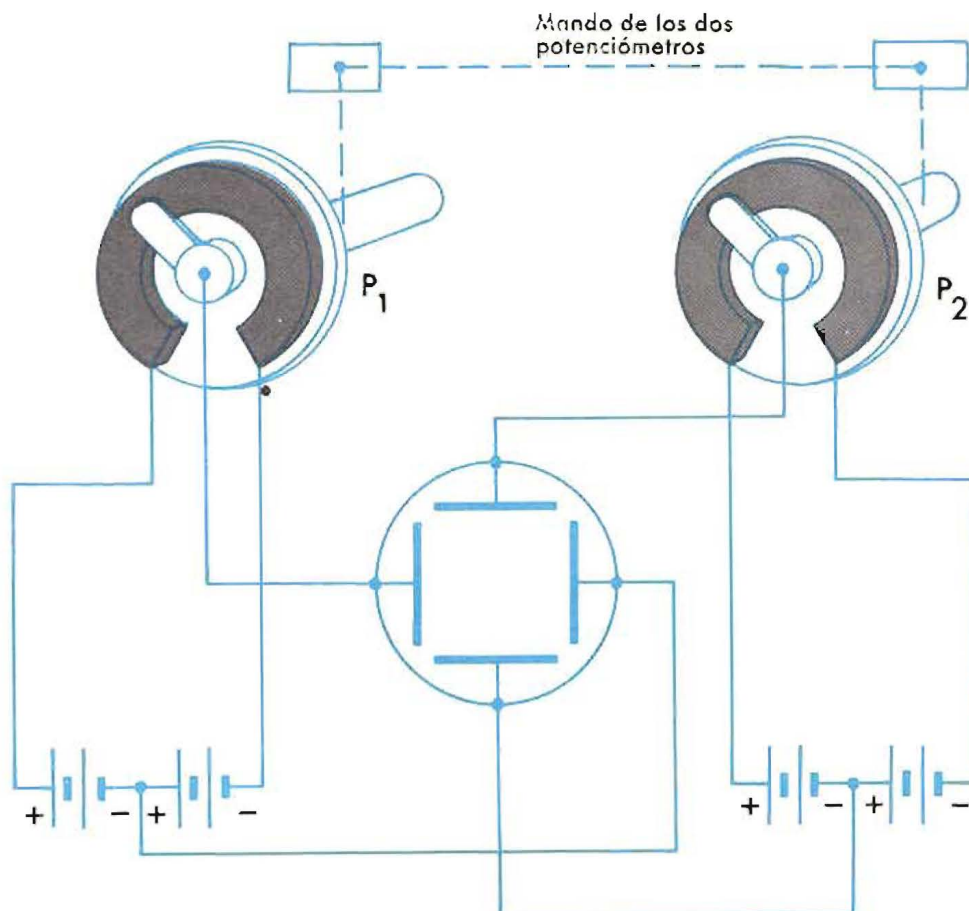


Figura 14. — El dispositivo representado aquí sirvió a Braun para obtener sobre la pantalla del tubo el desplazamiento de la línea luminosa hacia arriba o hacia abajo. También era posible obtener cuadrados luminosos sobre la pantalla.

Puso en acción el tubo produciendo con el mecanismo el movimiento horizontal del haz, y en el fondo del tubo se formó la raya luminosa ya vista anteriormente. Después produjo el movimiento vertical, primero lentamente, y vio que el haz iniciaba un movimiento hacia arriba y hacia abajo. (Figura 14.)

Al acelerar los movimientos, en el fondo del tubo se formaba una serie de curvas cuya forma dependía de las tensiones aplicadas en las placas de desviación. Este desplazamiento del punto luminoso de derecha a izquierda y de arriba abajo, que se produce en los tubos electrónicos, es hoy en día la base de todas las técnicas de la televisión. (Figura 15.)

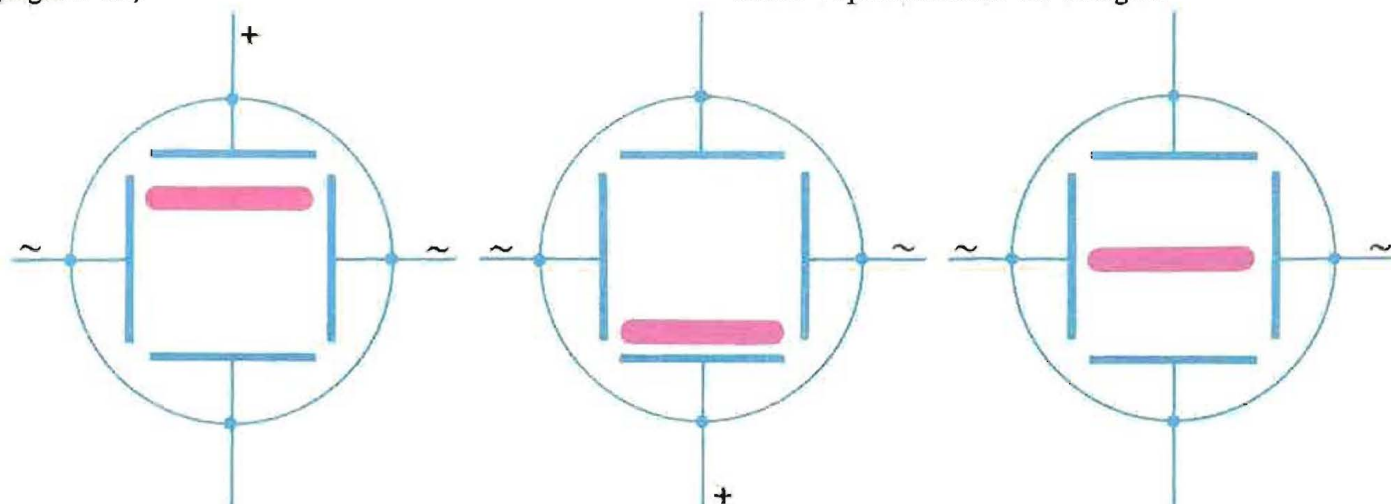


Figura 15. — Actuando sobre la polaridad de las plaquitas verticales es posible hacer que la línea luminosa se desplace hacia arriba y hacia abajo, según a qué plaquita se aplique el polo positivo. Si el cambio de polaridades es rapidísimo y alternado, la línea se desplace tan velozmente que nuestros ojos no llegan a distinguirla, por el fenómeno de persistencia, y ven totalmente iluminada la pantalla por unas curvas, resultado de componer las tensiones sobre las placas horizontales y las verticales.

ESTUDIO DE LOS TUBOS PARA CAMARAS DE TELEVISION

Evolución de los tubos para cámaras

Se puede decir que la televisión, que constituye la captación electrónica, la transmisión y la reproducción de imágenes instantáneas, tiene un fundamento en los efectos fotoconductivos y fotoemisores respectivamente descubiertos en 1873 y 1887.

Rosing, en 1907, propuso que el tubo de rayos catódicos de Braun podría utilizarse como tubo reproductor de imágenes, y en 1908 Campbell Swinton sugería que un tubo de rayos catódicos fotosensitivo podría analizar electrónicamente cualquier imagen óptica que se proyectara sobre su pantalla.

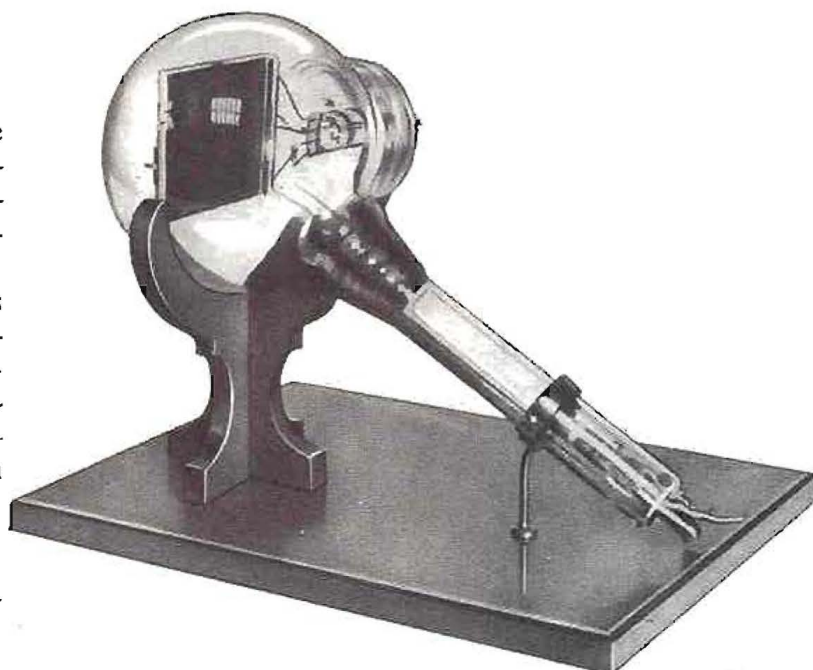


Figura 16. — Iconoscopio de Zworykin que se conserva en el Science Museum de Londres.

Wladimir Kosma Zworykin, antiguo alumno de Rosing en San Petersburgo, patentó en 1928, en Estados Unidos y prestando sus servicios en la Westinghouse Electric Co., un tubo de rayos catódicos

basado en el principio de Campbell Swinton, destinado a la toma de imágenes y que denominó ICONOSCOPIO. Este tubo se conoce mundialmente bajo el nombre de *iconoscopio de Zworykin*.

ICONOSCOPIO

Es un tubo termoelectrónico destinado a la toma de imágenes. (Figura 17.)

En lo que respecta a la emisión de los electrones que constituyen el haz de rayos catódicos, y a la concentración y la desviación de este haz, el iconoscopio es el típico tubo de rayos catódicos, por

lo que preferimos dejar este tema para más adelante. Como puede verse —figura 18— el iconoscopio está constituido por un envoltorio de vidrio, de forma adecuada, al cual se ha soldado un largo brazo, también de vidrio, destinado a contener el cañón de electrones. El ángulo que forman el

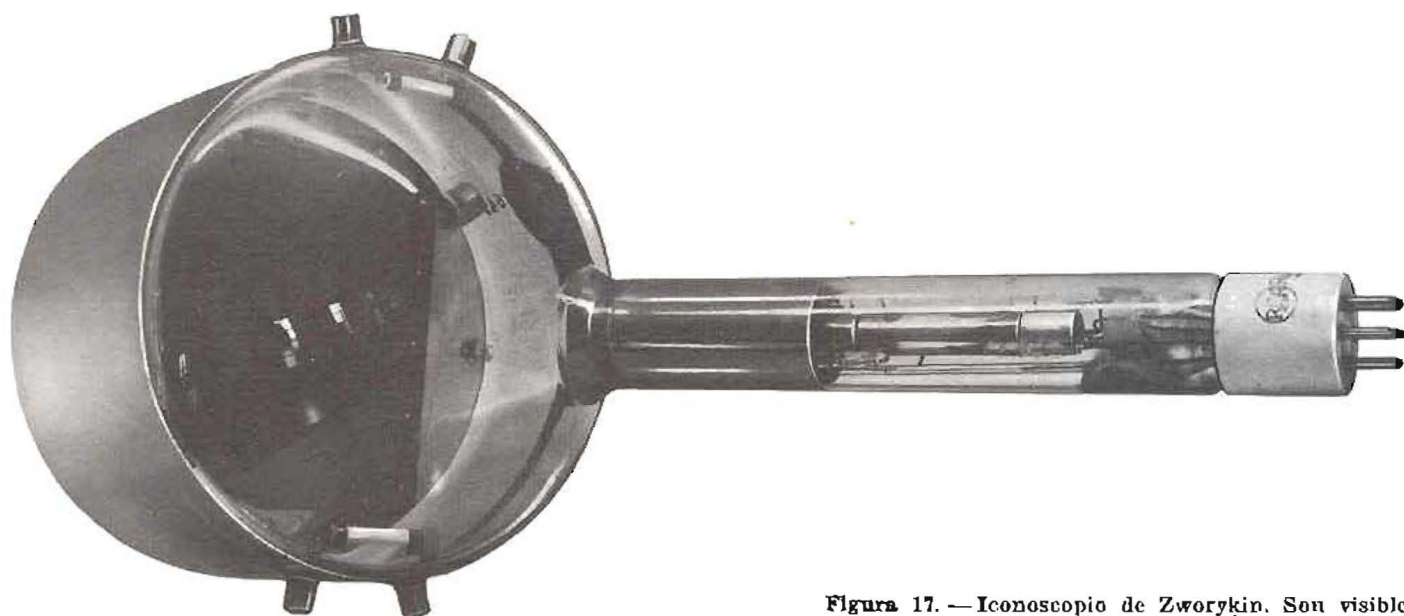


Figura 17. — Iconoscopio de Zworykin. Son visibles la placa fotoconductora, el cañón de electrones y toda la constitución del instrumento (RCA).

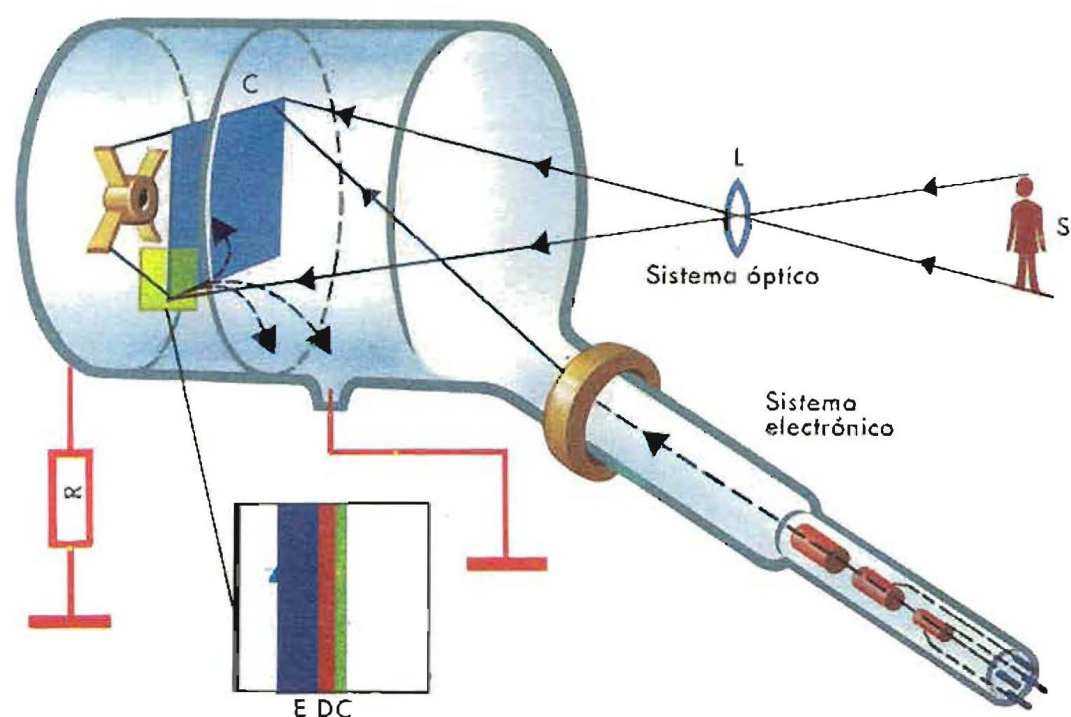


Figura 18. — Esquema de funcionamiento del iconoscopio de Zworykin. Está aumentado el detalle del espesor de la placa sobre la que se forma la imagen. Consta de tres capas: E) placa metálica; D) laminilla de material dieléctrico; C) mosaico fotosensible.

eje óptico del iconoscopio y el del cañón electrónico es de unos 30° , con el fin de evitar las posibles interferencias entre los conjuntos óptico y electrónico del tubo analizador de imágenes.

La construcción del cañón de electrones del iconoscopio es parecida a la de un tubo normal de rayos catódicos. La diferencia sustancial entre los dos tubos reside en que el electrodo del iconoscopio sustituye a la pantalla fluorescente del tubo de Braun. Este electrodo consta de una plaquita metálica E denominada *placa de señales*, mientras que D es una laminilla de material dieléctrico. Sobre D se apoya una capa C de sustancia fotoeléctrica subdividida en un elevado número de elementos, aislados unos de otros (denominado mosaico). El mosaico constituye sin discusión la parte más importante del iconoscopio. La laminilla D es por lo general un pan sutilísimo de mica, de espesor variable entre 2 y 7 centésimas de milímetro y dimensiones de 9×12 centímetros. La placa de señales E se obtiene por deposición metálica sobre una cara de la laminilla de mica, mientras que la capa fotosensible C se obtiene por un procedimiento químico bastante delicado (reducción de óxido de plata sensibilizado con cesio) sobre la cara anterior de la propia laminilla. El objetivo L proyecta en C la imagen del objeto S.

Cada vez que el haz electrónico recae en un

elemento de C, éste se descarga y cede su carga. La descarga se produce a través de la diminuta capacidad existente entre el elemento que se descarga en la superficie colectora, y se manifiesta en la forma de leves caídas de tensión entre los extremos de la resistencia de carga R. Dicha diferencia de potencial se aprovecha después para modular, por diferentes procedimientos, la intensidad del rayo catódico en el tubo de imagen del televisor.

Como la carga de cada elemento de E-D-C es proporcional a la iluminación de éste, la corriente de descarga, y por tanto la caída de potencial en R, son proporcionales a la carga, y en consecuencia la luminosidad del haz de rayos catódicos del tubo receptor es proporcional en todo momento a la iluminación de la superficie de C, explorada en este mismo instante por el haz de electrones del iconoscopio. Si el haz del tubo receptor explora la pantalla fluorescente en la misma forma en que se desvía el haz del iconoscopio y las dos desviaciones están sincronizadas, la luminiscencia de la pantalla receptora reproduce la imagen transmitida. Debido a que se producen cargas espaciales parásitas, por emisión secundaria, en la placa sensible, el tubo de Zworykin necesita utilizar objetivos o sistemas ópticos muy luminosos que, dadas las grandes dimensiones de la placa, resultan muy costosos.

ICONOSCOPIO DE IMAGEN ELECTRONICA

Basado en el iconoscopio de Zworykin, en 1939 apareció el *iconoscopio de imagen electrónica*, de Lubszynski y Rodda, de la firma E.M.I., que denominaron *Super Emitron*. Es decir, se trata de un tubo de toma de imágenes para televisión derivado del iconoscopio, con la ventaja de que su sensibilidad es de seis a diez veces más elevada. En su forma más simple consiste en un *fotocátodo* sobre el cual se proyecta la imagen óptica del sujeto a transmitir; un *sistema electrónico* destinado a enfocar los fotoelectrones que abandonan el fotocátodo; un *mosaico* y un *cañón de electrones* destinado a producir un haz de rayos catódicos para el análisis del mosaico, previa concentración y desviación. (Figura 19.)

En 1936, Lubszynski describió el principio de la exploración que dio lugar al *orticonoscopio* de RCA de 1939, cuyo fotocátodo es semitransparente, de forma que la imagen óptica se proyecta sobre el lado opuesto a aquel desde el que se emiten los fotoelectrones. (Figura 19.) Para la deflexión del haz se utilizan sistemas electromagnéticos o electrostáticos o una combinación de ambos.

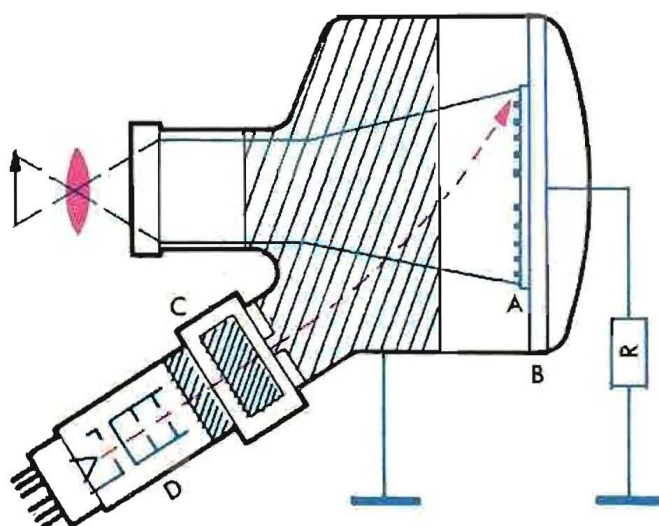


Figura 19. — Iconoscopio de imagen electrónica. Dispone de una placa fotosensible de mosaico positiva. A) fotocátodo; B) placa de imagen; C) bobina de desviación; D) cañón electrónico.

Cuando una imagen óptica se concentra sobre el fotocátodo, éste emite electrones, por unidad de área, en número proporcional a la iluminación. De esta forma, la imagen óptica se convierte en una distribución de cargas eléctricas. Los electrones que determinan la formación de tal distribución se aceleran en dirección al mosaico, sobre el que se enfocan mediante el sistema electrónico. De este modo se forma en el mosaico una imagen electrónica (copia fiel de la imagen óptica proyectada sobre el fotocátodo) constituida por electrones dotados de alta velocidad. El iconoscopio de imagen electrónica, gracias a la mayor sensibilidad y a la mayor profundidad de campo, encuentra una gama más amplia de aplicaciones.

Pero incluso así, siendo un tubo de televisión capaz de suministrar las imágenes más nítidas, tiene diversos inconvenientes.

Aún es poco sensible y exige, dada la gran área de imagen, objetivos muy luminosos y capaces de cubrir campos demasiado amplios. Para entendernos: es necesario usar objetivos similares a los empleados en la fotografía de estudio y de retrato. Para no tener que aumentar enormemente las fuentes de luz, se trabaja durante la toma con diafragmas muy abiertos, cosa que reduce la profundidad de campo, por lo que es necesario que el operador efectúe una regulación continua del enfoque.

No es posible en estos casos tomar escenas profundas o grupos de personas en planos diferentes. Es necesario además un control continuo de la señal de cámara para evitar que la imagen resulte desagradable.

No se pueden tomar sujetos con contrastes muy violentos y, en general, se tiende a evitar el blanco puro en las escenas o en los trajes a tomar.

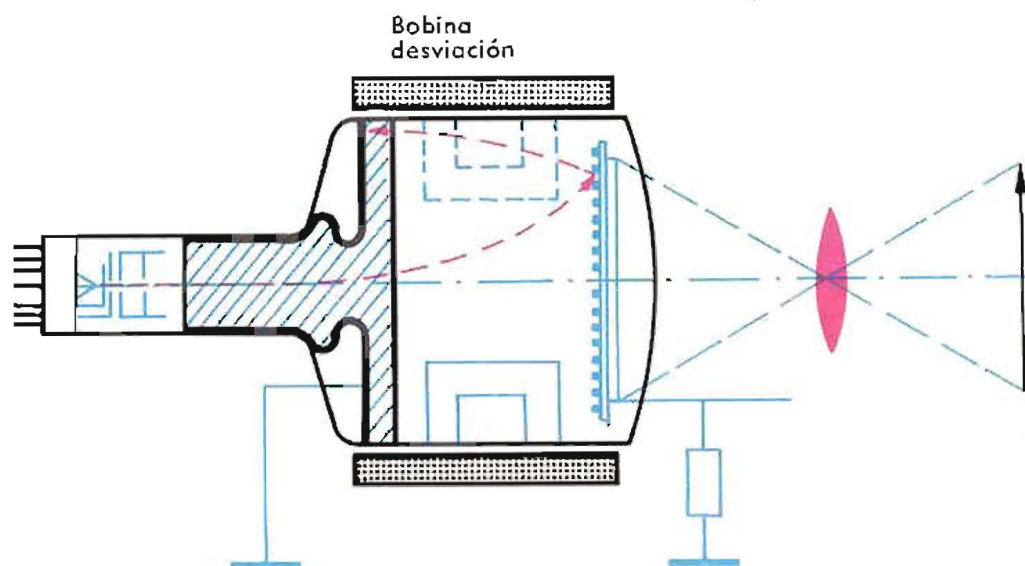


Figura 20. — Esquema del orticonoscopio.

EL ORTICON

Es un tubo de toma de televisión estudiado de tal forma que elimina los defectos que hemos visto en el iconoscopio y en los tubos derivados de

éste. Tales defectos se deben, sobre todo, a la fuerte emisión de electrones secundarios por parte de la superficie del mosaico.

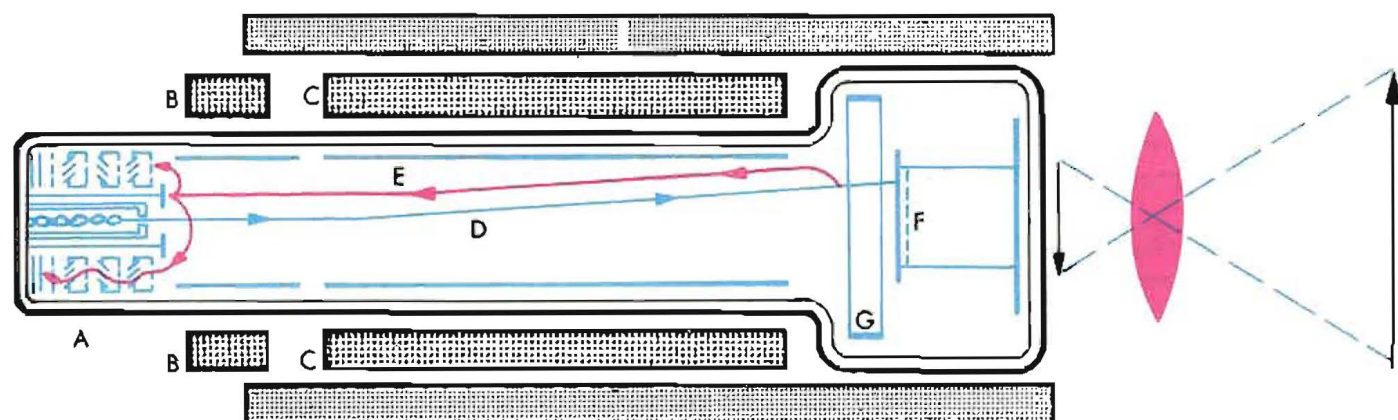


Figura 21. — A) cátodo; B) bobina de enfoque; C) juego de desviación; D) rayo de exploración; E) rayo de retorno; F) pantalla blanca; G) anillo de deceleración.

Este resultado se ha obtenido modificando de forma sustancial la estructura del tubo, como puede verse en la figura 21. El fenómeno de carga y descarga de los elementos individuales del mosaico es idéntico al que se verifica en el iconoscopio.

Como en el orticón los electrones del haz de rayos catódicos están animados de baja velocidad, debido a la mayor longitud de su trayecto y al menor potencial aplicado a los electrones, es necesario que dichos electrones del haz incidan perpendicularmente a la superficie del mosaico, lo cual se consigue disponiendo el tubo del orticón en un campo magnético axial de enfoque.

La desviación del haz de rayos catódicos en el plano horizontal se obtiene mediante un campo eléctrico cuya acción se superpone a la del campo magnético axial. La desviación vertical se obtiene, en cambio, por medio de un par de bobinas que producen campos magnéticos.

Las ventajas del orticón son muy notables. Es

posible utilizar objetivos de corta longitud focal, dada la gran proximidad del electrodo fotosensible a las paredes del tubo y las menores dimensiones del mosaico. Dadas sus dimensiones se puede reducir el volumen de las telecámaras, de lo que se desprende una mayor movilidad de toma. No requiere fuertes tensiones de alimentación (-25 voltios para el cátodo del cañón electrónico, contra los -1000 voltios del iconoscopio). Su rendimiento teórico es 100 %, contra el 25 % del iconoscopio.

El orticón, desde 1940, se ha ido perfeccionando y, por ejemplo, English Electric presentó un notable tipo en 1954. Mientras tanto, E.M.I. concentró la atención en otro tipo más sensible que denominó *CPS-Emilron*, que se anunció en 1950 y que se ha venido utilizando hasta hace poco.

Su perfeccionamiento ha sido tal que ha llegado a ser tan sensible como el ojo humano, y por tanto pueden hacerse tomas en casi cualesquiera condiciones de iluminación.



Figura 22. — Tubo orticón de imagen electrónica (RCA).

Esto es muy importante para tomas deportivas o de actualidad realizadas con luz ambiente; cuando la luz es muy intensa se puede aumentar la zona de profundidad de campo diafragmando el objetivo. El tubo orticón de imagen electrónica se debe, como el iconoscopio, a Zworykin. Está constituido por tres secciones. La primera es la de la imagen. Está situada en la zona de mayor diámetro del tubo y comprende un fotocátodo de mosaico semitransparente sobre el cual el objetivo proyecta la imagen. Posteriormente se encuentra la *pantalla blanco*, en la que se proyecta la imagen electrónica producida por la emisión catódica aprovechando la acción de dirección de un campo magnético longitudinal generado por una bobina exterior.

La pantalla blanco está constituida por una lámina finísima de vidrio, caracterizada por cier-

ta conductividad, en la que tiene lugar el fenómeno de la emisión secundaria por efecto de los fotoelectrones incidentes, activados por medio de un acelerador que trabaja a 300 voltios.

Paralelamente a la pantalla blanco y ante ella se halla una pantalla colectora que recoge los electrones secundarios emitidos por la pantalla blanco. La segunda sección, más extensa en dimensiones, es la de exploración. En torno a ésta se encuentran las bobinas de concentración magnética y de desviación para el enfoque y la desviación del haz electrónico procedente de la tercera sección. La misión del haz electrónico es restablecer el equilibrio electrónico sobre la pantalla blanco cediendo electrones en número proporcional a la carga eléctrica positiva de cada elemento y por tanto, en la práctica, a la iluminación de cada punto del sujeto.

La tercera sección comprende el cañón de electrones y un multiplicador electrónico. El rayo de retorno incide en el ánodo determinando la emisión de electrones secundarios: y éstos, gracias a un sistema de aletas multiplicadoras, aumentan

EL VIDICON

Dentro del principio fotoconductor, el *vidicón* fue descrito por primera vez en 1950 por RCA y aún sigue utilizándose hoy en día. En 1957, Philips produjo un tubo similar, basado en el empleo de un fotoconductor diferente, y desde entonces ha sido aceptado universalmente, en particular por lo que se refiere a las cámaras de TV-color de tres tubos.

El *vidicón* —figura 23— es un pequeño tubo de toma en el que la escena que se televisa se proyecta en la parte anterior del tubo, atraviesa la placa transparente y termina por recaer en el fotoconductor, también en forma de placa, Z. La superficie Z está explorada continuamente por un haz electrónico por medio del cañón formado por F, K, G₁ y G₂. Según sea la luz incidente, la placa se hace más o menos conductora y actúa de manera que las cargas se dispersen sobre G. Cuando, en la fase de exploración, las cargas que se han dispersado se integran, se tiene, en la práctica, una medida de la intensidad de la luz que ha herido la placa.

La transformación de la imagen óptica en una serie de señales eléctricas se efectúa por esta corriente de recarga. El haz electrónico, generado por un cañón de electrones, se desvía por la acción de bobinas situadas en torno al tubo. Los potenciales positivos de las rejillas G₂ y G₃ aceleran los electrones que emite el cátodo K. En su camino hacia el fotoconductor los electrones pasan por G₁ y a través de la fina pantalla metálica G₄ que establece un campo eléctrico homogéneo entre G₄ y Z. Este campo hace que los electrones sean fuertemente decelerados, de forma que llegan a Z con una velocidad muy reducida. Los electrones del haz se enfocan sobre Z por medio de un campo magnético grande y homogéneo directamente axial al mismo.

Así, el mecanismo de funcionamiento del *vidicón* es, en esencia, idéntico al de los tubos de fotoemisión, con la diferencia de que su acción se basa en el efecto de carga positiva obtenido fotoconductivamente por medio de la capa o estrato

hasta terminar sobre un electrodo colector que va a parar a la salida del tubo que gobierna a un multiplicador. Esto hace posible que con el tubo de imagen orticón se puedan hacer tomas en condiciones deficientes de iluminación.

fotosensible, así como por efecto de su emisión fotoeléctrica. El defecto más aparente del *vidicón* es cierta persistencia de la imagen, que se traduce en la aparición de un esfumado de los contornos de los objetos de movimiento rápido, o la formación de chispas luminosas en el caso de puntos luminosos en movimiento.

Estos defectos son inapreciables cuando el nivel de iluminación es muy elevado.

Todos los tubos captadores de televisión se basan en el mismo principio general. La señal video se produce cuando un haz electrónico analiza, punto por punto y de forma ordenada de antemano, una imagen de carga electrónica y dimensional correspondiente en intensidad a los valores de brillantez o *luminancia* elementales de la escena original.

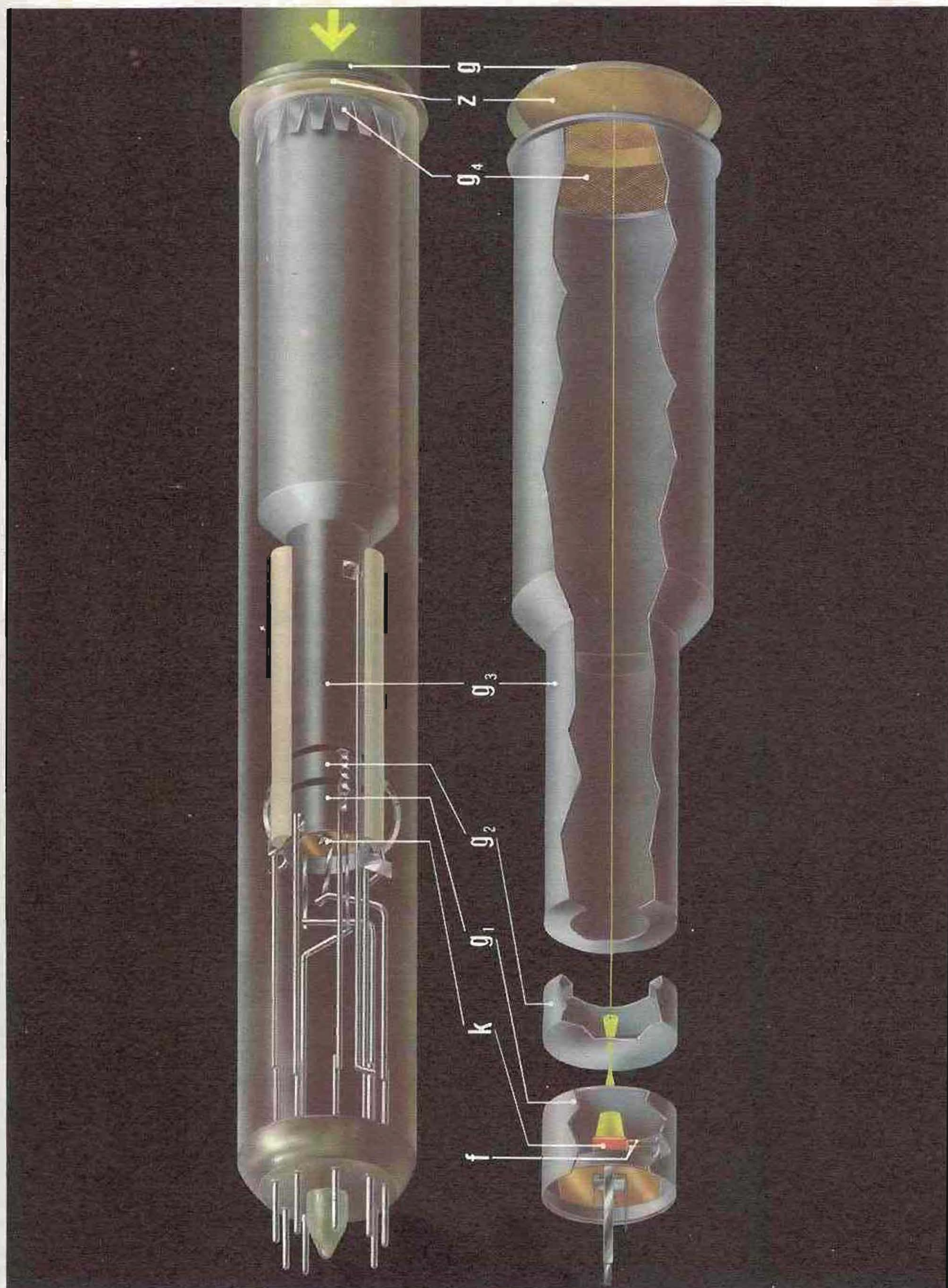
La médula de todo tubo es la placa acumuladora de carga u objetivo.

La figura 24 ilustra un caso general. El condensador o capacidad representa el objetivo del tubo captador y la radiación luminosa queda vinculada al condensador a través de una de sus placas que es transparente a la imagen. La otra placa del condensador se divide en un mosaico de puntos conductores con los que puede establecerse contacto únicamente mediante el haz electrónico explorador.

La radiación luminosa incidente provoca la emisión de electrones libres, los cuales son atraídos por la placa continua por efecto del potencial positivo V. Con ello el condensador queda más o menos cargado y cada elemento del mismo, representado por el gránulo sensitivo, se descarga cuando incide en él el haz explorador, produciéndose un impulso a través de la resistencia el cual modula la señal de video.

En el iconoscopio, la radiación se presenta en forma de luz y procede del mismo lado que el haz explorador. En el iconoscopio de imagen electrónica lo que choca ya en el «objetivo» son los fotoelectrones en lugar de la luz. En el orticón la luz pasa a través del electrodo transparente, produ-

Figura 23. — Imagen detallada del tubo *vidicón* Philips: F) soporte de los electrodos; K) cátodo; G₁) pantalla; G₂, G₃) dispositivos aceleradores; G₄) pantalla metálica; Z) fotoconductor; G) conductor transparente.



ciendo una emisión electrónica directa desde el mosaico de gránulos fotosensitivos.

En el vidicón, el condensador está constituido

por la placa continua transparente conductora y un mosaico de gran resistencia con una emisión electrónica secundaria que actúa como estímulo.

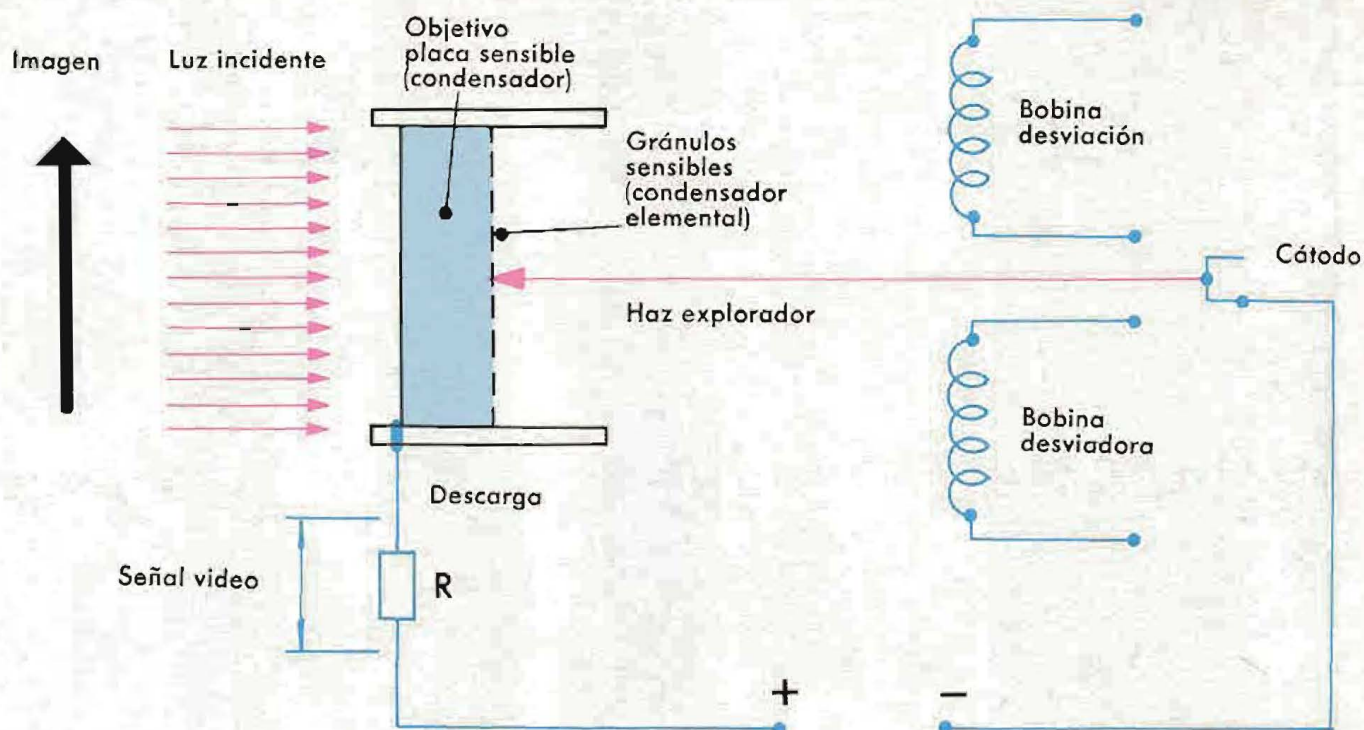


Figura 24. — Esquema eléctrico, en forma esquemática, del objetivo de tubo de cámara de televisión.

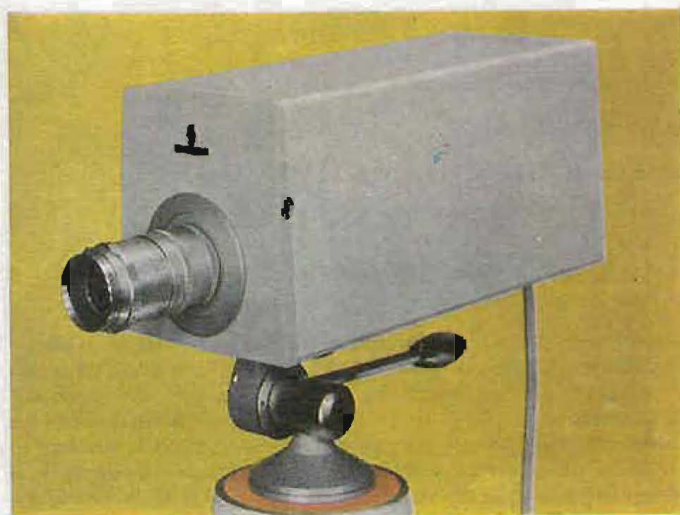
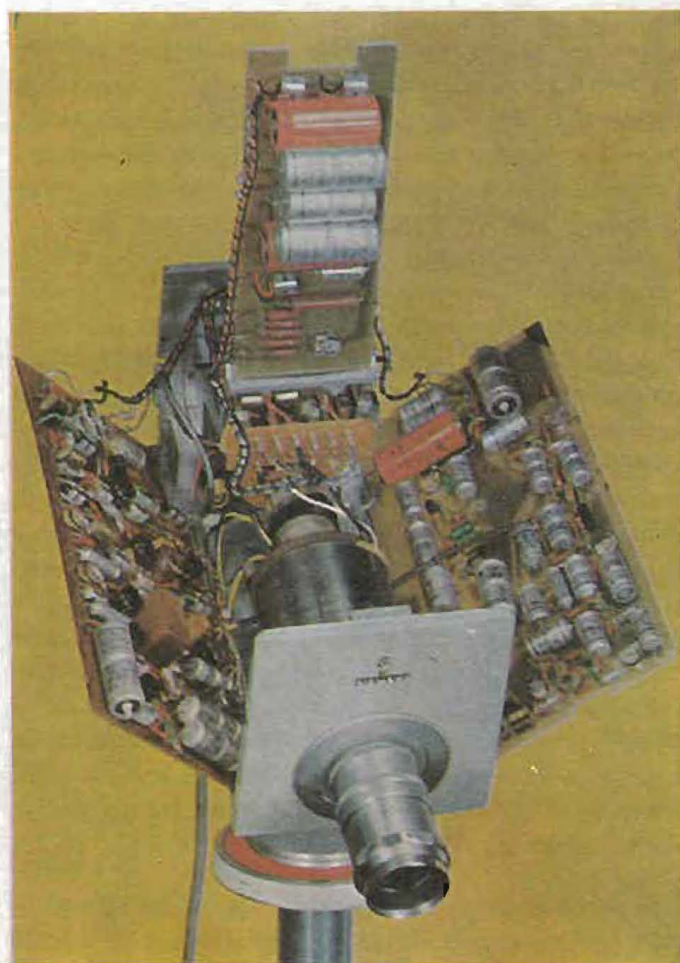


Figura 25. — Un tomavistas de televisión de reducidas dimensiones. Se ha quitado la cubierta de protección y se han volcado hacia los lados y hacia arriba las placas que contienen los circuitos eléctricos de las tres unidades principales: amplificador de video, generador de impulsos y de barrido y fuente de poder.

El volumen ocupado por el tomavistas de televisión de reducidas dimensiones es solamente de unos 2,5 dm.³.

LOS TUBOS TOMAVISTAS Y LAS CAMARAS DE TELEVISION EN COLOR

El sistema óptico de la cámara de televisión en color y de los tubos captadores de imagen tiene la función de enviar a los circuitos transmisores señales idénticas en las bandas de longitud de onda correspondientes a los colores rojo, verde y azul. El sistema es, por supuesto, análogo al ojo y al cerebro del ser humano.

Por el tubo tomavistas de la cámara se convierte el haz luminoso en una corriente eléctrica que varía con el tiempo. En el caso de las cámaras de televisión en color el requisito técnico principal es conseguir una sensibilidad adecuada en las frecuencias o longitudes de onda correspondientes a los colores.

Tipos de cámaras para TV en color

Indudablemente, en principio, la investigación se desarrolló en busca de la cámara con un solo tubo tomavistas. Así, de entre todos los intentos, el más notable fue el *vidicón tricolor de Weimer*. Sin embargo, debían fabricarse con rejillas interiores —filtros de selección de color— de un detalle extremadamente fino, así como otros detalles constructivos que hacían prácticamente imposible fabricar estos tubos en escala industrial, siquiera

fuera reducida. Quizás los grandes avances que van lográndose en la microtecnología harán posible volver a los tubos captadores tricolores.

Dentro del criterio de las telecámaras con un solo tubo, la que más éxito ha tenido es quizás la de tipo *secuencial*, en la que se usan filtros de color colocados sobre un disco en rotación sincrona con un disco similar en el televisor. Tal sistema exigía amplias anchuras de banda, lo cual limita su aplicación; y los aparatos receptores eran ruidosos y de gran volumen debido al complicado mecanismo que se necesitaba; por ello, aunque el sistema fue implantado en 1940-1946 en Norteamérica por la Columbia Broadcasting System (CBS), pronto cayó en desuso.

La primera cámara de colores que se utilizó con resultados que comercialmente pudieran considerarse satisfactorios estaba constituida por *tres orticones de imagen*, sistema que hoy en día se sigue utilizando.

No obstante, aunque por su constitución óptica y mecánica tales tipos de telecámaras son los más sencillos, tienen en principio la desventaja de que es difícil conseguir una superposición precisa de las tres imágenes individuales en los tres tubos tomavistas. En primer lugar es muy difícil que los tres tubos tengan *exactamente* las mismas características.

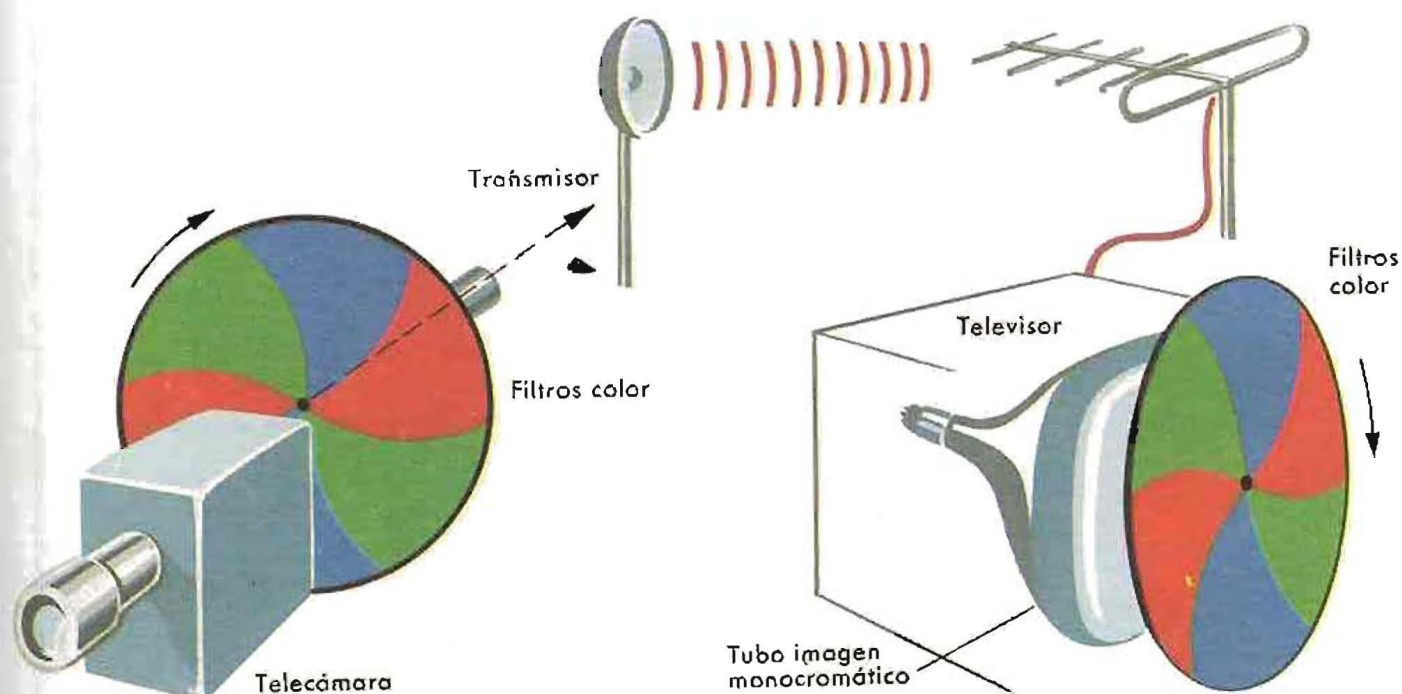


Figura 26. — Principio de la toma de imágenes en color con telecámara de un solo tubo, por el sistema secuencial de los colores, sincrono con la reproducción que se realiza con TRC monocromático.

Esta desventaja dio lugar a un sistema con cuatro tubos tomavistas, de los cuales tres eran para los colores rojo, azul y verde; el cuarto, llamado de *luminancia*, da toda la información monocromática normal del blanco-negro. Es decir, en este caso, el tubo de luminancia da la imagen en sí misma y los tubos de *crominancia* se limitan a «pintar» en colores la imagen. En estas telecámaras los tubos de crominancia acostumbran ser de tipo especial vidicón, y el de luminancia un orticón de imágenes.

El inconveniente de tales cámaras son el mayor tamaño y complejidad operacional, así como un sistema óptico más complicado y menor sensibilidad que con la telecámara de color de tres tubos.

Sistema óptico de la telecámara

Al principio, el haz luminoso incidente o imagen se subdividía en tres por medio de espejos montados en ángulo de casi 45° con respecto al eje de incidencia. En la actualidad se sigue el principio de *separación dicroica*.

La separación dicroica se basa en que cuando

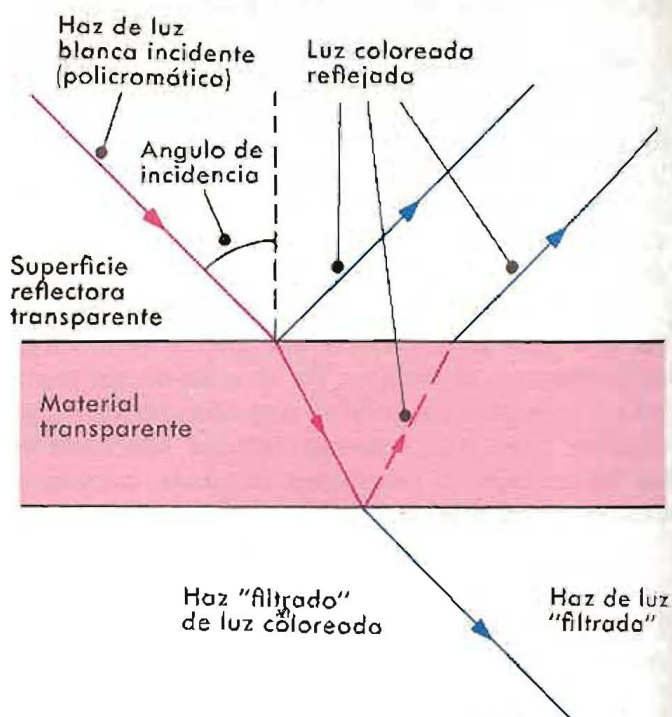
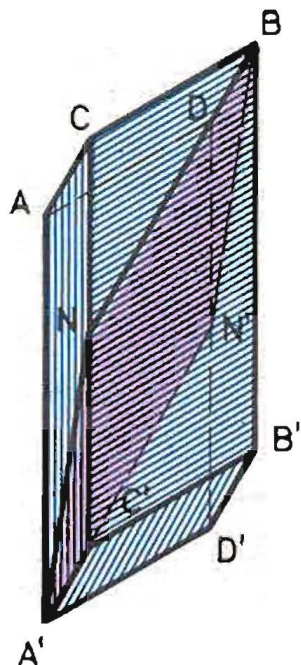


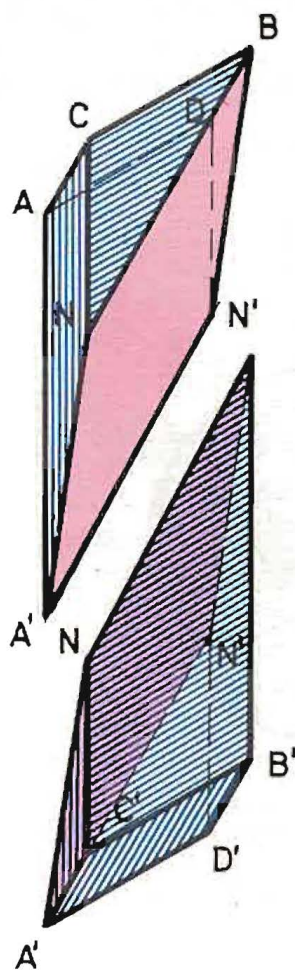
Figura 27. — Principio de la separación dicroica de un haz de luz blanca.

Figura 28. — Prisma de Nicol formado al cortar un romboedro de cristal de espato de Islandia según un plano $A'-N-B-N'$ perpendicular a las bases $A-C-B-D$ y $A'-C'-B'-D'$ y unido de nuevo en su forma primitiva por medio de bálsamo del Canadá.

VISTA EN
PERSPECTIVA



DESPIECE



un haz de luz blanca incide sobre una superficie reflectora transparente, parte de las radiaciones contenidas en el haz se reflejan; otras penetran en el material y son objeto de una nueva reflexión parcial, y las restantes atraviesan el material y continúan transmitiéndose al espacio de la otra cara de la superficie.

Según sean los ángulos de incidencia y de reflexión y el espesor del material, ciertas longitudes de onda se anulan entre sí, ya que en la reflexión siempre se produce un cambio de fase de

180°; al anularse ciertas radiaciones la luz, que era blanca por contener todos los colores, queda falta de algunos de ellos. En consecuencia, tanto el haz reflejado como el haz que ha traspasado la pared son de luz de color. Este color es uno u otro según sean los parámetros de la reflexión y transmisión de la luz a través del material.

Otra propiedad relacionada con el reflejo de la luz es la POLARIZACIÓN. Se trata de la atenuación selectiva del haz de luz en uno de sus dos planos de vibración (radiación).

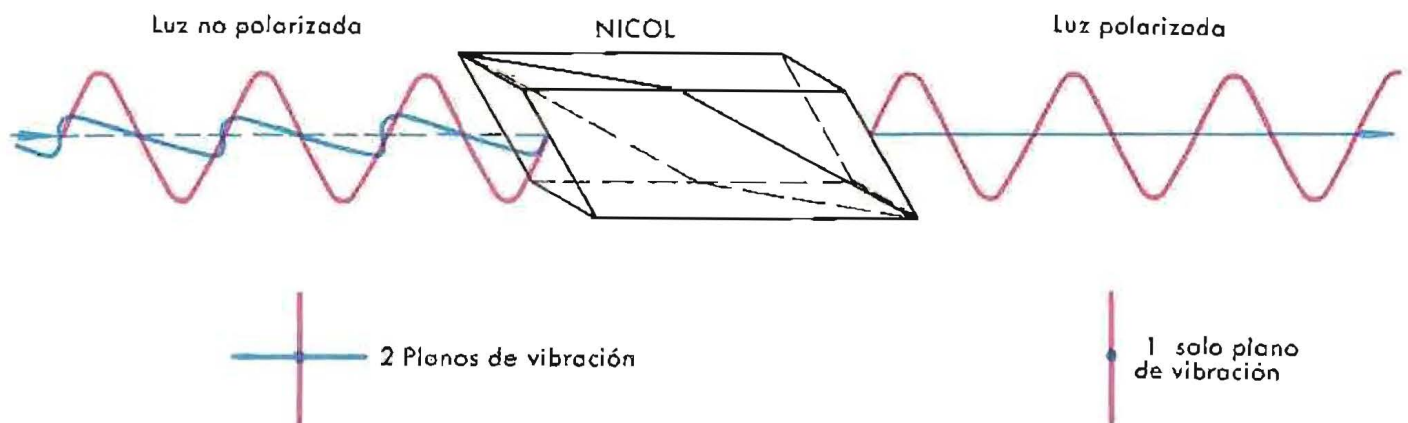


Figura 29. — Prisma de Nicol, que tiene la propiedad de polarizar rectilíneamente la luz que incide sobre una de sus caras de base.

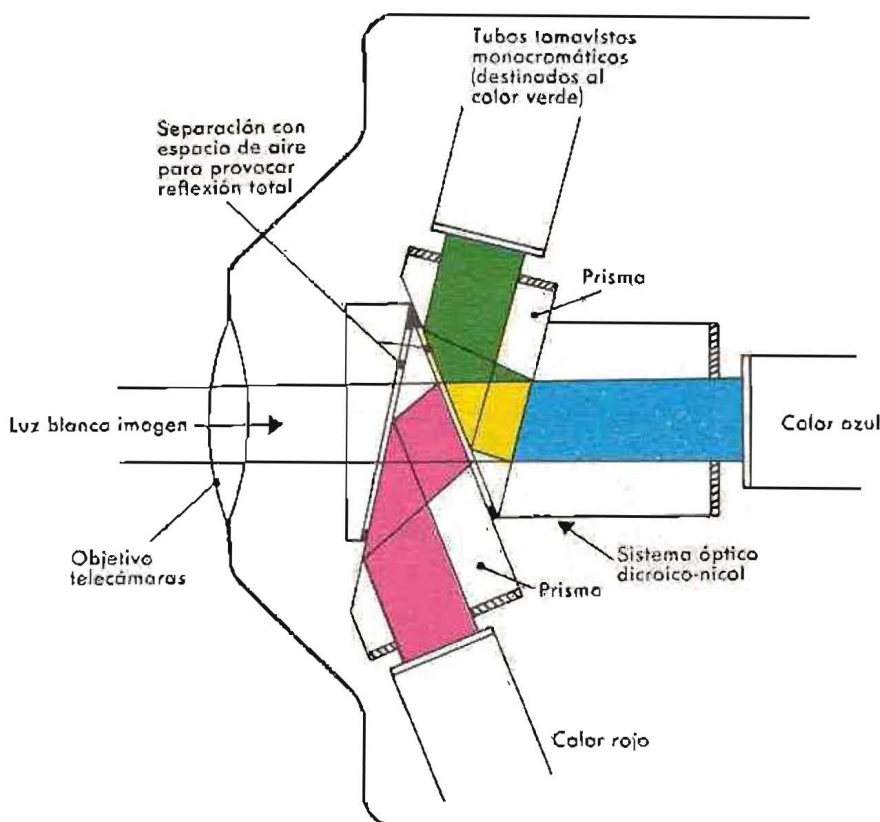


Figura 30. — Sistema óptico de la cámara en colores de tres tubos Phillips.

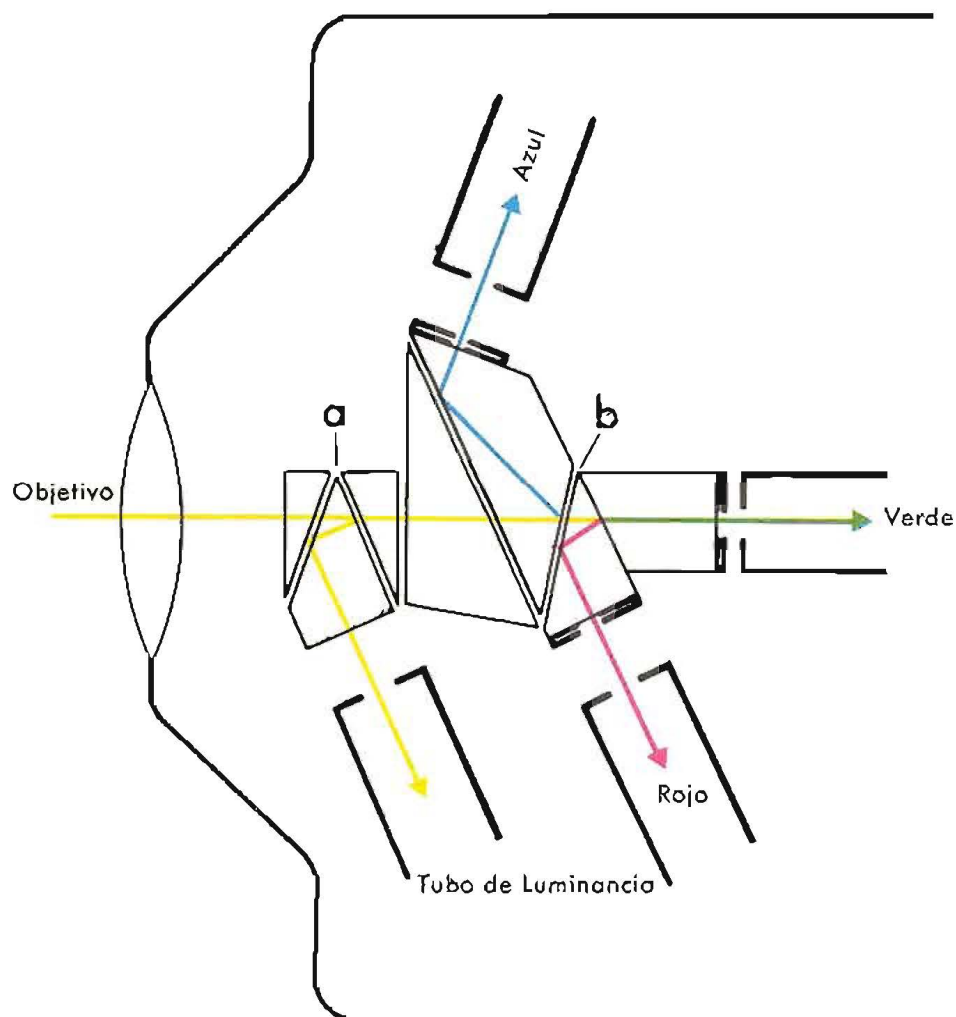


Figura 31. — Sistema óptico de la cámara en colores Marconi de cuatro tubos. A) Prisma separador de crominancia rojo-verde-azul.

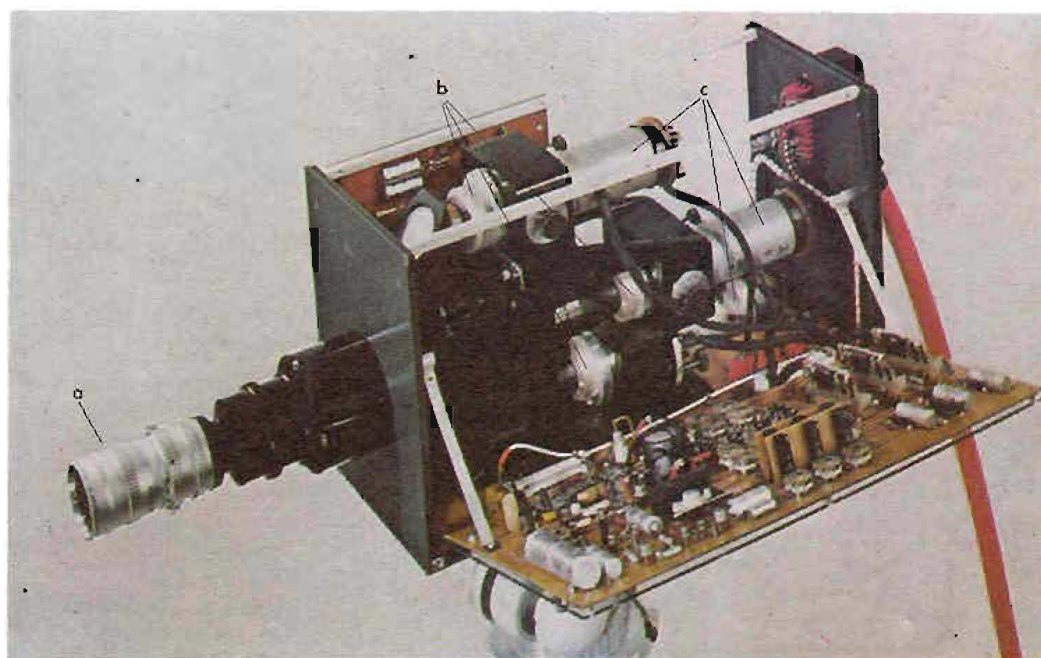


Figura 32. — La telecámara "Feroseh" abierta para detalle de disposición práctica de los componentes.

- a) Objetivo.
- b) Conjunto de prismas dióptricos para separación de los componentes del color.
- c) Los tres tubos vidicon exploradores del color azul-rojo-verde.

La polarización de la luz es una propiedad típica de los cuerpos anisótropos transparentes como el carbonato de calcio cristalizado, llamado espato de Islandia. Cuando un rayo luminoso atraviesa un cristal de espato de Islandia se obtiene un haz rectilíneo polarizado. Ello se consigue con un romboedro de dicho material que se corta en dos, según un plano perpendicular a una de las caras de la base; se pulen las dos superficies y se pegan en su posición primitiva con una delgada capa de bálsamo del Canadá. Un tal cristal, así preparado, se denomina *prisma de Nicol* o *prisma polarizador*.

Estos fenómenos nos conducen a que para obtener una buena separación o *descomposición* de la luz policromática es preciso trabajar con pequeños ángulos de incidencia, lo que es difícil conseguir por medio de espejos.

En las cámaras de televisión, Philips ha resuelto, de manera elegante, el problema de formar las superficies dicróicas en un sistema prismático según muestra la figura 30, así como Marconi —en la figura 31—, que constituye una disposición similar pero con un cuarto tubo para captar el grado de luminancia de la imagen.

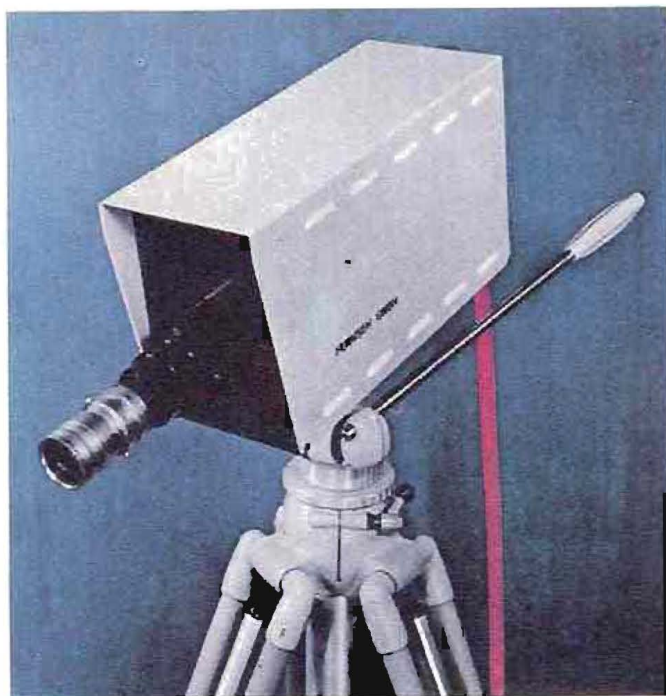
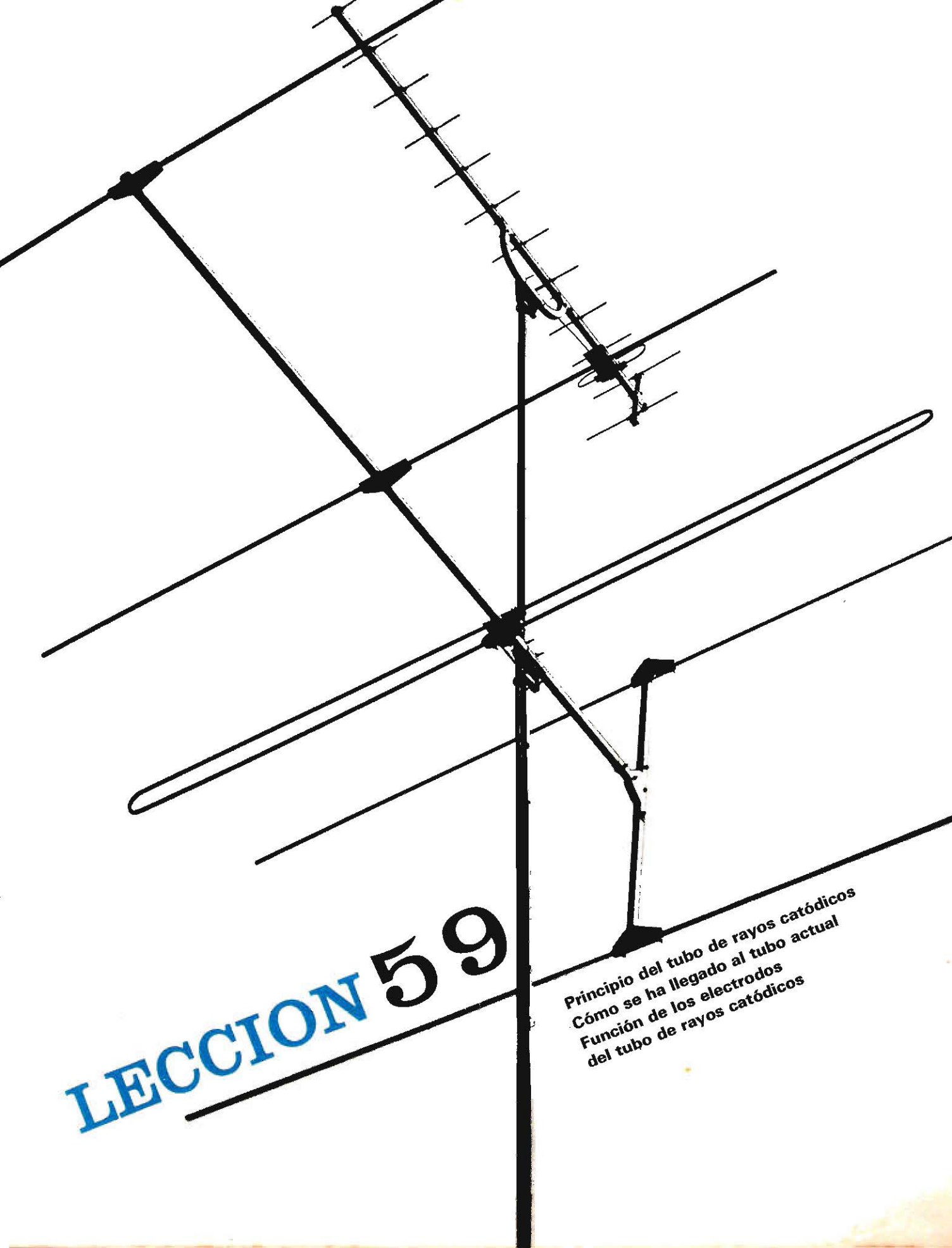


Figura 33. — Telecámara "Fernseb" para TV-color.

* * *



LECCION 59

Principio del tubo de rayos catódicos
Cómo se ha llegado al tubo actual
Función de los electrodos
del tubo de rayos catódicos

LOS TUBOS DE RAYOS CATODICOS

PRINCIPIO DEL TUBO DE RAYOS CATODICOS

En la lección anterior hemos hecho alusión a una breve historia del tubo de rayos catódicos. Ahora nos adentraremos en el estudio de este importantísimo componente, que reproduce las imágenes y se denomina corrientemente tubo de imagen.

El estudio de los rayos catódicos fue la meta de larguísimas investigaciones por parte de grandes científicos como Crookes, Braun y otros, pero su aplicación a la televisión procede de Campbell Swinton. El aparato que se empleó en los primeros experimentos tenía poco en común con los tubos modernos de rayos catódicos; sin embargo, sirvió a los primeros investigadores para estable-

cer ciertos principios básicos que abrieron el camino a los desarrollos sucesivos.

Recordemos que conectando la salida de una bobina de Ruhmkorff a los electrodos de los extremos de un tubo de vidrio y vaciando el aire que contenía, los científicos observaron una serie de interesantes fenómenos a medida que continuaba el proceso de evacuación del aire. En estos experimentos, inicialmente, todo el tubo se iluminaba con un débil resplandor que sufría una serie notable de variaciones mientras se reducía la presión del aire.

En fin, cuando el vacío era muy elevado, la luminosidad del tubo desaparecía y sus paredes

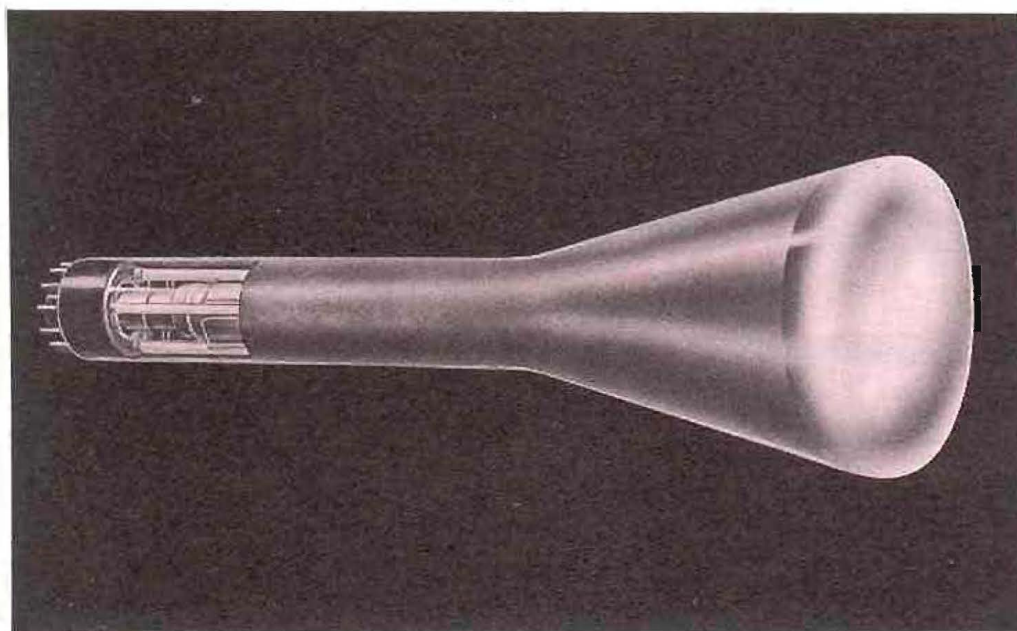


Figura 1. — Tubo de rayos catódicos.

se iluminaban con una fluorescencia verde que se demostró era debido a los rayos que partían del cátodo y chocaban contra el vidrio.

Sucesivamente se observó que un imán exterior al tubo desviaba los rayos y que la desviación también podía producirse por un campo electrostático. Se observó también que los rayos no mostraban inercia apreciable. Estos descubrimientos

fueron muy importantes, y es extraño que no encontrasen pronto aplicación práctica. Los rayos X, que literalmente son consecuencia de una emisión de rayos catódicos, al chocar contra un metal a alta velocidad, fueron estudiados y aplicados con relativa facilidad, mientras que los tubos de rayos catódicos no hicieron ningún progreso real hasta hace unas decenas de años. (Figura 1.)

EL TUBO DE RAYOS CATODICOS ACTUAL

El tubo moderno de rayos catódicos está formado por una ampolla de vidrio de forma cónica. En la cara interna de la parte plana del tubo está depositado un compuesto químico que se hace fluorescente por el choque de los electrones ani-

mados de alta velocidad. De esta forma, el ojo humano puede observar el movimiento del haz (o rayo) a lo largo de la pantalla del tubo catódico, y se hace visible todo fenómeno que pueda traducirse en modulación del haz. (Figura 2.)

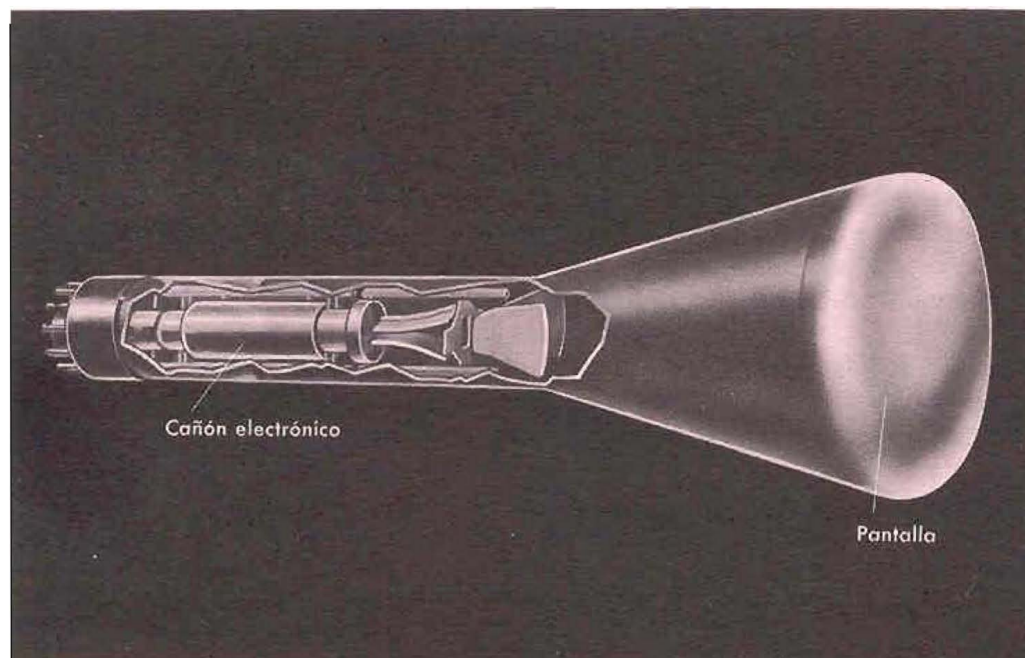


Figura 2. — Constitución interna de un tubo de rayos catódicos.

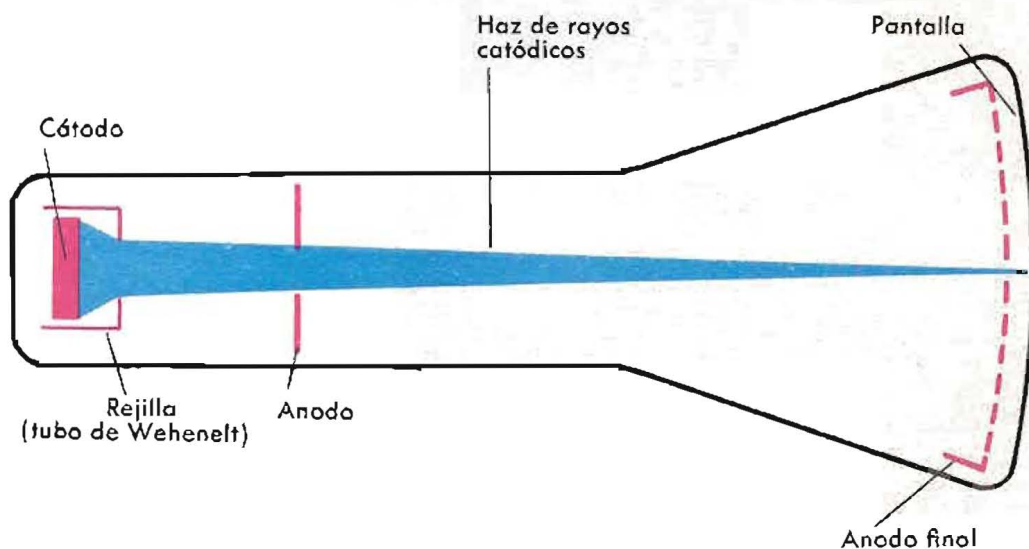


Figura 3. — Principio básico de formación del punto luminoso en la pantalla de un tubo de rayos catódicos

Cuando se observa con detalle la constitución del tubo de rayos catódicos actual, se nota que su principio es análogo al de la válvula termoiónica. La fuente de electrones es un filamento o un cátodo de caldeo en directo, generalmente rodeado por un tubo metálico que se llama de diversos modos: pantalla, rejilla, cilindro de Wehnelt. La rejilla tiene potencial negativo con respecto al cátodo y, por consiguiente repele los electrones con tendencia a concentrarlos. (Figura 3.)

A corta distancia del cátodo está colocado el ánodo, que está formado de un disco circular con un pequeño orificio en el centro. El ánodo, llamado también acelerador, tiene potencial positivo, por lo que los electrones emitidos lo atraviesan con velocidad muy elevada.

A causa de la concentración determinada por la rejilla y por un primer ánodo de control, gran número de electrones pasa a través del orificio del ánodo acelerador en un pequeño haz delgado que, por fin, topa con la pantalla fluorescente en

el extremo del tubo y allí disipa su energía produciendo un punto luminoso. (Figura 4.)

Como los electrones parten del cátodo negativo, debieran sufrir la fuerte atracción de la tensión positiva aplicada a los primeros ánodos del tubo catódico cayendo en ellos, pero esto no sucede, ya que como la tensión del ánodo final respecto a los dos anteriores es muy elevada —de algunos millares de voltios, que en algunos tubos catódicos llega a 30.000 voltios—, arrebatata tan violentamente a los electrones del cátodo que los hace proyectarse en línea recta en la forma de rayos, sin darle oportunidad a que caigan en los dos primeros ánodos aceleradores.

Los electrones que forman los rayos catódicos se proyectan hacia la pantalla con velocidad proporcional a la raíz cuadrada de la tensión de los dos electrodos positivos; cuanto mayor es la tensión positiva, mayor es la velocidad de los electrones y más elevada es, por consiguiente, la luminosidad de la imagen en la pantalla.

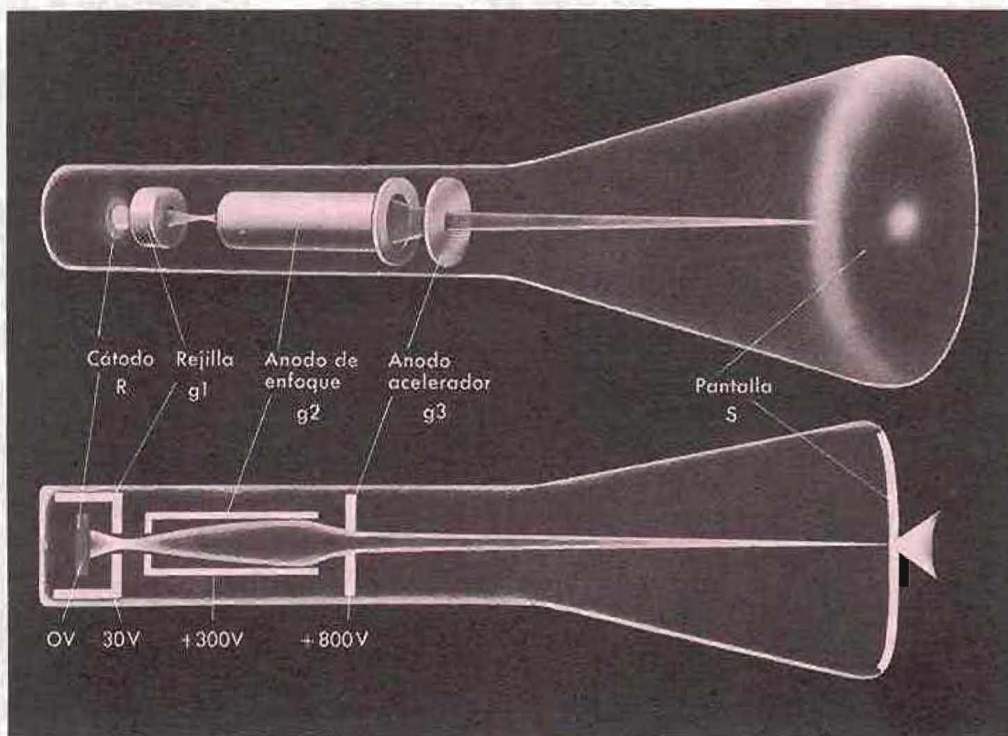


Figura 4. — Acolón concentradora del cañón electrónico.

COMO SE HA LLEGADO AL TUBO ACTUAL

Un perfeccionamiento notable del tubo de Braun fue realizado por Johnson, que substituyó el cátodo frío por el cátodo caliente. Este se hacía incandescente por medio de un filamento; estaba recubierto de sustancias especiales emisoras, con lo que se obtenía una mejora de la emisión electrónica.

Esta modificación condujo a un mejor funcio-

namiento, incluso con tensiones relativamente bajas. Además de esto, se procedió a instalar dentro del tubo entre los dos ánodos y la pantalla dos pares de plaquitas perpendiculares entre sí que permitían, gracias a los efectos de los campos electrostáticos, desviar el rayo electrónico en sentido horizontal y vertical.

Con el perfeccionamiento de este dispositivo

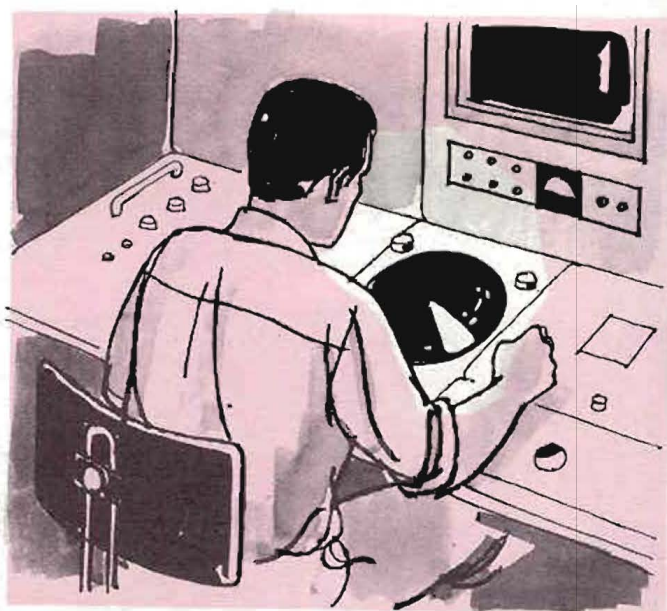
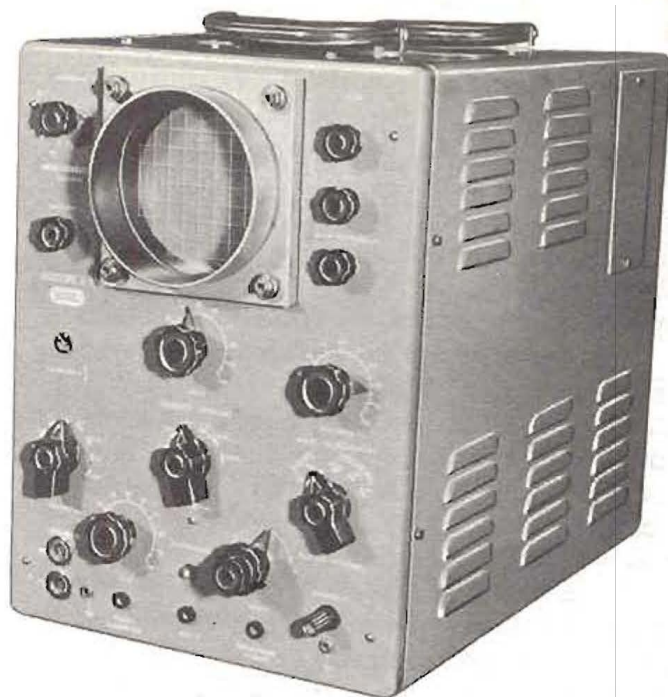
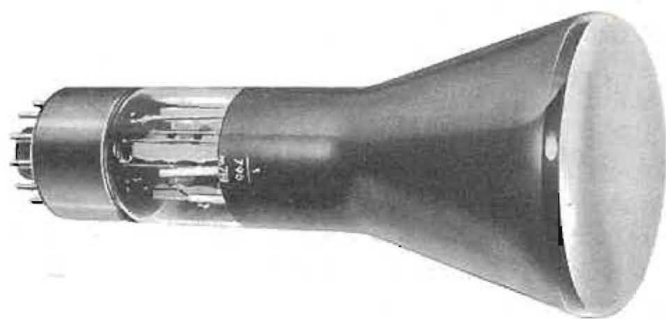


Figura 5. — OSCILOSCOPIO-RADAR-TELEVISION.

surgió la necesidad de desviar el rayo catódico con frecuencia siempre mayor, a medida que progresaban las aplicaciones de las válvulas termoiónicas.

Las dificultades que se encontraban para llegar a los resultados actuales, se debían sobre todo a la presencia de sustancias gaseosas dentro del tubo catódico; tales sustancias se ionizan por efecto de los campos eléctricos presentes entre los electrodos, determinando así la presencia de iones que perturban al rayo catódico. Se buscó atenuar lo más posible este defecto disminuyendo la cantidad de gas y haciendo por consiguiente un vacío del tubo muy elevado.

Como consecuencia de las diversas aplicaciones del tubo de rayos catódicos, se comprobó que el rayo electrónico podía desviarse además no sólo por los campos electrostáticos presentes entre las placas desviadoras, sino por campos magnéticos creados por bobinas situadas fuera del tubo.

Combinando las acciones de las dos fuerzas de desviación del rayo catódico (horizontal y vertical) es posible obrar de forma que el punto luminoso que se produce como consecuencia del choque de los electrones sobre la pantalla fluorescente se desplace en todas las posiciones posibles sobre su superficie. Como veremos más adelante, dando al dispositivo de desviación horizontal una tensión alterna que tenga la forma llamada «en diente de sierra», y al dispositivo de desviación vertical una tensión alterna que tenga una forma cualquiera, es posible reproducir en la pantalla la forma de onda aplicada al dispositivo de desviación vertical, siem-

pre que exista una relación adecuada entre las dos frecuencias.

Algunos ejemplos significativos de las numerosas aplicaciones actuales del tubo de rayos catódicos son:

El *osciloscopio*, instrumento preciso en el campo de la electrónica.

El *radar*, cuyo «ojo» es precisamente un tubo de rayos catódicos. (Figura 5.)

En las aplicaciones de la televisión, además de aprovechar al máximo la posibilidad de desviar el rayo electrónico en los dos sentidos, se varía la intensidad del rayo mismo, de forma que al variar la luminosidad del punto luminoso visible en la pantalla, se reconstruye la imagen transmitida en la mayor parte de sus detalles, obrando de forma que el punto luminoso tenga la máxima luminosidad en las zonas en que la imagen original sea de color blanco o muy claro, y reservando la luminosidad mínima —o meramente la supresión del rayo— en las zonas en que se tenga el negro. Naturalmente, todas las zonas intermedias entre el blanco y el negro están representadas por tonalidades intermedias de luminosidad proporcional al gris correspondiente a la tonalidad de color original (en forma similar a la fotografía).

Para obtener una reproducción nítida de la imagen en la pantalla es necesario obrar de forma que el punto luminoso tenga dimensiones pequeñas, lo que se obtiene mediante dispositivos de enfoque que dan al rayo electrónico una forma cónica, cuyo vértice está en correspondencia con

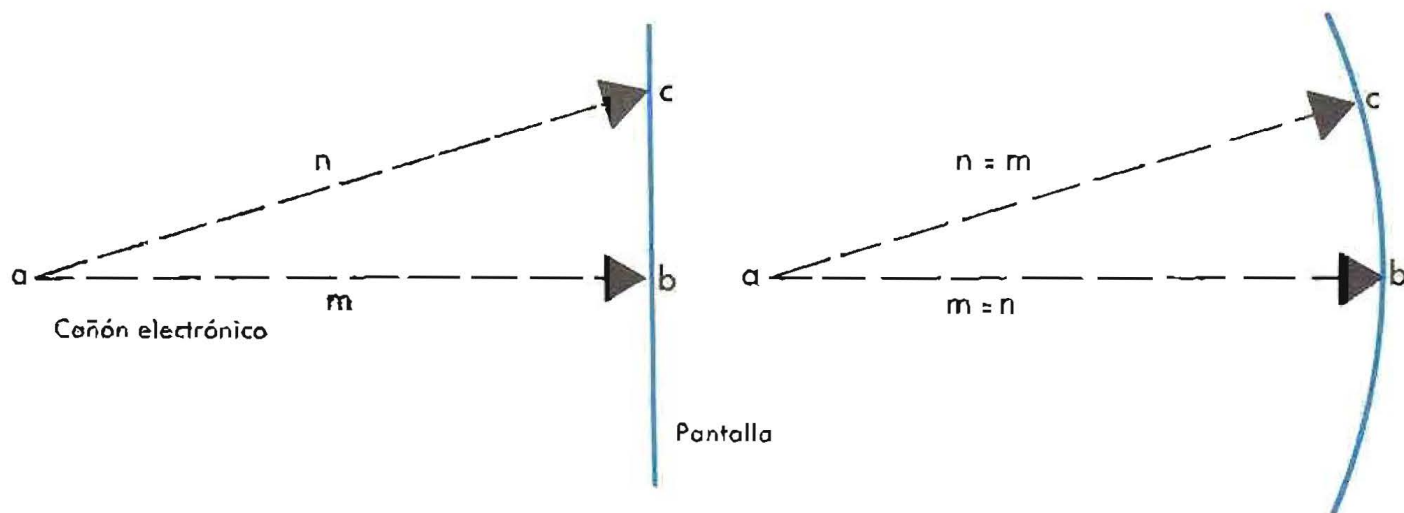


Figura 6.— Con el fin de obtener un enfoque correcto es necesario que en todas las zonas de la pantalla el impacto del haz electrónico se sitúe a la misma distancia de su fuente de emisión. A) En una pantalla plana la distancia n de un punto cualquiera de la pantalla c hasta el cañón electrónico a es superior a la distancia m del centro de la pantalla b . B) En una pantalla curva, las distancias m y n pueden ser iguales —en la práctica sólo es aproximadamente curva—, con lo que se logra un enfoque correcto.

la curvatura de la superficie interna de la pantalla, ya que no sería posible el enfoque perfecto sobre toda la superficie de una pantalla plana, porque la distancia entre la fuente del rayo y el centro de la pantalla es menor que la que existiría entre el mismo punto y los extremos,

es decir, en los bordes de la pantalla. Por este motivo, para dar un enfoque uniforme se ha dado a la pantalla una superficie curva, de forma tal que el rayo catódico recorra aproximadamente la misma distancia entre todos los puntos de la pantalla fluorescente y la fuente de electrones.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL TUBO DE RAYOS CATODICOS

La sencilla disposición de los electrodos del tubo representado en la figura 7 sólo se emplea actualmente para los tubos rellenos de gas.

Estos tubos («blandos») son del tipo de baja tensión. Requieren para su filamento de 2 a 6 voltios, una tensión anódica de 500 a 1000 voltios y una tensión negativa de rejilla de 5 a 50 voltios. El control del potencial de rejilla es el método principal para enfocar el haz, que cuando está bien enfocado da un puntito de 0,5 a 1 mm de diámetro.

Suponiendo ahora que las condiciones de fun-

cionamiento sean correctas y que el tubo esté conectado, consideremos el efecto de la aplicación de potencial a las placas horizontales. Según el signo de la tensión aplicada (positivo o negativo), el haz catódico será repelido por la placa horizontal de potencial más negativo y atraído por la otra. En la figura están marcadas con siglas las placas deflectoras para abreviar y hacer más fácil la explicación; las placas para la desviación horizontal están marcadas con las siglas X_1 - X_2 , y las placas para la desviación vertical lo están con Y_1 - Y_2 .

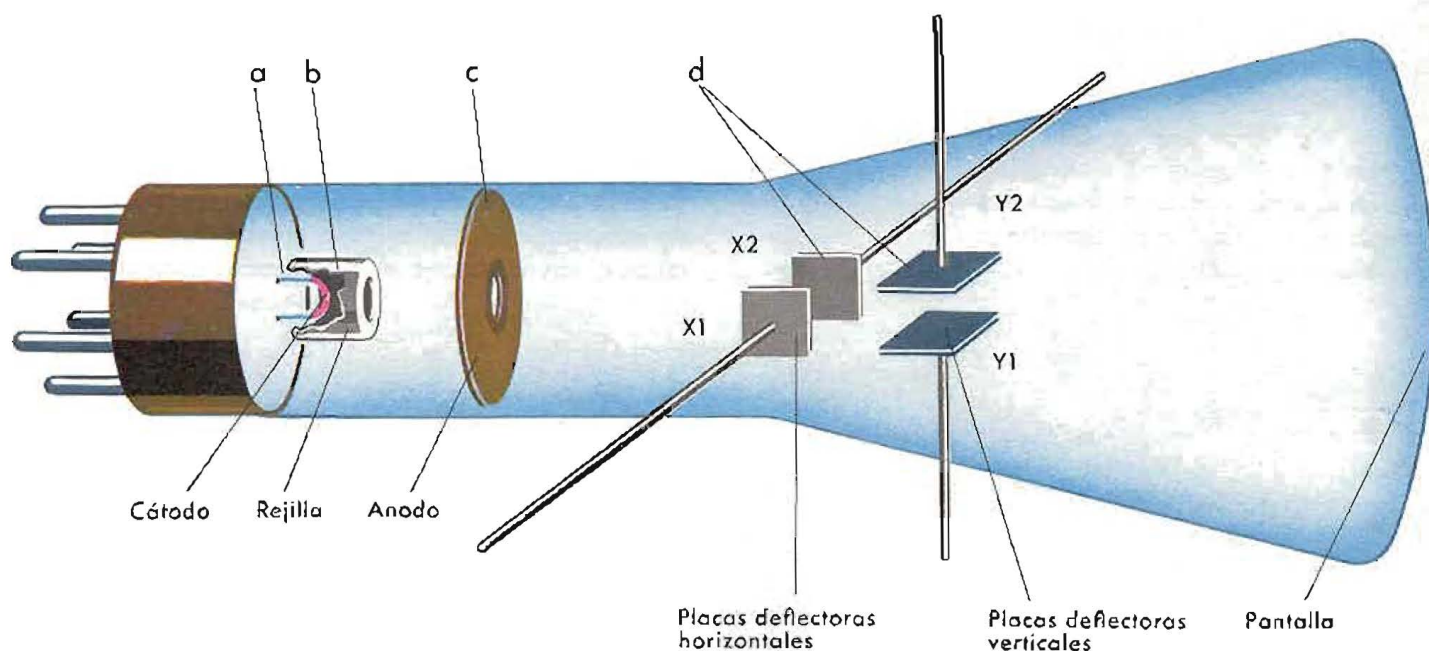


Figura 7. — Sencillo tubo de rayos catódicos de deflexión electrostática.

En la figura 8 la placa X_1 es positiva respecto a la X_2 , de lo que resulta que el haz electrónico es desviado hacia X_1 .

Este desplazamiento del haz electrónico se hace visible en la pantalla fluorescente, dependiendo de los factores ya estudiado acerca de la desviación de electrones por campos eléctricos.

Si se invierten las condiciones de X_1 y X_2 , el punto luminoso se mueve sobre la pantalla en sen-

tido opuesto. Cuando se aplica una tensión alterna a las placas X_1 - X_2 , el puntito luminoso se mueve de una a otra con la frecuencia de las alternancias. Por la persistencia de la luminiscencia sobre la pantalla y la inercia de la retina, a causa de la rapidez del movimiento, aparece en la pantalla una línea de longitud directamente proporcional a la tensión que se aplica a las placas deflectoras. (Figura 9.)

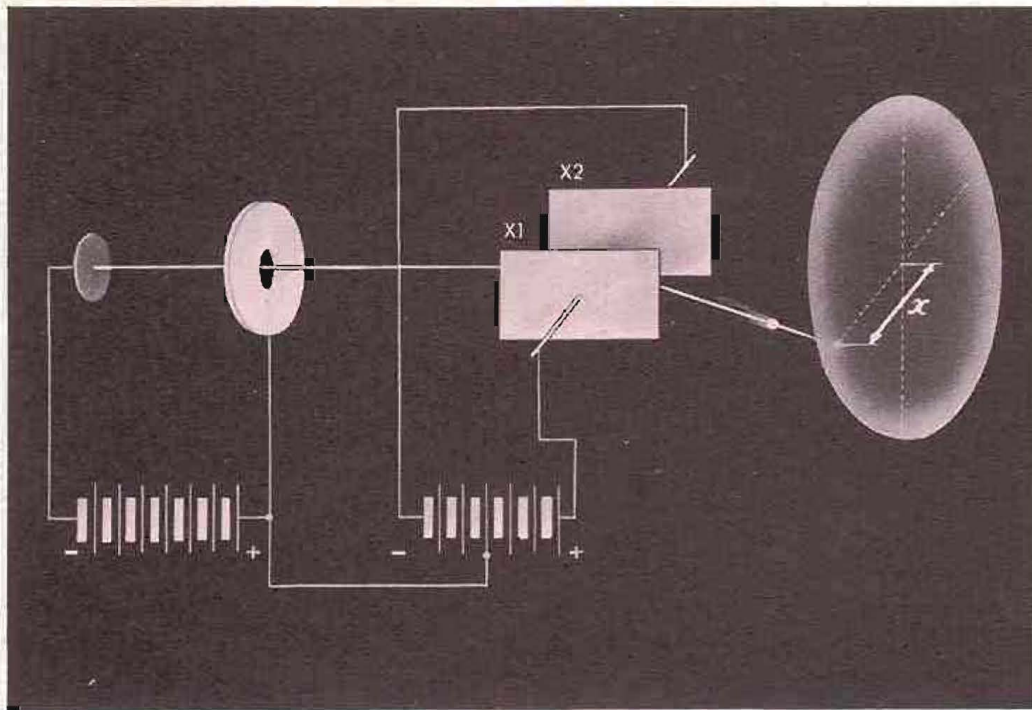


Figura 8. — Desviación obtenida cuando la placa deflectora horizontal X_1 es positiva con respecto a la X_2 . (Se ve un punto a la derecha de la pantalla.)

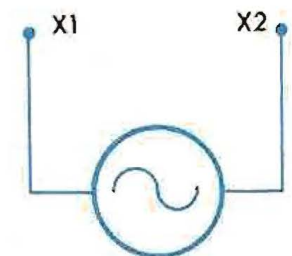
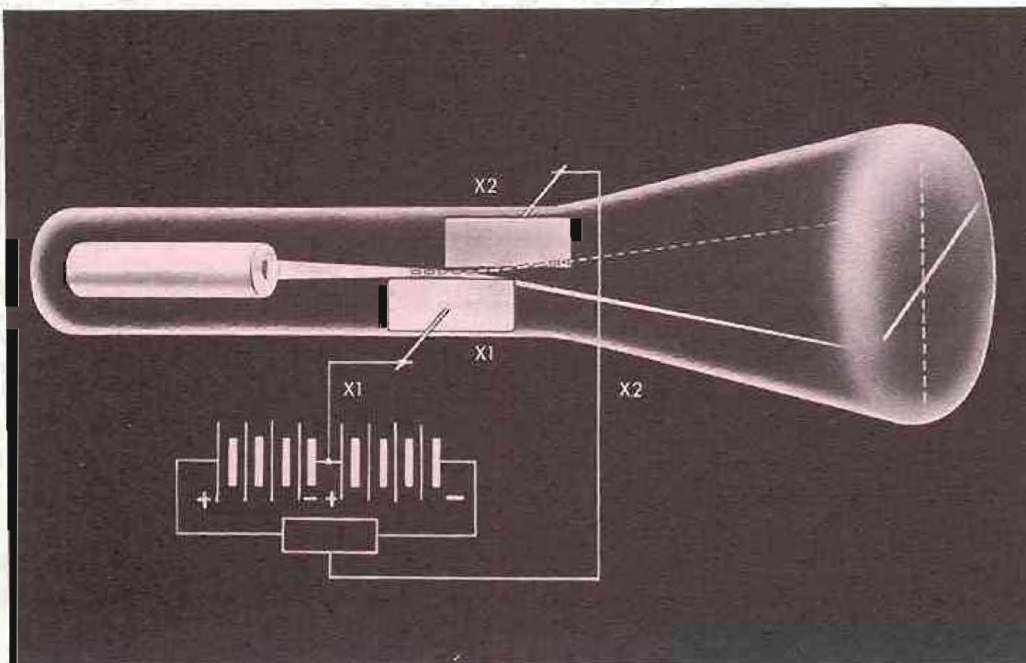


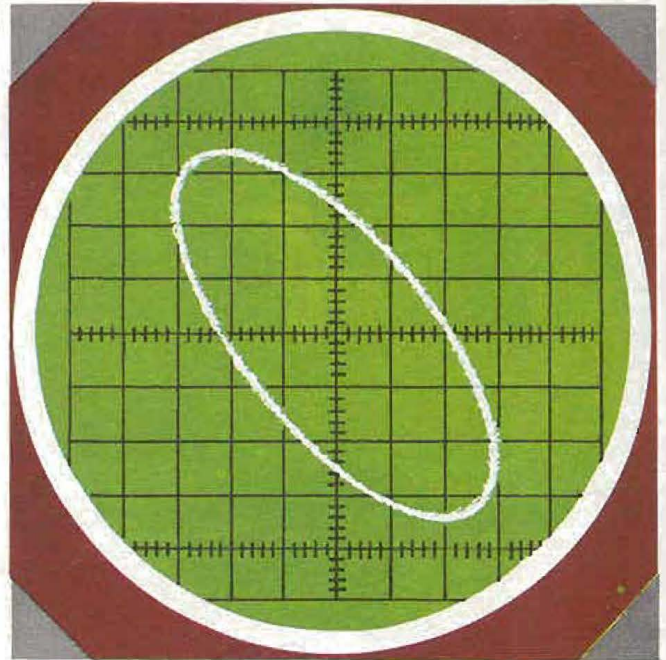
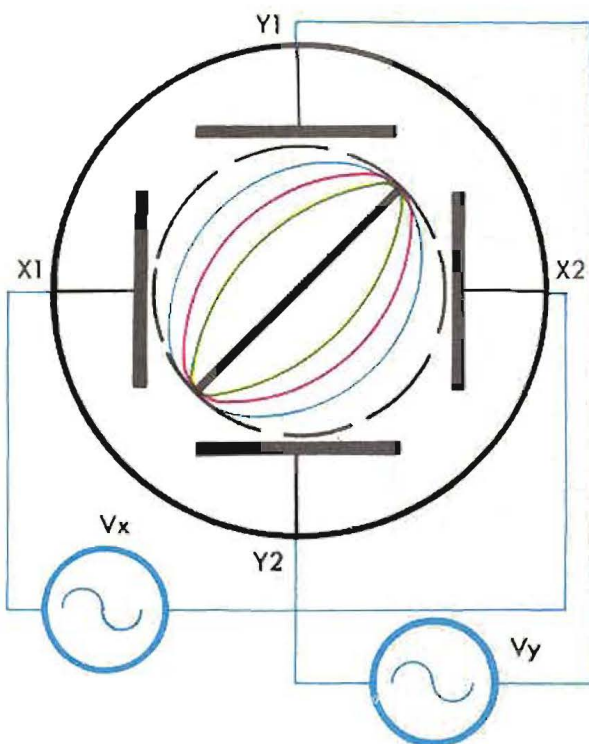
Figura 9. — La rápida inversión de la polaridad entre las dos placas X_1 y X_2 , provoca el desplazamiento rápido del punto luminoso desde un lado al otro de la pantalla y que, por el fenómeno de la persistencia, se nos aparece como una línea horizontal luminosa.

Supongamos que mientras se traza esta línea sobre el tubo de rayos catódicos, se aplica una tensión continua a las placas Y_1 - Y_2 . Es evidente que el punto luminoso tenderá a responder a la fuerza así ejercida sobre el haz en movimiento entre las placas, respuesta que consiste en el desplazamiento de la línea más arriba o abajo de la pantalla, según que Y_1 sea positiva o negativa respecto a Y_2 . Pero ¿qué le ocurre al punto luminoso si en lugar de una tensión fija se aplica entre las placas verticales una tensión alterna? Supongamos, por el momento, que tanto las tensiones del eje

X como las del eje Y provengan de la red de alimentación, y que por consiguiente son sinusoidales de idénticas frecuencia y fase. Ahora actúan ambas al mismo tiempo sobre el haz, cuyo movimiento es la resultante de las dos fuerzas.

La línea trazada en la pantalla adopta por consiguiente una nueva posición, que forma con la horizontal un ángulo regulado por el valor relativo de las fuerzas deflectoras. Si son iguales las tensiones alternas aplicadas a las placas X y Y , el ángulo de la línea sobre la pantalla es de 45 grados. (Figura 10.)

Variando los valores relativos de las tensiones aplicadas a las placas X e Y, el ángulo se hace mayor o menor. La línea recta en la pantalla sólo se conserva mientras las dos tensiones aplicadas son de la misma fase. Cuando existe una diferencia de fase, la resultante de las fuerzas que actúan sobre el haz difiere de instante en instante; esto hace que el punto luminoso trace un recorrido elíptico que va desde la línea recta descrita anteriormente, cuando la diferencia de fase es cero grados, a un círculo cuando la diferencia de fase es de 90 grados.



COMPARACION DE FASES		DIFERENCIA	
	0°		V_x V_y
			V_x V_y
			V_x V_y
			V_x V_y
	90°		V_x V_y

Figura 10. — Imágenes que pueden observarse aplicando tensiones alternas a cada par de placas de desviación.

En general son elipses, pero si las dos tensiones coinciden en fase, será una recta, o si están en cuadratura, un círculo.

La inclinación de una recta o de uno de los ejes principales de la elipse nos dará la relación de los valores de las tensiones V_x y V_y .

EL CAÑÓN ELECTRONICO

En todos los tubos de rayos catódicos se encuentra un conjunto de electrodos que acelera, concentra y proyecta sobre la pantalla fluorescente los electrones que emite el cátodo.

Tal conjunto de electrodos se llama proyector electrónico o *cañón electrónico*. Los electrodos que forman el cañón electrónico son los siguientes:

- el cátodo emisor de electrones;
- la rejilla de control;
- los dos ánodos de forma cilíndrica.

El cátodo está formado por un tubito metálico, recubierto por una capa de óxidos especiales que poseen una elevada tendencia a emitir electrones cuando alcanzan determinada temperatura, a la que se llega por la presencia en su interior de un filamento de caldeo. (Figura 11.)

La rejilla de control consiste en un pequeño cilindro metálico con un orificio circular en el fondo, que rodea al cátodo y tiene la misma función que la rejilla de control de las válvulas termiónicas. El conjunto de rejilla y cátodo forma

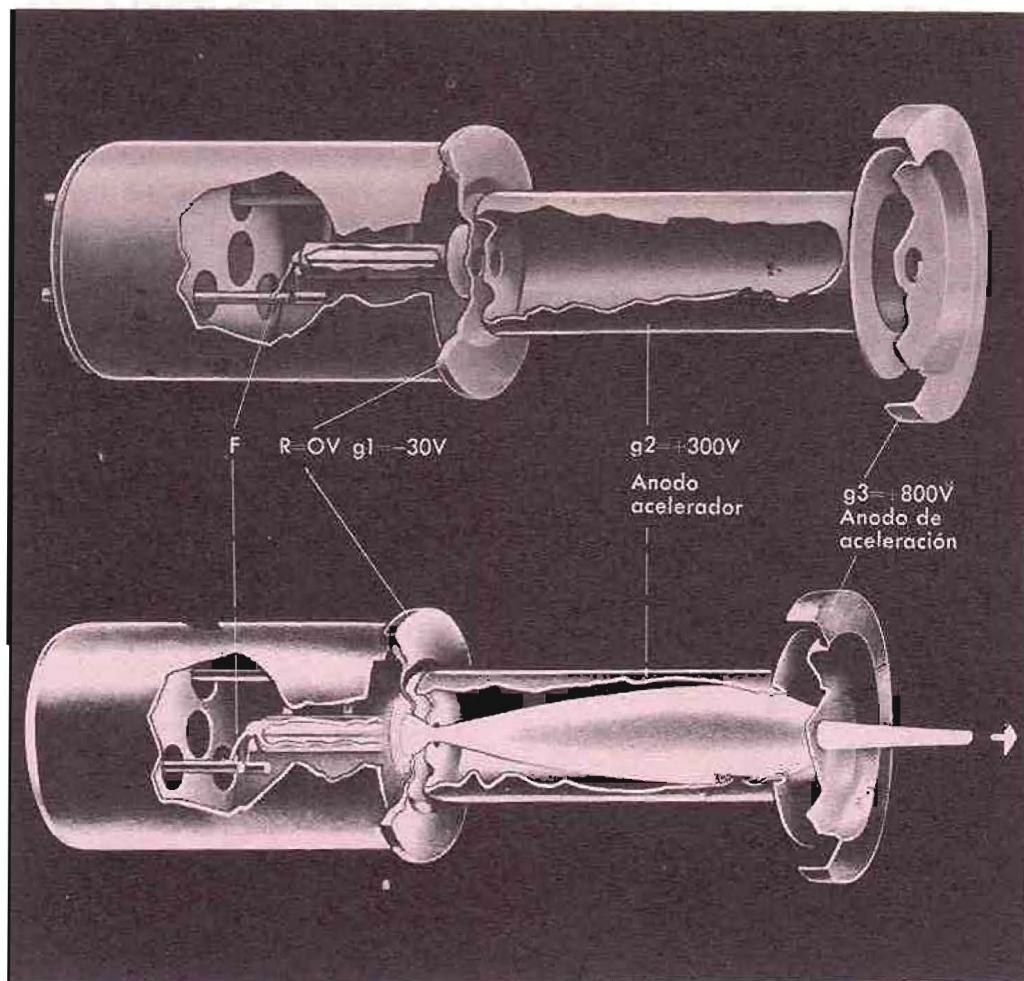


Figura 11. — El cañón electrónico.

lo que podemos considerar como primera lente eléctrica del tubo.

El cátodo emite un número grandísimo de electrones que se proyectan en todas direcciones; pero dado que está completamente envuelto por la rejilla, ocurre que sólo la superan los electrones que pasan por el orificio del fondo plano de la rejilla. Los demás vuelven nuevamente al cátodo. Los electrones que atraviesan el orificio forman el *haz electrónico*. La rejilla, por consiguiente, es un cilindro que impide que parte de los electrones emitidos por el cátodo lleguen a la pantalla fluorescente. A la rejilla de control se aplica tensión negativa —igual que como sucede en la rejilla de control en las válvulas termoiónicas—. El número de electrones que pasa a través del orificio, y por lo tanto la intensidad del punto luminoso en la pantalla, depende de la tensión negativa aplicada a la rejilla. Variando este potencial se tiene un paso más o menos intenso a través del orificio, según cómo varíe el potencial negativo; elevando dicha tensión por encima de cierto valor, la rejilla rechaza todos los electrones y reduce a cero la intensidad del rayo catódico.

El primer ánodo o «ánodo de enfoque» consiste en un pequeño cilindro metálico situado a continuación de la rejilla de control. Está cerrado por dos discos metálicos, con orificios centrales que dejan pasar los rayos catódicos y recogen, por lo contrario, los electrones dispersos para evitar que puedan alcanzar la pantalla. Este ánodo se llama también ánodo de baja tensión; y no porque la tensión sea realmente baja, sino porque es menor que la del segundo ánodo. En algunos tubos de rayos catódicos puede modificarse la tensión del primer ánodo, para enfocar los rayos catódicos sobre la pantalla fluorescente de forma que se obtenga un punto luminoso muy pequeño y brillante.

El segundo ánodo o «ánodo de aceleración» también tiene forma cilíndrica y está colocado a continuación del primer ánodo. Sirve para comunicar gran aceleración a los electrones y para concentrar el haz de proyección electrónica. Se le aplica una tensión positiva respecto al cátodo, muy superior a la del primer ánodo, por lo que se llama también ánodo de alta tensión. En este punto es preciso poner de relieve un detalle de la máxima importancia: los dos ánodos, consti-

tuidos ambos por dos tubos metálicos coaxiales, son positivos respecto al cátodo, pero el segundo tiene un potencial superior al primero; entonces el potencial del primer ánodo con respecto al segundo es negativo.

En consecuencia, entre ambos se forma un campo eléctrico cuyas líneas de fuerza, ejercen cierta influencia sobre el haz de electrones que lo atraviesa. Las líneas de fuerza del campo están representadas en la figura 12 por líneas curvas. La figura, además, pone de relieve la desviación sufrida por los electrones y muestra con igual evidencia cómo tienden, por efecto de tales desviaciones, a convergir en un punto que se encuentra a cierta distancia del segundo ánodo; es decir, en principio, sobre la superficie la pantalla fluorescente.

Como la desviación es proporcional a la intensidad del campo eléctrico entre los dos

ánodos, está claro que al modificar la tensión de uno de los dos ánodos se varía el grado de convergencia del haz electrónico. Así, es posible variar la distancia del punto de concentración, de forma que se le hace adoptar una sección mínima. En otras palabras; una vez establecida la distancia de la pantalla —es decir, la longitud del haz— es posible variar la tensión de uno de los ánodos de tal forma que se haya conseguido el enfoque máximo en el instante en que el haz tenga una sección en forma de punto de dimensiones mínimas.

Este punto (denominado *spot* por ingleses y americanos) ilumina con intensidad variable la pantalla fluorescente y, gracias al potencial variable, a la frecuencia de la señal de imagen aplicada entre la rejilla y el cátodo y a la posibilidad de desviar el haz horizontal o verticalmente, reconstruye la imagen original cuando el tubo es el de imagen de un televisor.

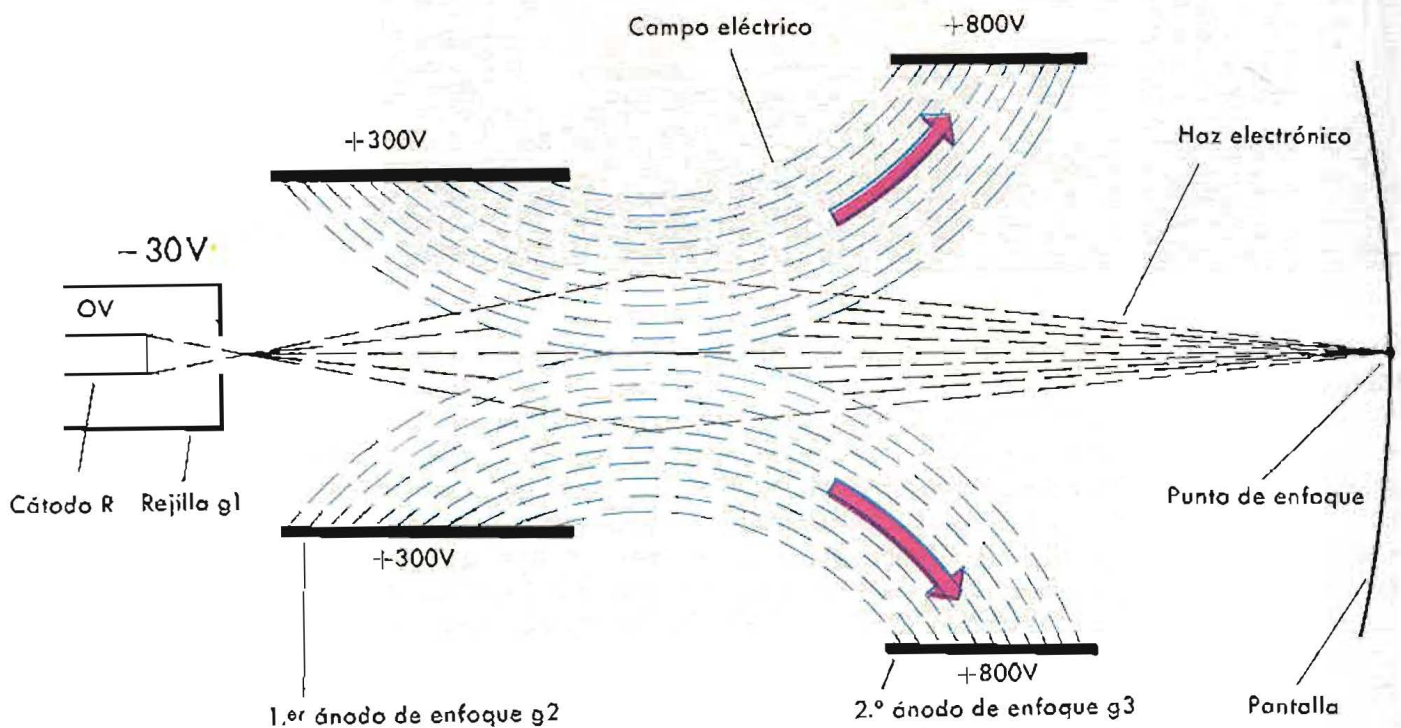


Figura 12. — Conformación y aceleración del haz electrónico debidas a la acción del campo eléctrico establecido entre los ánodos g₂ y g₃.

ELECTRODOS DE DESVIACION

Los rayos catódicos que salen del proyector electrónico y son dirigidos sobre la pantalla, producen sobre la misma un pequeño punto muy luminoso mientras el haz catódico se mantiene inmóvil, fijo sobre la pantalla; pero cuando está en movimiento rápido y constante sobre la pantalla, puede trazar líneas luminosas. (Figura 13.)

El movimiento de exploración del haz catódico puede obtenerse con dos pares de electrodos:

a) un par de plaquitas para la deflexión horizontal; b) un par de plaquitas para la deflexión vertical.

Las placas de desviación vertical están dispuestas en posición horizontal, una encima de

otra; su objeto es producir la desviación vertical del haz electrónico, es decir, el desplazamiento de arriba abajo del punto luminoso sobre la pantalla.

Las placas de desviación horizontal están colo-

cadas en posición vertical y situadas paralelas entre sí. Es decir, en forma opuesta a las anteriores, y lógicamente sus efectos también lo son: el haz se desvía horizontalmente y el punto se desplaza también en este sentido.

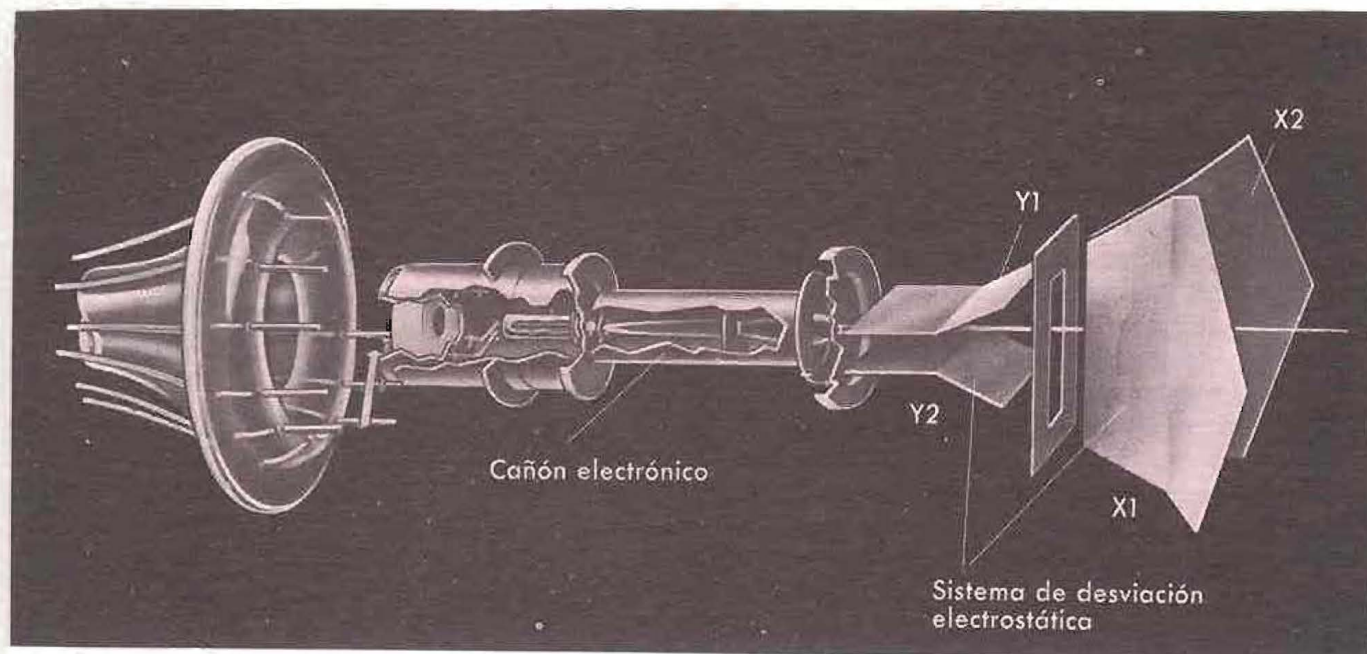


Figura 13.

LA PANTALLA

En los primeros tubos de rayos catódicos se utilizaba la simple fluorescencia luminosa producida en el fondo de la ampolla de vidrio, debida al impacto de los electrones proyectados violentamente contra ella. El vidrio es una sustancia poco fluorescente, por lo que la luminosidad de los primeros tubos era muy reducida. En los actuales tubos de rayos catódicos, está depositada en la parte interna del fondo una capa de sustancia fluorescente que tiene la propiedad de iluminarse vivamente al choque del haz electrónico.

Según el empleo del tubo de rayos catódicos existen diversos tipos de pantallas fluorescentes, los cuales dan una luz de diverso color, según la sustancia empleada. Por ejemplo, en los tubos de rayos catódicos empleados en instrumentos de medición, como los osciloscopios, se prefiere una luminiscencia verde o azul, sea para la visibilidad, sea para facilitar la eventual posibilidad de fotografiar los oscilogramas obtenidos. Existen muchas sustancias fluorescentes más o menos adecuadas para este uso en los tubos de rayos catódicos. Según sea la sustancia empleada, el trazo

luminoso en la pantalla fluorescente puede tener mayor o menor brillo, ser más o menos persistente y tener diverso color.

En el caso de los tubos usados en los receptores de televisión en blanco y negro, por el contrario, se adoptan sustancias que emiten una luz de una tonalidad gris o ligeramente azul, para obtener en lo posible imágenes comparables a las fotografías en blanco y negro, a las que nuestros ojos están habituadas desde hace mucho tiempo, y hacer más natural y menos fatigosa la visión.

Otra característica de la sustancia empleada es la persistencia del trazo luminoso sobre la pantalla. La persistencia es, en la práctica, el tiempo necesario para que la fluorescencia cese completamente después del paso del haz catódico. Para algunas sustancias, aquélla es extremadamente breve: una fracción de milésima de segundo; para otras sustancias, por el contrario, es muy larga, un segundo y aún más. Estas últimas se usan en ciertos casos, como por ejemplo el radar (instrumento adecuado para determinar la distancia de un objeto que refleja en la dirección de proceden-

cia las ondas hertzianas transmitidas por un transmisor adecuado), en los cuales se necesita una persistencia elevada. En el caso de los osciloscopios, por lo contrario, la persistencia debe ser menor, a causa de la frecuencia, a menudo elevada, de las señales que se desea observar.

En el caso del tubo para la televisión, la secuencia de las imágenes es bastante elevada. Según las normas CCIR la frecuencia es 25 cuadros por segundo constituidos por 50 campos, lo que significa que una imagen, sea fija o en movimiento, aparece 50 veces por segundo sobre la pantalla fluorescente, aunque sea en dos secciones alternas. En tales condiciones, es evidente que si cada punto de imagen en movimiento tuviese sobre la pantalla una persistencia superior a $1/25$ de segundo, el fotograma siguiente al actual, en un determinado instante, se superpondría al primero, con el resultado de una lógica deformación; es decir, con un desdoblamiento parecido al de una fotografía «movida».

En algunos tubos de rayos catódicos, o tubos de imagen para la televisión, se aplica una disposición para mejorar la luminosidad de la imagen y para prolongar la eficacia de las sustancias fluorescentes. Consiste en revestir la superficie interior de la pantalla con una delgada película de aluminio, para formar una superficie reflectante que dirige hacia adelante la luz de las partículas de fósforo excitadas, que de otra forma se perdería. Esta capa metálica, de la que hablaremos más ampliamente en la próxima lección, se utiliza además como conductor para el terminal de alta tensión.

Según las características de su empleo, los tubos de rayos catódicos tienen pantallas de diversas formas y dimensiones. En los osciloscopios, por ejemplo, las pantallas generalmente son re-

dondas, si bien en muchos casos, actualmente adoptan forma cuadrada o rectangular. En los equipos de radar, las pantallas de los tubos son redondas.

Los tubos que se emplean en los televisores han sufrido diversas modificaciones en cuanto al aspecto y muchos perfeccionamientos en la construcción de la pantalla. La pantalla de los primeros tubos era redonda.

Después se utilizó el tubo de imagen rectangular y se determinó la «relación de aspecto», es decir, la relación existente entre altura y anchura.

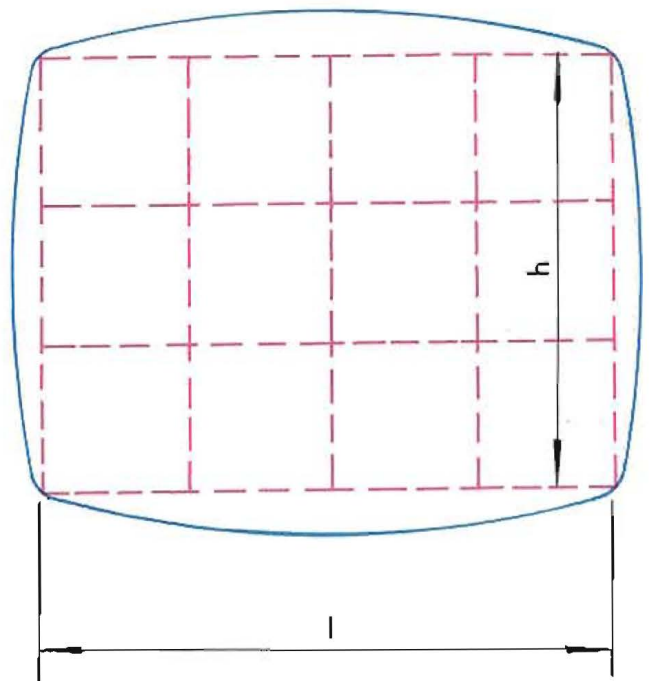


Figura 14. — La imagen en televisión es rectangular y su relación, aceptada internacionalmente, es la de 4 a 3, es decir, la altura h son tres cuartas partes de la anchura L .

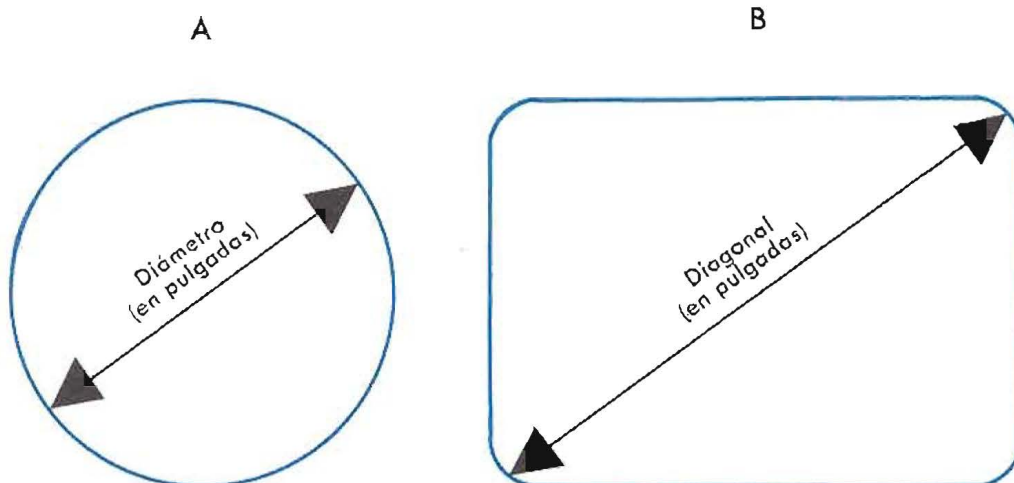


Figura 15. — Las dimensiones de la pantalla de los tubos de rayos catódicos se expresa en pulgadas (1 pulgada 25,4 mm.), en función del diámetro de la pantalla en el caso de los tubos redondos y de la diagonal para los tubos rectangulares.

Esta relación se ha hecho lo más parecida posible a la de una imagen cinematográfica de tipo normal, cuya altura es igual a tres cuartos de la anchura. (Figura 14.)

Aunque las dimensiones de la pantalla se calculan con base en el sistema métrico, se ha extendido la costumbre de definir las en función del diámetro para las pantallas redondas y de la diagonal para las pantallas cuadradas o rectangulares, expresándola en pulgadas. (Figura 15.)

Se tienen así tubos pequeños para instrumentos de medida con pantalla de algunas pocas pulgadas; y después para televisión de diversas medidas con pantallas de hasta 25 pulgadas.

SISTEMA DE LENTES ELECTRICAS DEL T.R.C.

Los rayos catódicos se concentran y enfocan, por medio de una o más lentes eléctricas, de un modo que presenta analogías con el enfoque y concentración de los rayos lumínicos por medio de lentes ópticas. Dos pequeños cilindros metálicos, colocados uno a continuación del otro, a los que se aplican dos tensiones positivas diferentes, forman una lente eléctrica debido al campo eléctrico creado.

El enfoque del haz electrónico se efectúa con dos lentes eléctricas que se comportan de modo similar al de las lentes en óptica. La lente eléctrica principal está formada por el primer y por el segundo ánodos, dada su forma cilíndrica y la diferencia de tensión entre ambos. (Figura 16.)

Las líneas de fuerza del campo eléctrico entre los dos ánodos están dispuestas de forma que su curvatura determina la concentración de los rayos catódicos en la pantalla. La tensión positiva del segundo ánodo respecto al cátodo es superior a la del primero. Resulta de ello una lente eléctrica

de tipo convergente por efecto de la influencia recíproca entre las líneas de fuerza eléctrica y las cargas eléctricas negativas de los electrones proyectados en haz.

Por el contrario, si se aplica una tensión elevada al primer ánodo y una tensión menos elevada al segundo, la lente que resulta de ello es divergente porque contribuye a ensanchar el haz electrónico en vez de concentrarlo.

La curvatura de las líneas de fuerza del campo eléctrico —y por consiguiente las características de la lente eléctrica— depende en gran parte de la diferencia de potencial entre los ánodos primero y segundo. Por esta razón, el enfoque puede regularse mediante un control manual, constituido por una resistencia variable, que altere la diferencia de tensión entre los dos ánodos. Esto regula con precisión la tensión positiva en el primer ánodo a fin de enfocar perfectamente los rayos catódicos. Esta resistencia variable constituye el mando de enfoque del haz catódico.

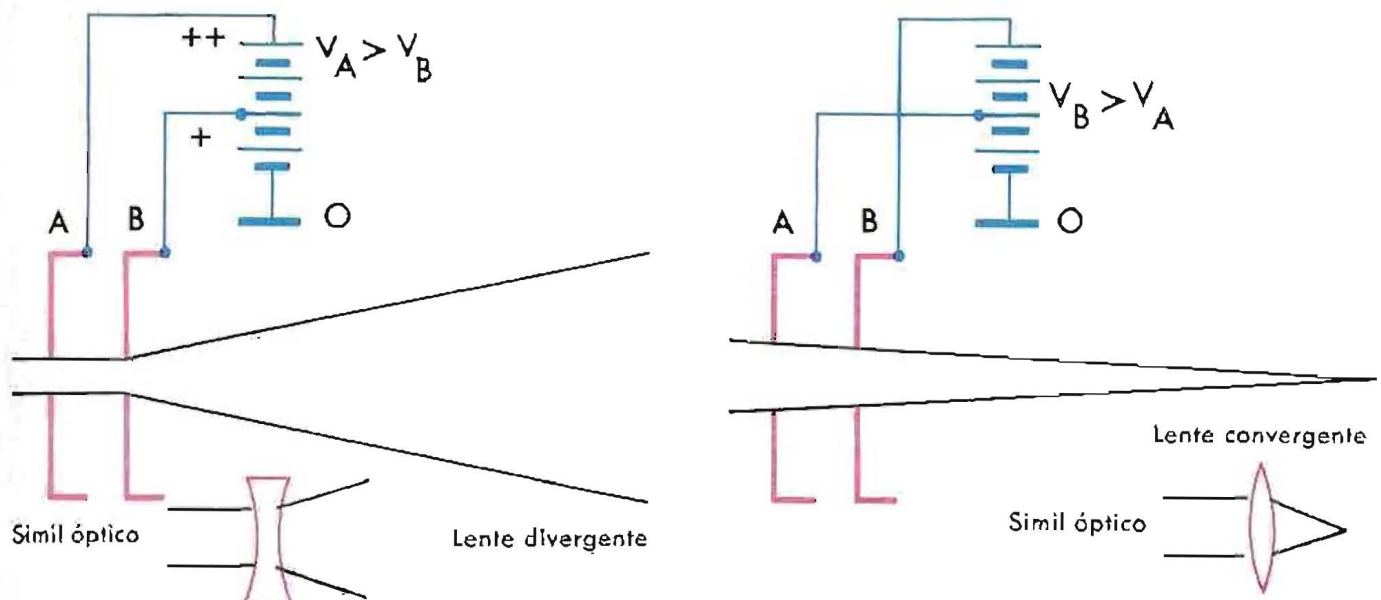


Figura 16. — Las lentes eléctricas se comportan con respecto a los haces electrónicos de forma análoga, como se especifica más adelante, a las lentes ópticas tradicionales. Dos pequeños cilindros, los ánodos, de potencial distinto, forman un verdadero sistema "óptico" electrónico. Su acción de convergencia y divergencia del haz depende exclusivamente del potencial eléctrico que se les aplica. Cuando el potencial de A es mayor que el potencial de B, el haz diverge; cuando el potencial de A es menor que el potencial de B, el haz se concentra en un punto tanto más próximo cuanto mayor sea la diferencia de tensión entre los dos ánodos.

Los ánodos primero y segundo forman la segunda lente eléctrica del tubo. La primera lente eléctrica está constituida por el cátodo y por la rejilla, la cual, como es sabido, también tiene forma cilíndrica. Los rayos catódicos proyectados que pasan de la rejilla, son concentrados a corta distancia de ésta y después, continuando su camino, vuelven a divergir, y continuando en el interior del primer ánodo, son nuevamente concentradas por el segundo ánodo. (Figura 17.)

El conjunto del cátodo, de la rejilla y de los dos ánodos —es decir, el conjunto de las dos lentes eléctricas— forma el proyector eléctrico, o cañón electrónico.

Por consiguiente, los fenómenos producidos por las lentes eléctricas se aprovechan para influir sobre los electrones emitidos por el cátodo, que de esta forma se dirigen en una dirección única mediante la acción de los electrodos oportunamente polarizados.

Es decir, formado un haz o rayo electrónico, se le da la forma cónica de la que se ha hablado, para que el vértice recaiga en la superficie interior de la pantalla, donde está depositada la capa fluorescente.

En los tubos modernos de rayos catódicos para televisores, el enfoque es electrostático. Además de por el cátodo y la rejilla, el cañón electrónico

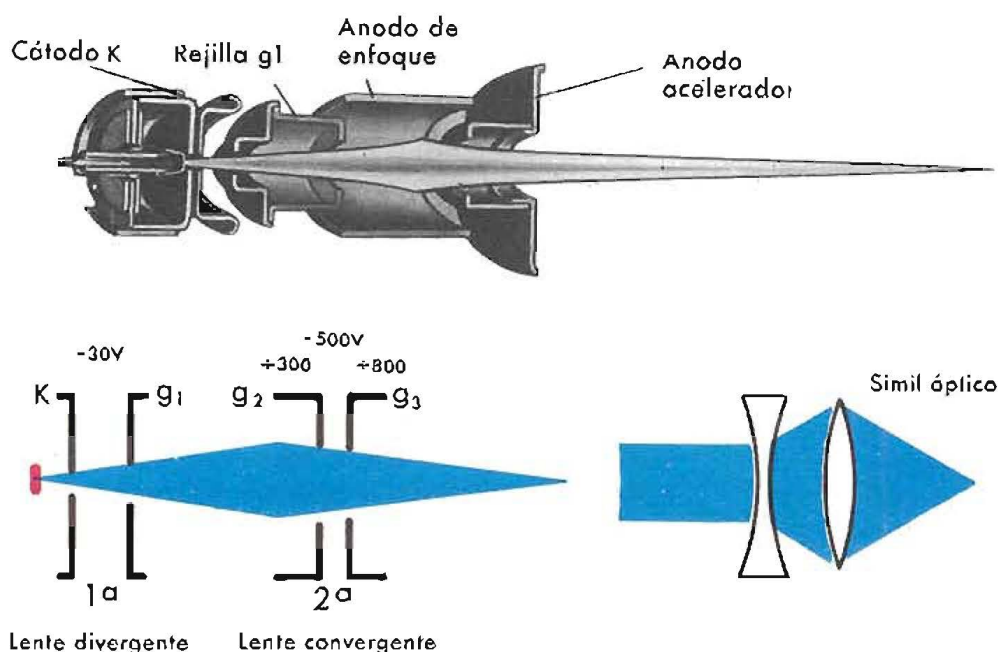


Figura 17. — Si los electrones fueran visibles —y en consecuencia, fuera visible el haz electrónico— veríamos cómo los electrones emitidos por el cátodo son reunidos en haz por la rejilla g_1 , pero en haz divergente porque dicha rejilla se encuentra a potencial inferior que el cátodo. Al llegar al ánodo de enfoque g_2 , el haz se halla sometido al campo eléctrico entre dicho ánodo y el acelerador g_3 , que, por estar este último a potencial más elevado que el g_2 , concentra el haz. Es decir, el cañón o proyector electrónico está constituido por dos lentes: la primera divergente ($K-g_1$) y la segunda convergente (g_2-g_3).

está constituido por el primer ánodo (de tensión positiva fija), seguido por un cilindro metálico al cual se aplica la tensión positiva variable con un potenciómetro para obtener el enfoque del haz catódico. En este caso el primer ánodo con frecuencia es denominado primer electrodo acelerador, mientras el cilindro se denomina electrodo de enfoque. El segundo ánodo, en este caso, es igual o menor que el primero y se llama también segundo acelerador. (Figura 18.)

En este cañón electrónico, los electrones emitidos por el cátodo caldeado, se reúnen en un haz o pincel cuya intensidad está controlada por la tensión existente entre el cátodo (K) y la rejilla (G_1). El rayo o haz se enfoca después sobre la pantalla por una lente electrostática formada por el campo electrostático que se crea cuando se aplica a G_2 y G_4 una tensión muy elevada con respecto al electrodo de enfoque G_3 .

Mientras en los tubos de enfoque electrostático el enfoque del haz catódico en la pantalla se

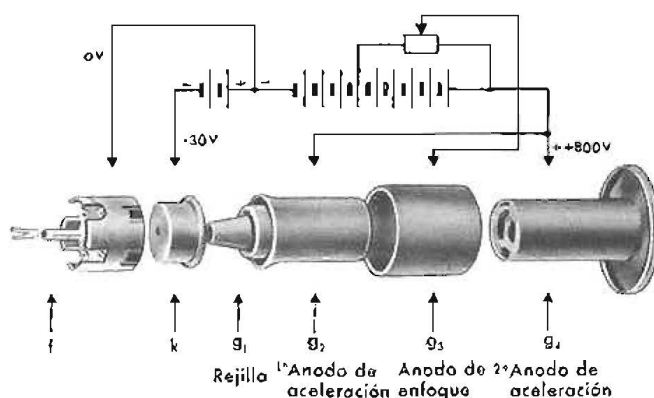


Figura 18.

obtiene variando la tensión positiva aplicada al primer ánodo y a la rejilla de enfoque, en los tubos de enfoque electromagnético se realiza por medio de una bobina adecuada que rodea el exterior del cuello del tubo, como se indica esquemáticamente

en la figura. Esta bobina se llama de enfoque o concentración, y está recorrida por corriente continua, cuya intensidad puede regularse mediante una resistencia variable, llamada control de enfoque. La bobina de enfoque se comporta de modo análogo al de una lente magnética. El campo magnético generado desvía los electrones en ángulos tanto mayores cuanto mayor sea su distancia desde el eje del tubo; y el resultado de tales desvia-

ciones es que los electrones convergen en un mismo punto. La regulación de la intensidad de la corriente eléctrica que recorre la bobina, regula la intensidad del campo magnético, de forma que el punto de convergencia de los electrones coincide con la superficie de la pantalla fluorescente. De esta forma se efectúa en enfoque; en la pantalla aparece un punto luminoso muy pequeño y muy brillante. (Figura 19.)

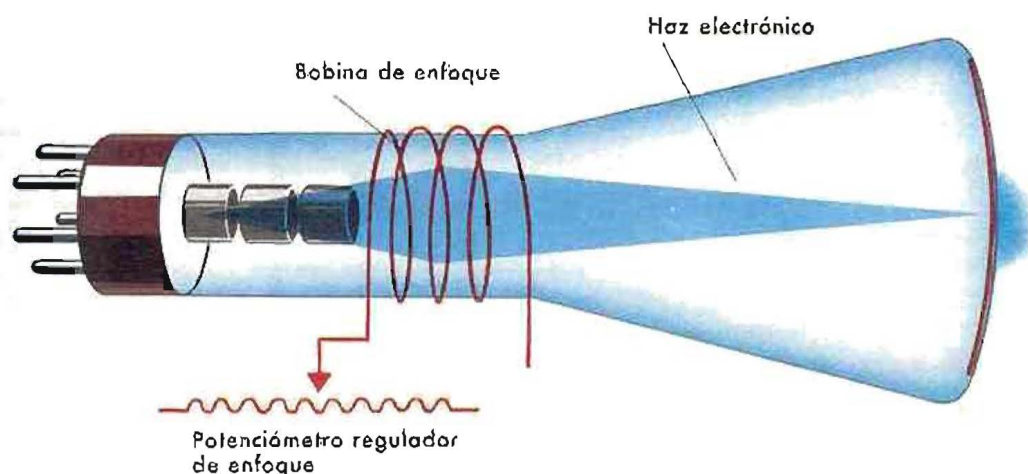


Figura 19. — Tubo con bobina de enfoque electromagnético.

Como para obtener un campo magnético de intensidad adecuada sería necesaria una bobina con un número de espiras muy grande, y por consiguiente muy voluminosa, se han construido diversos tipos de bobinas, para lograr un campo magnético adecuado reduciendo al máximo el número de las espiras. Estos métodos, ideados para producir un campo magnético suficiente para efectuar un buen enfoque, disipan energía eléctrica del tubo, y por consiguiente afectan al consumo total del aparato (televisor, osciloscopio, etc.).

El campo que se produce en estas bobinas se induce en una envoltura de hierro dulce, cuyas expansiones polares concentran las líneas de fuerza y las distribuyen en el punto oportuno. En tal caso, dada la concentración mayor que la que se obtiene sin la envoltura de hierro, es evidente que se necesita menos energía eléctrica.

Sin embargo, la bobina de enfoque sigue teniendo dimensiones considerables. Otro tipo de bobina de enfoque dispone de un imán permanente que produce la mayor parte del campo necesario. Además, la bobina que forma parte del dispositivo, excitada por la tensión de alimentación, proporciona un campo magnético, por lo que se suma a éste.

Las ventajas ofrecidas por la bobina de enfoque dotada de imán permanente son las siguientes:

1. Mínimo volumen.
2. Menores perturbaciones por efecto de las

variaciones de la tensión de alimentación, dado el menor número de espiras.

3. Menor consumo, porque el campo magnético está casi completamente formado por el imán permanente.

4. Regulación más precisa, ya que variando la intensidad de la corriente en una bobina de pocas espiras, se tienen variaciones mínimas del campo magnético. Si la bobina no estuviese provista de imán permanente, las mismas variaciones de corriente, dado el gran número de espiras, producirían grandes variaciones del campo magnético y por consiguiente harían difícil el enfoque.

Otro sistema para eliminar la bobina de enfoque se basa en el empleo de un imán permanente de anillo, magnetizado de tal forma que uno de sus polos se halle sobre una superficie anular y el polo opuesto sobre la otra. Las dos expansiones polares aplicadas guían el campo magnético, el cual puede colocarse en el punto en que sea necesario. (Figura 20.)

Además hay un *shunt* magnético que, gracias a su posibilidad de desplazamiento, sirve para regular el flujo magnético y en consecuencia el enfoque.

Existen otros dispositivos que no describimos porque actualmente se tiende a su eliminación. Para concluir, se puede decir que en cuanto a los efectos prácticos no hay diferencia entre el enfoque electrostático y el magnético, porque con los dos sistemas es posible obtener un punto lumi-

noso de dimensiones satisfactorias. Sin embargo, se prefiere el primer sistema —es decir, el electrostático—, porque los dos ánodos interiores de un tubo catódico son necesarios para crear la fuerza de aceleración y de este modo se usan también para conseguir el enfoque, eliminando de esta forma un componente que, por sencillo que sea, tiene ciertas características de volumen y de coste.

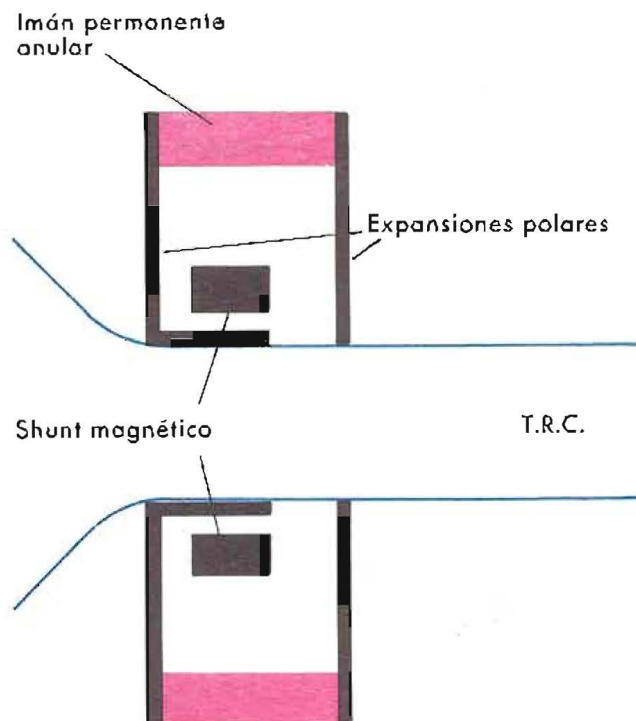
La producción industrial de los tubos para televisión debe tener siempre en cuenta los principios de economía y de sencillez, que constituyen los factores más importantes desde el punto de vista comercial, y por ello se tiene una amplia tendencia a adoptar el sistema de enfoque electrostático.

Figura 20. — Dispositivo de enfoque constituido por un imán permanente, sin ninguna bobina de inducción.

EL ANODO FINAL DE M.A.T.

Este electrodo sirve para perfeccionar el enfoque. Está constituido por una capa de material conductor (grafito u otra sustancia análoga) depositada dentro de la ampolla sobre toda la superficie comprendida entre el segundo ánodo y la parte delantera del tubo que constituye la pantalla fluorescente.

Este ánodo se polariza con tensión positiva muy elevada, del orden de 7000 hasta 20.000 voltios según el tamaño de la pantalla. En los tubos que emplean los televisores corrientes, esta tensión varía entre 14.000 y 16.000 voltios. La acción



de este ánodo consiste en ejercer una influencia ulterior sobre el haz electrónico, de forma que lo concentra en un punto extremadamente pequeño.

En algunos tipos de tubos es un electrodo en sí, y forma el tercer ánodo, mientras el segundo ánodo se conecta a una tensión inferior.

En otros casos, el segundo y el tercer ánodos están conectados entre sí internamente en el tubo y constituyen un electrodo único, el cual, por estar interrumpido en un punto crea unas líneas de fuerza de campo eléctrico que contribuyen a mejorar el enfoque. Otro particular a destacar en el

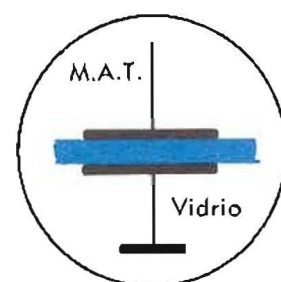
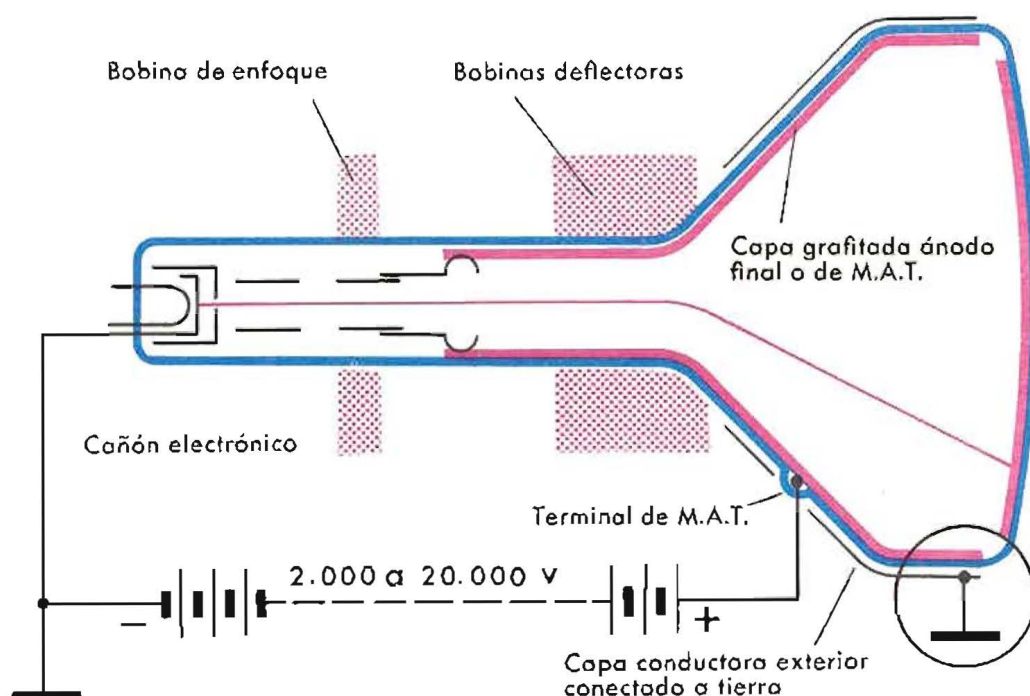


Figura 21. — Disposición del ánodo de muy alta tensión (M.A.T.) depositado sobre la superficie interna de la parte cónica del T.R.C. y disposición de la capa conductora —conectada a la masa— depositada sobre la superficie externa de esta misma parte del tubo. Ambos electrodos constituyen un condensador de filtro de la descarga del rayo catódico sobre la pantalla.

examen del ánodo final: a causa de la elevada tensión, no se conecta al casquillo como todos los demás electrodos, sino en la parte cónica de la ampolla, por medio de un contacto metálico fundido junto con el vidrio.

Si este ánodo estuviese conectado al casquillo, se ocasionarían descargas eléctricas dada la proximidad de las patillas entre sí.

LA DESVIACION DEL HAZ ELECTRONICO. DEFLEXION ELECTROSTATICA

Cuando el tubo de rayos catódicos funciona normalmente, pero no se aplica ninguna tensión eléctrica a los dos pares de placas de deflexión, el punto luminoso está inmóvil en el centro de la pantalla fluorescente, tal como muestra la fase A de la figura 22.

Si se aplica al primer par de placas una tensión continua suficiente y la placa de la izquierda es positiva con respecto a la de la derecha, el punto luminoso se desplaza desde el centro al lado izquierdo de la pantalla. La amplitud del desplazamiento del punto luminoso desde el centro hacia la izquierda es directamente proporcional a la tensión eléctrica aplicada al par de placas. Si se traza una escala gradual sobre la pantalla fluorescente es posible utilizar el tubo de rayos catódicos para medir la tensión eléctrica. Cuando se invierte la polaridad de la tensión en las placas, el punto luminoso salta instantáneamente al otro lado de la pantalla, como en C de la figura 22.

Si la misma tensión eléctrica se aplica, por el contrario, al otro par de placas, de forma que la superior sea positiva con respecto a la inferior,

En el exterior del bulbo o ampolla hay otro tramo de material conductor que se conecta a masa y que, con la capa conductora interna (ánodo final), forma un condensador que tiene por dieléctrico el vidrio que constituye el bulbo. Tal condensador tiene la misión de filtrar la tensión que alimenta el ánodo final.

el punto luminoso pasa inmediatamente a la parte superior de la pantalla, como en D, en la figura 22; si se invierte la polaridad de forma que la placa inferior tenga potencial positivo, el punto luminoso pasa al extremo inferior (E). Si por el contrario se aplica tensión continua a los dos pares, el punto luminoso pasa a una posición que se encuentra entre las dos placas positivas. Las tensiones alternas, por lo contrario, producen en la pantalla una línea luminosa en lugar del punto, porque cambian continuamente de polaridad y hacen desplazar al punto. Si se aplica una tensión alterna sólo a las placas de deflexión horizontal, dada la continua variación de amplitud y de polaridad de la tensión, los rayos catódicos se desplazan continuamente entre las dos placas, por lo que resulta en la pantalla una línea luminosa visible por causa de la persistencia de la imagen sobre la retina. Si se aplica la misma tensión solamente a las placas de deflexión vertical, entonces la línea luminosa aparece en sentido vertical. Los dos casos están representados en los ejemplos G y H de la figura 22.

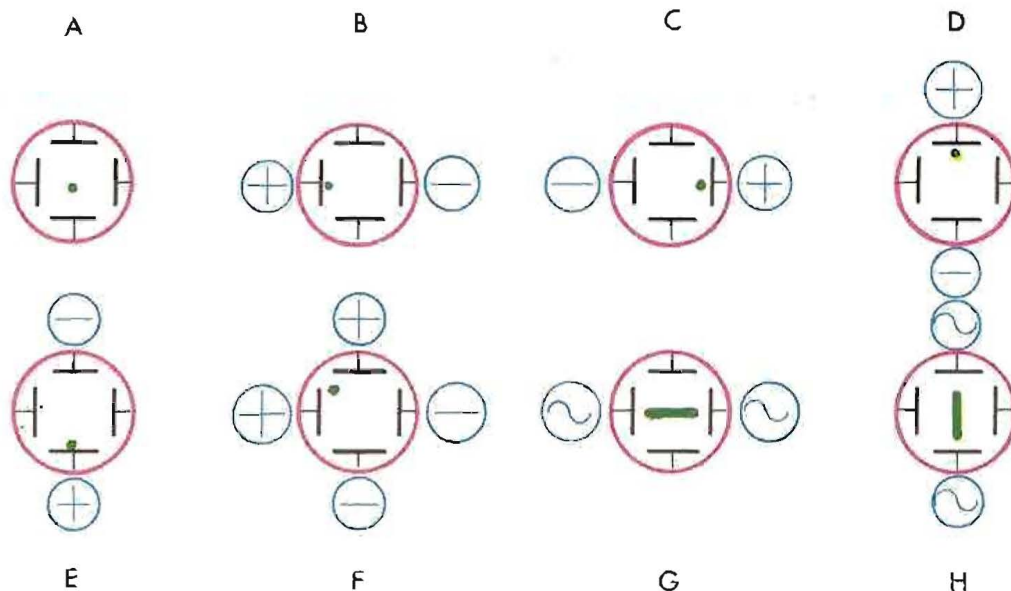


Figura 22. — El punto de impacto "spot" del haz electrónico sobre la pantalla (A) se desplaza hacia la placa de deflexión electrostática a la que se aplica un potencial positivo (B, C, D, E), o en una posición intermedia cuando se aplica una tensión continua a cada par de placas (F). Si a un par de placas se aplica una tensión alterna (G, H) en la pantalla aparece un trazo luminoso correspondiente al ir y venir del "spot" yendo siempre hacia la placa que en cada instante es positiva.

La deflexión, es decir, el ángulo que el haz electrónico forma con respecto al eje central —o sea el punto medio de paso entre los dos electrodos—, como ya vimos en el estudio de los campos eléctricos, depende del valor de la tensión aplicada a las dos placas. Naturalmente, cuanto mayor sea la diferencia de potencial entre las dos placas, mayor será la deflexión del haz electrónico, de lo que se deduce que variando la tensión es posible, hasta cierto límite, conseguir cualquier desplazamiento del puntito luminoso en la pantalla. Si se aplica a las dos placas una diferencia de potencial constante, permanece también constante la deflexión del haz electrónico; pero se puede obrar de forma que la tensión aplicada entre las dos placas experimente variaciones continuas y periódicas, por lo que el haz electrónico, y en consecuencia el punto luminoso, experimentaría otras tantas desviaciones según la tensión aplicada. En el primer caso —es decir, con deflexión constante—, se desplaza el punto luminoso lejos del centro de la pantalla en forma proporcional a la tensión; si la tensión aplicada a las placas fuese variable aparecería una línea lumi-

nosa en la pantalla. La tensión alterna se puede aplicar tanto a las placas de deflexión horizontal como a las de deflexión vertical; también en este caso se produce en la pantalla una línea luminosa, en la posición indicada como en la figura 23 A. En este caso, la tensión alterna está en fase. Si se desplaza la fase en 45 grados, manteniendo constante e idéntica la frecuencia de las dos tensiones alternas que se aplican a las placas, aparece en la pantalla una elipse inclinada (B de la figura 23). Si se desplazan las tensiones en 90 grados, aparece en la pantalla un círculo (C); en fin, si el desplazamiento es de 135 grados (D) se obtiene otra elipse inclinada en sentido contrario a la primera. En el caso en que las dos tensiones estén en oposición de fase de 180 grados, mientras una llega al máximo positivo, la otra llega al negativo; se produce entonces en la pantalla una línea luminosa, inclinada como se ha ilustrado en E.

La figura nos acaba de mostrar las líneas (recta inclinada 45°, elipses o circunferencias) que se reproducen en el T.R.C. cuando a los dos pares de placas de deflexión se les aplica dos tensiones alternas de la misma amplitud y frecuencia.

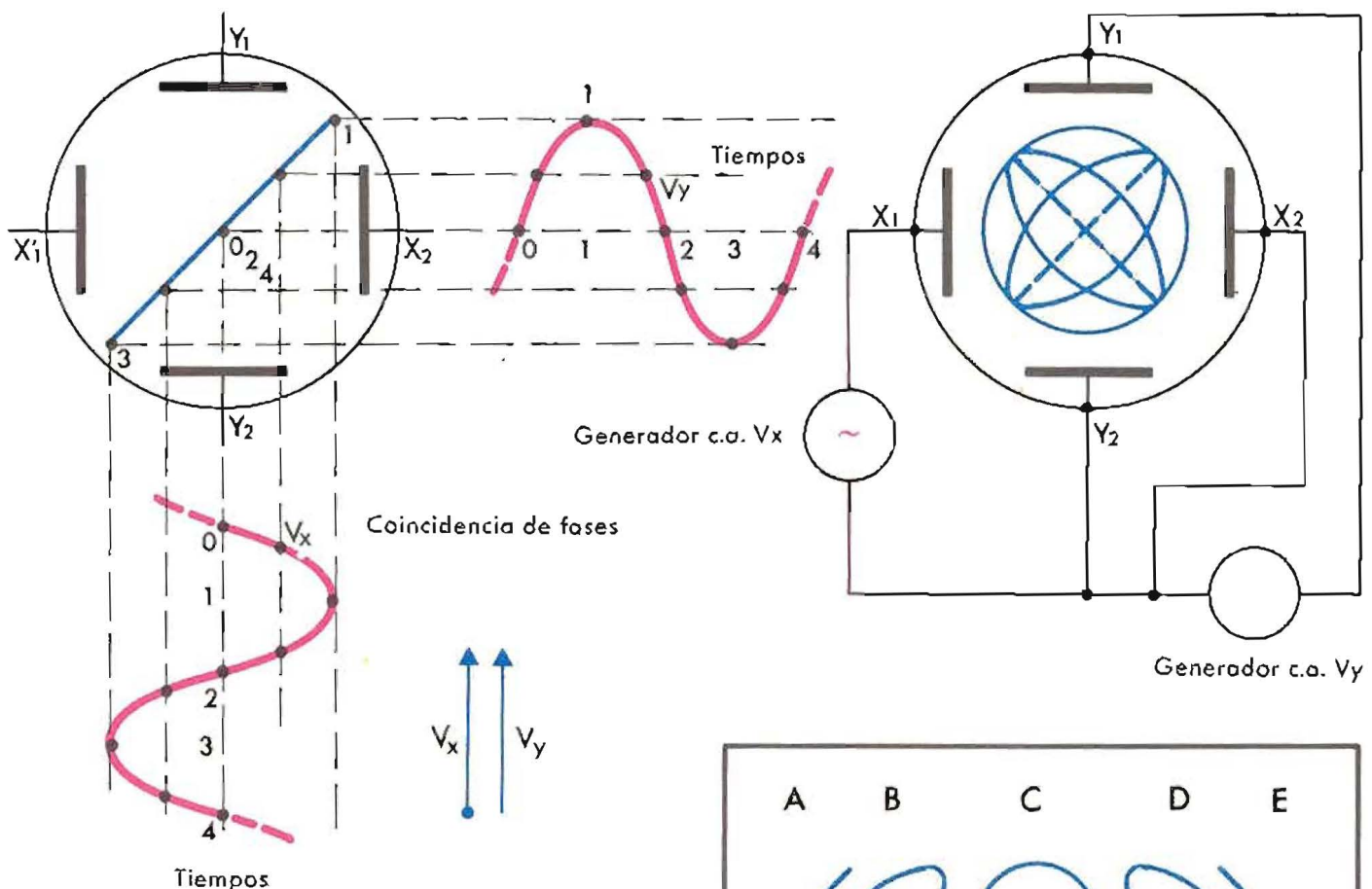
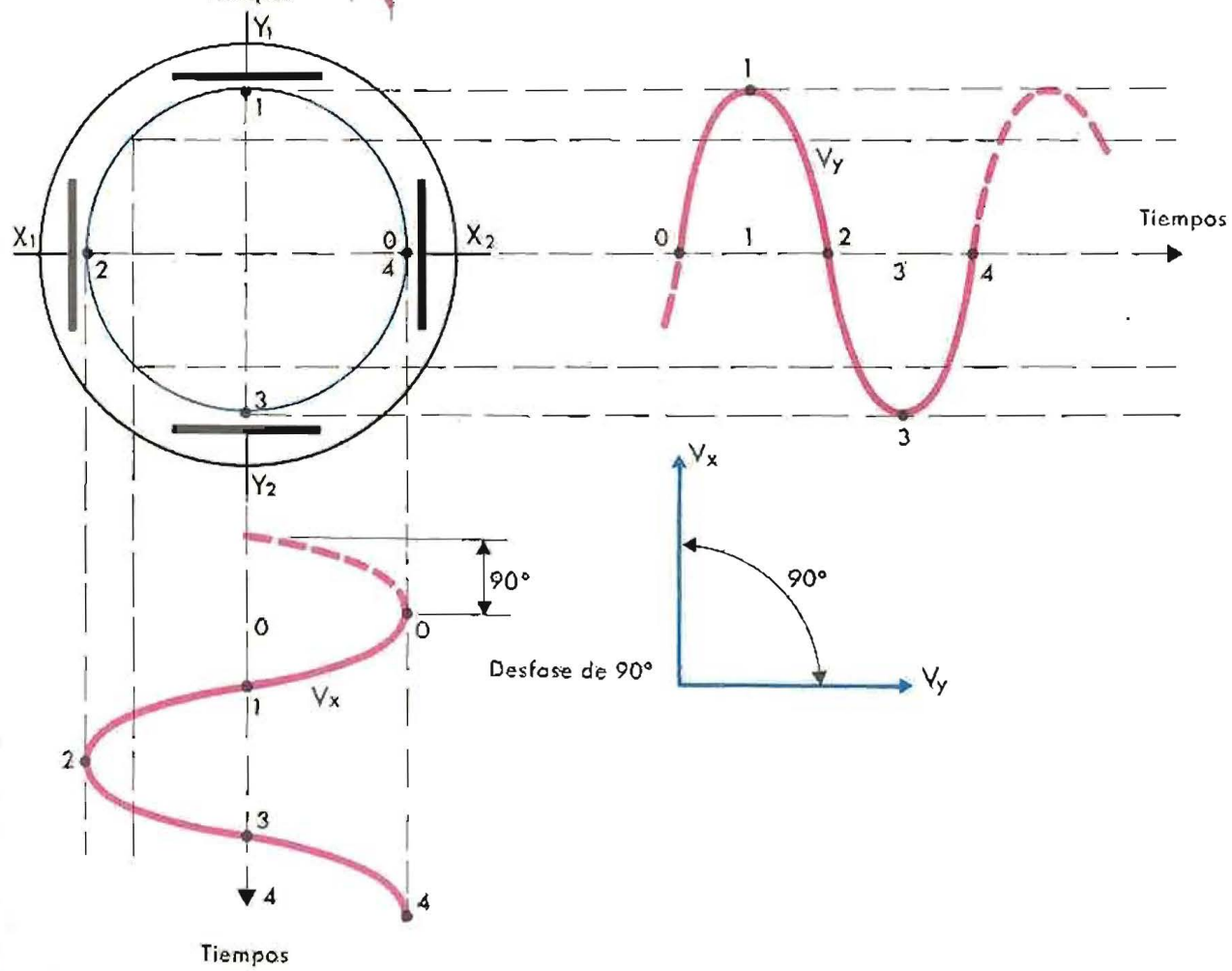
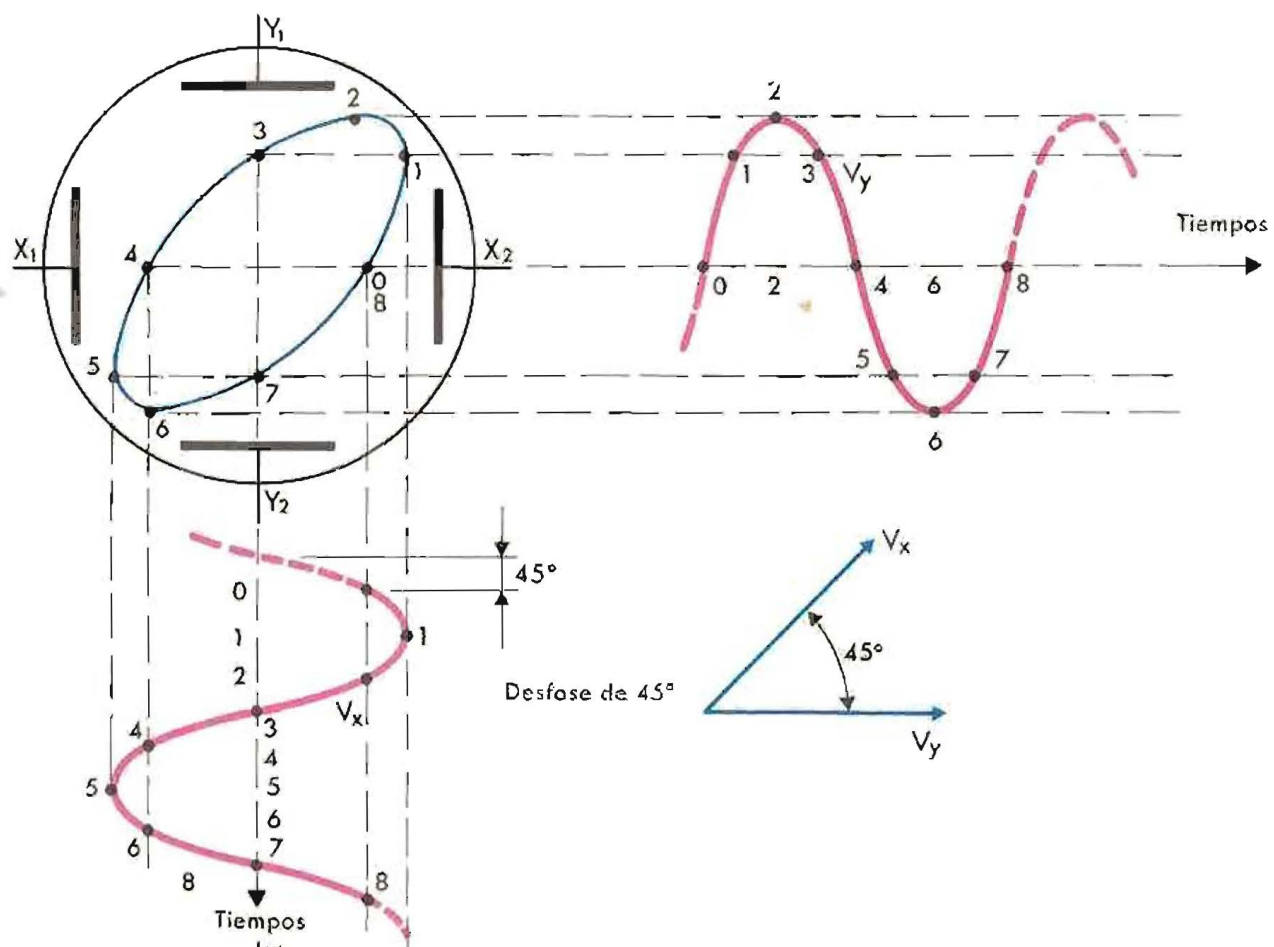
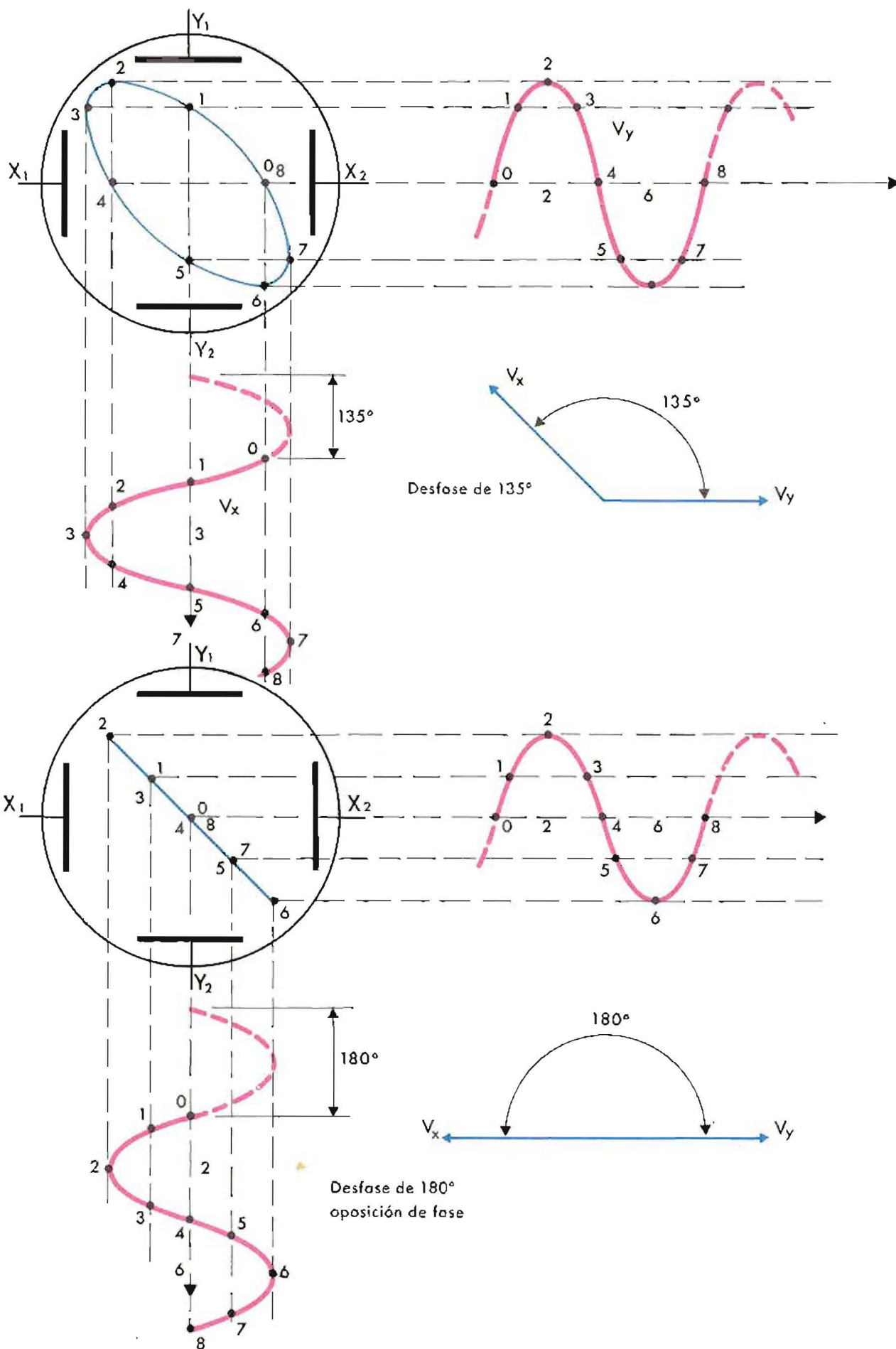


Figura 23. — Figuras luminosas producidas en la pantalla aplicando a los dos pares de placas de deflexión electrostática tensiones alternas de la misma amplitud y frecuencia.





Si aplicamos a los dos pares de placas tensiones alternas de distintas frecuencias, el resultado en general será que el punto luminoso describirá un trazo más o menos variable presentando una línea continuamente en movimiento y que no se cierra sobre sí misma. La forma de esta línea viene también influida por la amplitud y por la relación de fase entre ambas tensiones. Si estas dos tensiones no son distintas y la relación entre las frecuencias de ambas es igual a la de dos números enteros, aparecerá entonces una línea cerrada en forma de figura estacionaria.

Estas figuras, llamadas *figuras de Lissajous*, pueden perfectamente analizarse si una de las tensiones deflectoras es sinusoidal. (Figura 24.)

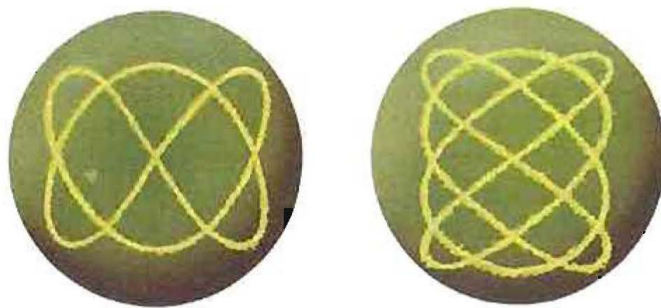
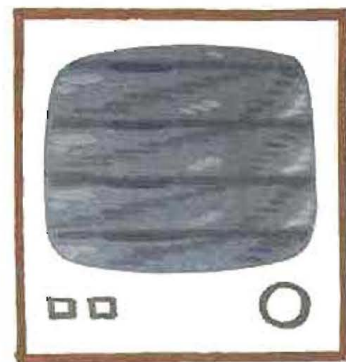


Figura 24. — Ejemplo de algunas figuras de Lissajous.

OSCILOSCOPIO



TELEVISOR

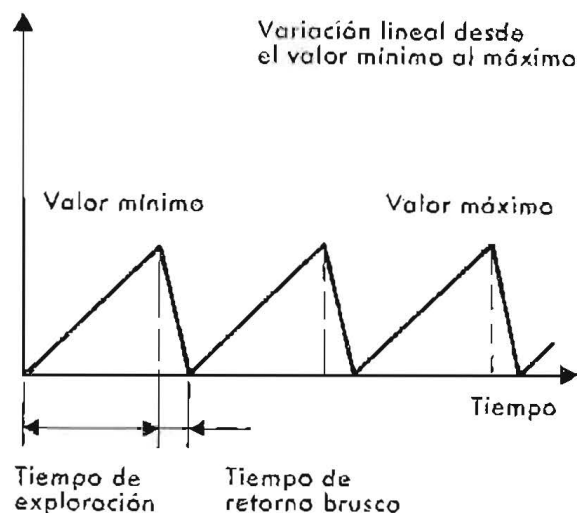
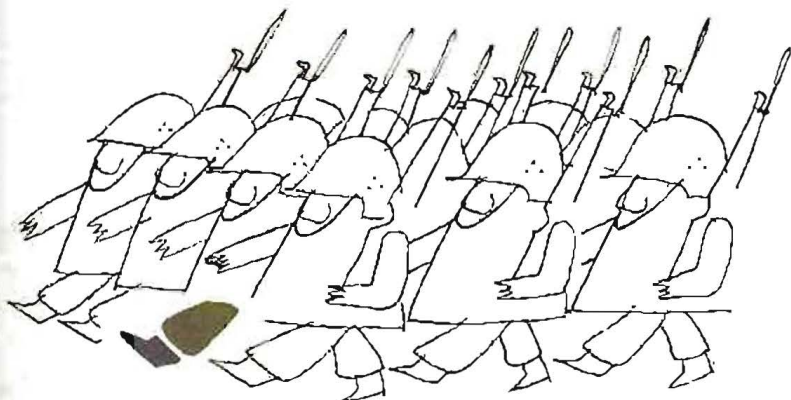
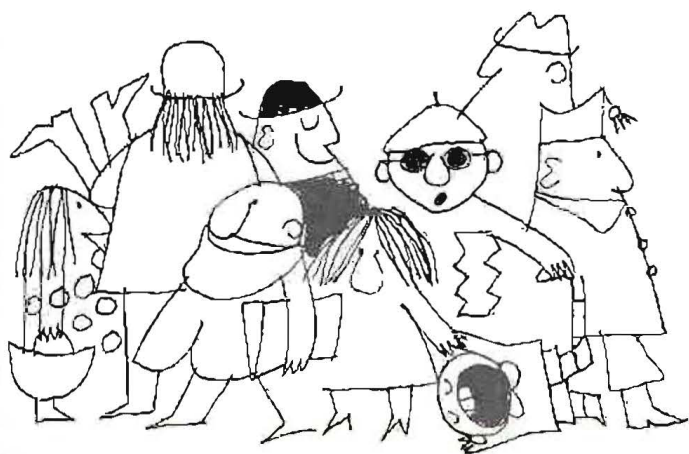


Figura 25. — Cualquier fenómeno en movimiento o en acción sólo es posible analizarlo considerando cada instante y para conseguir la sucesión de los instantes hemos de marcar el tiempo, lo cual se consigue en la electrónica de los tubos de rayos catódicos por medio de una tensión llamada en "diente de sierra" generada en el circuito de la base de tiempos.

Con ello vemos que aplicando tensiones alternas se producen imágenes muy variables y por ello muy difíciles de interpretar, salvo que medie una relación o condición entre las dos tensiones. Ello es debido a que cada tensión es variable en el tiempo por ella misma.

Para estudiar un fenómeno o reproducir una imagen nos interesa, pues, mucho más aplicar la tensión que representa dicho fenómeno o imagen y fijarla o *sincronizarla* en el tiempo por medio de otra tensión o tren de impulsos de tensión que marquen el tiempo de referencia (es decir, como cuando se marca el paso de un desfile militar).

Con ello llegamos al circuito fundamental de todo tubo de rayos catódicos, tanto sea para osciloscopio como para televisor: la BASE DE TIEMPOS.

Por medio de la *base de tiempos* puede aplicarse, por ejemplo, a las placas deflectoras horizontales una tensión de una forma tal que la tensión que se aplique sobre las placas verticales y se reproduzca en la pantalla lo sea *en función del tiempo*.

La base de tiempos es un circuito fundamental para todo equipo que incluya un tubo de rayos catódicos. Su misión consiste en generar una tensión cuyo valor varía linealmente con el tiempo desde un valor mínimo hasta un valor máximo y entonces vuelve bruscamente al valor mínimo.

Esta tensión, aplicada a un par de placas de desviación electrostática o a las bobinas de desviación electromagnética del tubo de rayos catódicos, por ejemplo de desviación horizontal, permite que, durante el funcionamiento del T.R.C., el haz o rayo catódico se desplace de derecha a izquierda con velocidad constante y en un tiempo dado y que al llegar al lado izquierdo de la pantalla vuelva bruscamente al lado derecho (*tiempo de retorno*).

Por la condición de variación lineal del valor mínimo al máximo y retorno rápido al mínimo que exigimos a esta tensión, la reconocemos inmediatamente por su denominación conocida de tensión en diente de sierra.

Su aplicación típica en televisión ya se indicó al tratar del interlineado y se describirá en detalle cuando estudiemos los circuitos de un televisor. Su otra aplicación característica es la del estudio de los fenómenos eléctricos variables por medio del aparato osciloscopio; también allí describiremos los circuitos generadores más utilizados, ya que conviene que continuemos en el estudio de los tubos de rayos catódicos, especialmente puesto que en la próxima lección trataremos del de imagen —pieza fundamental y representativa de todo televisor, tanto en blanco y negro como en color—, detallando de modo especial sus peculiaridades.

* * *

An abstract geometric diagram composed of several intersecting black lines. A prominent vertical line runs through the center. Several other lines intersect it at various angles. One line from the top left intersects the vertical line, and another from the bottom right intersects it. A spiral line starts near the top center and winds downwards. There are also some horizontal lines and a small loop on the right side.

LECCION 60

Los tubos de imagen
Particularidades de su construcción
La corrección de las aberraciones
Los tubos tricromáticos

LOS TUBOS DE IMAGEN



En esta lección continuamos el tema de la lección anterior, ampliando los conceptos acerca de la deflexión electromagnética y la constitución y funcionamiento del tubo de rayos catódicos, todo lo cual nos lleva al moderno tubo de rayos cató-

dicos de reproducción de imagen —componente característico de todo televisor— tanto en blanco y negro como en colores, dando además un resumen de las principales operaciones de su fabricación.

LA DEFLEXION ELECTROMAGNETICA

Los tubos de rayos catódicos de dimensiones relativamente grandes requieren tensiones muy elevadas en el ánodo acelerador, lo cual implica una pérdida de sensibilidad del sistema electrostático, debido a que, como ya se indicó, la alta tensión del electrodo acelerador crea un campo eléctrico que impulsa a gran velocidad los electrones del haz, por lo que éstos quedan sometidos durante muy poco tiempo a la influencia desviadora de las placas, de lo que se obtiene un ángulo de desviación insuficiente para que el punto luminoso pueda desplazarse hasta las zonas extremas de una pantalla grande, salvo que se utilizasen tensiones extremadamente altas y constituciones muy complicadas. Todo ello, como es lógico, resulta muy caro de conseguir, y sobre todo está en desacuerdo con los principios de la producción en serie, gracias a los cuales se logra que los componentes electrónicos tengan un precio reducido sin demérito de su calidad.

En general, los tubos cuyo ánodo acelerador se alimentan a tensiones superiores a 2000 voltios utilizan la desviación electromagnética —tal es el caso del tubo de imagen—.

El principio de la deflexión electromagnética se estudió ya al tratar de la desviación de las cargas eléctricas por campos magnéticos. La figura 1 nos lo recuerda por medio de una sucesión de imágenes sin necesidad de mayores explicaciones.

No interesa que el campo magnético de desviación se obtenga por imanes permanentes, ya que la desviación ha de ser variable. Por ello se utilizan electroimanes; es decir, bobinas con núcleo de hierro dulce o de material aglomerado de *ferrita*.

Con tal disposición se tiene la posibilidad de hacer pasar a través de los devanados que constituyen el electroimán cualquier tipo de corriente —naturalmente, de intensidad no superior a la que admite la sección del conductor empleado—; y se tiene igualmente la posibilidad de invertir la polaridad del electroimán, invirtiendo también el sentido de circulación de la corriente, es decir, la polaridad de la tensión aplicada (figura 2). Por consiguiente, no sólo es posible controlar la intensidad del campo magnético producido variando la intensidad de la corriente, sino también su sentido variando la polaridad de la tensión. Por ejemplo: si se alimenta el electroimán de forma que el polo superior se convierta en el polo norte y el inferior en el sur, los electrones que atraviesan el campo magnético presente entre las dos expan-

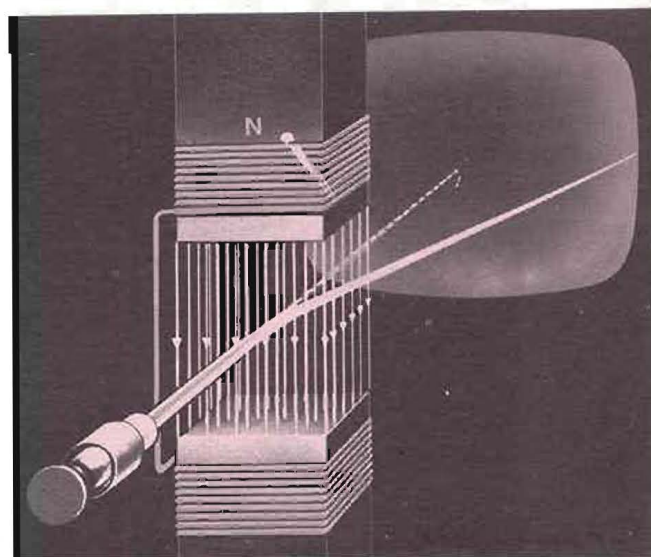
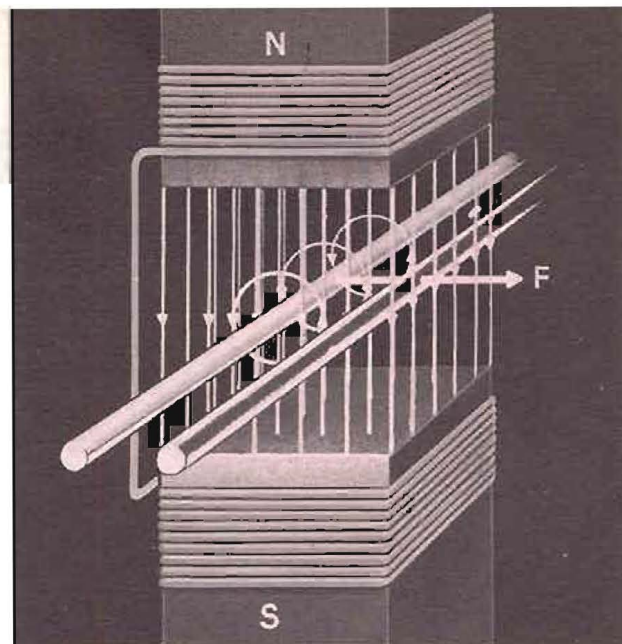


Figura 1

siones polares experimentan una fuerza de repulsión que les obliga a desplazarse hacia la izquierda. Si se invierte la dirección de la corriente que alimenta a los devanados de forma que se inviertan los polos —es decir, que el superior pase a ser polo sur y el inferior norte—, los electrones se ven obligados a desplazarse hacia la derecha. Recuerde la regla de la mano izquierda dada para determinar el sentido de las acciones de los campos magnéticos sobre las cargas eléctricas.

Para resumir: si se hace pasar una corriente dada por dos bobinados conectados en serie entre sí, creando un campo magnético, se determina un desplazamiento o desviación del haz electrónico, desplazamiento que sigue fielmente las características de la corriente aplicada. Si la corriente es continua y de valor constante, el haz electrónico experimenta una desviación determinada que también permanece constante hasta el cese del paso

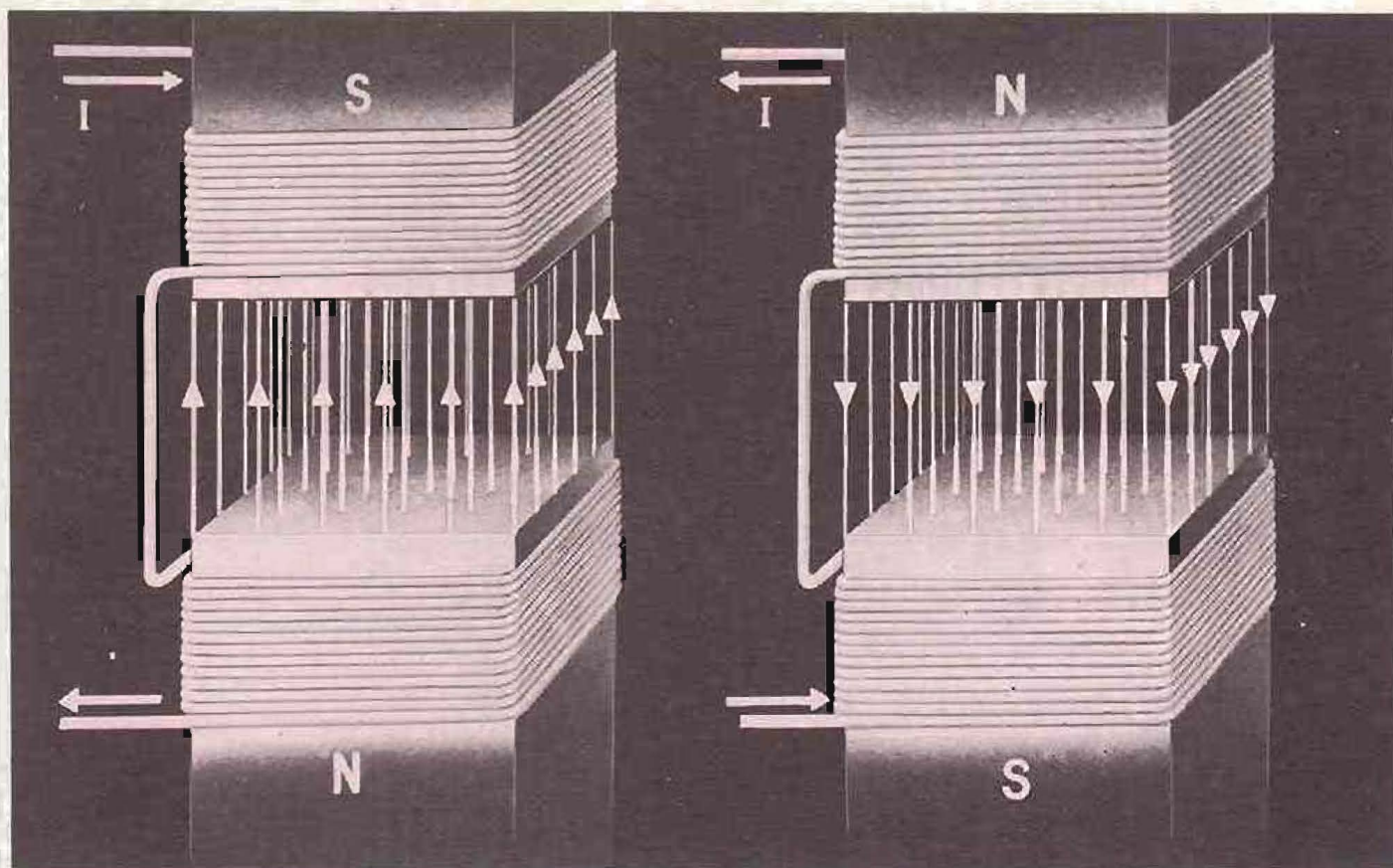


Figura 2. — Variando el valor de la intensidad I que circula por las bobinas de desviación, se varía la intensidad del campo magnético, y por consiguiente, la de la fuerza o desviación de las cargas eléctricas o haz electrónico que atraviesan el campo. Invertiendo la polaridad de esta corriente I (su sentido de circulación) se invierte el sentido del campo y, en consecuencia, la fuerza o desviación que puede producir.

de la corriente continua. Si la corriente varía de intensidad, la desviación es mayor o menor siguiendo las variaciones de la corriente aplicada. En fin, si la corriente cambia de sentido alternativamente, se determinan iguales inversiones de polaridad del campo magnético y se tiene, como consecuencia, que el haz electrónico se desvía en un sentido o en otro con respecto a su posición de reposo. En este punto podemos comprender que tal dispositivo se adapta perfectamente al objetivo de proveer la desviación del haz electrónico en el tubo de imagen. En efecto, se puede aplicar al electroimán una corriente alterna o pulsatoria de tensión variable.

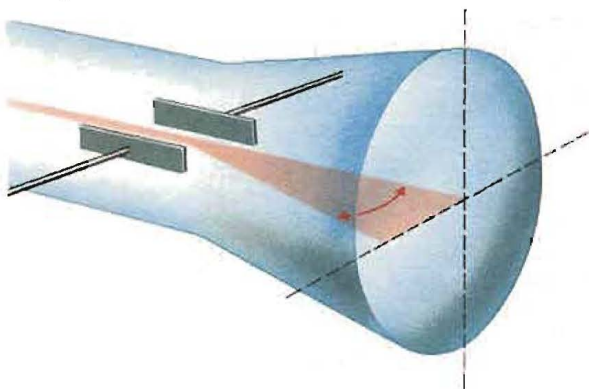
Observemos que en la deflexión electrostática las placas de desviación horizontal están colocadas según el eje horizontal de la pantalla, y que en la deflexión electromagnética las bobinas de desviación horizontal están colocadas según el eje vertical. (Figura 3.)

Para hacer desviar el haz electrónico en el sentido horizontal es necesario crear un campo magnético cuyas líneas de fuerza sean verticales.

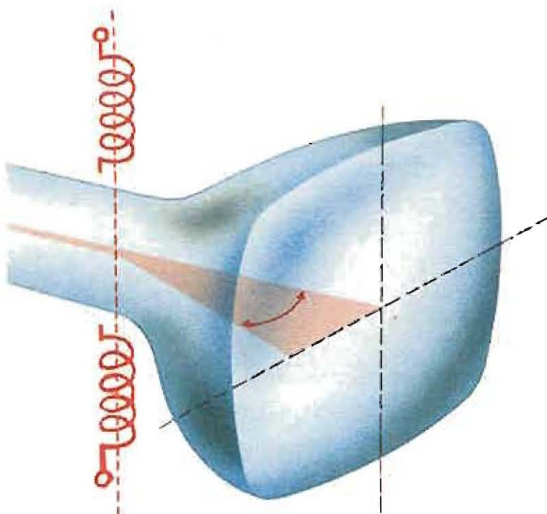
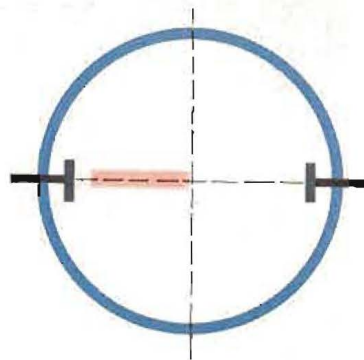
Si se quiere que esta desviación horizontal constituya un barrido —es decir, una desviación periódica desde la derecha hasta la izquierda de la imagen— podría aplicarse a las bobinas de desviación una corriente alterna senoidal que daría, pues, en un semiciclo la desviación desde el centro hasta un extremo de la pantalla a medida que la corriente aumenta hasta alcanzar el máximo; y luego vuelta al centro, correspondiendo con la disminución de la corriente hasta cero. Lo mismo ocurre, aunque en sentido inverso durante el otro semiciclo, como muestra la figura 4.

Con este barrido se obtiene en el tubo de imagen una línea horizontal debido a la persistencia de las imágenes en nuestra retina; pero también sabemos que será mucho más luminosa o brillante en los extremos y casi sin luminosidad en el centro, ya que los valores instantáneos de la corriente no varían linealmente en el tiempo.

Para que el haz electrónico varíe linealmente con el tiempo es necesario que la intensidad de corriente en las bobinas también varíe linealmente con el tiempo, lo cual se obtiene, como se ha



DESVIACION HORIZONTAL ELECTROSTATICA



DESVIACION HORIZONTAL ELECTROMAGNETICA

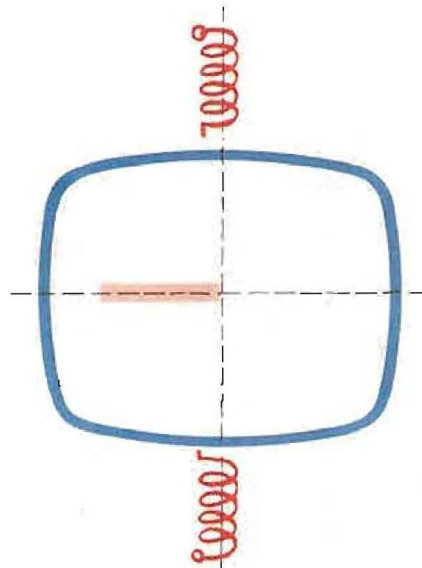


Figura 3. — En la desviación electromagnética las bobinas de desviación horizontal están colocadas según el eje vertical del tubo.

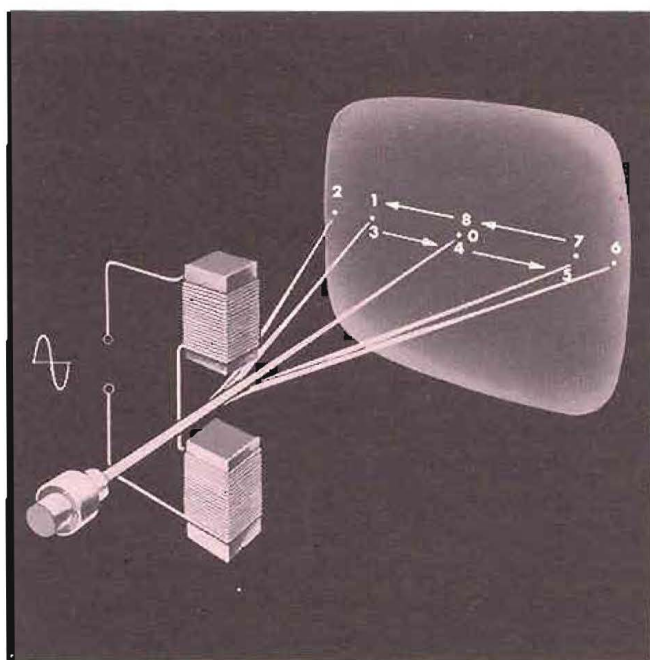
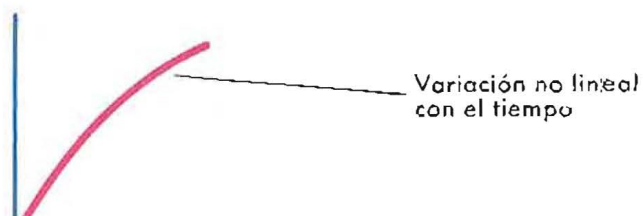
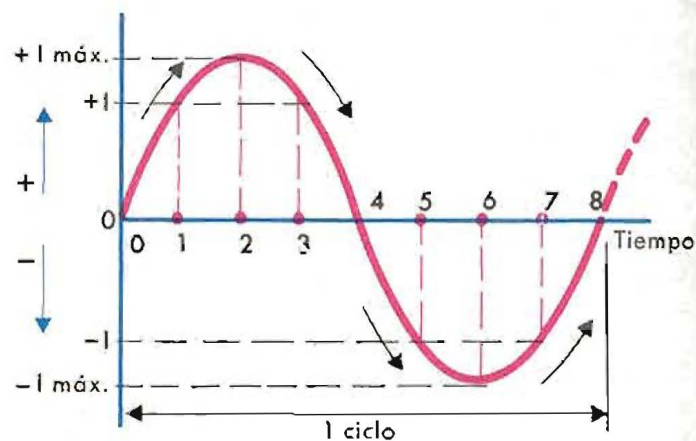


Figura 4. — Barrido horizontal producido por desviación electromagnética con corriente alterna senoidal.



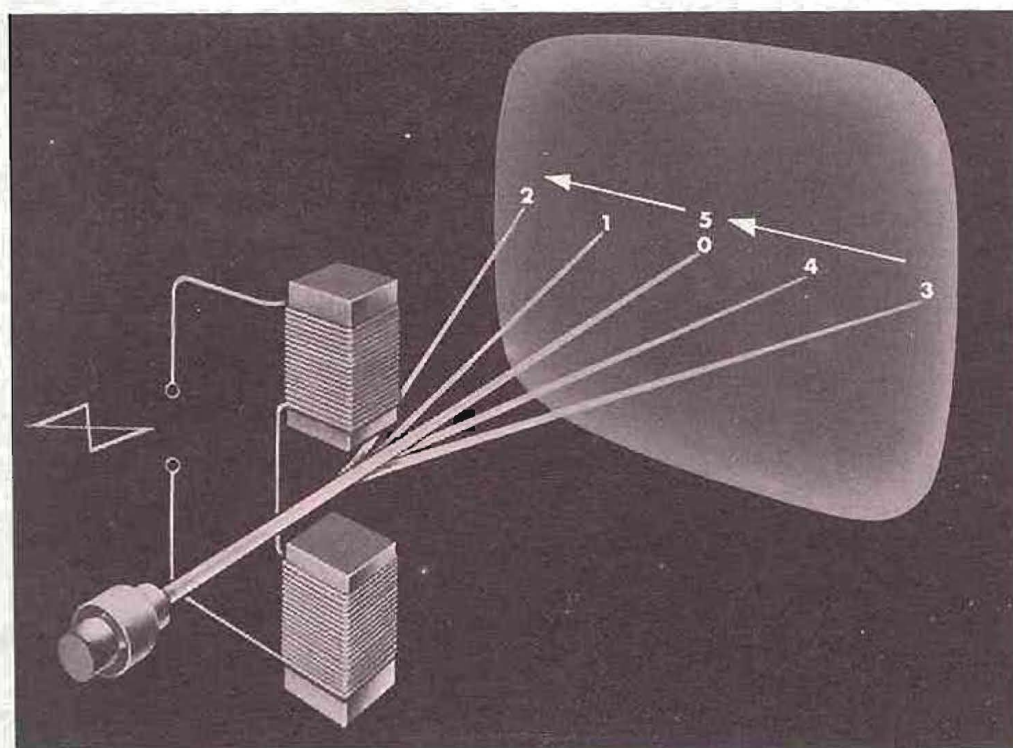
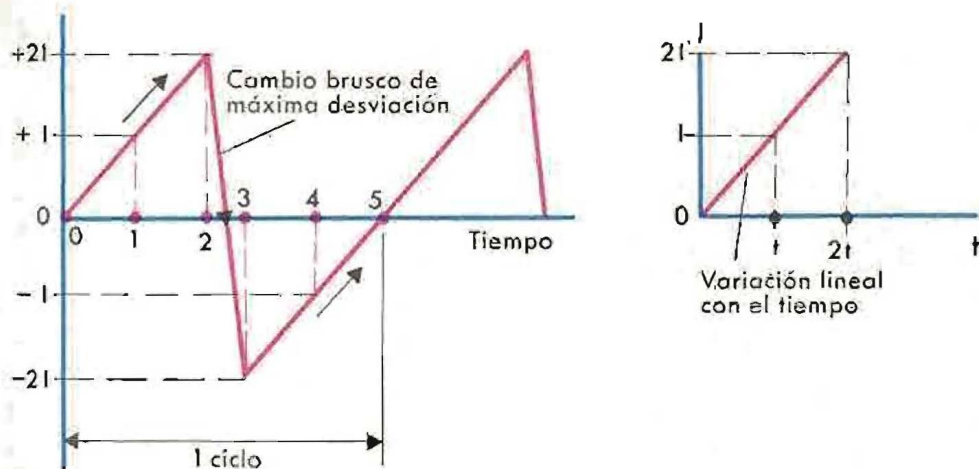


Figura 5. — Barrido horizontal lineal por desviación electromagnética gobernada por corriente en diente de sierra.

indicado en otras ocasiones, utilizando una corriente alterna en forma de diente de sierra. (Figura 5.)

Todo lo dicho acerca del par de bobinas de desviación horizontal o de línea es válido para el par de bobinas de desviación vertical o de cuadro.

Es decir, en la deflexión electromagnética los dos pares de bobinas exteriores al tubo de rayos catódicos equivalen a los dos pares de placas anteriores de la deflexión electrostática. Aunque físicamente están dispuestos según ejes intercambiados, eléctricamente, sus ejes son los mismos.

La acción simultánea sobre el haz electrónico de las bobinas de deflexión horizontal y vertical hace que el punto luminoso ocupe posiciones instantáneas sucesivas y ordenadas de forma que

cubra, línea por línea, toda la superficie de la pantalla. Como se ha dicho, para hacer que el movimiento sea constante tanto en el sentido vertical como en el horizontal se utilizan en los tubos para TV corrientes en diente de sierra. En el sistema internacional CCIR, a las bobinas de deflexión horizontal se les aplica una corriente diente de sierra de frecuencia de 15.625 c/s; la aplicada a las bobinas de deflexión vertical tiene una frecuencia de 50 c/s, y entre ambas realizan la deflexión del haz electrónico necesaria para el funcionamiento del televisor.

El conjunto de las cuatro bobinas —llamado también *yugo de deflexión*— está colocado alrededor del cuello del tubo catódico, de tal forma que la parte más próxima a la pantalla esté junto al cono del tubo mismo.

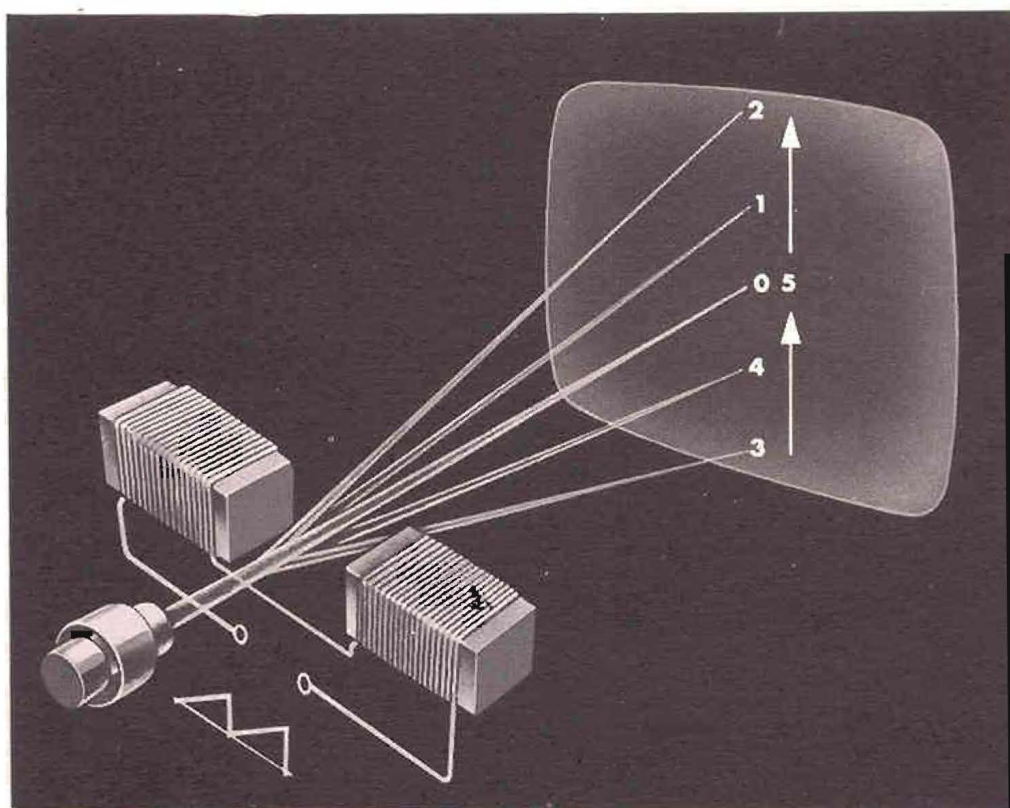


Figura 6. — Barrido vertical lineal.

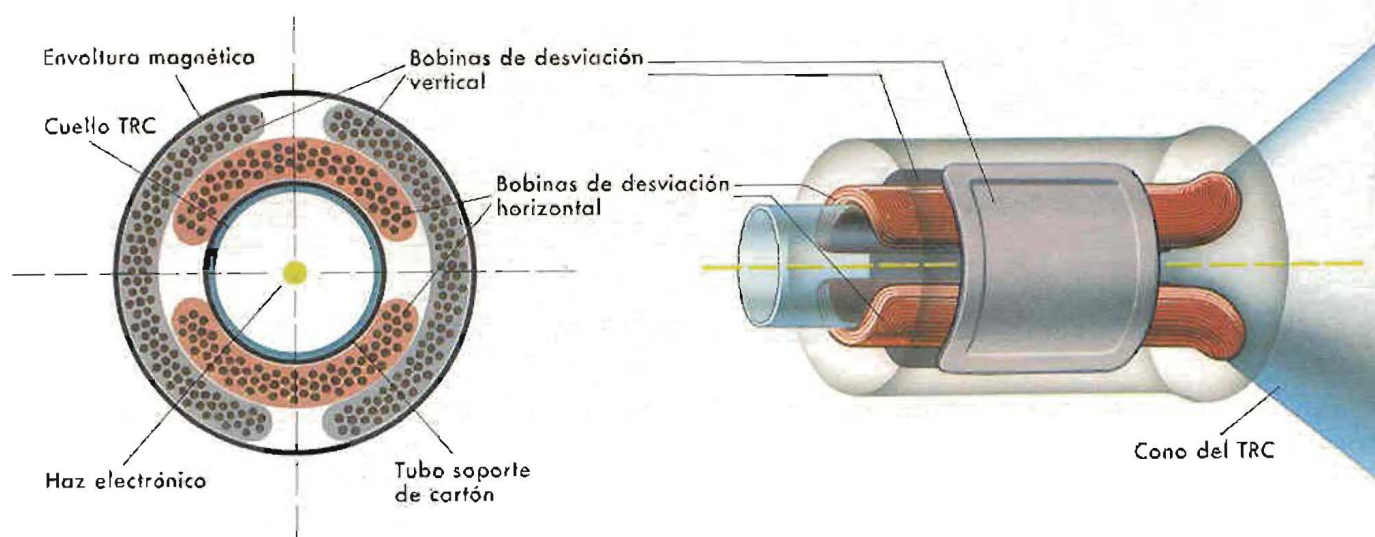


Figura 7. — Disposición práctica básica del yugo de deflexión sobre el TRC.

En la práctica, los dos pares de bobinas están devanadas sobre un soporte, curvándolas para que se adapten al cuello del tubo. Unos constructores emplean bobinas con núcleo de hierro, con lo que se reduce la energía eléctrica necesaria para la desviación; otros montan las bobinas sin núcleo de hierro, pero las recubren con chapa magnética para disminuir la reluctancia del

circuito magnético exterior al tubo, con lo cual dicha envoltura también actúa como pantalla magnética.

Posteriormente se sustituyó el núcleo de hierro por un material aglomerado cerámico magnético conocido con el nombre de *ferroxcube* (figura 8) que da lugar a pérdidas muy inferiores a las del hierro a las frecuencias elevadas con que

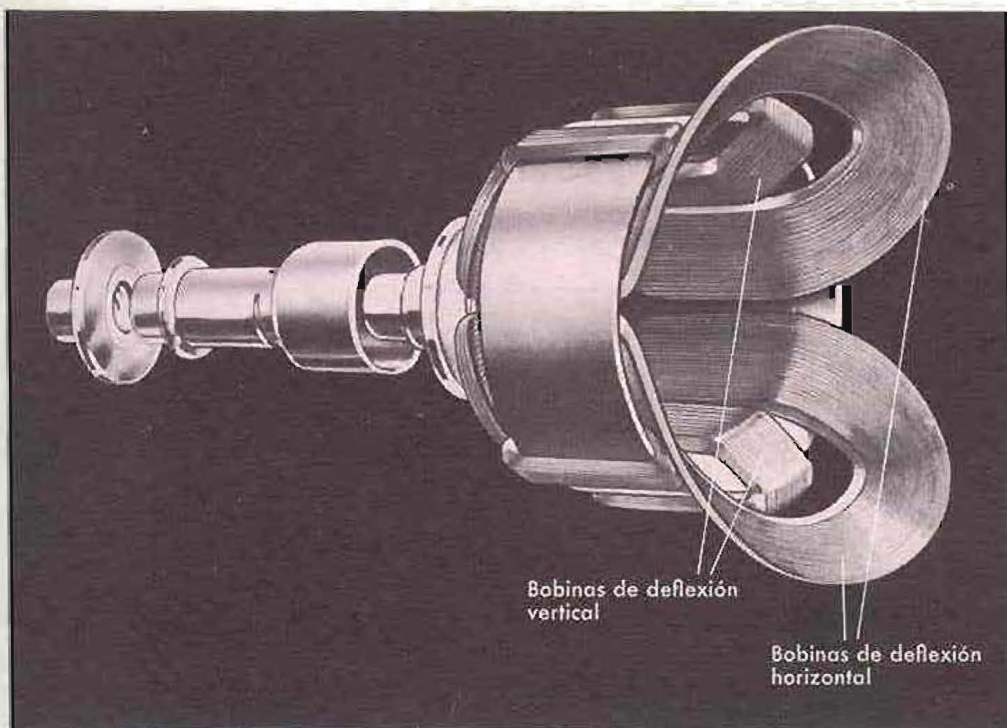
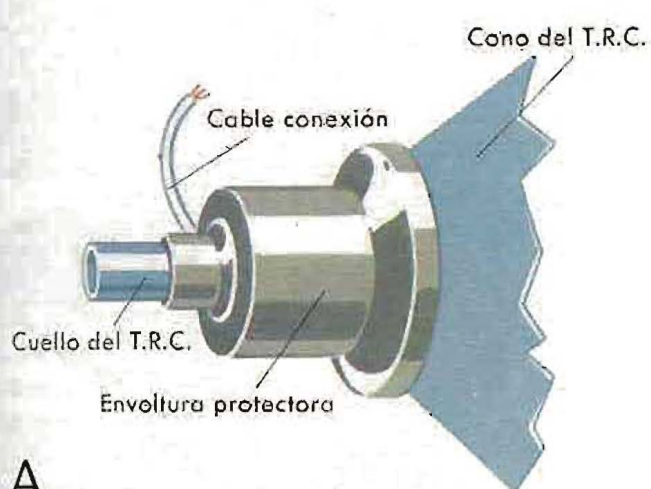
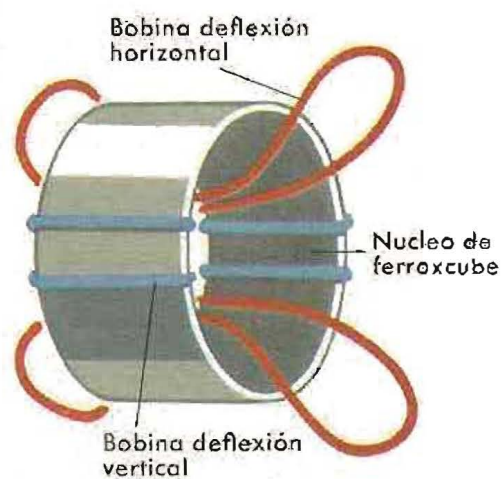


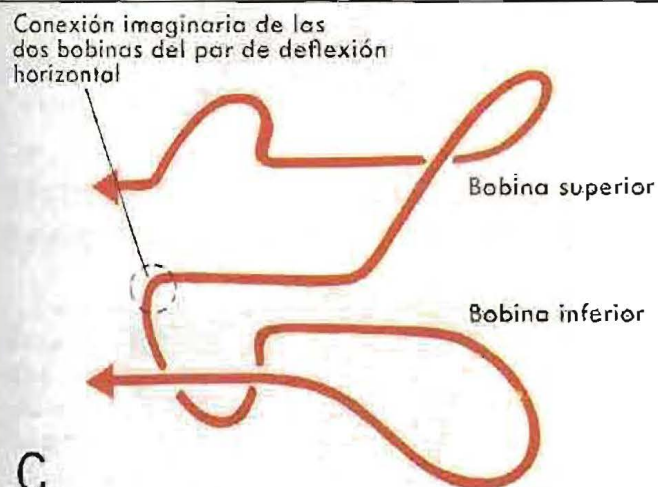
Figura 8. — Conjunto y despiece de un yugo de deflexión.



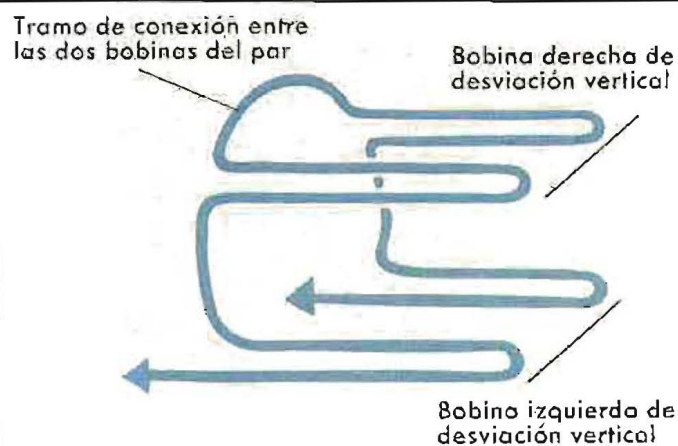
A



B



C



D

se trabaja en televisión. Es fácil darle cualquier forma en un molde —se vierte el material en moldes o coquillas adecuadas, y después de un enfriamiento y *polimerización* se endurece conservando la forma del molde—.

Más tarde se sustituyó la envoltura metálica de protección del yugo por un moldeado de resina epóxica que da gran solidez al conjunto. (Figura 9.)

Modernamente se ha simplificado aún más la constitución de los yugos de deflexión buscando mayor economía y ligereza de peso, al mismo tiempo que se ha obtenido el máximo rendimiento. (Figura 10.) Esta economía y ligereza se ha conseguido gracias a nuevas resinas y materiales plásticos, a la alta tecnología de producción y a expensas de la protección del yugo. Este último punto no cabe considerarlo como desventaja, ya que la experiencia demuestra que el yugo, en la práctica, no se maltrata —por una parte porque, hoy en día, el técnico en televisión es cualificado y sabe cómo debe tratar el material y, por otra parte, porque no debe forzarse ni golpearse este componente, ya que con ello se produciría la rotura del cuello del tubo de rayos catódicos con el consiguiente peligro que representa su implosión y, además, el coste del tubo—.

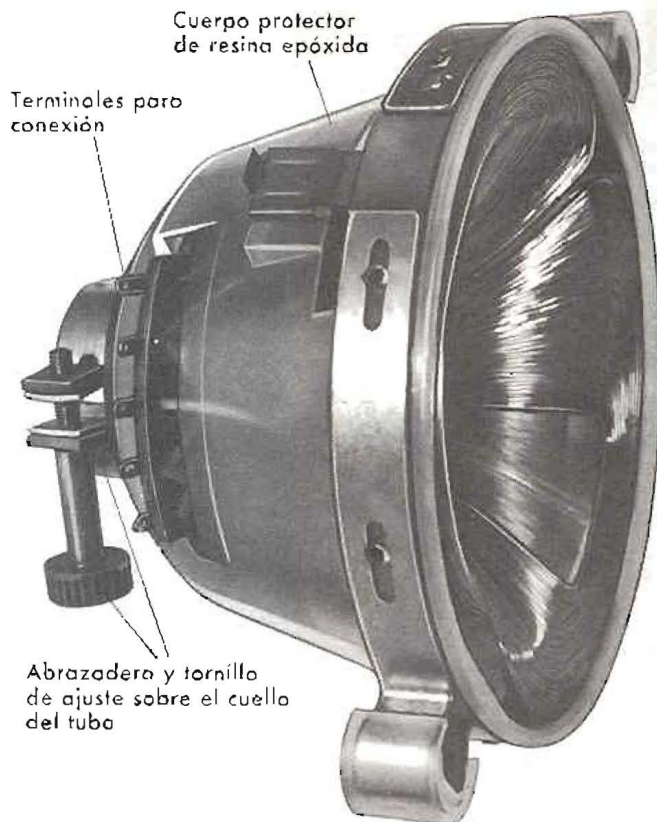


Figura 9. — Yugo de deflexión con protección de resina epóxica.

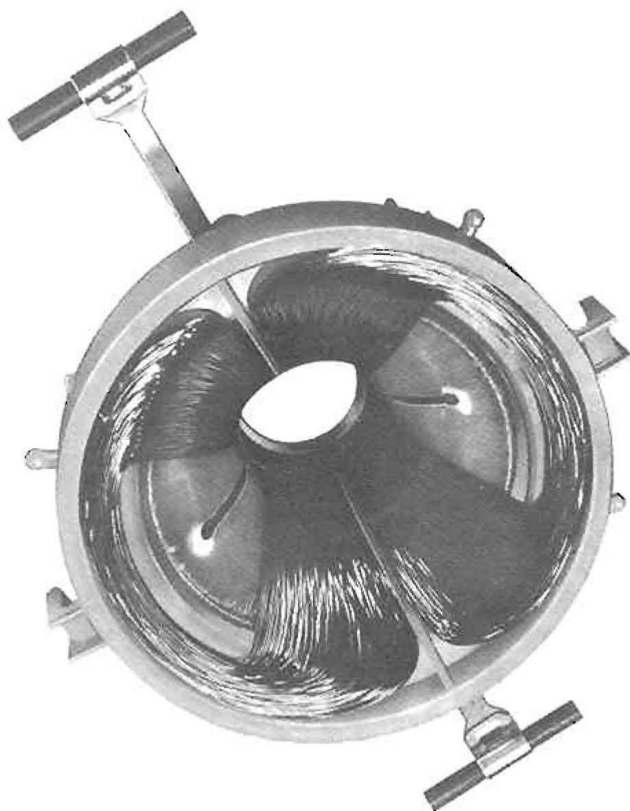


Figura 10. — Moderno yugo de deflexión.

1. Detalle de una bobina.
2. Detalle del núcleo magnético de ferroxcube.



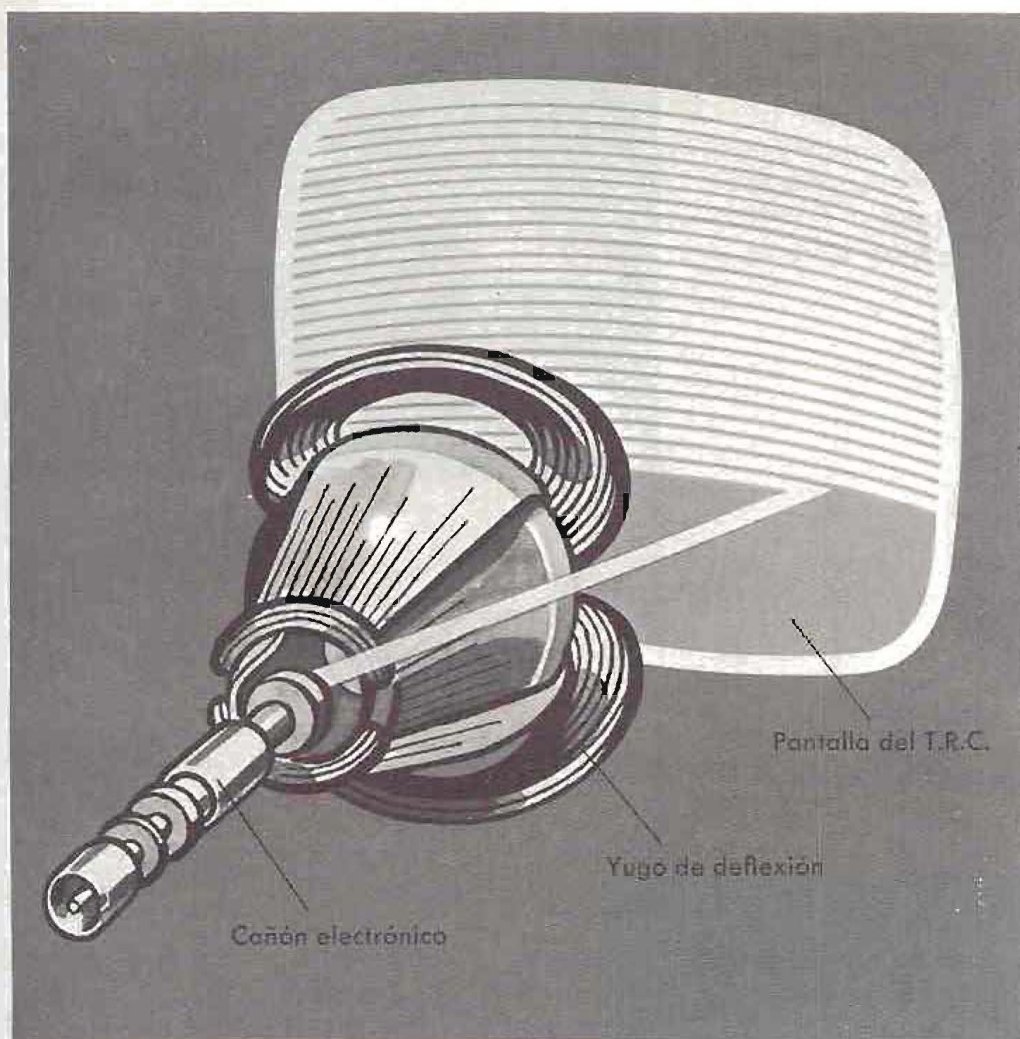


Figura 11. — Exploración de la pantalla del tubo de imagen por el haz electrónico emitido por el cañón y dirigido por el yugo de deflexión gobernado por los impulsos de frecuencia de cuadro y de línea.

El yugo no contiene solamente los dos pares de bobinas de desviación, sino que está completado por pequeños imanes ajustables, colocados en lugares determinados, que contribuyen a la mejora de la puesta a punto del centrado de la imagen y, como veremos más adelante, a la buena geometría de ésta.

De lo que ya conocemos podemos deducir que los tres elementos variables necesarios para la reproducción de una imagen de televisión son:

1. La tensión entre el cátodo y la rejilla (o primera rejilla) del cañón electrónico.

Variando esta tensión, se varía también la in-

tensidad del punto luminoso sobre la pantalla.

2. Una corriente en forma de dientes de sierra para el barrido de cuadro aplicada a las bobinas de desviación vertical.

3. Una corriente en forma de dientes de sierra para el barrido de línea aplicada a las bobinas de desviación horizontal.

Las tensiones aplicadas a los demás electrodos del tubo de imagen tienen, por contra, valores fijos y bien determinados; a lo máximo sólo necesitan un ajuste a voluntad del telespectador, como son los mandos de contraste y de brillo.

PARTICULARIDADES DEL TUBO DE IMAGEN PARA RECEPTORES DE TELEVISION

Conocemos ya la constitución básica del tubo de rayos catódicos; sin embargo, para su utilización como tubo de imagen para receptores de televisión se le ha ido dotando de una serie de perfeccionamientos y modificaciones.

Lo mismo que el tubo de rayos catódicos básico, el de imagen también consta de una ampo-

lla de vidrio en la que se ha producido el vacío. (Lógicamente la ampolla tiene una forma adecuada para presentar una pantalla aproximadamente rectangular con relación de lados de 3 a 4.) De inmediato observamos que no dispone de placas de desviación electrostática, ya que está previsto para desviación electromagnética.



Figura 12. — Tubo de imagen para receptores de TV.

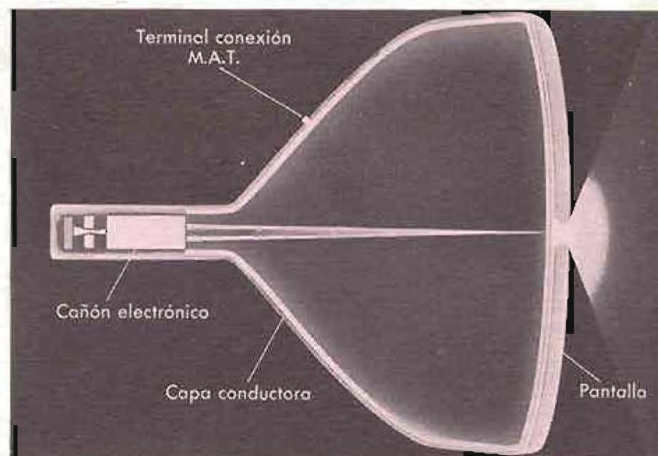


Figura 13.

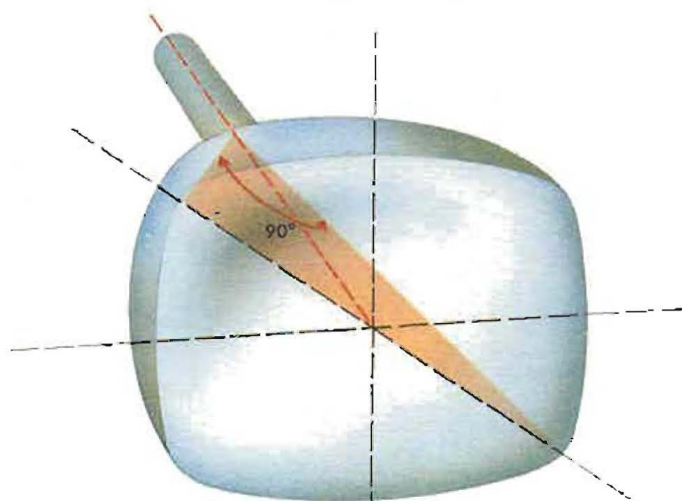
ANGULO DE DESVIACION

La tendencia a utilizar pantallas de mayor superficie en los receptores de televisión ha conducido a la creación de tubos de imagen en los que pudiera obtenerse un gran ángulo de desviación.

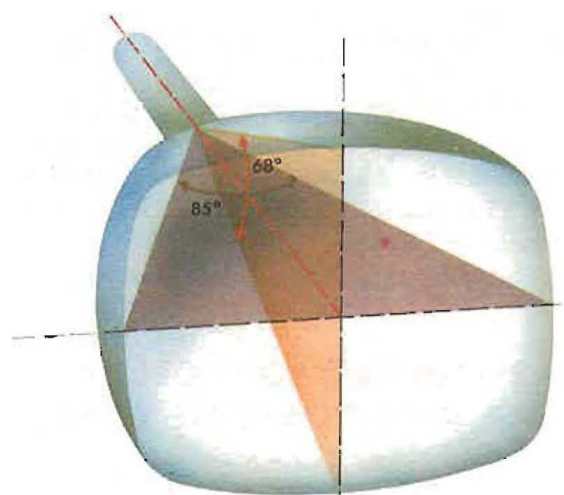
Se denomina, en estos casos, *ángulo de desviación* al ángulo de *máxima* desviación con que trabajan el tubo, el sistema deflector y su circuito de

alimentación. Lógicamente existen tres ángulos característicos de desviación (fig. 14): vertical, horizontal y diagonal. No obstante, los tubos de imagen se reconocen y dosifican por el ángulo de máxima desviación diagonal, ya que los ángulos vertical y horizontal son función de aquél.

Si se utilizase un mismo ángulo de desviación



Angulo de desviación diagonal o "ángulo de desviación" 90°



Angulo de desviación vertical 68° y ángulo de desviación horizontal 85°

Figura 14. — Un tubo de imagen se clasifica por su "ángulo de desviación", que es el de máxima desviación según su diagonal, que viene caracterizado por los ángulos de máxima desviación horizontal y vertical. En el caso de tubos de 90° se citan a título indicativo los otros dos ángulos de desviación.

y hubiese de ser mayor la pantalla, el tubo tendrá una longitud total, de pantalla a zócalo, también mayor, y se necesitaría un mueble más profundo, lo cual es poco práctico. Por ello, al desarrollarse las pantallas de mayor superficie se ha procurado aumentar el ángulo de desviación. (Figura 15.)

En un principio el ángulo de desviación era normalmente de 70° . Posteriormente se fabricaron los tubos de 17 y 21 pulgadas con 90° ; y en la actualidad, con el ángulo de 110° (realmente 114°) se han conseguido las versiones *extraplanas* de 19" en pantalla normal y 21, 23 y hasta 25" en pantalla grande.

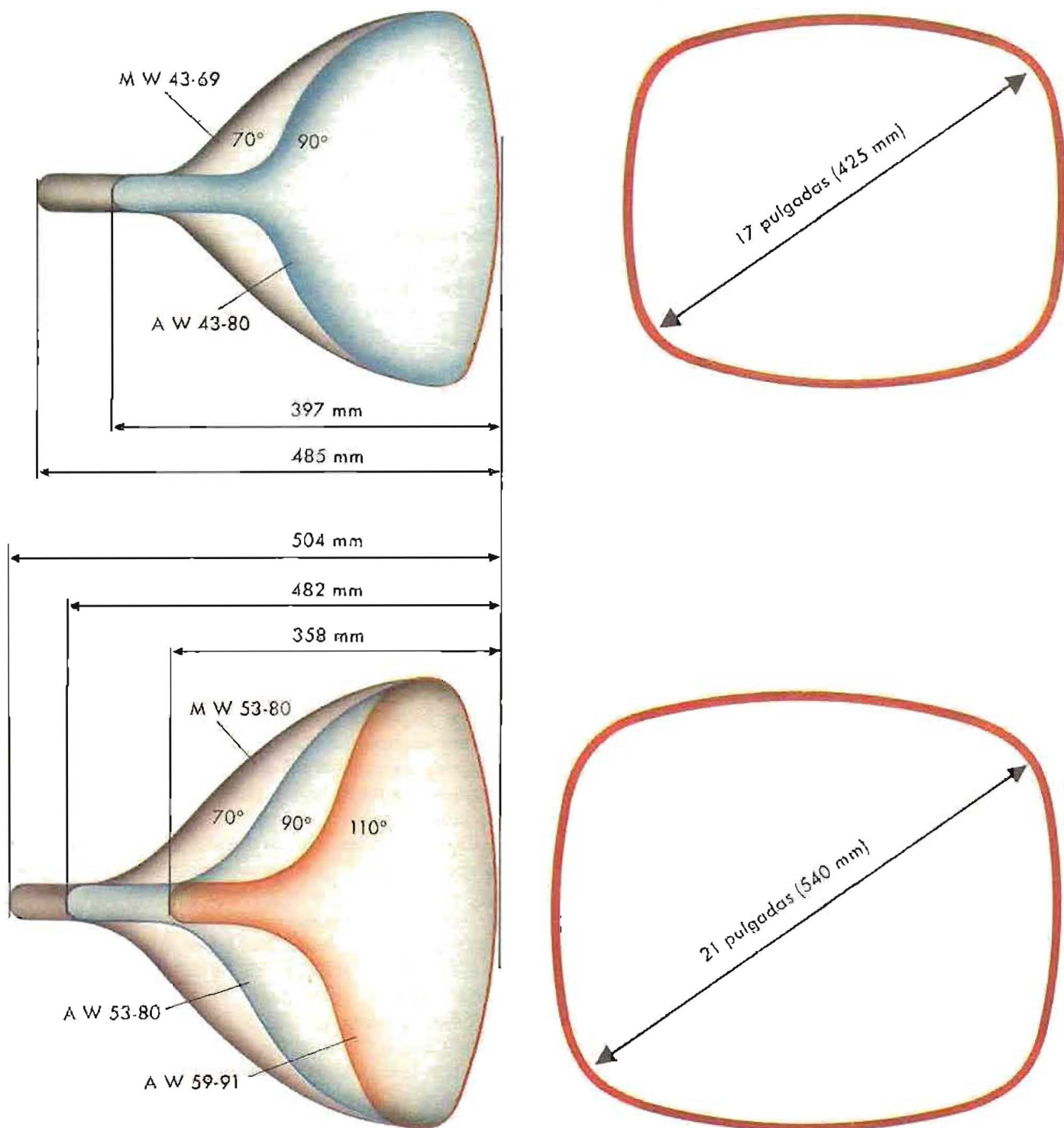


Figura 15. — Aumentando el ángulo de desviación se ha logrado reducir la longitud del tubo de imagen —reducir la profundidad necesaria del mueble del televisor—. Con pantallas de 17 pulgadas, al pasar de 70° de desviación a 90° se logró reducir aproximadamente 10 cm de longitud del tubo. Con pantallas de 21 pulgadas se ha logrado reducir, aproximadamente, 15 cm la longitud del tubo al pasar de 70° a 110° de desviación.

CONCENTRACION ELECTROSTATICA

Además, en un principio, los tubos eran de *concentración magnética*. En las versiones de 90° se adoptó, la *concentración electrostática*, lo que hizo posible cierta reducción de su longitud en comparación con los de concentración magnética, ya que el cuello de aquéllos era dos centímetros más corto que el de los últimos. También, la concentración electrostática tiene la ventaja de no precisar voluminosos dispositivos de concentración.

Recordemos que la acción concentradora del enfoque electrostático se obtiene dentro de la lente electrónica por medio del electrodo concentrador o de enfoque que rodea a las dos secciones del electrodo acelerador. (Figura. 16.)

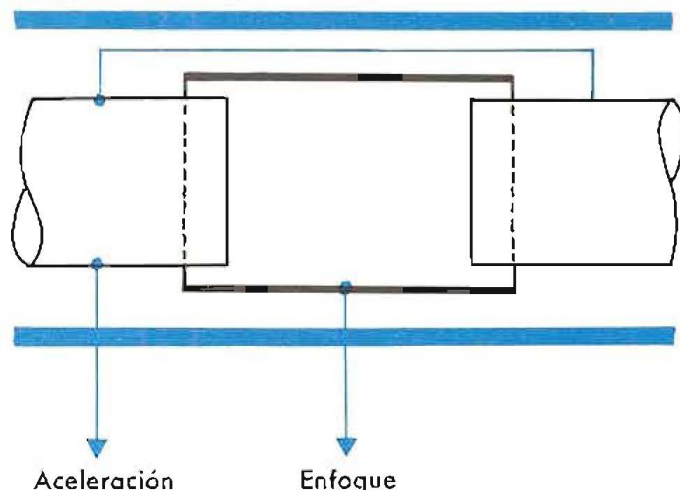


Figura 16. — Sistema de concentración electrostática.

LA MANCHA IONICA

Un inconveniente —el cual se logró solventar pronto— del tubo con deflexión electromagnética era la aparición de una mancha o decoloración en el centro de la pantalla; tal fenómeno solía aparecer después de algunas horas de funcionamiento y se producía tanto más pronto cuanto mayor era la tensión del ánodo acelerador.

El origen de este defecto reside en que el cátodo del tubo de rayos catódicos no solamente emite electrones, sino también iones o partículas infinitesimales más complejas que los mismos electrones. Tales partículas, procedentes generalmente de la capa de óxido del cátodo, tienen carga eléctrica, o sea, son partículas negativas que tienen carga igual o múltiple de la de los electrones. Tienen además una masa mucho mayor de la de los electrones: de 2000 a 500.000 veces mayor según su composición química. Recordemos que una molécula o un átomo adquiere una carga eléctrica porque la partícula adquiere o pierde uno o varios electrones en relación al número de electrones que contiene cuando es eléctricamente neutra. Cuando una molécula o un átomo pierde un electrón se provoca el desequilibrio eléctrico en esta partícula, de lo cual se deriva que la molécula adquiere una carga positiva. El ion que se forma es positivo porque las cargas positivas permanecen intactas, y por ello en el conjunto son mayores que las negativas de las cuales se ha perdido un electrón. Lo mismo sucede si a una molécula o a un átomo se añade un electrón: en este caso la partícula adquiere una carga negativa que corresponde precisamente a la de un electrón, y en consecuencia el ion es negativo. Los iones son, pues, partículas que han

adquirido carga eléctrica. Estas partículas están constituidas por átomos o grupos de átomos. Por consiguiente, la masa de cada uno es mucho mayor que la de un electrón, independientemente del hecho de que está caracterizado por una carga eléctrica equivalente, negativa o positiva, con respecto a la de un electrón. En el tubo de rayos catódicos empleado en televisión los iones positivos emitidos por el cátodo junto con los electrones no causan contratiempos, ya que inciden de nuevo en el cátodo o en la rejilla o cilindro de Wehnelt. Por el contrario, los iones negativos pueden provocar notables inconvenientes a menos que se tomen medidas especiales para impedir que lleguen a la pantalla. Los iones negativos son atraídos por el ánodo final y proyectados sobre la pantalla exactamente igual que los electrones; pero a causa de su masa notablemente mayor, se desplazan con menos velocidad.

En los tubos con deflexión electrostática, la desviación actúa por igual sobre los electrones que sobre los iones negativos, por lo que exploran juntos la pantalla. Como esta exploración es continua, el efecto de los iones negativos no es permanente en ningún punto de la pantalla.

En cambio, cuando se trata de la desviación electromagnética, el grado de desviación está en razón directa de la velocidad de las partículas y en razón inversa de su masa, por lo que los iones negativos apenas son desviados en relación con los electrones, ya que los primeros tienen mucha más masa y menor velocidad que los segundos.

El resultado es que el haz iónico alcanza la pantalla; pero como sufre menor desviación, en vez de alcanzar toda la superficie de la pantalla

en todos los sentidos, horizontales y verticales, como hacen los electrones, los iones se concentran en una pequeña superficie hacia el centro de la pantalla. En otras palabras, los iones forman un haz que golpea siempre la misma zona de la pantalla fluorescente y la somete a cierto desgaste. El continuo bombardeo iónico daña la capa fluorescente, que se *agota* con rapidez. Durante el funcionamiento del tubo, si no se tomaran las medidas oportunas, los iones continuarían bombardeando la pequeña zona mencionada hasta destruirla.

Esta zona central de la pantalla del tubo catódico emite cada vez menos luz durante el funcionamiento del televisor, como si la pantalla se *quemase* lentamente a partir del centro. En los primeros tubos se formaba una mancha oscura en el centro de la pantalla; al cabo de cierto período de tiempo (algunos meses) de funcionamiento tal mancha se hacía cada vez mayor, hasta que después de cierto tiempo era necesario sustituir el tubo, dada la pésima reproducción de la imagen.

Este fenómeno perjudicial se llama *quemadura o mancha iónica*.

No se ha podido lograr la eliminación de los iones negativos en el tubo de rayos catódicos; sin embargo, se ha conseguido evitar sus efectos por dos procedimientos básicos diferentes.

Uno de ellos consiste en aprovechar la propiedad que tienen los electrones de atravesar delgadas películas de metales poco densos, como el aluminio, en el interior del tubo, en la zona de la pantalla. Dicha capa deja pasar los electrones y detiene los iones negativos.

Esta disposición tiene, además, muchas más ventajas; y por esto trataremos de ella con detalle al describir las *pantallas aluminizadas*.

El segundo procedimiento básico de evitar la quemadura iónica es el de las *trampas iónicas o atrapaiones*.

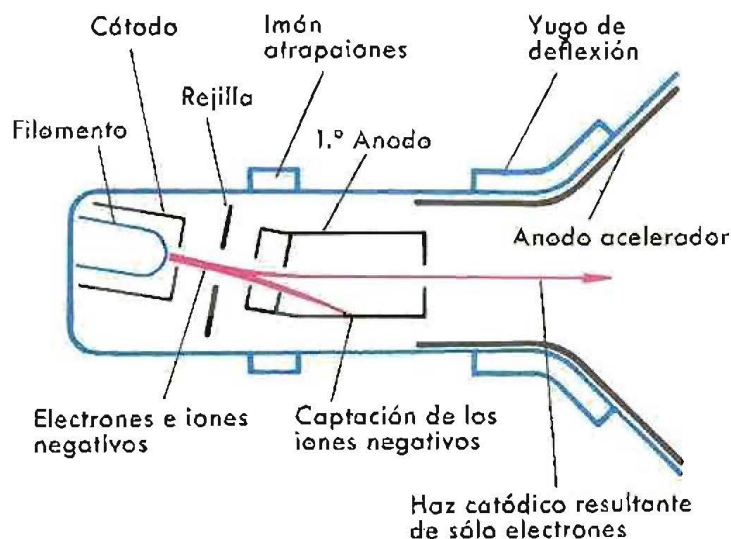


Figura 17. — Trampa iónica con cañón electrónico inclinado.

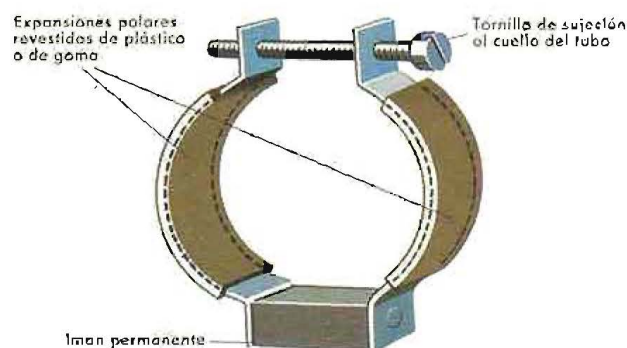


Figura 18. — Imán atrapaiones típico.

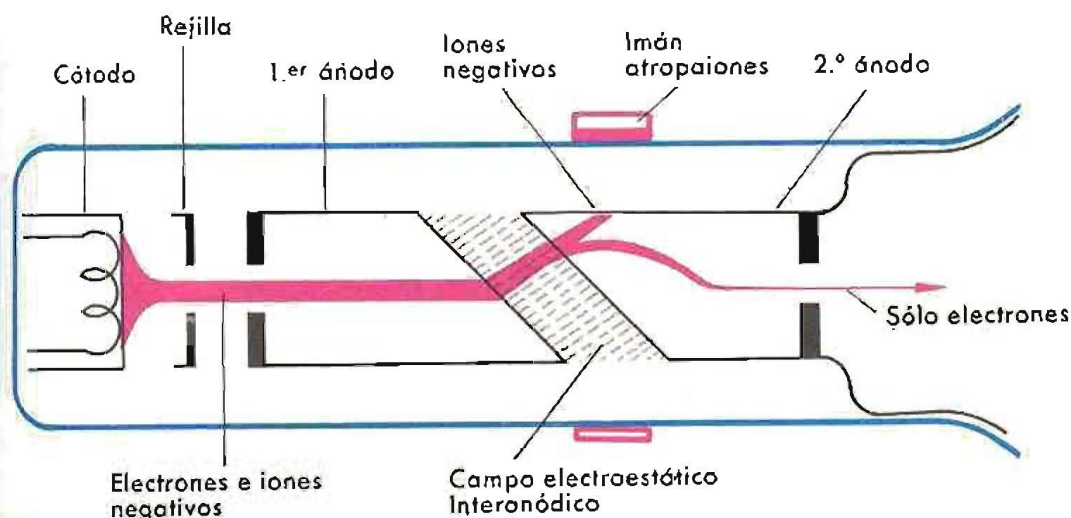


Figura 19. — Cañón electrónico recto con ánodos previstos para trampa iónica.

Se han ideado varios sistemas de atrapaiones, uno de los cuales muestra la figura 17. El cañón electrónico está inclinado, en el inicio, con respecto al eje del tubo por lo que tanto los electrones como los iones negativos tienden a incidir en la pared de la parte enderezada del cañón electrónico. Pero colocando un imán sobre el cuello del tubo se logra enderezar la trayectoria de las partículas ligeras; es decir, se logra desviar a los electrones y dirigirlos en la dirección justa para hacerles pasar por el cuello y alcanzar libremente la pantalla; pero no a los iones negativos, que son mucho más pesados y son captados por el potencial positivo del ánodo sobre el que inciden. Si nos fijamos bien, el principio de su funcionamiento se basa en el hecho de que los campos electrostáticos tanto desvían iones como electrones, mientras los campos magnéticos apenas desvían los iones, debido a su mayor masa. Como se ve en la figura 17, la trampa iónica no desvía los iones, que prosiguen en línea recta y recaen sobre el segundo ánodo, mientras los electrones se dirigen hacia la pantalla como si el cañón fuese recto.

Para desviar los electrones y volver a dirigirlos sobre el eje del tubo, la trampa iónica proporciona un campo magnético constante a través del cuello del tubo. Está formada por un imán permanente sujeto entre dos expansiones polares dobladas de modo que forman un anillo. Estas expansiones polares están constituidas por un material magnético (hierro dulce), el cual se magnetiza a través de los polos del imán permanente, alargando y conformando el campo magnético a la forma del tubo. El dispositivo se coloca sobre el cuello del tubo de rayos catódicos, en el exterior, y se mantiene sujeto mediante un muelle. Hay otros sistemas en los que se basan las trampas iónicas, pero el funcionamiento es siempre el mismo. Hay trampas iónicas que en lugar de un muelle para la sujeción tienen tornillos; las hay también con un simple anillo abierto por un lado y magnetizado en el sentido de la circunferencia, etc.

Las trampas iónicas se aplican de forma que estén casi en contacto con el vidrio del cuello del tubo; para evitar que el metal pueda arañar el vidrio, con el peligro de resquebrajaduras, se aplica entre el metal y el vidrio una tira de goma, de material plástico o cualquier otro, como cartón, fibra, etc.

En lugar de recurrir a colocar un cañón electrónico inclinado, lo que presenta ciertas dificultades de construcción o montaje, algunos fabricantes prefieren adoptar cañones electrónicos rectos con electrodos de formas especiales.

La figura 19 muestra un cañón electrónico rec-

to en el que las superficies extremas encaradas de los dos ánodos están inclinadas con relación al plano normal al eje del tubo.

El campo electrostático es perpendicular a las superficies inclinadas y, por tanto, también inclinado con relación a la trayectoria del haz electrónico. Este campo, por ser electrostático, domina y desvía tanto a los electrones como a los iones negativos del haz y los dirige hacia la pared interna del segundo ánodo. Sin embargo, si se coloca un imán atrapaiones en lugar adecuado, el campo magnético que produce desvía los electrones porque tienen poca masa; no así a los iones, mucho más pesados.

Con ello, los iones inciden en la pared del segundo ánodo que los capta por razón de su potencial; los electrones, desviados por el imán atrapaiones en forma conveniente, recuperan la trayectoria inicial que les corresponde en el eje del tubo.

En general, el imán atrapaiones no debe nunca colocarse más lejos (hacia el casquillo del tubo) que el plano de la rejilla de control.

Para el ajuste téngase presente que la primera fase de puesta a punto puede comportar desplazamientos notables del dispositivo a lo largo del cuello hasta encontrar la posición justa en que corrija la trayectoria de los electrones para que puedan alcanzar la pantalla del mejor modo. Una vez encontrada la posición *casi* justa, la puesta a punto final es bastante crítica. Por lo general los fabricantes dan las instrucciones necesarias para realizar con rapidez y exactitud la operación de regulación de la trampa iónica.

De todos modos, es suficiente saber que debe aplicarse la trampa iónica de forma que no merme la máxima luminosidad del punto; es decir, de forma que transporte la mayor parte de los electrones a lo largo del eje del tubo, actuando de forma que solamente los iones sean captados por el segundo ánodo.

Es lógico que si parte de los electrones hallase un obstáculo en el diafragma —es decir, si a través de su orificio no pasase más que una parte— el haz electrónico se reduciría como si el cátodo estuviese agotado y emitiese menor flujo electrónico. Para ajustar la trampa iónica se la desplaza hacia adelante y hacia atrás a lo largo del cuello del tubo y haciéndola girar alrededor de la circunferencia, buscando la posición en que se obtenga la máxima luminosidad en la pantalla. Desde luego, en muchas posiciones el haz catódico no pasa totalmente, por lo cual la pantalla se ilumina parcialmente. Moviendo la trampa se ve cómo varía la luminosidad de la pantalla; una vez encontrado aproximadamente el punto crítico, se procede

a realizar pequeños retoques para que la luminosidad no presente grandes variaciones. Se prosigue así el ajuste final de la trampa iónica hasta dejarla en una posición en que esté iluminada toda la pantalla.

Es muy importante saber que no se debe dejar nunca la trampa iónica en una posición que no corresponda a la máxima luminosidad de la pantalla, puesto que cualquier reducción derivada del imperfecto ajuste de la trampa iónica hace que los electrones, antes de pasar por el orificio, hagan impacto en el segundo ánodo, provocando de esta forma su sobrecalentamiento con la consecuencia de una duración menor del tubo catódico.

CENTRADO DE LA IMAGEN

Además del atrapaiones, al cuello del tubo de imagen se aplican otros dispositivos, de entre los cuales cabe citar los destinados al centrado de la imagen en la pantalla.

Por centrado de la imagen se entiende la operación de hacerla coincidir con los bordes de la pantalla; precisamente con los bordes superior e inferior, para la desviación vertical, y con los bordes izquierdo y derecho, para la desviación horizontal. El ajuste del centrado de la imagen es necesario porque sería bastante difícil generar corrientes, y por consiguiente campos magnéticos deflectores exactos. Tampoco es cosa fácil la construcción de yugos de deflexión que provoquen una desviación correcta. Por supuesto que la solución más lógica sería intentar obtener, partiendo desde el comienzo, el mejor centrado, conformando lo más posible la forma de onda de las tensiones aplicadas al yugo de deflexión y la estructura de los devanados.

También es necesario cuidar de que el imán permanente empleado con un determinado tipo de tubo produzca un campo magnético de intensidad adecuada para su funcionamiento óptimo. Por ejemplo, si para obtener el mejor resultado la trampa iónica tuviese que instalarse en posición que supere parcial o totalmente el casquillo, se deduciría que el campo magnético producido por aquélla es excesivo para este tipo de tubo. Por el contrario, si el campo magnético de la trampa iónica es demasiado débil, no hay ninguna posición que dé el resultado requerido; en este caso es necesario reemplazarla por otra de intensidad de campo superior.

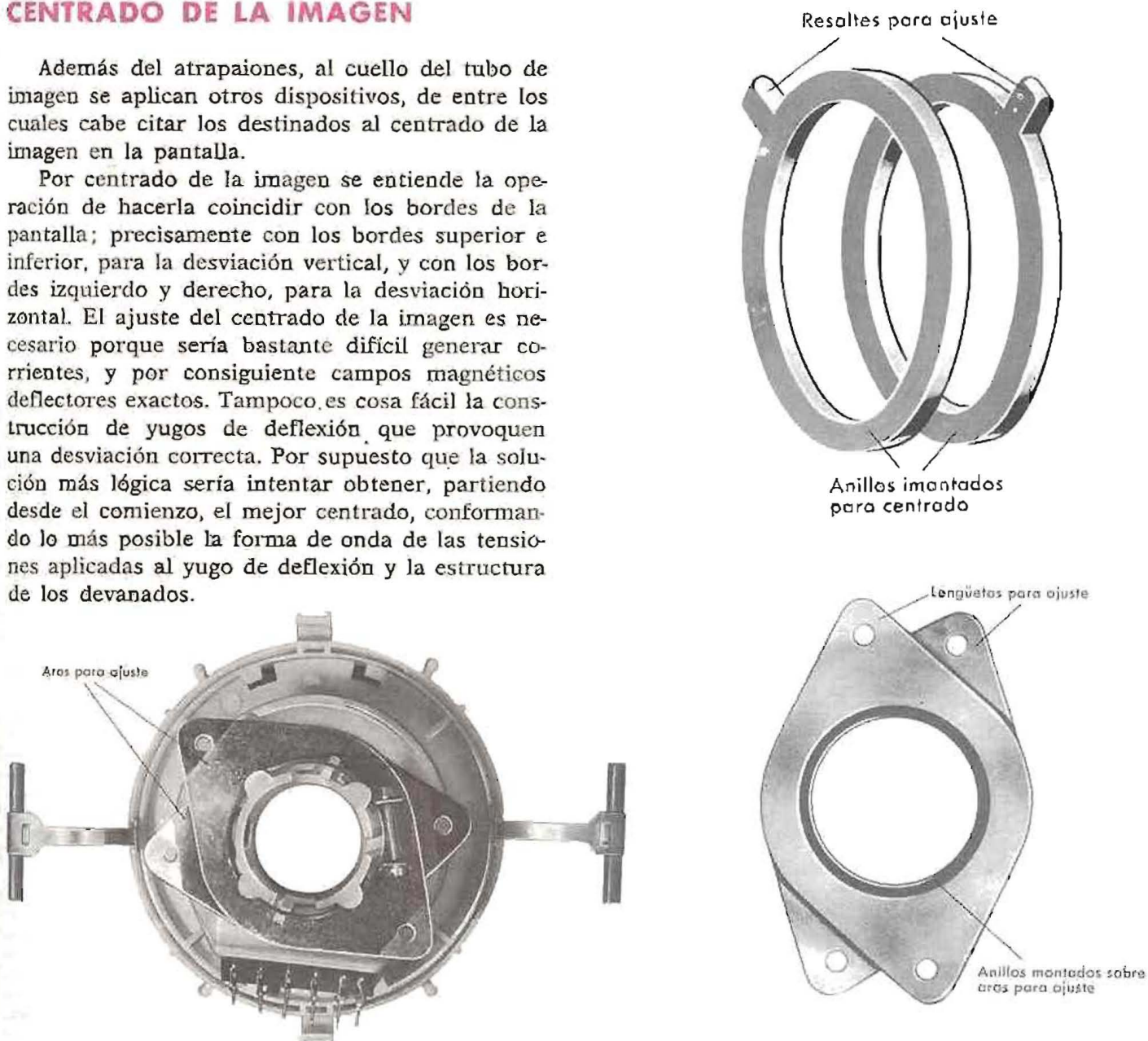


Figura 20.—Imanes de centrado, en forma de anillos, con resaltes de ajuste o montados sobre aros con lengüetas de ajuste. Ejemplo de incorporación en un moderno yugo de deflexión.

Tal como acaba de decirse, es muy difícil obtener la perfección en la construcción del yugo, lo que obliga a valerse de dispositivos llamados «de centrado de la imagen».

Un dispositivo para el centrado de la imagen, y prácticamente el que más se utiliza, consiste en dos anillos magnetizados a lo largo del diámetro que se colocan en el cuello del tubo —entre el

yugo de deflexión y el zócalo. Estos discos llevan un resalte o están montados en algún aro o dispositivo equivalente que permita el giro independiente de cada disco alrededor del cuello del tubo y con relación uno al otro. Los discos acostumbran estar situados en la parte posterior del yugo de deflexión (figura 20); basta, con ello, con regular las dos lengüetas para obtener el centrado.

ABERRACION DE LA IMAGEN EN EL TUBO Y SU CORRECCION

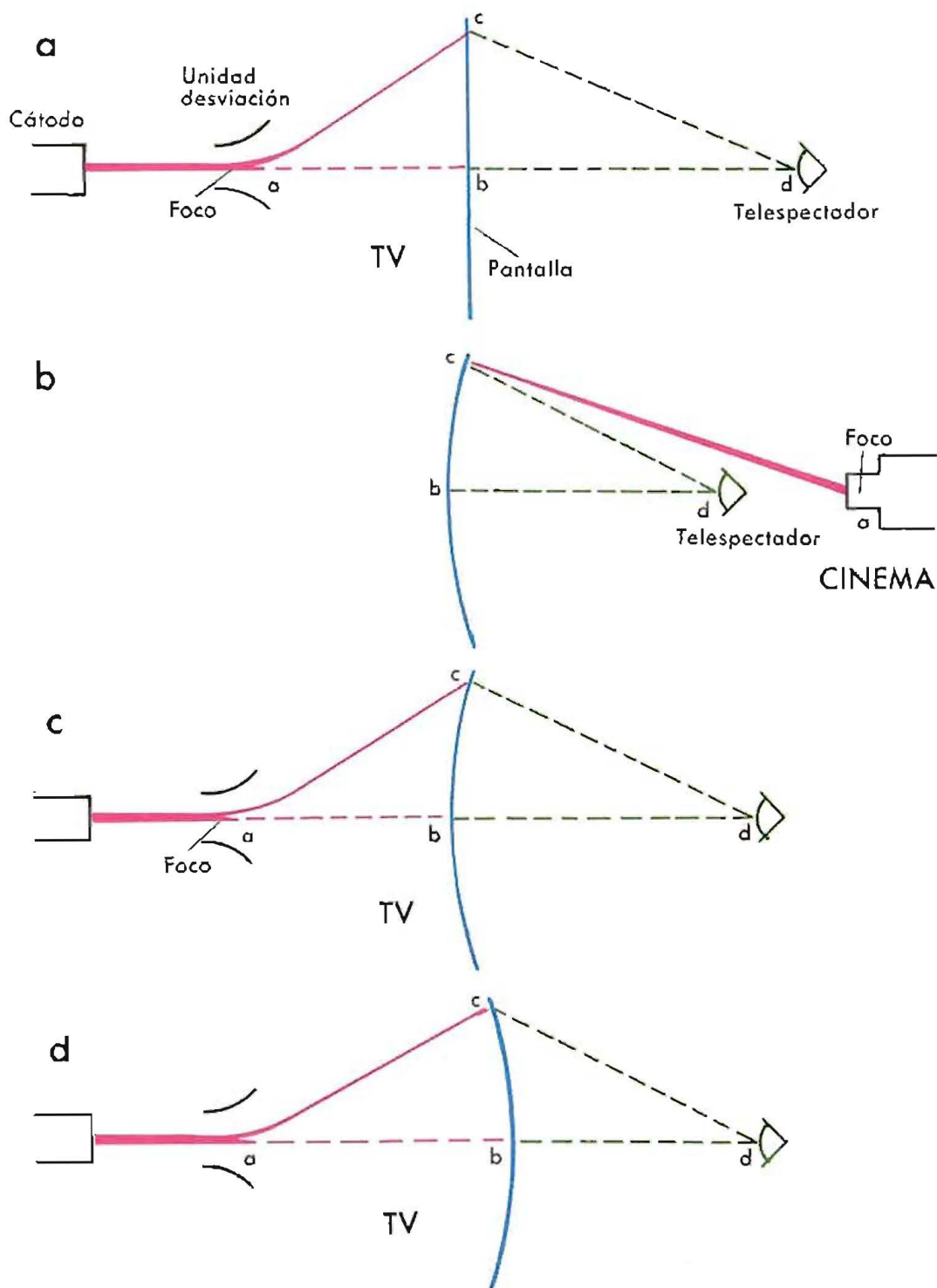


Figura 21 — A) En el tubo de imagen, si la pantalla es plana se produce desenfoque de la imagen en las zonas extremas porque $ac > ab$.

B) En la moderna proyección cinematográfica se concilia un enfoque total de la pantalla junto con una misma distancia de observación en todos los puntos de la pantalla, ya que tanto el foco como el espectador se hallan a un mismo lado. Con pantalla cóncava, $ac = ab$ y $cd = bd$.

C) En el televisor no es posible una pantalla cóncava con relación al espectador, ya que con relación al foco la distancia ac es muy superior a la ab , con lo que se producen desenfoques muy acentuados en las zonas extremas.

D) En TV deben utilizarse pantallas ligeramente convexas con relación al espectador, de forma que con relación al foco las distancias ac sean prácticamente iguales a ab y con ello no se produzcan desenfoques en ninguna zona de la pantalla aunque las distancias de observación cd no sean teóricamente iguales a bd .

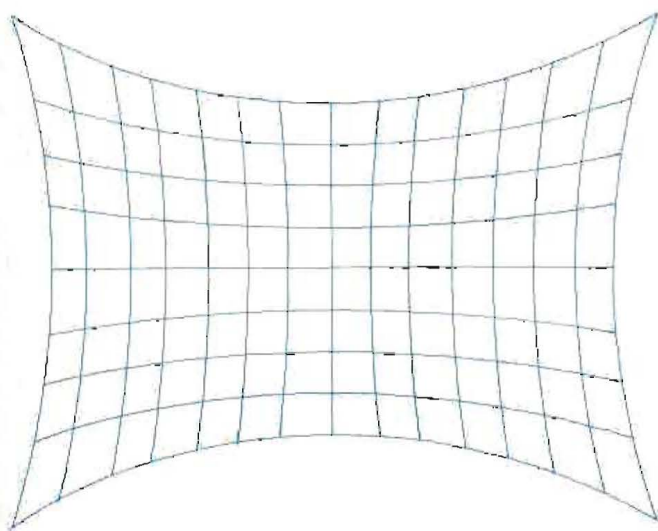
Además de los problemas de centrado, existen otras irregularidades a corregir, en especial las distorsiones en los bordes de la imagen. La imagen reproducida en la pantalla padece de varias distorsiones, en especial hacia los bordes externos. Una de éstas es un ligero desenfoque debido al hecho de que la pantalla no es una superficie perfectamente esférica; si fuese así, especialmente en los últimos tipos de 110 grados, sería difícil ante la pantalla—ver toda la imagen sin ninguna—incluso para una sola persona que se encontrase deformación esférica, puesto que, como es natural, el mejor resultado desde el punto de vista óptico se obtiene proyectando la imagen sobre una pantalla plana o con ligera concavidad hacia los espectadores, como sucede en las proyecciones cinematográficas. La pantalla del tubo de rayos catódicos no puede ser plana porque el haz catódico parte de un punto fijo o foco cuya distancia no puede variar; el haz electrónico habría de alargarse o acortarse según el punto de la pantalla en que debiera incidir.

Tampoco puede ser cóncava con relación al espectador—como ocurre en la moderna proyección cinematográfica—porque el foco del haz electrónico del tubo de imagen se halla en la parte opuesta, y siendo convexa con relación al foco la variación de distancias sería aún más acentuada. (En el cinematógrafo, el proyector se halla al mismo lado que los espectadores; siendo la pantalla cóncava con relación a los espectadores, lo es con relación al foco y pueden mantenerse las distancias. [Fig. 21].)

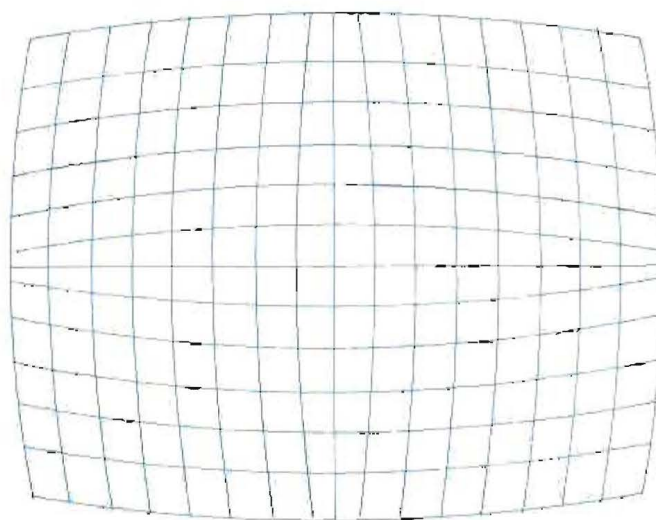
Por este motivo, desde el punto de vista electrónico, la pantalla debe ser lo más convexa posible hacia el que mira, para mantener la constancia del enfoque sobre toda la superficie, y lo menos posible, a efectos de la comodidad de observación por parte de un grupo de espectadores dispuestos en arco delante del televisor. La pantalla se construye de forma que concilie en lo posible esas dos exigencias contradictorias y se ha llegado a un compromiso entre la superficie plana y la esférica, lo que hace inevitable que la nitidez de la imagen sea mayor en el centro que en los bordes. Sin embargo, la técnica las ha mejorado mucho; los resultados obtenidos actualmente son muy satisfactorios y la imagen es aceptable en la periferia.

Además de las distorsiones de enfoque, otras distorsiones periféricas pueden provenir de campos magnéticos externos y de ligeras imperfecciones de las bobinas del yugo de deflexión que causen irregularidades en los bordes o en los ángulos de la imagen; o sea que producen deformaciones en forma de cojín o de tonel (véase la figura 22). Se ha dado un remedio bastante aceptable a estos defectos mediante el empleo de otros imanes suplementarios de corrección agregados a los modernos yugos de deflexión empleados en los tubos de rayos catódicos con ángulo de desviación de 110 grados, porque en estos tubos este defecto es mucho más evidente que en los de menor ángulo.

Las figuras 23 y 24 muestran dos realizaciones de yugos de deflexión dotados de imanes de corrección. Estas unidades se suministran ya ajus-



A



B

Figura 22.—Deformación de la imagen. A) En forma de cojín. B) En forma de barril

tadas para su óptimo comportamiento sobre un tubo de imagen típico. No obstante, en general existen los siguientes dispositivos de ajuste:

- Imanes rotatorios o giratorios para la corrección de distorsiones verticales para enderezar los extremos derecho e izquierdo de la imagen.
- Imanes deslizantes para la corrección de distorsiones horizontales en los bordes superior e inferior de la imagen.
- Imanes de compensación (opcionales) para la corrección de las cuatro esquinas de la imagen o trama.

El yugo de la figura 23 nos muestra que los imanes de corrección vertical son cilindros cortos y los de corrección vertical son varillas, aunque pueden tener cualquier otra forma. Ambos pares de imanes deben estar montados de forma que su desplazamiento sea fácil.

Para efectuar la corrección en los bordes horizontales de la pantalla se orientan, desplazando o girando, los dos imanes de varilla con respecto a la superficie exterior del tubo de forma que se corrijan las deformaciones en forma de cojín o de tonel que pudieran producirse en los bordes superior e inferior de la pantalla.

La corrección de los bordes verticales de la imagen se efectúa haciendo girar los dos pequeños imanes de forma circular. Estos dos imanes tienen agujeros cuadrados en el centro; se sujetan entre las expansiones polares que rodean el yugo de deflexión y se deslizan en ranuras adecuadas. De esta forma las expansiones polares, o mejor dicho todo el dispositivo, se puede desplazar, según las exigencias, en un sentido u otro a lo largo de la circunferencia máxima del yugo de deflexión. Además, la posición del imán puede regularse mediante la rotación sobre sí mismo, para corregir las deformaciones en forma de cojín o de tonel que se manifiestan en los bordes verticales de la pantalla.

Como se ha dicho, estos dispositivos están preajustados en fábrica; no obstante, su regulación no es crítica y sólo se requiere un poco de paciencia y de buena voluntad.

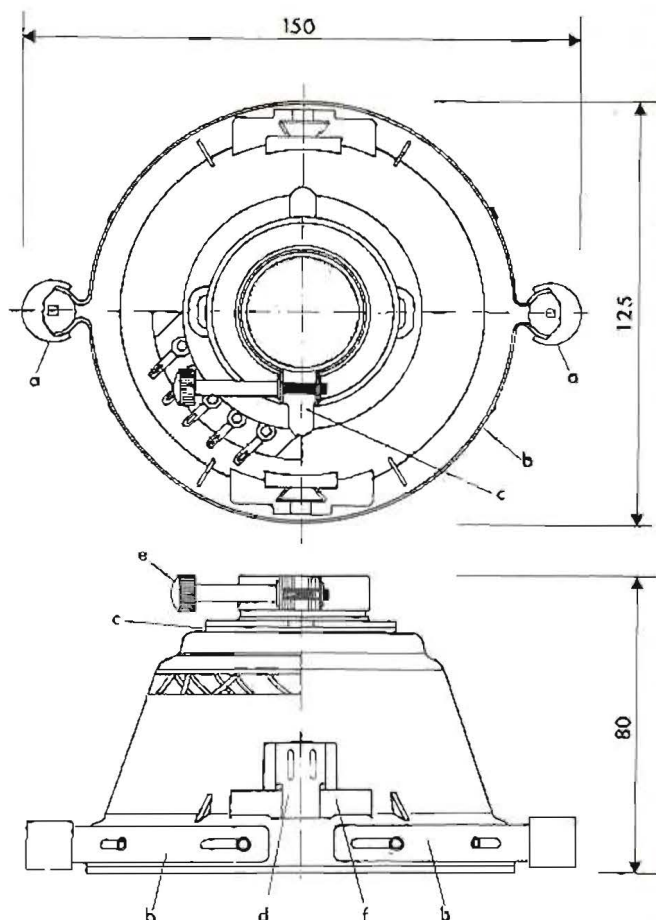
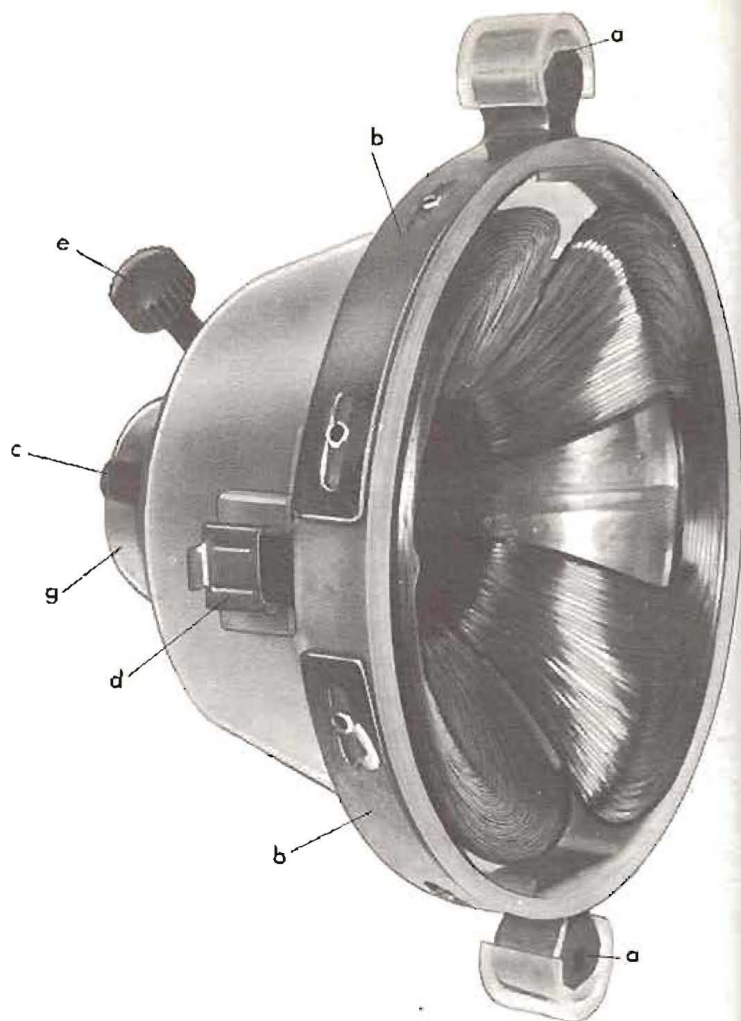


Figura 23. — Dispositivos auxiliares de un yugo de deflexión típico. A) Imanes giratorios de corrección de distorsión vertical. B) Expansiones polares de los imanes de corrección vertical. C) Anillos de ajuste de los imanes de centrado. D) Sujetadores de corredera para los imanes deslizantes de corrección horizontal. E) Portalmanes de compensación de la corrección de las esquinas de la trama. F) Imanes deslizantes para la corrección de distorsiones horizontales en los bordes superior e inferior de la imagen. G) Anillo de sujeción y ajuste del yugo al cuello del tubo.

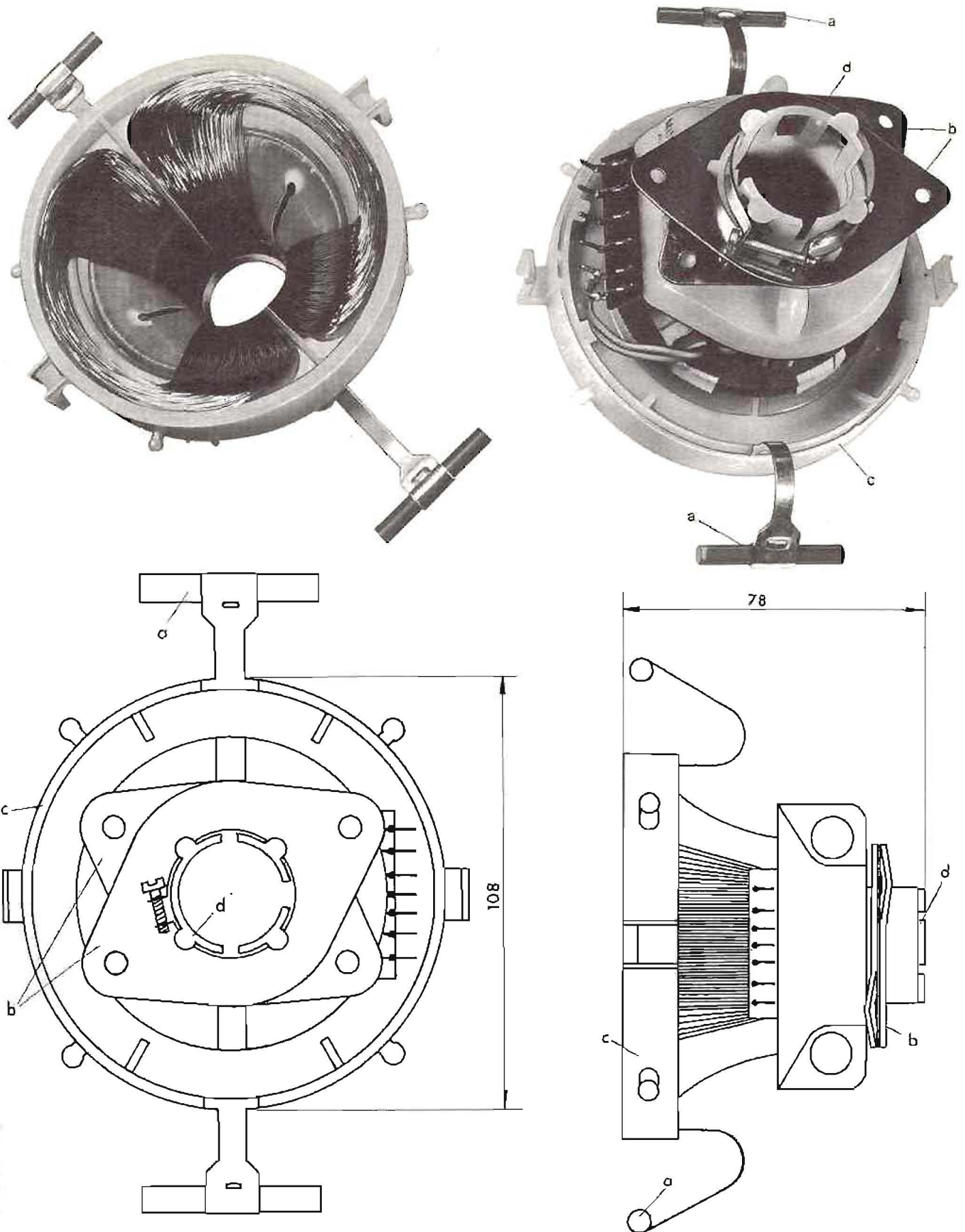


Figura 24. — Dispositivos auxiliares de un moderno yugo de deflexión. A) Imanes rotatorios de varilla para la corrección de la distorsión vertical. B) Discos de ajuste de los anillos imantados de centrado. C) Telones portaimanes de compensación para la corrección de las esquinas de la imagen. D) Sujeción y ajuste del yugo al cuello del tubo.

EL CAÑÓN ELECTRONICO DEL TUBO DE IMAGEN

Empecemos por el filamento. Como ya se ha indicado, el filamento es la parte del cañón electrónico que lleva a cierta temperatura el cátodo emisor de electrones. Se alimenta con una tensión que en el caso más usual —presente en casi todos los tubos catódicos utilizados en los televisores— es de 6,3 voltios. La corriente es de 0,3 amperios para emplearlos en los televisores que carecen de transformador de alimentación; el filamento del tubo de rayos catódicos y los de las válvulas que constituyen el receptor están conectados en serie. La resistencia total debe ser tal que, sumando las tensiones absorbidas por los filamentos de las válvulas, la intensidad de la corriente sea la necesaria para llevar los cátodos a la temperatura de funcionamiento necesaria.

El tipo de filamento descrito se presta muy bien tanto para la alimentación en serie, sin transformador de alimentación, como para la alimentación en paralelo.

De la suma de los valores de tensión de todas

las válvulas se obtiene la tensión total con que alimentar los filamentos, mas para lograrlo todos los filamentos deben requerir la misma intensidad.

Pasemos ahora a la rejilla de mando o control. A este electrodo se aplica una tensión negativa, o tensión de polarización, relativamente alta comprendida aproximadamente entre 30 y 100 voltios. La tensión de polarización se obtiene de diversos modos; por lo general se produce polarizando el cátodo con una tensión positiva respecto a masa obtenida de la tensión anódica que alimenta algún grupo de válvulas del receptor. Dicha tensión puede regularse intercalando una resistencia variable entre el cátodo y la masa.

Se deduce que al modificar la tensión de rejilla se varía también la luminosidad del tubo, ya que según cuál sea su valor pasan más o menos electrones a través del orificio de la rejilla. Como usted sabe, la tensión negativa repele los electrones hacia su fuente de emisión, es decir, hacia el

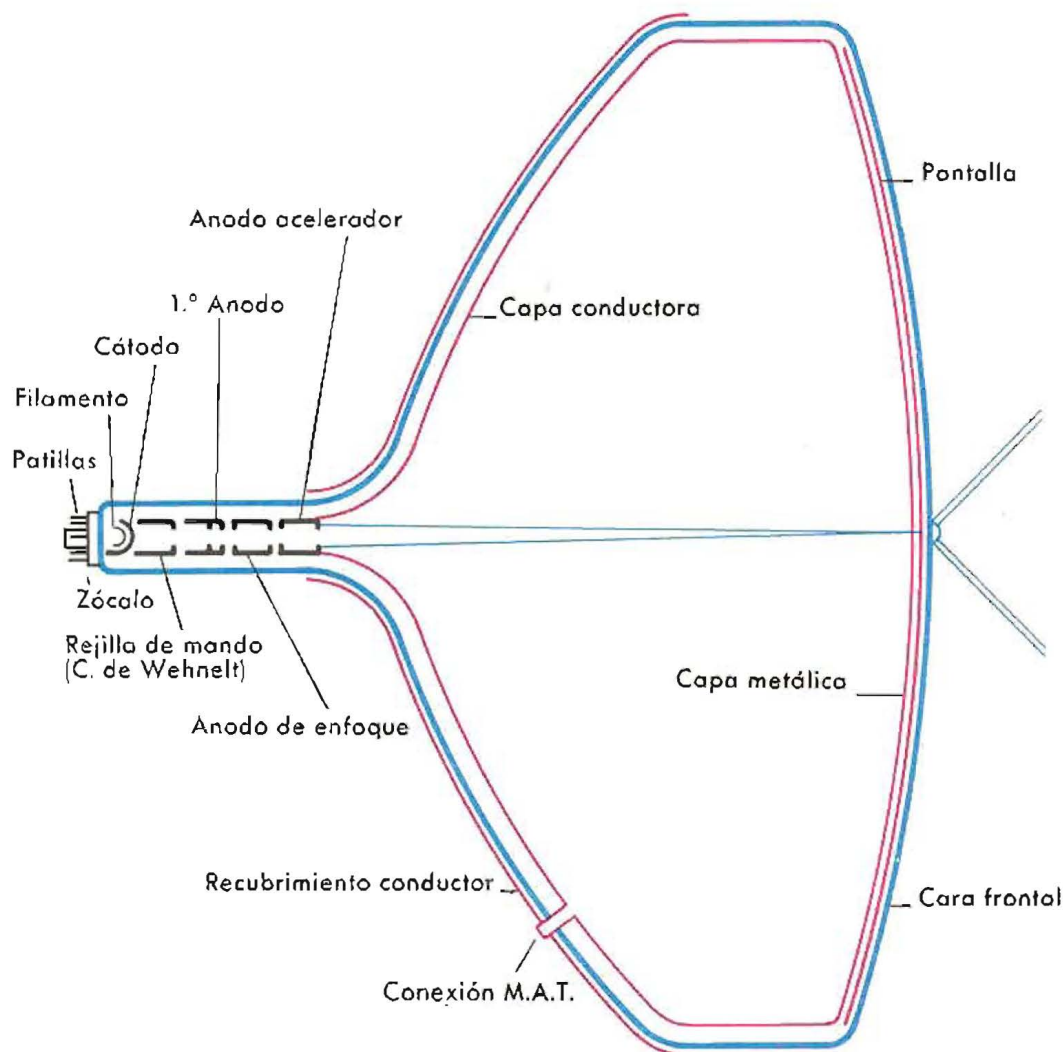


Figura 25. — Constitución básica del moderno tubo de imagen.

cátodo. Si es relativamente baja, parte de los electrones pasan igualmente a través del orificio de la rejilla; pero aumentando hasta cierto nivel la tensión negativa se puede bloquear por completo el flujo electrónico, llegando al oscurecimiento total de la pantalla. Cuando tratemos ampliamente del amplificador de video, nos ocuparemos de las señales que se aplican entre rejilla y cátodo.

A los electrodos siguientes —es decir, los diferentes ánodos— también se les denomina *rejillas*, porque realmente no captan electrones, sino que modelan o conforman el haz de electrones.

El primer ánodo tiene, entre otras, la función de acelerar y se alimenta con una tensión positiva comprendida entre 200 y 400 voltios. La tensión anódica de alimentación de algunas válvulas acostumbra ser de alrededor de 200-250 voltios. Tal tensión es suficiente para la alimentación anódica de las válvulas receptoras, y también para el suministro de tensión polarizada entre cátodo y rejilla; pero insuficiente para alimentar al primer ánodo. En efecto; si por ejemplo la tensión anódica es de 250 voltios, de los que se toman unos 100 para alimentar el cátodo y polarizar la rejilla, quedan 150 voltios, que no son lo suficiente para acelerar los electrones y proyectarlos sobre la pantalla. Más aún: semejante tensión ni siquiera basta para concentrar el haz electrónico para el enfoque.

Antes de pasar al ánodo final es necesario indicar el hecho de que existen tubos de rayos catódicos que tienen como segundo ánodo el ánodo final, compuesto por el revestimiento interno y por el cilindro que forma el segundo ánodo del cañón electrónico unidos eléctricamente; por el contrario, en otros tipos de tubos de rayos catódicos el segundo ánodo está separado del ánodo representado por el revestimiento interno, es decir, del ánodo final. En estos últimos tipos el ánodo final se llama también tercer ánodo. El segundo ánodo de estos tubos tienen un potencial positivo respecto al cátodo notablemente superior al del primer ánodo: alrededor de 1000 voltios, obtenidos por el sistema de la tensión realzada.

Este segundo ánodo en realidad está constituido por dos electrodos conectados eléctricamente uno al otro: un ánodo acelerador y otro ánodo, que es el de enfoque, colocado entre las dos mitades del ánodo acelerador final con el fin de constituir la lente concentradora electrostática que ya conocemos.

Figura 27. — Otro cañón electrónico para tubo de imagen moderno.

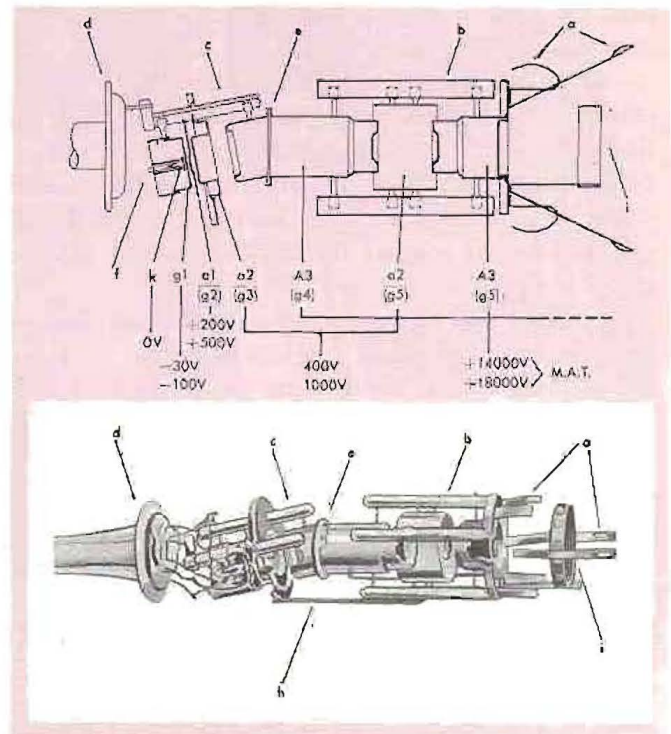
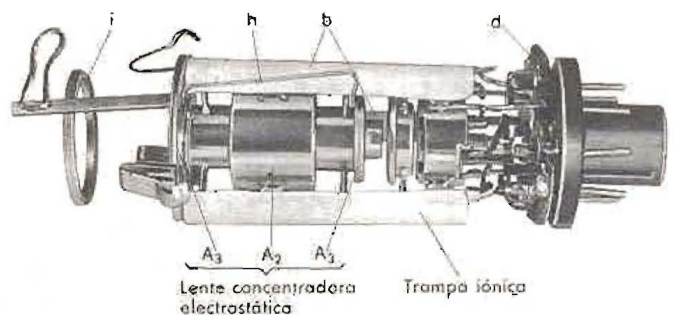


Figura 26. — Cañón electrónico de un tubo de imagen para televisión. A) Muelles distanciadores para mantener en posición el cañón dentro del cuello del tubo y establecer contacto con la capa conductora del ánodo de MAT. B) Soportes aislantes para los tres electrodos de la lente electrónica de concentración electrostática. C) Soportes aislantes para la primera sección del cañón. D) Soporte de vidrio y paso de conexiones de los electrodos al zócalo del tubo (extremo del cuello). E) Trampa iónica. H) Conexión eléctrica entre las dos secciones del 2.º ánodo (entre acelerador g₂ y de enfoque g₁). I) Vacía-dor o "getter". F) Filamento. K) Cátodo. G₁) Rejilla de mando. A₁) Primer ánodo. A₂) (g₂) Segundo ánodo, sección aceleradora. A₃) (g₁) Segundo ánodo, sección de enfoque. A₄) Anodo final, secciones de aceleración y concentración.



EL ÁNODO FINAL

Está compuesto por la capa conductora depositada sobre la superficie interna de la parte cónica del tubo catódico. También se le llama *revestimiento conductor interno*.

El potencial positivo para este ánodo es muy elevado: del orden de decenas de millares de voltios. En los tipos más corrientes oscila entre 14.000 y 18.000 voltios. La altísima tensión necesaria para la alimentación de este ánodo se designa genéricamente por las letras MAT (Muy Alta Tensión).

La alimentación del ánodo final se realiza por medio de un terminal que atraviesa el vidrio en un punto del cono: dado que se trata de una tensión elevadísima, si se aplicase a las patillas del casquillo provocaría descargas eléctricas debidas a la excesiva proximidad de las patillas entre sí."

La válvula empleada para rectificar la alta tensión es de tipo especial y su construcción prevé este empleo, ya que a estas tensiones en las válvulas rectificadoras usuales se llegaría a provocar descargas internas. Estas válvulas son diodos rectificadores de caldeo directo; su tensión rectificada (alrededor de 16.000 V) se aplica entre el contacto de MAT citado en el cono del tubo —correspondiente a la capa conductora *interna*— y la capa conductora *externa* (en realidad a masa, ya que esta capa se conecta a masa). Como es lógico, se prevé toda una zona alrededor del contacto de MAT en la que no hay recubrimiento externo para evitar que se produzcan cortocircuitos o descargas eléctricas, muy fáciles a estas tensiones si no se respetan ciertas distancias o calidades mínimas de aislamiento.

Los revestimientos conductores del interior y del exterior del tubo constituyen entre sí un condensador que se utiliza para filtrar la alta tensión rectificada, ya que es marcadamente pulsatoria, y con ello se «rellenan» los picos de tensión.

La capacidad media determinada por las dos capas existentes en las superficies interior y exterior del tubo de rayos catódicos varía entre 500 y 2000 picofaradios; depende de la superficie de las dos capas conductoras aplicadas sobre el vidrio y del espesor del mismo vidrio. Este valor de capacidad es suficiente para garantizar un buen filtraje, teniendo en cuenta la mínima intensidad de corriente absorbida y la elevada frecuencia de las pulsaciones.

La figura 29 nos da una idea general de la constitución del tubo de imagen para televisión y constituye un resumen de todo lo tratado hasta aquí. Sólo nos queda examinar las propiedades y carac-

terísticas muy particulares de las pantallas, las cuales constituyen un notable logro de la tecnología en el que se han conjuntado varias ramas de la ciencia.

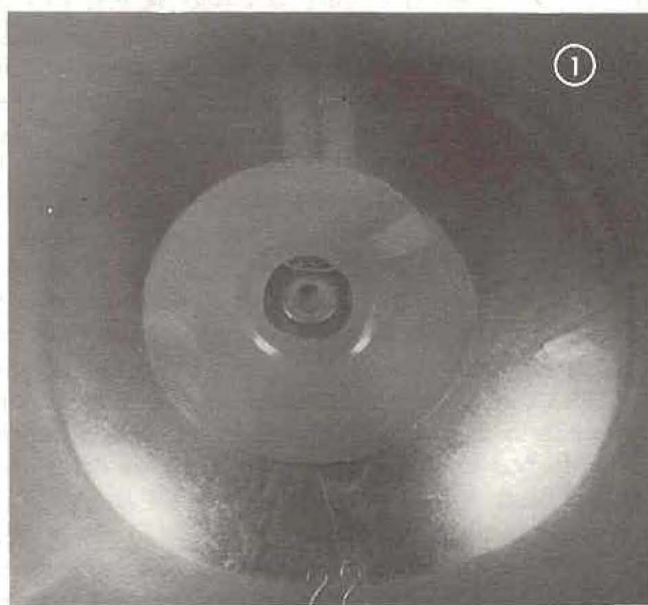


Figura 28. — Disposición del contacto de MAT y de la capa conductora en los tubos de imagen.

1. Detalle del orificio de MAT.
2. Pipa de conexión de MAT.

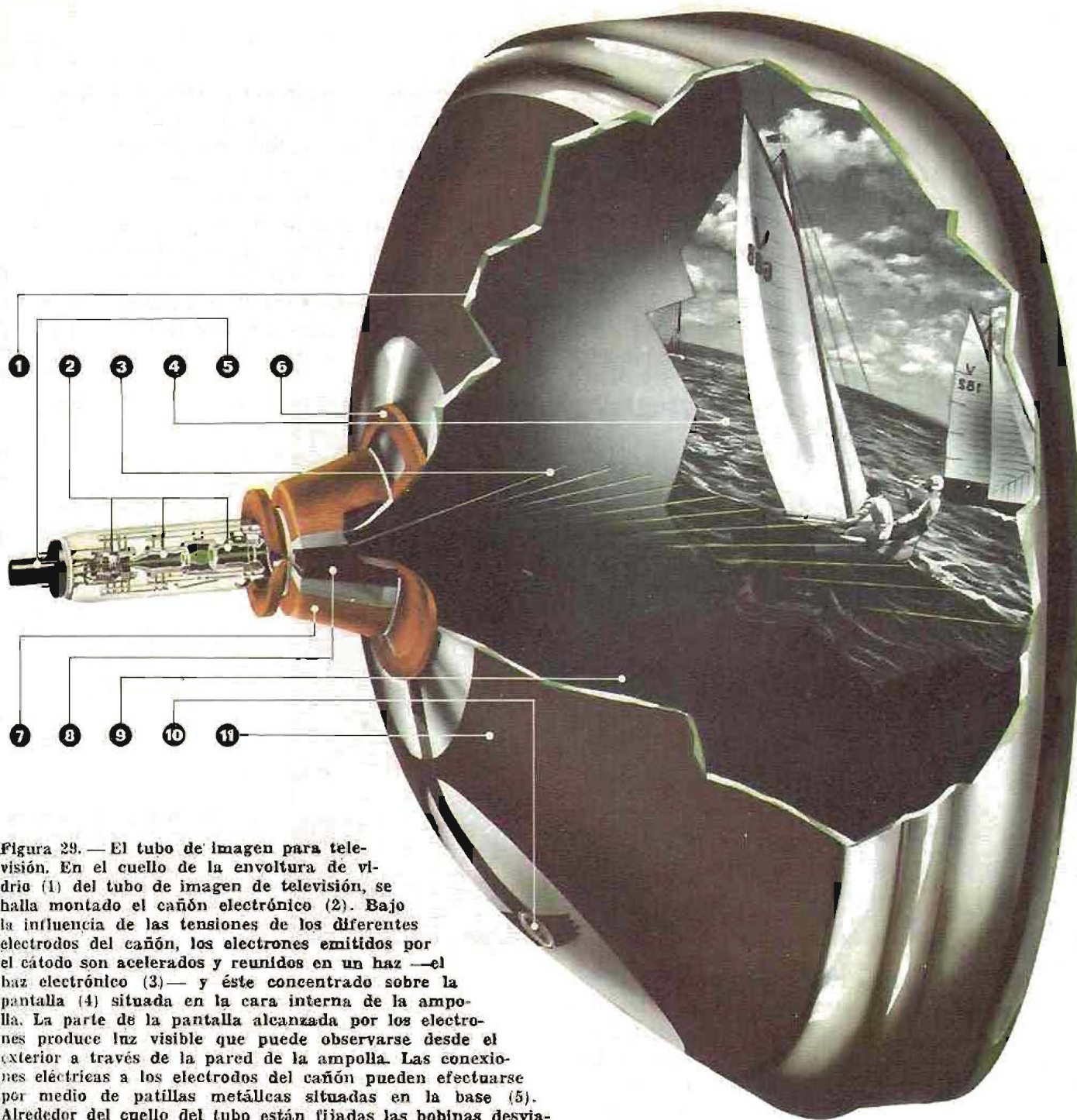


Figura 29. — El tubo de imagen para televisión. En el cuello de la envoltura de vidrio (1) del tubo de imagen de televisión, se halla montado el cañón electrónico (2). Bajo la influencia de las tensiones de los diferentes electrodos del cañón, los electrones emitidos por el cátodo son acelerados y reunidos en un haz — el haz electrónico (3) — y éste concentrado sobre la pantalla (4) situada en la cara interna de la ampolla. La parte de la pantalla alcanzada por los electrones produce luz visible que puede observarse desde el exterior a través de la pared de la ampolla. Las conexiones eléctricas a los electrodos del cañón pueden efectuarse por medio de patillas metálicas situadas en la base (5). Alrededor del cuello del tubo están fijadas las bobinas desviadoras para desviación vertical (7) y horizontal (6). Las bobinas están devanadas sobre un núcleo común (8) de material cerámico magnético. Bajo la influencia de las corrientes que atraviesan dichas bobinas, el haz electrónico traza un número de líneas horizontales en la pantalla. La intensidad de cada punto de la línea está determinada por la tensión entre el cátodo y la primera rejilla del cañón, siendo transmitida por el transmisor de televisión.

El interior de la ampolla de vidrio está recubierto de una fina capa de metal (9) a la que se hallan conectados, por medio de tiras metálicas, los electrodos finales del cañón, g. y g. A esta capa se le aplica (y por lo tanto a los dos electrodos finales) una tensión elevada, por medio del contacto de conexión (10). De esta forma no existe campo electrostático en el espacio interno de la ampolla.

La capa metálica (9) cubre también la parte posterior de la pantalla de manera que toda luz que pudiera ser emitida por la misma hacia el interior de la ampolla se refleja hacia el exterior, por actuar dicha capa como un reflector. En virtud de su gran velocidad, los electrones atraviesan esta capa, parte de la cual se ha omitido aquí para mostrar la imagen de televisión vista por detrás.

Parte del exterior de la ampolla se halla recubierta con una capa conductora negra (11) que constituye, con la capa interior metálica, un condensador utilizado para filtrar la alta tensión aplicada a dicha capa metálica. (Cortesía de Philips-Miniwatt).

LA PANTALLA DEL TUBO DE IMAGEN

La figura 30 muestra una porción de la capa de material fluorescente depositada sobre la pared interior de la pantalla de vidrio de un tubo de imagen. Esta porción ha sido muy ampliada para poder observar la estructura granular de la citada capa.

Al incidir sobre la capa, el haz electrónico excita uno de los gránulos de forma que la energía cinética de los electrones se convierte en energía radiante visible; es decir, luminosa. El gránulo radia en todas direcciones esta luz —de carácter

luminiscente—; una parte se refleja hacia el interior del tubo y otra parte hacia el exterior, aunque después de haber sufrido cierta refracción.

Con el fin de reducir la radiación en todas direcciones —reflejadas y refractadas— de la luz emitida por el gránulo fluorescente se utiliza una calidad de vidrio *filtrante*, disminuyendo el efecto de aureola alrededor del punto luminoso en la pantalla. Al mismo tiempo el vidrio filtrante evita la luz reflejada procedente de focos luminosos y objetos exteriores al televisor.

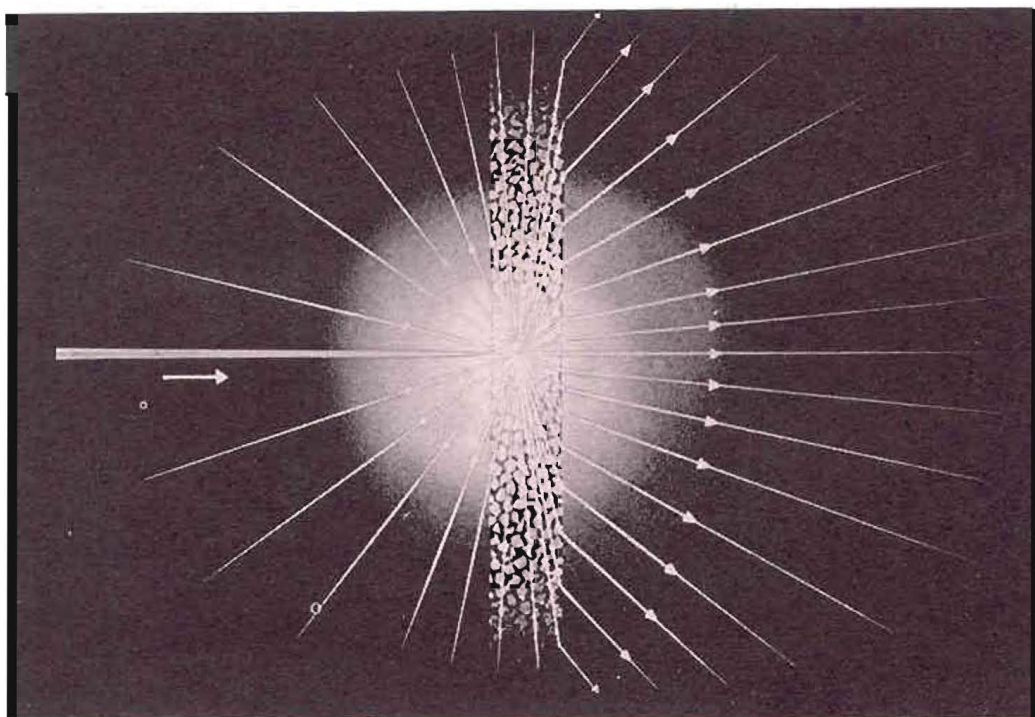


Figura 30. — Luminiscencia de la capa fluorescente de un tubo de imagen producida por el choque de los electrones del haz catódico.

La técnica de construcción de los tubos de rayos catódicos ha progresado de forma notable. Por ejemplo, para mejorar la luminosidad de la imagen y prolongar la vida del fósforo, se reviste la superficie interior de la pantalla fosforescente de una película de aluminio vaporizado. Esta, como si fuese un espejo, refleja hacia adelante la luz de las partículas de fósforo excitadas, que de otra forma se dirigiría hacia la parte interior del tubo y por consiguiente se perdería. El aluminio protege, además, la pantalla de los iones y constituye una capa conductora para el terminal de alta tensión del tubo.

En otras palabras, la pantalla toma el aspecto ilustrado en la figura 31.

Se observa, pues, que el haz electrónico que procede del cátodo, tras haber atravesado el cañón electrónico, encuentra primero la capa de aluminio y después la capa luminiscente aplicada a la superficie interna del vidrio.

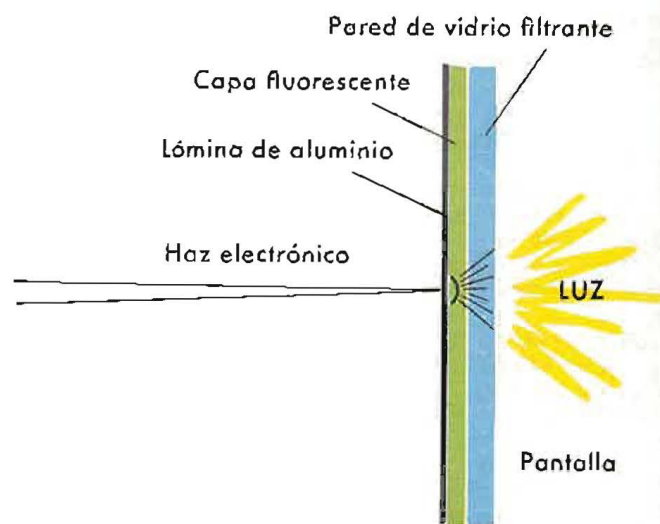


Figura 31. — Pantalla de tubo de imagen constituida por vidrio filtrante sobre cuya superficie interior se ha depositado la capa de material fluorescente y sobre la misma otra finísima capa de aluminio.

La capa de aluminio es muy delgada; se obtiene por la vaporización de un electrodo de aluminio en un tubo lleno de gas inerte a bajísima presión.

La aplicación de la capa de aluminio proporciona muchas ventajas que, consideradas en su conjunto, mejoran notablemente la calidad de las imágenes.

Como el haz electrónico actúa en el interior de la pantalla fluorescente, la luminosidad, que sólo debiera ser visible desde el exterior, se dispersaría también hacia la parte interior del tubo, con la consiguiente disminución del brillo de la imagen. La capa de aluminio hace que toda la energía luminosa se dirija hacia el exterior y por consiguiente sea percibida íntegramente por el espectador. La suma de la luminosidad directa y de la reflejada por la capa de aluminio da como resultado una imagen más brillante. Tal luminosidad puede mantenerse a un nivel inferior por medio del control adecuado, lo que redundaría en la mayor duración del tubo.

Otra ventaja proviene del hecho que, eliminando la radiación interna de luz, se hacen prácticamente nulos los reflejos parásitos debidos a zonas de gran luminosidad de la imagen, que producirían alteraciones en la zona donde la imagen es, por el contrario, oscura.

Se consigue también un aumento de contraste, dado que, por faltar la reflexión en la zona oscura, se tiene mayor evidencia de la diferencia de intensidad entre el blanco y el negro. La pantalla aluminizada ofrece otras ventajas: desde el punto de vista eléctrico, constituye una capa conductora que disminuye la probabilidad de distorsiones de la imagen presentes en los tubos desprovistos de capa de aluminio. Otro punto importante es que, gracias a las propiedades conductoras del aluminio, se proporciona a toda la superficie de la pantalla un potencial igual al que se aplica al ánodo final; de esta forma, la placa de aluminio sobre la pantalla actúa como la placa de un tubo electrónico de un receptor de radio: el potencial positivo atrae a los electrones que componen el haz catódico de igual modo que la placa de la válvula, con potencial positivo, atrae a los electrones que emite el cátodo, mejorando así la luminosidad. Para alcanzar y excitar la capa fosforescente, el haz electrónico tiene que pasar, por tanto, a través de la capa de aluminio. Esto podría ser un obstáculo al paso de los electrones; pero por ser la capa de aluminio tan sumamente delgada no se presentan dificultades si la altísima tensión en el ánodo final tiene el valor adecuado, que en estos tubos es de alrededor de 16.000 voltios. Esta tensión es más que suficiente para asegurar la penetración de los

electrones a través de la capa de aluminio. Citemos una ventaja más importante: la capa de aluminio no impide el paso de los electrones, pero sí el de los iones. Estos, como hemos visto, se eliminan por medio de la trampa iónica en los tubos catódicos sin capa metálica.

Sin embargo, más allá de tal dispositivo pueden producirse otros iones por el choque de los electrones contra los residuos de gas existentes en el interior del tubo.

Aunque su número es pequeñísimo, estos iones pueden causar el deterioro de la pantalla fluorescente al cabo de algún tiempo. La pantalla aluminizada protege la capa fluorescente de la quemadura con notable ventaja práctica y económica.

Los tubos con pantalla aluminizada podrían prescindir de la trampa iónica en el cañón electrónico. Sin embargo, se sigue utilizando aunque su efectividad es menos crítica y puede prescindirse, en los modernos tubos, del imán atrapaiones.

Un perfeccionamiento reciente del tubo de imagen es la consecución técnica de la *pantalla rectangular* sin merma de la calidad de la imagen. Con la pantalla casi rectangular se consigue una imagen mayor con unas dimensiones (altura y anchura) iguales que las de un tubo clásico.

Otra característica de los tubos rectangulares consiste en que la superficie externa de la pantalla es muy plana (muy poco abombada), por lo que la imagen es visible para el telespectador dentro de mayores ángulos de observación.

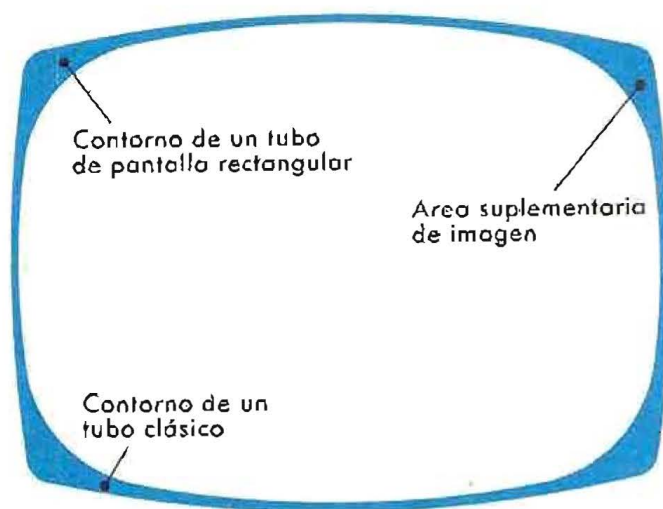


Figura 32. — Los tubos de imagen "rectangular" proporcionan una imagen más completa que los tubos clásicos, aunque tienen las mismas dimensiones en altura y anchura.

El peligro de implosión en los tubos de imagen

Sabemos que en la ampolla del tubo de rayos catódicos se ha aplicado el vacío, es decir, se le ha extraído el aire posible; por la explosión del *getter* (como el de las válvulas electrónicas) se absorbe el poco que pueda quedar, consiguiéndose el vacío casi absoluto.

Ello hace que la pared de vidrio de la ampolla se halle sometida a la presión atmosférica, la cual ejerce una fuerza de más de 1 kg por cada centímetro cuadrado de superficie, lo cual representa una presión nada despreciable.

Normalmente, no notamos o no vemos los efectos de esta presión porque nuestro cuerpo o los objetos no tienen *vacío* en su interior y la presión atmosférica actúa a cada lado de cualquier pared equilibrándose sus efectos. Pero en el momento en que se practica el vacío en el interior de cualquier recinto, como es el caso de las válvulas electrónicas o del tubo de imagen, la presión atmosférica actúa desde el exterior. En las válvulas electrónicas ello no presenta ningún problema, ya que son poco voluminosas y la solidez de la ampolla normal puede resistir esta presión, pero el tubo de imagen que nos ocupa presenta una gran superficie y son muchos los kilogramos que debe resistir.

Por tales razones la pared de vidrio del tubo de imagen debe ser gruesa, en especial en sus zonas de mayor superficie como son la pantalla y

el cono; si la pared fuese delgada cedería a la fuerza de aplastamiento del aire y se rompería.

Esta fuerza del aire es de aplastamiento —de fuera hacia adentro—. Si se rompiese la pared de vidrio, en principio *implosionaría*, yendo los pedazos hacia dentro. Sin embargo, ello es peligroso ya que con la fuerza del choque de unos con otros, algunos pueden salir hacia afuera y dañar en forma que puede ser grave, especialmente si los fragmentos llegasen al rostro.

Se han ideado diferentes procedimientos protectores para evitar este peligro. El primero consiste en seleccionar la calidad del vidrio utilizado para la fabricación del tubo de imagen y dar el espesor adecuado a la pared de la ampolla.

Además, hasta no hará muchos años, en los receptores de televisión se colocaba una placa de cristal, delante del tubo de imagen, engarzada y sujeta al mueble. Esta placa era de cristal de *seguridad* de apreciable espesor y con ella se protegía al telespectador del peligro de la implosión del tubo. Sin embargo, este método exigía que el mueble fuese profundo y pesado y, además, la luz externa se reflejaba en la pared de cristal impidiendo la buena visión de la imagen.

Posteriormente, gracias a las nuevas resinas moldeables (vulgarmente *plásticos*) se ha fabricado una especie de *carátulas* moldeadas con la forma exacta de la pantalla, con sus bordes hasta el cono (figura 33), que se adaptan al tubo y se sujetan con colas especiales, amén de un fleje metálico de sujeción que mantiene asimismo en posición a todo el conjunto en el mueble.

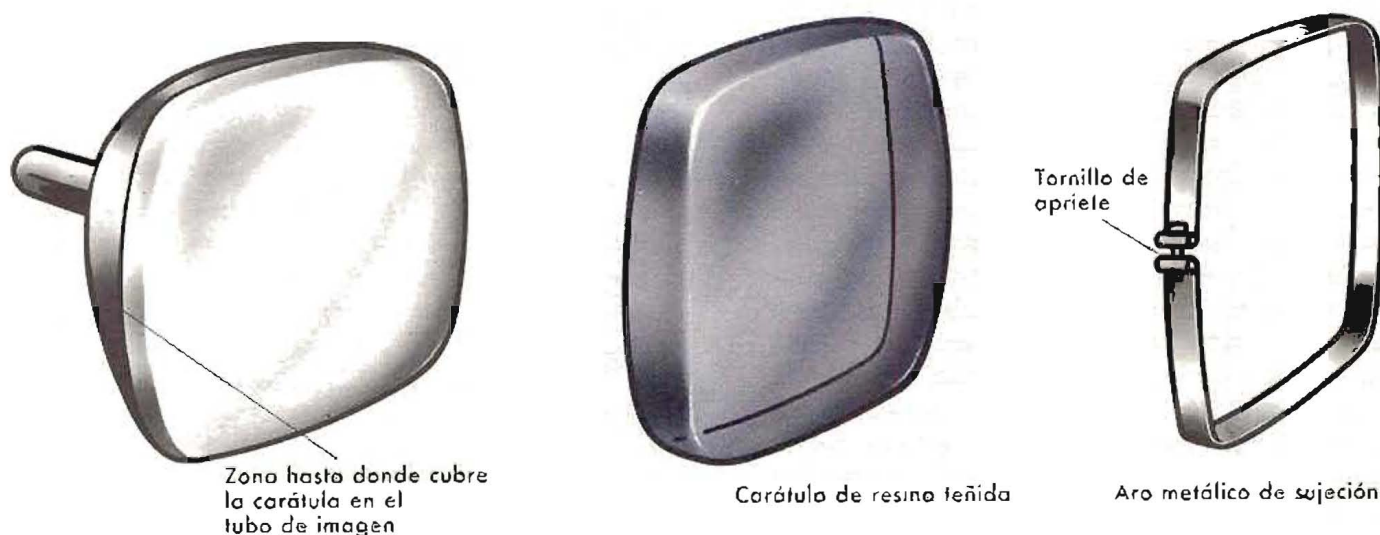


Figura 33

Estas carátulas actúan como envolturas relativamente flexibles. Aunque se produzca implosión quizás tiendan a deformarse pero solo momentáneamente ya que el material no se rompe y a lo máximo sólo se agrieta. (Fig. 34.)

El aro o fleje de sujeción que se ha indicado anteriormente (y que, de hecho, también se utilizaba para la sujeción del tubo en los televisores protegidos con placa de cristal) debe colocarse y cerrarse (apretarse) intercalando siempre una banda o tira de goma o de fieltro para evitar las fuerzas desiguales de apriete que se producirían en la ampolla si dicho fleje se aplicara directamente sobre ella; y además podría rayar el vidrio produciendo así una zona débil, con el consiguiente riesgo de implosión en los dos casos.

Tubos autoprotegidos o de visión directa

Estos tubos, de concepción moderna, se fabrican ya dotados de protección integral contra efectos mecánicos peligrosos. Esta protección consiste en un recubrimiento de resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio y encuadre metálico sujetador, según muestra la figura 35.

Este método no es otro que el de aplicar la carátula; sin embargo, aplicando el recubrimiento de resina directamente sobre la pared de vidrio puede obtenerse un pegado perfecto y, por utilizarse en ello la misma técnica que en el acoplamiento de lentes ópticas, se obtiene una calidad de imagen o de visión óptima (con relación al sistema de placa o de carátula) que ha llevado a denominar los tubos autoprotegidos como *tubos de «visión directa»*.

Con ello ya conocemos cómo es, cómo está constituido y cómo funciona básicamente el tubo de imagen en particular. Quizás cabe preguntarnos cómo se fabrica este componente electrónico tan característico y delicado. La figura 37 nos muestra en forma muy resumida esta fabricación.

Y finalmente, estudiemos esta maravilla de la técnica que es el tubo de imagen para televisión en colores.



Figura 34. — En caso de implosión, las carátulas de resina poliéster —reforzada con fibra de vidrio— no se rompen, sino que a lo máximo se agrietan.

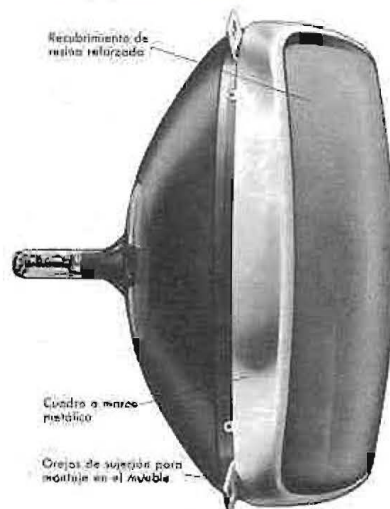


Figura 35. — Tubo de imagen autoprotegido, de visión directa.

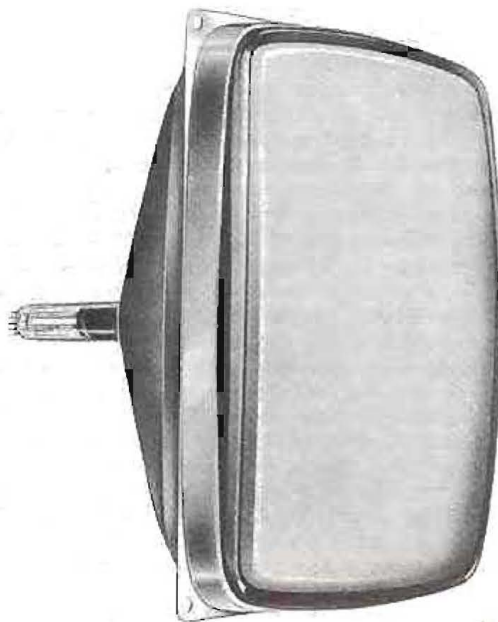
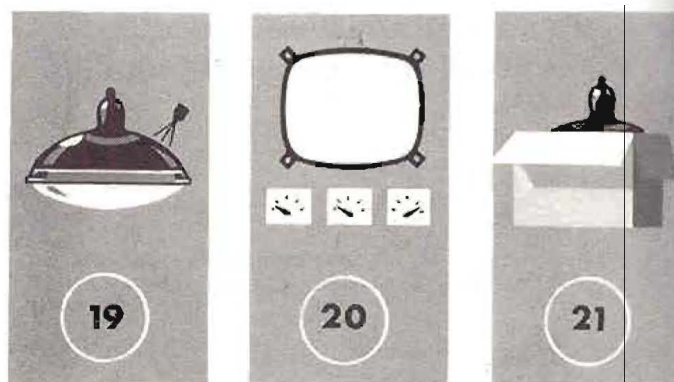


Figura 36. — Otro modelo de tubos de imagen de visión directa autoprotegidos.



Figura 37. — Ilustración del proceso de fabricación de un tubo de imagen Miniwatt. 1) Partes de vidrio: cuello, cono, pantalla frontal. 2) Soldadura de los componentes de vidrio, conexión de alta tensión. 3) Pavonado con enfriamiento controlado para eliminar las tensiones mecánicas. 4) Lavado interno de la ampolla para eliminar eventuales residuos. 5) Formación de la pantalla fluorescente con proceso de decantación de suspensión de fósforos. 6) Eliminación de la solución después de que el fósforo se deposita sobre la pantalla. 7) Secado del fósforo depositado dentro de la ampolla. 8) Pulverización sobre la superficie del fósforo de una película homogénea de laca. 9) Secado de la capa de laca. 10) Conexión del terminal de alta tensión al interior del cuello gracias a una capa de grafito. 11) Deposición de una capa de aluminio. 12) Cocción de la ampolla para eliminar materias orgánicas, comprendida la película de laca. 13) Cierre del cañón electrónico en el cuello. 14) Nuevo calentamiento y expulsión del aire. 15) Eliminación de los residuos de gas. 16) Encendido del filamento para efectuar la activación del cátodo. 17) Control del tubo. 18) Aplicación de la cubierta o aro protector al borde del tubo. 19) Se pulveriza sobre el cono una capa conductora de grafito. 20) Control del tubo. 21) Embalaje definitivo.



EL TUBO DE IMAGEN PARA TELEVISION EN COLOR

El tubo de imagen para color tiene como misión reproducir la imagen analizada por la cámara tomavistas, después de haber sido transmitida *en clave* (codificada), recibida e *interpretada* (decodificada). Este componente es el más importante de todo el sistema de televisión en color, ya que no sólo debe interpretar una señal monocromática para dar los diferentes niveles de luminancia (como en el tubo de imagen en blanco y negro), sino que, además, y principalmente, debe convertir la señal video recibida con sus componentes primarias en una imagen en color; y la reproducción de esta imagen en color debe efectuarse con coloraciones lo más parecidas que sea posible a las de la imagen real.

Cualquiera de estas funciones es muy problemática; para conseguirlas combinadas ha sido necesario desarrollar muchos estudios y vencer muchas dificultades. Dados los requisitos que un tubo de imagen de TV-color debe satisfacer, no es sorprendente que se hayan ideado y ensayado numerosos tipos de tubos de imagen para esta aplicación. En todo caso, es fundamental que el sistema reproductor de la imagen sea *compatible*; es decir, que reproduzca la imagen en colores sea cual sea el sistema empleado (NTSC, PAL, SECAM) y las imágenes transmitidas en blanco y negro de la televisión monocromática.

Los sistemas reproductores de TV-color pueden resumirse en:

a) *Sistemas simultáneos*, en los que los tres componentes de la señal de imagen, correspondientes a los tres colores primarios, se transmiten simultáneamente.

Su producción puede realizarse por tres dispositivos:

1. Tres tubos de imagen (uno para cada color primario) y superposición de las tres imágenes de color (como se realiza en la imprenta).
2. Tubo de imagen con tres cañones electrónicos y máscara perforada.
3. Tubo de imagen con tres cañones electrónicos y rejilla de post-enfoque.

b) *Sistemas secuenciales*, en los que las componentes de la señal de video, para cada color primario, se transmiten sucesivamente.

Su reproducción es siempre a base de cañón único y no presentan ningún problema de *convergencia* de los colores (coincidencia de las imá-

genes de cada color). Sin embargo, necesitan sistemas muy especiales o control difícil del color.

Todos estos sistemas, tanto los *simultáneos* como los *secuenciales*, se basan en la propiedad del ojo humano de integrar en una sola impresión varios colores, con una intensidad correspondiente, si la distancia de observación es suficiente como es el caso de la observación de la pantalla del televisor.

Cualquiera que sea el sistema debe cumplir con una serie de características propias que lo definen y que son:

la luminosidad,

el contraste,

la definición o detalle de la imagen,

la reproducción de los colores en su matiz, saturación y pureza originales,

la compatibilidad de sistemas en color y blanco y negro.

De todos los sistemas posibles, el único que da por el momento resultados satisfactorios; que está comercializado y que se fabrica por los principales firmas es el sistema simultáneo con *tubo de imagen de tres cañones electrónicos y máscara perforada*.

Este tubo es el que equipa los televisores en color comerciales; es el que el técnico utiliza por el momento en sus montajes y es el que encontrará en su trabajo de servicio y reparación durante muchos años.

Su desarrollo data de 1949 y su comercialización de 1950. En este tubo de imagen de tres cañones se emplea esencialmente el mismo principio que en el tubo monocromático; cuando se recibe un programa de televisión en color debe reproducirse una imagen en colores, y una imagen en blanco y negro cuando se reciba un programa de televisión monocromática.

Estos tubos se basan en que el recubrimiento interno de la pantalla, sensible al rayo catódico, está formado por minúsculos gránulos de sustancias fosforescentes, colocados uno al lado del otro, de forma que no se superpongan pero que estén muy juntos.

Unos de estos gránulos emiten luz verde, otros luz roja y otros luz azul correspondientes a los tres colores primarios rojo, azul y verde que describimos al tratar de la *Colorimetría*. La disposición de estos gránulos es tal que forman triángulos equiláteros a base de tres puntos luminiscentes, uno rojo, otro verde y otro azul, llamados *triada* o *tripleta*. (Figura 38.)

La densidad de puntos de color en la pantalla

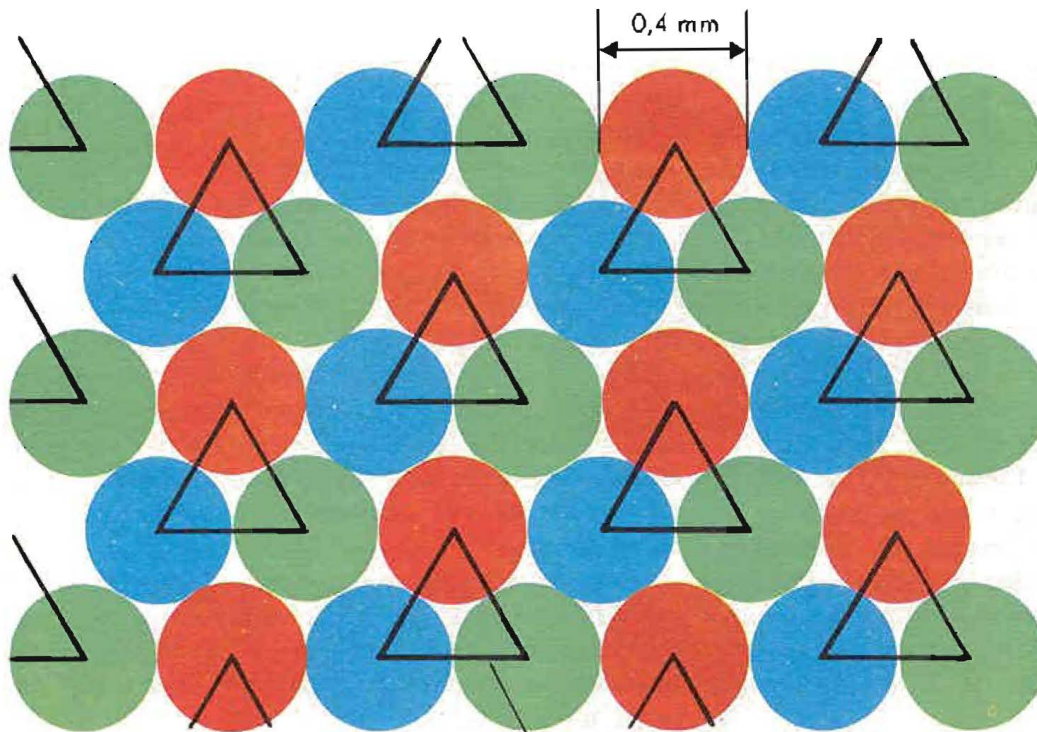
es alrededor de 12 puntos por cada mm^2 de superficie sensible; el diámetro de cada punto viene a ser de 0,4 mm.

Ahora hemos de ver cómo se puede excitar cada color del triángulo tricolor (triada o tripleta); es decir, cómo relacionar cada punto sin excitar los demás, y ello en cada instante.

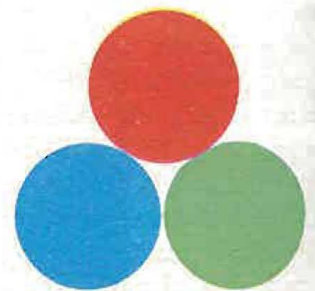
Cada punto rojo sólo debe ser excitado por el haz electrónico gobernado por la señal de video del color correspondiente, pero como el sis-

tema es del tipo *simultáneo*, como ya hemos indicado, se necesitan tres órdenes independientes entre sí:

1. Señal video *rojo* → Haz electrónico R → Punto R.
2. Señal video *verde* → Haz electrónico V → Punto V.
3. Señal video *azul* → Haz electrónico A → Punto A.

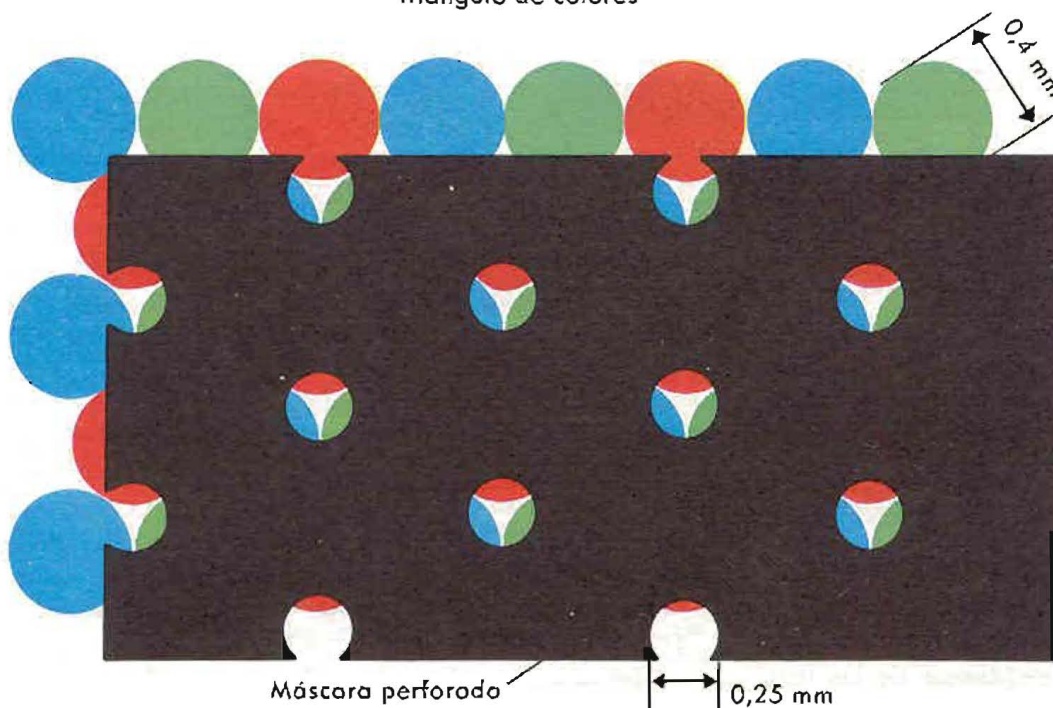


Líneas imaginarias para comprender la TRIADA o triángulo de colores



TRIADA

Figura 38. — Forma en que se distribuyen las "triadas" de puntos luminiscentes de color en la pantalla de un tubo de imagen para TV-color.



Máscara perforada

0,25 mm

Figura 39. — Máscara perforada colocada a 10-15 milímetros del recubrimiento sensible cromático de la pantalla, con orificios de unos 0,25 mm de diámetro alineados cada uno con el centro de cada triada.

Como el sistema es simultáneo, se necesita un cañón electrónico para cada haz catódico; es decir, *tres cañones electrónicos*. Pero como los puntos sensibles son tan diminutos, están tan juntos y son de diferente color con relación a cada uno de sus puntos vecinos se ha aplicado una técnica de *mira* (puntería) a base de una rejilla llamada *máscara perforada*.

Esta máscara tiene una serie de orificios o perforaciones, cada uno de los cuales coincide con el centro de una triada; es decir, tiene tantos orificios como triadas tenga la pantalla:

Pantalla \rightarrow 12 puntos por mm^2 = 4 triadas por mm^2 .

Máscara \rightarrow 4 orificios por mm^2 .

El diámetro de estos orificios es aproximadamente de 0,25 mm. (Figura 39.)

Para darnos una idea aproximada del progreso tecnológico que ha debido alcanzarse en la fabricación de este componente electrónico que es el tubo de imagen para TV-color, señalaremos que según sean las dimensiones de la pantalla, ésta contiene normalmente de 600.000 a más de un millón de puntos sensibles, o sea:

600.000 a 1.200.000 puntos luminiscentes
 = 200.000 a 400.000 triadas
 = 200.000 a 400.000 orificios en la máscara

Los tres cañones electrónicos se sitúan en el cuello del tubo según muestra la figura 40; o sea, formando también como una triada si se mira el cuello según su sección transversal.

Como el sistema es de tipo simultáneo, debe procurarse que los cañones electrónicos, la más-

cara y la pantalla con sus triadas estén dispuestos de tal forma que en cada instante cada haz electrónico pueda alcanzar el punto de color que le corresponde sin que se interfiera con los otros dos haces electrónicos.

El conjunto de los tres cañones electrónicos equivale al cañón electrónico del tubo monocromático; los tres haces equivalen al haz electrónico del tubo monocromático; la triada luminiscente equivale al punto luminiscente en el tubo monocromático. La máscara se encarga de mantener la equivalencia del triple haz electrónico del tubo de TV-color con el haz electrónico del tubo monocromático.

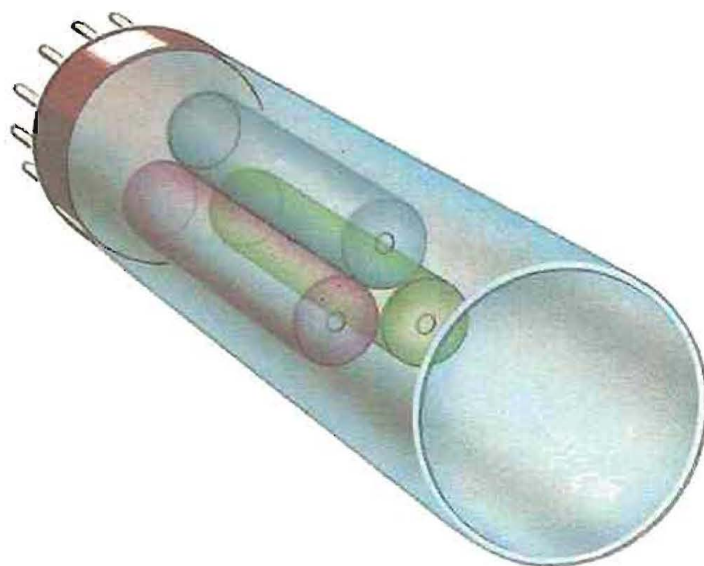


Figura 40. — Disposición de los tres cañones electrónicos dentro del cuello del tubo de imagen de TV-color.

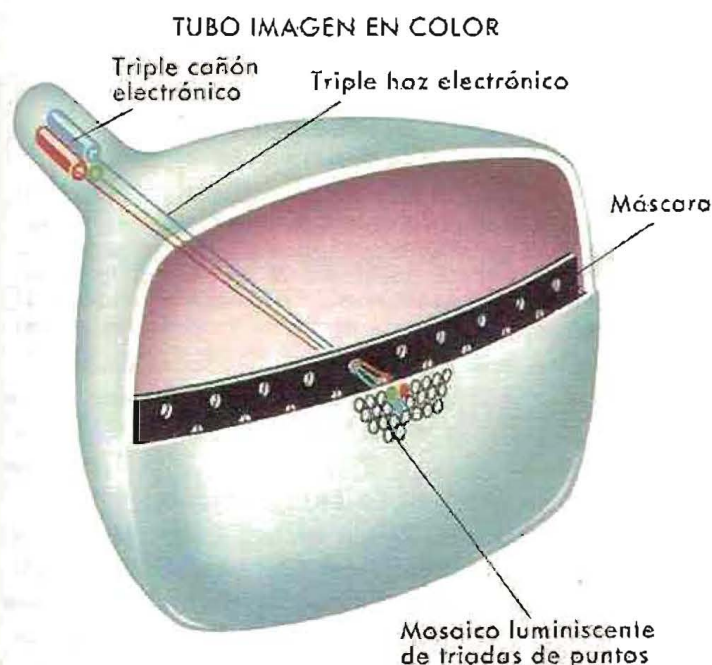
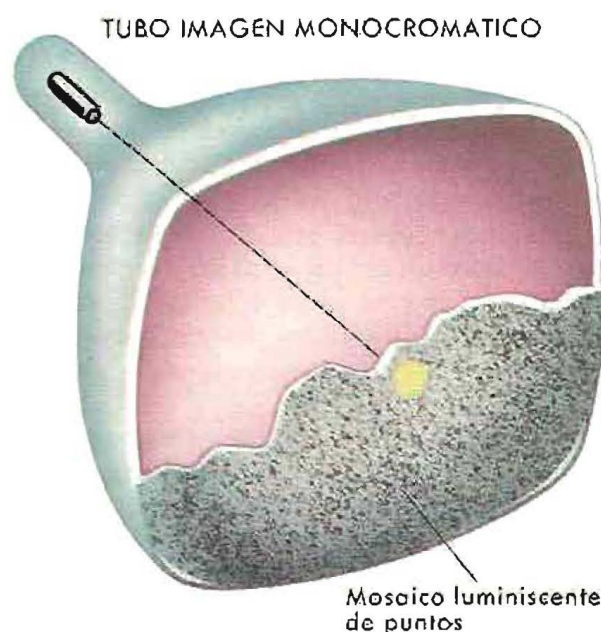


Figura 41. — Equivalencia básica en el funcionamiento del tubo de imagen en color y del monocromático (blanco y negro).



En el tubo para color, si los tres puntos de una triada son bombardeados simultáneamente, la energía luminosa de las radiaciones rojas, verdes y azules combinadas forma un color resultante, a los ojos del observador, por adición de estas tres radiaciones.

Por ejemplo, debido a la modulación de las tres componentes de la señal de video, en un instante dado, si el haz electrónico correspondiente al azul es de baja intensidad y, en cambio, los haces que excitan los puntos rojos y verdes son de gran intensidad, el espectador observa un color amarillo. Aumentando la intensidad del cañón de rojo, el color observado tiende al rojo (se rá anaranjado); al contrario, aumentando la intensidad del haz verde el color varía hacia el verde. Es decir, variando la intensidad de los haces que inciden en la triada, se puede cubrir una amplia gama de colores (recuerde el diagrama en forma de herradura explicado al tratar de la Colorimetría), incluyendo el blanco, según sean las cantidades de luz producidas de rojo, verde y azul.

Teniendo en cuenta las dimensiones de los puntos luminiscentes —o, lo que es lo mismo, de las

triadas— y la distancia necesaria del triple cañón electrónico a la pantalla, la máscara se sitúa por lo general a 10-15 mm de la pantalla, de forma que por el orificio de la máscara se cruzan los haces y en esta pequeña distancia de unos 10 mm vuelven a separarse justo lo necesario para incidir cada uno exactamente en el punto luminiscente del color que le corresponde. (Figura 42.)

El diámetro del orificio de la máscara está en relación con el diámetro del punto sensible (de hecho del centro de la triada hasta el centro del punto) y con la distancia máscara-pantalla y máscara-cañones electrónicos. Gracias a esta disposición y a la de los cañones entre sí, el haz electrónico procedente de cada cañón sólo puede incidir sobre un punto luminiscente del mismo carácter cromático y la máscara *oculta* a los demás puntos impidiendo que sean excitados por un haz que no les corresponda.

La posición exacta de la máscara perforada respecto a la pantalla es de suma importancia y muy crítica, ya que determina la uniformidad de pureza de los colores en toda la superficie de la pantalla.

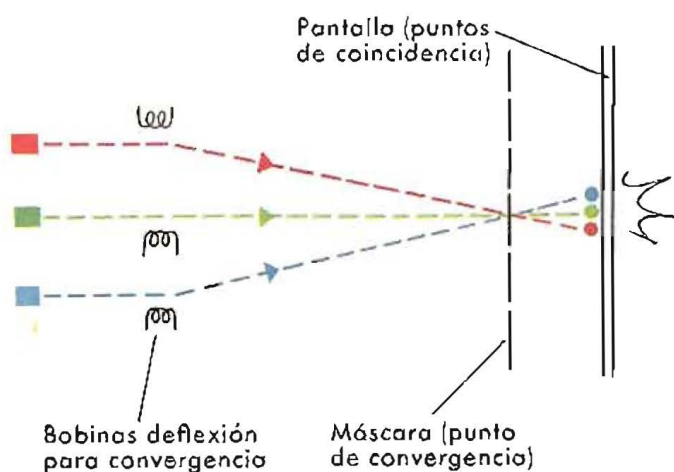
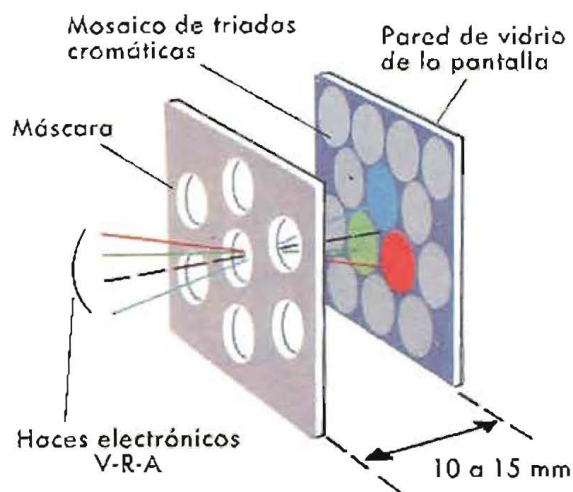


Figura 42. — Disposición de la máscara con respecto al mosaico de triadas para que se produzca, dentro del tubo, la convergencia de los tres haces en el orificio de la máscara y la divergencia necesaria para la coincidencia de los mismos en sus puntos de color respectivos.

CARACTERÍSTICAS PARTICULARES EN LA CONSTRUCCION DEL TUBO TRICROMATICO

Estructura del triple cañón electrónico

El cañón electrónico está formado en realidad por tres cañones individuales e idénticos

montados en triángulo —a 120° uno de otro— alrededor de un eje común imaginario que coincide con el eje longitudinal del tubo. Los tres cañones no son paralelos, sino que buscan la con-

vergencia de sus haces en el centro de la máscara perforada, aunque es necesario, no obstante, prever un ajuste de convergencia electrostática y/o magnética.

Cada cañón individual comprende un cátodo de caldeo indirecto, una rejilla de mando, un ánodo acelerador, otro de enfoque y un electrodo de convergencia. (Figura 43.)

Los tres cañones son iguales a los que se utilizan en blanco y negro y se fijan entre sí por medio de aisladores de vidrio.

El electrodo de convergencia de cada cañón está unido a una unidad de convergencia común, constituida por pantallas radiales magnéticas, destinadas a canalizar las líneas de fuerza de los imanes de convergencia exteriores.

El ánodo y unidad de convergencia queda conectado interiormente al recubrimiento conductor interno del tubo de imagen, conectado a la MAT de unos 25.000 V. Es decir, en forma similar a las dos secciones del ánodo final de un tubo de imagen monocromático.

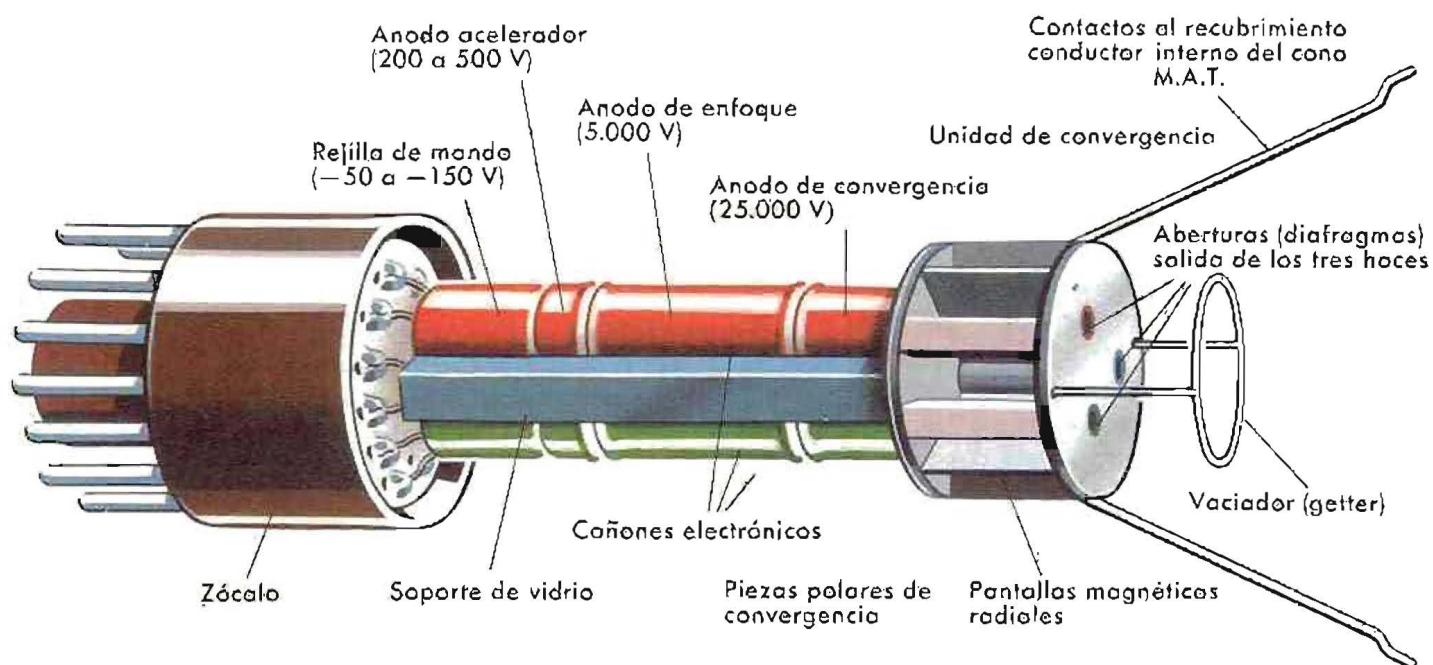


Figura 43. — Cañón electrónico de los tubos de imagen tricromáticos.

La ampolla

La ampolla es parecida a la utilizada en los tubos monocromáticos. No obstante, el cuello del tubo debe albergar diferentes dispositivos magnéticos como son los imanes de pureza y los bobinados de convergencia y de deflexión de los haces; el cono alberga la máscara perforada; la placa frontal de la pantalla posee por su cara interior cuatro piezas metálicas destinadas a la sujeción de la máscara perforada y al centrado de la misma.

La composición química del vidrio está constituida de modo que la pared frontal de la pantalla filtre las radiaciones luminosas de los puntos energizados y absorba (elimine) los rayos X que contienen. En el tubo monocromático no se presenta este problema, ya que la MAT es de

unos 16 kV (máximo 18 kV) y los rayos X que puedan generarse son débiles (de poca energía) y quedan automáticamente absorbidos por el vidrio. En cambio, en el tubo de color la MAT es de 25 kV, e incluso 28 kV, y a esta tensión tan elevada los rayos X que puedan generarse poseen suficiente energía para atravesar el panel frontal de la pantalla si no se toman precauciones especiales. Estas precauciones deben tomarse, ya que la exposición prolongada (varias horas, un día tras otro) del rostro del teleespectador a la radiación X puede causar ciertas enfermedades características.

El cono de la ampolla está recubierto de una capa conductora de grafito, como en el tubo monocromático, para asegurar el contacto de MAT con la pantalla y con el ánodo final, que en este caso es el de convergencia.

La pantalla

De la pantalla propiamente dicha, o recubrimiento luminiscente, ya hemos indicado que está constituida por casi medio millón de *triadas* de tres puntos sensibles al rojo, al verde y al azul; es decir, más de un millón de estos puntos sensibles.

Las sustancias utilizadas para constituir estos puntos luminiscentes son fósforos y sulfuros con unas características cromáticas de emisión de luz luminiscente que se aproximan lo mejor posible a la tricromía especificada por la Comisión Internacional de Iluminación ICI. (Ver capítulo referente a la Colorimetría.) Decimos características cromáticas aproximadas, porque en la práctica es imposible alcanzar una exacta correspondencia con la tricromía ICI.

La selección de estas sustancias viene impuesta por su *rendimiento luminoso*, su *punto de color propio* (que da el cromatismo de la combinación) y su característica de *persistencia*. Se llega a la elección final aceptando cierto compromiso entre las *virtudes* y los *defectos* de cada sustancia con el fin de obtener la mejor solución posible en la realidad.

Cada una de las tres propiedades tienen que analizarse al proyectar las pantallas, ya que, con respecto a la persistencia, ésta debe ser la misma para los tres puntos rojo, verde y azul, puesto que de otra forma se produciría un *halo*, generalmente amarillo, en la pantalla. Por otro lado, interesa un elevado rendimiento luminoso, ya que el de estas sustancias es muy bajo —sólo una pequeña parte de la energía eléctrica que reciben se transforma en energía luminosa—; pero como la sensibilidad del ojo al rojo es muy inferior al verde y al azul, debe reducirse el rendimiento de estos dos últimos para igualar la sensibilidad al rojo —que, además, es el que tiene el más bajo rendimiento propio—.

Para salvar este problema, en 1965 se consiguió un sulfuro activado con rendimiento luminoso mejorado, aunque corresponde menos al rojo de la ICI —es realmente un rojo anaranjado—. Con la utilización de este rojo se ha aumentado el rendimiento de la triada y, en consecuencia, de la pantalla, pero sin llegar a utilizar el azul y el verde a pleno rendimiento.

Además, este rojo anaranjado tiene la ventaja que cuando el televisor no funciona, la pantalla tiene un color propio de tonalidad grisácea similar a la de la pantalla del televisor en blanco y negro, en lugar del matiz amarillo-verdoso de la pantalla con puntos rojos similares al ICI.

El mosaico de triadas constituye el recubrimiento sensible de la pared interna del panel

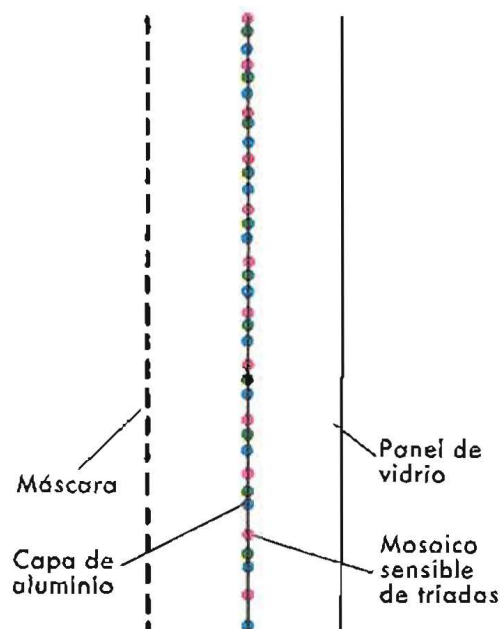


Figura 44. — El mosaico de triadas está recubierto de una finísima lámina reflectora del aluminio.

frontal del tubo de imagen en color, al igual que el mosaico de puntos en el tubo monocromático. También, igual que en este último, sobre el mosaico de triadas se deposita una capa finísima de aluminio con el fin de que actúe de reflector de las emisiones de luz de color rojo, verde y azul y mejore la luminosidad general de la pantalla. (Figura 44.)

Finalmente, por medio de un grafitado se establece el contacto eléctrico entre la película de aluminio y los soportes de la máscara, es decir, con ella misma, ya que tanto la lámina de aluminio como la máscara se hallan al potencial de MAT, como en el tubo monocromático y con la misma función, sólo que en el tubo de color la MAT es de 25 kV y en el de blanco y negro es de 16 kV.

La máscara perforada

Como ya hemos indicado, sirve para lograr que a cada punto luminiscente de la pantalla sólo llegue el haz electrónico procedente del cañón que corresponde a un color característico e impida que los otros haces puedan incidir en este punto.

Conocemos cómo se consigue: la máscara tiene un orificio de diámetro apropiado alineado con el centro de cada tripleta o triada. Desde luego, la consecución de esta alineación o coincidencia en la fabricación en serie de tubos de imagen no era tarea fácil: fue uno de los principales obstáculos para conseguir la comercialización de los tubos de color.

Téngase en cuenta que toda falsa coincidencia afecta a la pureza de los colores y de la combinación de los mismos.

En primer lugar, para reducir el riesgo de falsa incidencia se hace que el diámetro de cada orificio de la máscara sea algo menor que el diámetro de un punto luminiscente: si el diámetro del punto es de 0,4 mm el de la máscara es de 0,3 mm. Además, como la pantalla no puede ser un sector esférico, sino que es más bien plana, en sus bordes la convergencia de los tres haces se realiza antes de llegar a la máscara y los orificios en esta zona de la máscara admiten mayor divergencia en la pantalla, con lo que cada haz electrónico podría excitar a puntos luminiscentes vecinos del que le corresponde y que, por la disposición característica de las triadas, son de color diferente del necesario.

Este mismo riesgo hace que, para disminuirlo, los orificios son cada vez menores a medida que

van acercándose a los bordes de la máscara, más para evitar la falsa coincidencia por no coincidir con el sector esférico de convergencia.

Todo ello hace que parte de cada haz electrónico choque contra la máscara y ésta absorba su energía. En consecuencia, la máscara se calienta. Con el fin de facilitar la disipación del calor se utilizan máscaras ennegrecidas, así como también se ennegrece el interior del cono de las ampollas para facilitar la absorción por éstas del calor irradiado por las máscaras.

Los orificios de las máscaras se producen en serie con técnicas similares a las del grabado, por las cuales un ácido ataca los puntos que previamente han sido marcados.

Hasta aquí conocemos cómo está constituido el tubo de imagen para televisión en color. Veamos ahora cómo funciona este tubo con su haz tricromático y qué accesorios necesita para el funcionamiento.

DISPOSITIVOS ACCESORIOS NECESARIOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL TUBO DE IMAGEN TRICROMATICO

Como el tubo de imagen monocromático, el de televisión en colores necesita una serie de accesorios para su buen funcionamiento. Algunos son los mismos en cuanto a su función, pero no en su constitución, y otros son típicos de TV-color. Estos componentes accesorios son:

- blindaje magnético del tubo;
- unidad de desviación o yugo de deflexión (para asegurar el barrido);
- unidad de convergencia radial;
- unidad de convergencia lateral;
- imanes de pureza.

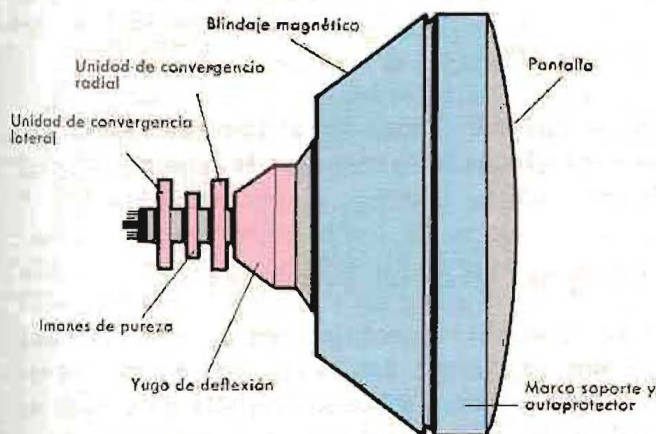


Figura 45. — Tubos de imagen TV-color dotado de los dispositivos accesorios necesarios.

En estos tubos no se requieren los imanes atrapaiones porque la pantalla es *aluminizada*; es decir, que los iones no pueden atravesarla y si los electrones, ello en especial teniendo en cuenta la elevada MAT que se utiliza en estos tubos y que aumenta la diferencia de comportamiento entre el ion y el electrón (masa y velocidad).

Pantalla magnética

El ajuste y control que debe ejercerse sobre los haces del tubo en color es mucho más crítico que en el tubo monocromático. A tal extremo que cualquier campo externo por leve que sea, como es el caso del campo magnético terrestre, puede influir en las trayectorias de los tres haces.

Además de esta influencia instantánea, puede producirse otra de tipo permanente por magnetización progresiva de la máscara perforada con lo que igualmente quedarán afectadas las trayectorias electrónicas.

Para evitar o reducir estas influencias, que darían lugar a desajustes de color, los tubos de imagen están provistos de una pantalla magnética que cubre el cono del tubo. No obstante, esta pantalla, para que sea eficaz, debe ser desimantada después de ciertos períodos de tiempo por dispositivos previstos al efecto; ello puede efectuarse, en algunos casos, sin necesidad de sacar el tubo del televisor.

Unidad de desviación

La unidad de desviación o yugo de deflexión de un tubo de color tiene las mismas funciones que ya conocemos en el tubo de imagen monocromático: desviar el haz electrónico y con ello efectuar el barrido de la pantalla para formar el cuadro. El interlineado que se forma en un tubo de color es exactamente el mismo que en un tubo monocromático, pero los requisitos técnicos que

deben satisfacerse son mucho más críticos, ya que deben ser desviados tres haces en lugar de uno y en forma simultánea y exacta (figura 46), para lo que se necesita un campo magnético simétrico y uniforme en toda la superficie de deflexión. Además la potencia necesaria de deflexión en el tubo de TV-color de 90° es aproximadamente el doble de la necesaria en los tubos monocromáticos de 110°, para una misma dimensión de la pantalla.

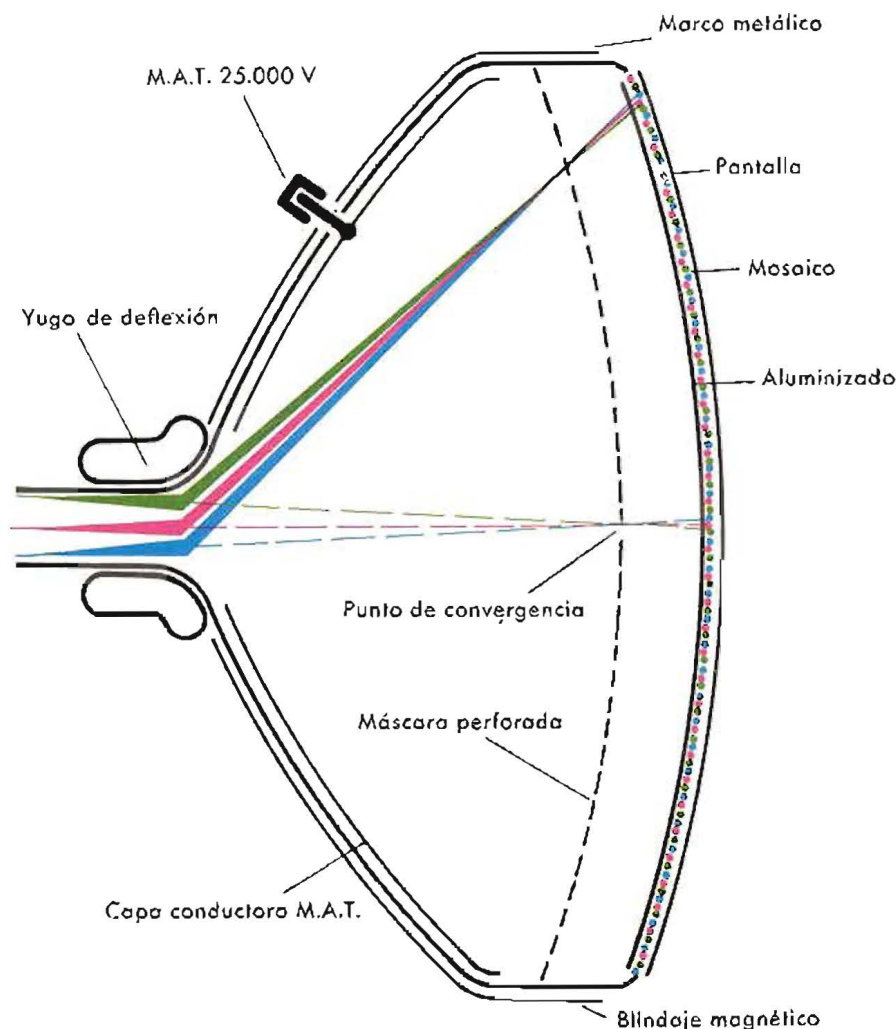


Figura 46. — Desviación simultánea del triple haz electrónico.

Centrado del cuadro en la pantalla

Debido a que los haces son sensibles a la influencia de los campos magnéticos y a que la máscara perforada es de material magnético, a diferencia de lo que ocurre en los tubos de imagen en blanco y negro, en el tubo de color no es posible utilizar el sistema de centrado del cuadro por medio de desviación, ya que afectaría a la convergencia de los tres haces y a la pureza de los colores.

El centrado se obtiene eléctricamente por me-

dio de circuitos asociados al tubo que envían corrientes adecuadas a cada par de bobinas del yugo de desviación.

Enfoque y convergencia

Cada cañón electrónico emite su propio haz, que por medio del ánodo correspondiente se enfoca certeramente sobre la pantalla de puntos luminiscentes. Después del electrodo de enfoque, el haz está gobernado por el de convergencia, que lo hace coincidir con los otros haces y entre sí con el centro de un orificio de la máscara perforada

(para el ajuste se utiliza el orificio central), de forma que pasando los tres haces por el mismo orificio sólo se pueda excitar una triada.

El ánodo de convergencia gobierna los tres haces por medio de piezas polares montadas sobre el electrodo y alimentadas magnéticamente por unos devanados montados en el cuello del tubo. (Fig. 47.)

Hay que distinguir entre la convergencia de los haces y el enfoque de cada uno de ellos. La expresión *enfoque del haz* se refiere a la pantalla luminiscente; la *convergencia de los haces* se refiere a la máscara perforada.

Unidades de convergencia

Ya hemos insistido en que uno de los requisitos principales para el correcto funcionamiento del tubo es la convergencia de los tres haces en el orificio de la máscara por el cual pasa el eje común. Para compensar cualquier desajuste de los cañones electrónicos se disponen tres imanes o bobinas (figura 47) que están en relación con las cámaras del ánodo de convergencia (véase figura 43). Los campos magnéticos de estas bobinas se acoplan a través del cuello del tubo con las piezas polares dispuestas en el interior de dichas cámaras de convergencia; las piezas polares sirven, pues, para configurar y dirigir el haz electrónico correspondiente.

La figura 47 muestra esta disposición para reajustar la convergencia en el sentido del radio (en dirección al centro común). Es decir, se trata de una *convergencia estática radial*.

Para ajustar la convergencia en el sentido a lo largo del tubo se dispone un imán permanente —también sobre el cuello— del tubo que, cerrando sus líneas de fuerza con unas piezas polares en el cañón, desvía los haces electrónicos según convenga. En la unidad de *convergencia lateral*.

Hemos tratado de la convergencia de los haces en un orificio del centro de la máscara. Dicho así, el problema parece bastante sencillo; pero en realidad es mucho más complicado, ya que los tres haces no forman un sistema estático, sino que exploran continuamente la pantalla, variando de posición y de intensidad. Pero, de nuevo, como un televisor no puede tener (ni nos gustaría que tuviese) pantalla esférica, sino que es casi plana, la distancia de los cañones al centro de la máscara o en sus extremos no es la misma; y por tanto se debe variar la convergencia de acuerdo con los cambios de posición del triple haz electrónico.

En otras palabras: se necesita también una *convergencia dinámica* además de la estática. Ello se consigue mandando —simultáneamente que la

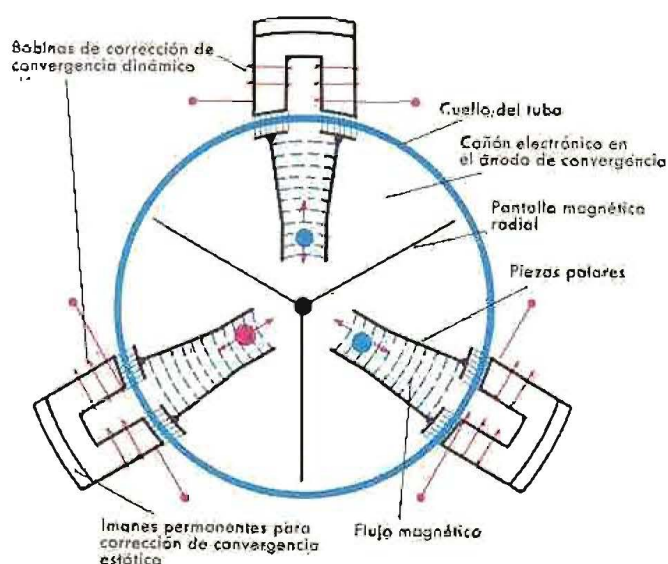


Figura 47. — Unidad de convergencia montada en el cuello del tubo a la altura de las piezas polares del ánodo de convergencia. Obsérvese la alineación entre imanes y piezas polares. Las flechas indican el movimiento de convergencia que puede imprimirse a los haces. Podemos observar que se trata de una convergencia radial (en el sentido del radio).

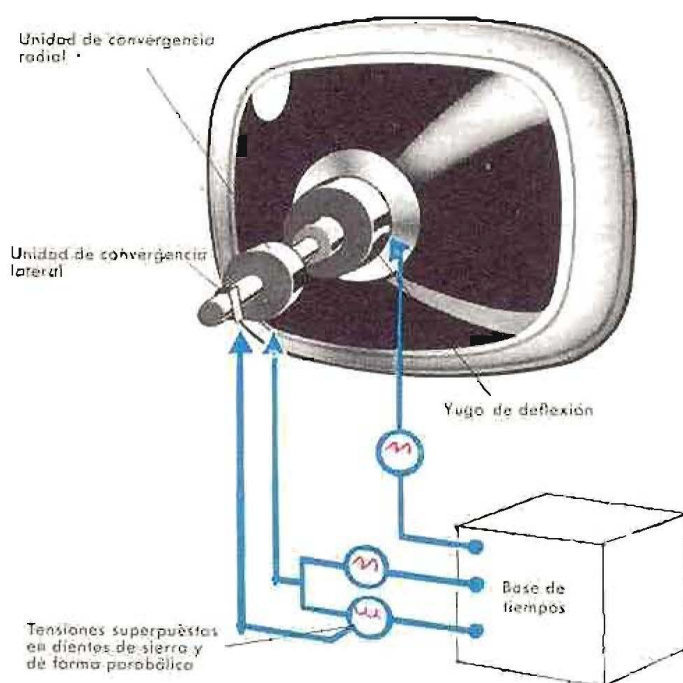


Figura 48. — La convergencia dinámica de los haces en todos los puntos de la pantalla se consigue por medio de tensiones en diente de sierra y de forma parabólica actuando sobre los devanados de las unidades de convergencia radial y lateral y combinadas con las tensiones en dientes de sierra que gobiernan el barrido en la unidad de desviación.

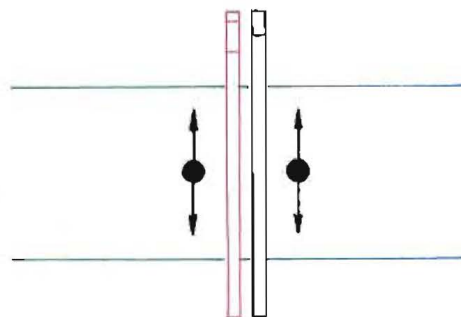
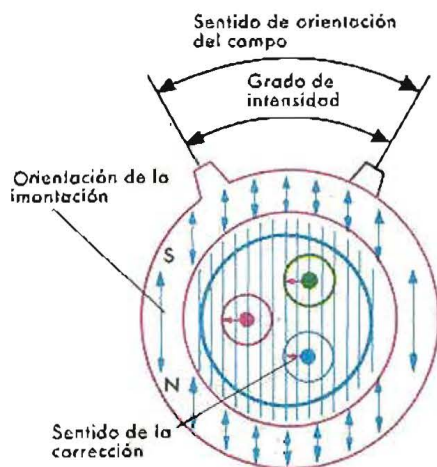


Figura 49. — Imanes anulares para el ajuste de la pureza de los colores.

tensión en dientes de sierra para que el yugo de deflexión proceda al barrido de la pantalla— unas tensiones superpuestas en dientes de sierra, y de forma parabólica, a las bobinas dispuestas al efecto en las unidades de convergencia radial y lateral. (Fig. 48.)

Imanes para ajuste y pureza de los colores

Estos imanes sirven para corregir los efectos de campos magnéticos exteriores, incluyendo el terrestre, y corrigen el origen de los haces electrónicos de forma que cada haz incida en el centro de un punto de color correspondiente, para

así obtener la pureza característica de este punto de color.

Si el haz no incidiera en el centro del punto se obtendrían luces procedentes de los puntos vecinos, que son de diferente color.

Estos imanes tienen forma anular (semejantes a los de centrado en el tubo de blanco y negro, aunque su función sea diferente) y son ajustables entre sí, uno con relación al otro, variando en consecuencia al campo magnético que consigue el origen de los haces. (Fig. 49.)

Este ajuste es de *pureza* en el centro de la pantalla; con el fin de mantenerlo en toda la pantalla es necesario colocar adecuadamente el yugo de deflexión del tubo.



LECCION 61

Normas internacionales para la reproducción
de la imagen
Reproducción de la imagen de televisión
Características de la señal de televisión

NORMAS INTERNACIONALES PARA LA REPRODUCCION DE LA IMAGEN

REPRODUCCION DE LA IMAGEN DE TELEVISION

Como ya se ha indicado anteriormente, la imagen de televisión se forma en la pantalla del tubo de rayos catódicos mediante el movimiento a gran velocidad que confieren al punto de luminosidad controlada, llamado *spot*, los circuitos de desviación.

Los claros y oscuros de la imagen se obtienen con la variación de la intensidad del punto luminoso (modulación); el cual, como sabemos, se

debe a la incidencia del rayo catódico, convenientemente enfocado, en la superficie activa del tubo de rayos catódicos o pantalla.

La desviación del rayo catódico se obtiene mediante los correspondientes circuitos de desviación magnética, que se alimentan con corrientes en diente de sierra, de forma que el punto luminoso inicie la exploración de la pantalla desde el extremo superior izquierdo hasta el superior de-

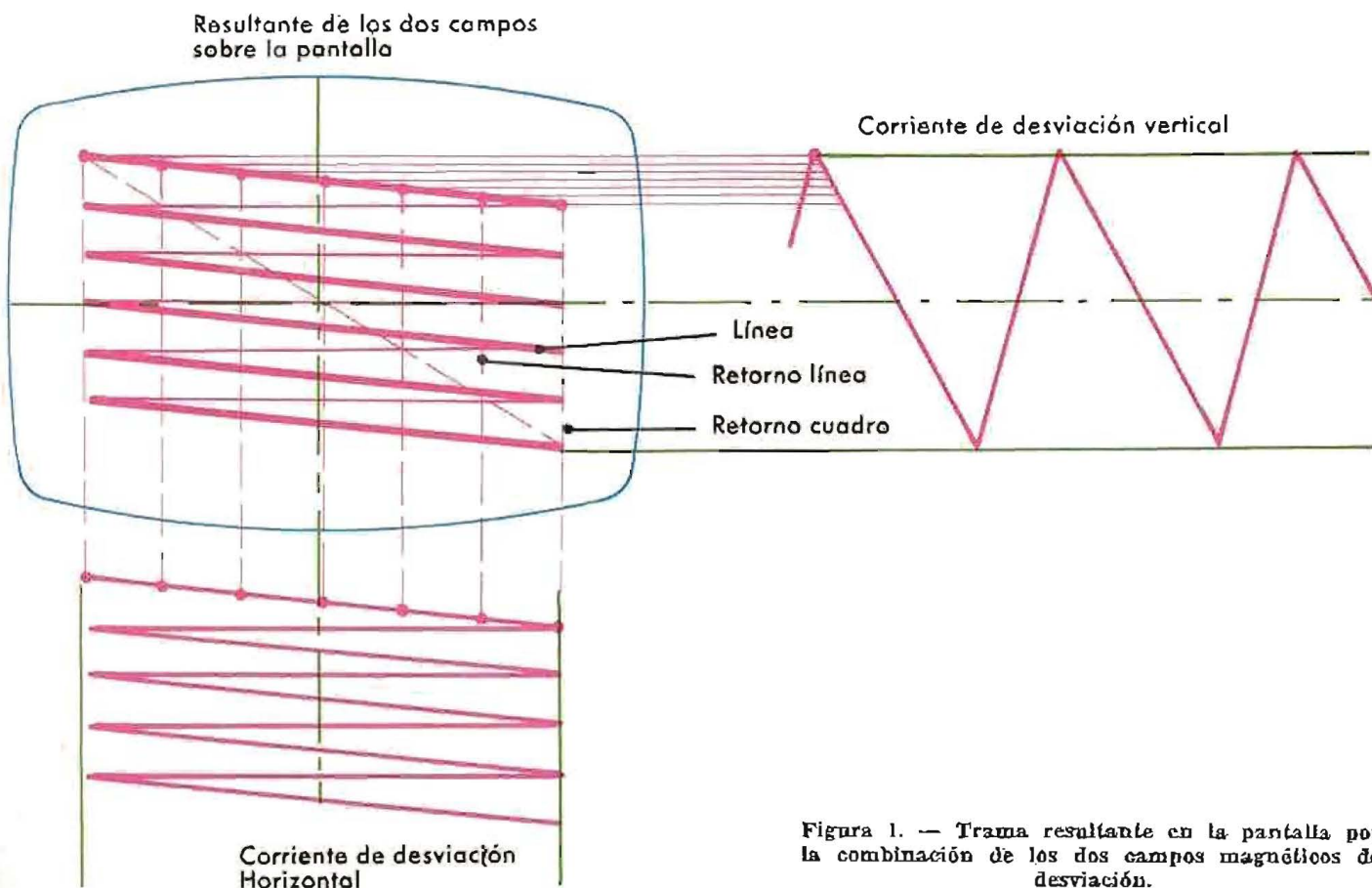


Figura 1. — Trama resultante en la pantalla por la combinación de los dos campos magnéticos de desviación.

recho, formando un rayado prácticamente horizontal a lo largo de todo su recorrido.

La combinación de los campos magnéticos de desviación —cada uno de ellos alimentado con corrientes de diversa frecuencia—, junto con la modulación que se da al punto luminoso, hacen que el *spot* trace una raya casi horizontal de izquierda a derecha, se oscurezca para pasar de derecha a izquierda, vuelva a iluminarse para trazar otra raya de izquierda a derecha, y así sucesivamente hasta llenar por completo la totalidad de la pantalla. Una vez el rayo en la parte inferior derecha, pasa a la superior izquierda y vuelve a iniciarse el proceso de rayado de la pantalla. (Fig. 1.)

Con todo lo explicado, más lo dicho anteriormente sobre la percepción del ojo humano, se comprende que la calidad de la imagen en la pantalla del televisor está relacionada con el número de líneas que la formen. La *definición* de la imagen es tanto mejor cuanto mayor sea dicho número. Se considera que para obtener una definición aceptable deben producirse como mínimo unas 450 líneas, si bien este número depende del standard televisivo adoptado (525 líneas en los países americanos y 625 en los europeos).

Interlineado

Al objeto de obtener una imagen sin fluctuaciones y no tener que disponer de una banda excesivamente ancha para la transmisión de las señales, la exploración o reproducción de la imagen televisiva se efectúa en dos veces; o sea que el cuadro de la imagen se reproduce en dos campos, el *par* y el *impar*, por medio del llamado *barrido interlineado*, el cual consiste en la reproducción dentro del campo par de las líneas con número de orden par, pasando en el siguiente cuadro a la reproducción del campo impar, el cual comprende las líneas de número de orden impar. (Fig. 2.)

De lo anterior se desprende que un cuadro o imagen de televisión no se reproduce en la pantalla del televisor de una sola vez, sino en dos. O sea que un cuadro o imagen estática (fig. 3) se reproduce en dos fracciones, primero el rayado par y después el impar, si bien, por causa de la persistencia de las imágenes en la retina, parece que se está reproduciendo de una sola vez. Con este sistema, al ser menor el número de cuatro a transmitir, la velocidad del rayo catódico en su barrido por la pantalla también es menor y se obtiene una imagen más estable, además de la consiguiente simplificación tanto en el transmisor como en el receptor de TV.

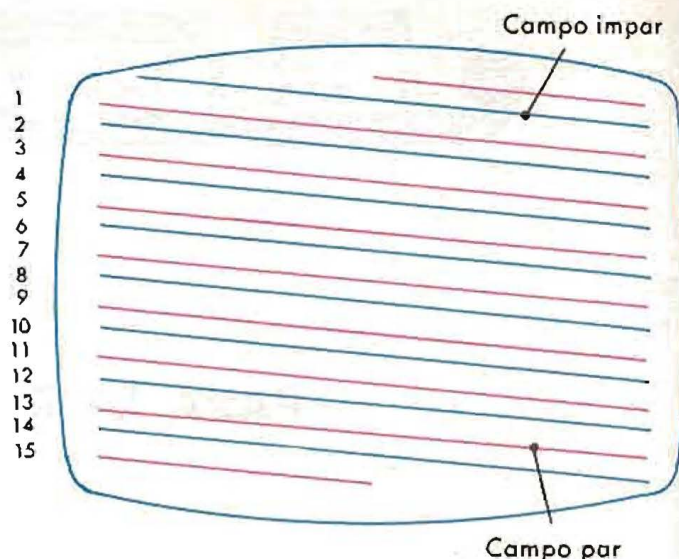


Figura 2. — Barrido interlineado.

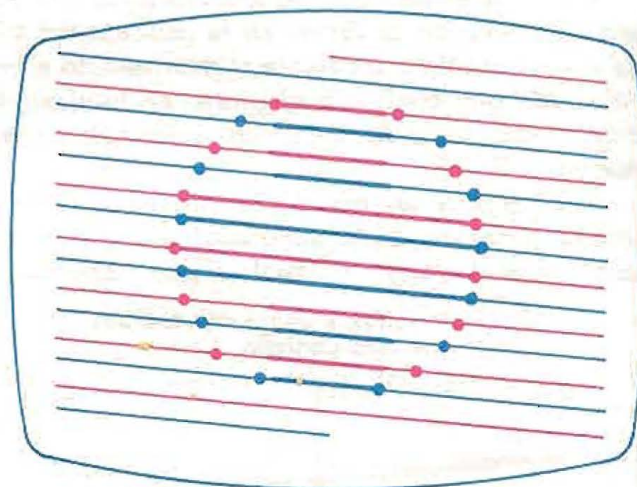


Figura 3. — La combinación de los dos campos señalados en diferente color da la imagen de un cuadro de televisión.

Frecuencia de cuadro

Para evitar la sensación de parpadeo, o sea para que el espectador tenga la impresión de ver una imagen real en movimiento, se requiere un mínimo de unos dieciséis cuadros por segundo.

En televisión se toma como frecuencia de cuadro el mismo valor de la frecuencia de la corriente que se emplea en alumbrado, o sea 60 c/s en los países americanos y 50 c/s en los europeos.

Teniendo en cuenta que empleamos el sistema de barrido interlineado, no aparecen en la pantalla 50 cuadros por segundo, sino 50 campos, lo cual corresponde a 25 cuadros (o 30 cuando la base es 60 c/s).

Según los datos expuestos, resulta que cada

dos centésimas de segundo se reproduce en la pantalla del televisor un campo; o sea que la pantalla está recorrida totalmente de izquierda a derecha y de arriba abajo en este tiempo tan corto. Y como un cuadro se reproduce con dos campos, se tiene un cuadro cada cuatro centésimas de segundo, o, lo que es lo mismo, 25 cuadros por segundo.

Con estos tiempos tan breves, la sensación es de una imagen estable sin parpadeos ni fluctuaciones.

Frecuencia de línea

Como ya hemos visto, la imagen televisiva se obtiene por medio del barrido total de la pantalla por el *spot* que conduce el rayo catódico.

Acabamos de indicar que la exploración en sentido vertical debe efectuarse 50 veces por segundo, ya que son 50 los campos que se reproducen por unidad de tiempo.

También sabemos que la exploración debe efectuarla trazando líneas que prácticamente son horizontales, y que el número de líneas que desea trazar con el standard europeo era de 625 por cuadro. Pero como se emplea la exploración por interlineado, cada uno de los dos campos necesarios para obtener un cuadro está formado por la mitad de las 625 líneas, o sea 312,5 líneas por campo, y como se reproducen 50 campos por segundo, el rayo catódico o *spot* debe trazar en la pantalla el rayado correspondiente a la velocidad de $312,5 \times 50 = 15.625$ líneas por segundo.

Como se observa, la frecuencia de la corriente que da lugar al campo magnético que desvía el rayo catódico en sentido horizontal es mucho más elevada que la que lo hace en sentido vertical. Si bien para ambos campos el tiempo que invierte en pasar del extremo superior al inferior es el mismo: de dos centésimas de segundo ($1/50$), el tiempo de que dispone el *spot* para trazar una línea completa y colocarse en posición para iniciar la siguiente es de $0,02/312,5$ segundos, o sea del orden de sesenta y cuatro microsegundos.

CARACTERÍSTICAS DE LA SEÑAL DE TELEVISION

Modulación de la onda portante de TV

La onda portante o *portadora* del emisor está modulada de forma que lleve simultáneamente la señal de video y las dos señales de sincronismo. (Fig. 4.)

La modulación de la onda portante, una vez

En resumen: considerando el standard europeo, la transmisión se efectúa con 50 campos o 25 cuadros por segundo, con una frecuencia de cuadro de 50 c/s, lo cual da lugar, al tener en cuenta las 625 líneas de que se compone cada cuadro, a una frecuencia de línea de 15.625 c/s.

Sincronización entre el emisor y el receptor

Acaba usted de ver cómo efectúa el *spot* la exploración de la pantalla, fijando unas condiciones, tanto en el movimiento en sentido vertical como horizontal, que deben ser comunes para el emisor y para el receptor; mas para la perfecta reproducción en el receptor de la imagen que radía la emisora no es suficiente con esta coincidencia en cuanto al movimiento del *spot* a lo largo de su exploración sobre la pantalla. Se requiere además la coincidencia punto por punto, la coincidencia en los inicios de cuadro, inicios de línea y final de cuadro; o sea un perfecto sincronismo en todos sus movimientos al objeto de que cada uno de los puntos que se remiten y se reproducen coincida con exactitud.

Para obtener esta coincidencia, la emisora transmite unas señales de sincronismo junto con las señales de imagen y sonido. Estas señales de sincronismo son dos: sincronismo de línea y sincronismo de campo.

De lo anterior podría deducirse que el emisor radía cuatro ondas portantes, pero no es así. En la realidad solamente emite una señal de video para la imagen y otra de audio para el sonido.

Las dos señales de sincronismo que hemos comentado se emiten junto con la señal video, intercalándolas en el lugar adecuado y haciendo que la pantalla quede sin exploración, o sea negra, en los instantes en que emite las señales para la sincronización de la imagen, para que no se reproduzcan en la pantalla del receptor. Por tanto, la señal de TV se compone de dos ondas de longitud muy corta: una para la imagen (llamada video) y otra para el sonido (denominada señal audio).

detectada, se divide en dos partes, una de las cuales se reserva a la modulación en videofrecuencia de 0 al 75 por 100; la otra parte está reservada a las señales de sincronismo, va del 75 al 100 por 100 y se modula en amplitud.

La modulación de la portante video, según el standard adoptado, puede ser de tipo positivo o de tipo negativo. (Fig. 5.)

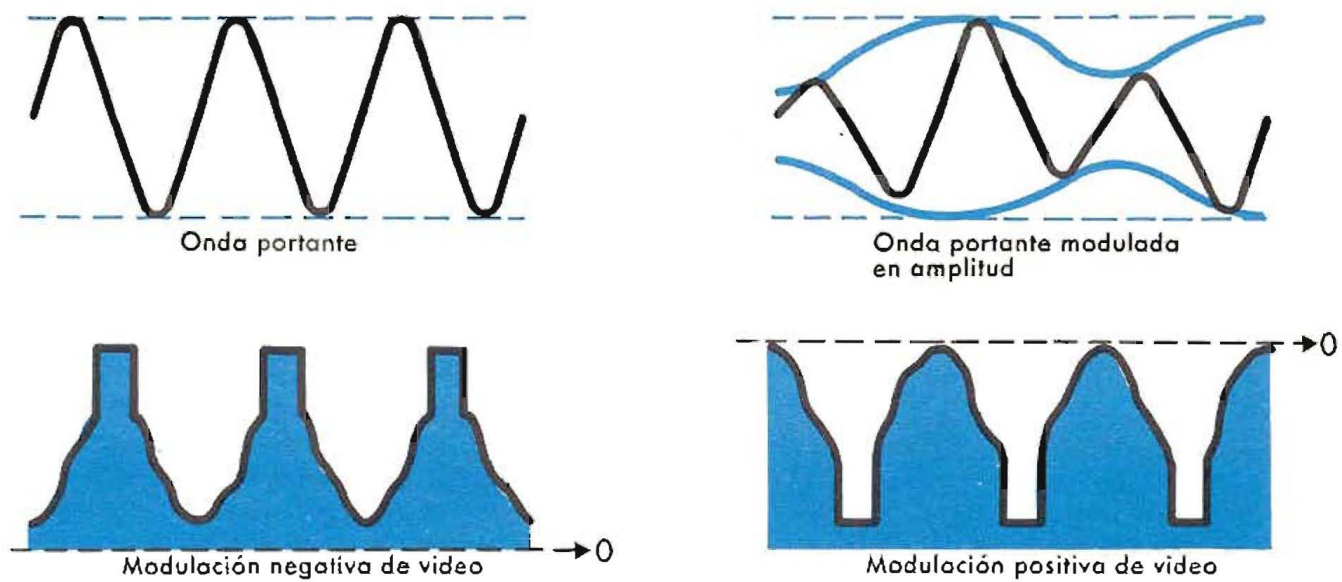


Figura 5. — Sistemas de modulación.

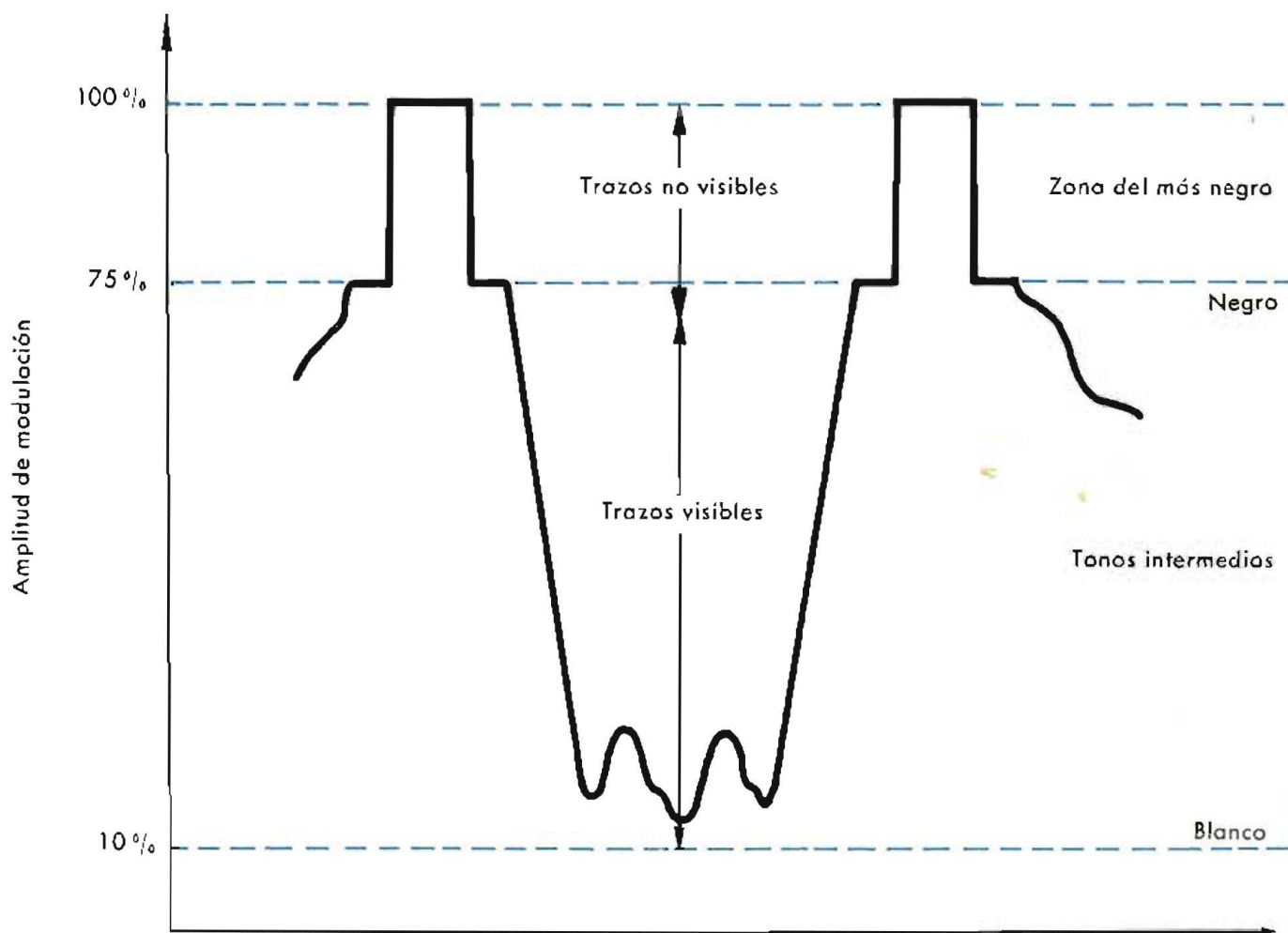


Figura 6. — Visibilidad de los trazos según la modulación.

En la modulación negativa la amplitud máxima de la onda portante corresponde a la desaparición del rayo catódico y, como consecuencia, del punto luminoso (pantalla oscura); cuando la amplitud de la portante es mínima se obtiene la máxima intensidad del rayo catódico, o sea que la pantalla se ilumina hasta el máximo. Ahora es fácil intuir cómo influye la polarización en el tubo de rayos catódicos. Si la polarización de la rejilla del tubo de rayos catódicos es negativa, llega una señal a cuya máxima amplitud corresponde la máxima tensión negativa y por tanto se produce la completa supresión del rayo catódico, y como consecuencia, la pantalla queda oscura. Viceversa la mínima amplitud de la señal corresponde a la mínima tensión negativa, y en consecuencia se obtiene la máxima intensidad del rayo catódico, o sea la pantalla iluminada. En otras palabras: cuando la señal tiene la máxima amplitud, corresponde al negro; y cuando tiene una amplitud mínima, corresponde al blanco. La amplitud de la señal antes indicada es del 10 por 100 de modulación, correspondiente al nivel del blanco, al 75 por 100, correspondiente al nivel del negro. En la parte del 75 por 100 al 100 por 100 de modulaciones, se aplican las señales de sincronismo; tampoco aquí se produce el rayo catódico y por tanto la pantalla es negra. Se puede decir que la zona del 75 por 100 al 100 por 100 corresponde a la zona del *más negro*. Este término (*más negro*), que se emplea en el lenguaje técnico, se refiere particularmente a la parte de la señal que no produce ninguna imagen. (Fig. 6.)

Cuando se adapta el standard de modulación del tipo positivo, la modulación del tubo de rayos catódicos se produce por el sistema contrario: cuando la amplitud de la onda portante es máxima se tiene la máxima luminosidad de la pantalla, y cuando la señal tiene la mínima amplitud se obtiene la pantalla oscura. También en este sistema las señales de sincronismo corresponden al *más negro*. Para concluir, en una señal transmitida con modulación positiva de la señal útil, los impulsos de sincronismo son negativos con relación a la señal video, por cuanto están por debajo del nivel del negro, que se encuentra en el lado de la menor amplitud de la portante. Al contrario, en una señal transmitida con modulación negativa de la señal útil, los impulsos de sincronismo son positivos con relación a la señal video por cuanto están por encima del nivel del negro.

El sistema más empleado en la práctica es el de modulación negativa, si bien, como veremos más adelante al tratar de los diversos standards de televisión, también se emplea la modulación positiva.

La señal de televisión (imagen)

Antes de ver cómo está compuesta la señal de televisión en su totalidad, es oportuno considerar algunas características de la señal que radia el transmisor.

Las características más importantes son el contenido y la forma de la señal transmitida, de la cual se obtiene la polarización de la rejilla de control del tubo de rayos catódicos, que reproduce a distancia la imagen de la misma forma y con los tonos correspondientes al original.

Para mejor comprender cómo está compuesta la imagen de televisión, examinemos la figura 7 y veamos de exponer el mecanismo para su reproducción, considerando se trata de un standard con modulación negativa. En ella se representa una imagen emitida por el transmisor; veamos cómo está compuesta la señal eléctrica que ha modulado la onda portante, que por tanto debe ser igual a la que module al rayo catódico del tubo del aparato receptor si desea obtener la misma figura tanto en el emisor como en el receptor.

Consideremos que el rayo electrónico explorador o reproductor está recorriendo una línea cualquiera de la figura, ya que, dada la forma de ésta, la modulación es la misma para todas las líneas, puesto que no hay variación de imagen en sentido vertical.

Recordando que el rayo electrónico parte de la izquierda y lo dicho anteriormente en cuanto a la

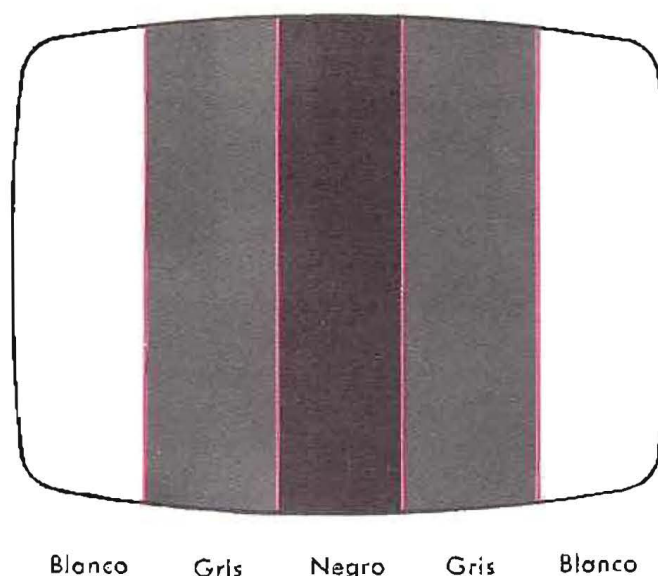


Figura 7.

relación entre la profundidad de modulación y el nivel de luz en la pantalla, se comprende que la señal de video tiene la forma indicada en la figura 8; o sea que inicialmente, partiendo de izquierda a derecha, tiene una amplitud de modulación del 10 por 100, que corresponde al nivel del blanco, y permanece constante hasta llegar a la zona del gris en cuyo momento la modulación de la señal aumenta hasta un valor que podemos considerar de un 40 por 100 y permanece constante hasta llegar a la franja negra, momento en que la modulación debe ascender hasta el valor del 75 por

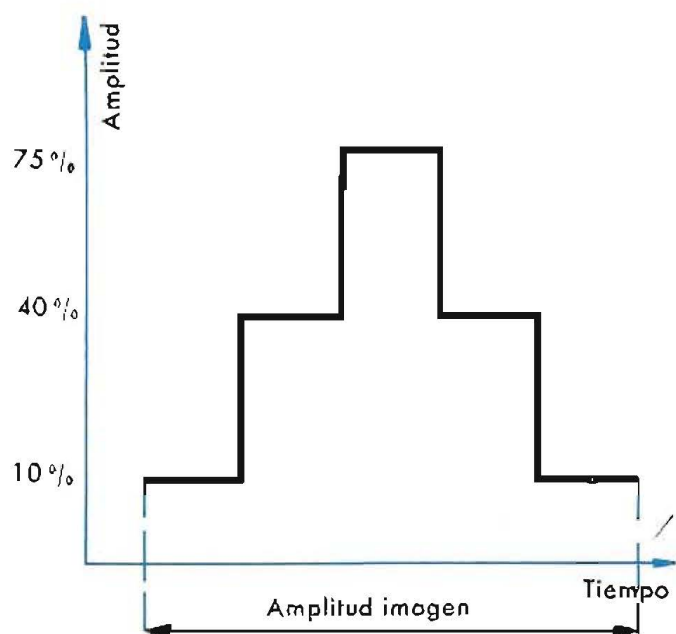


Figura 8.

ciento. El resto de la figura es igual al descrito, pero en sentido contrario, puesto que se trata de pasar del negro al gris y del gris al blanco.

En el caso estudiado la modulación de todas las líneas es la misma, puesto que la imagen no ofrece variaciones de tono en sentido vertical. En la realidad, cuando se trata de transmitir imágenes de la vida real cada línea presenta una modulación diferente con relación a la anterior, con infinitud de tonos comprendidos entre el blanco y el negro a lo largo de una misma línea, como se indica en la figura 9.

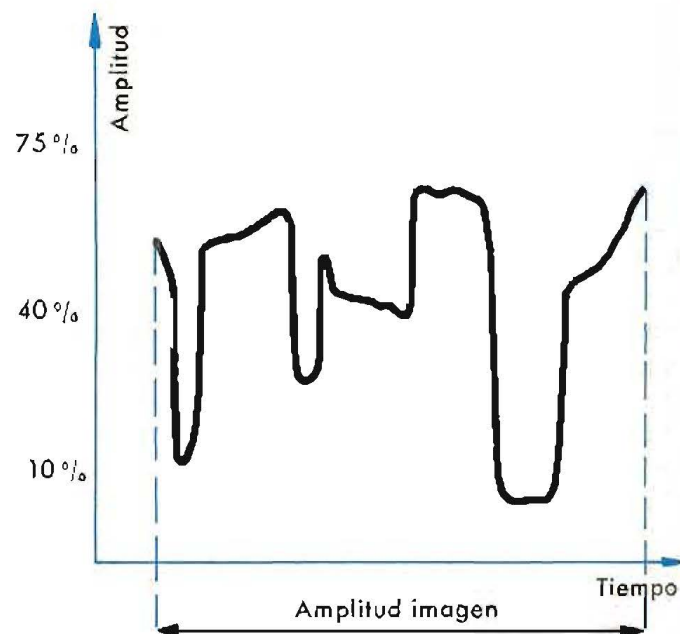


Figura 9.

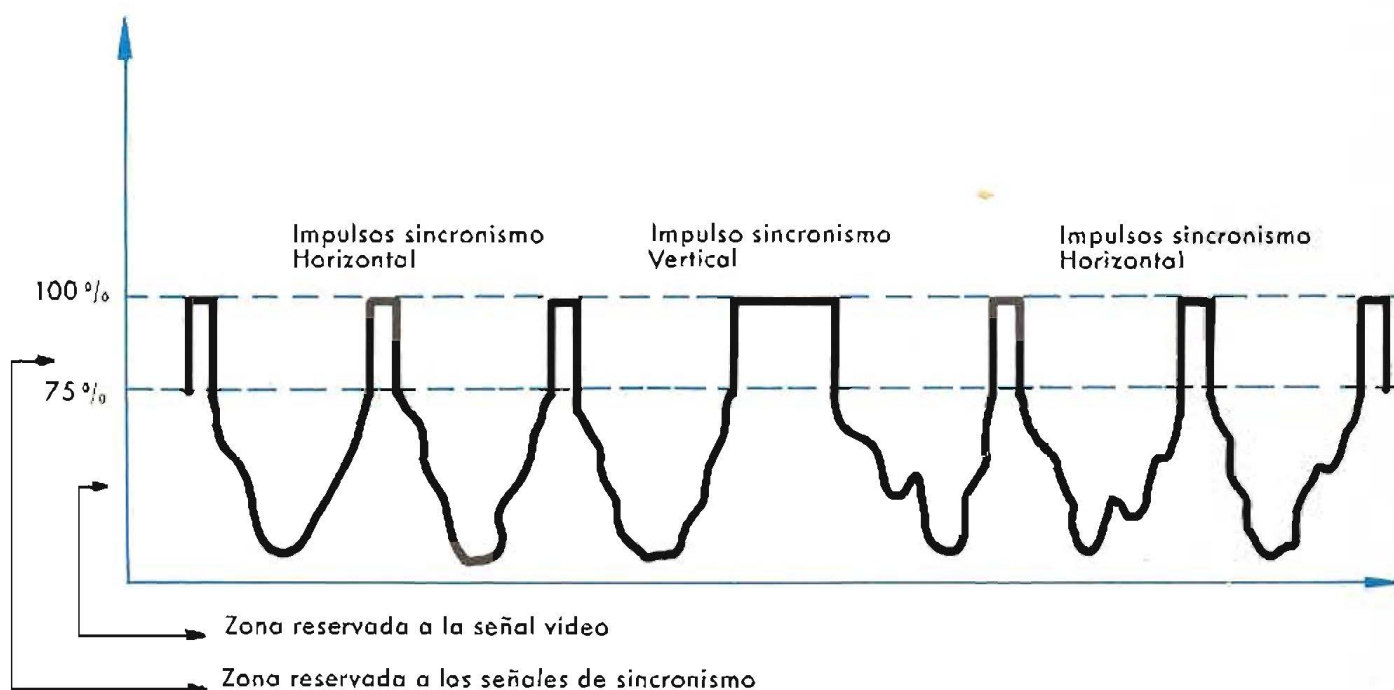


Figura 10. — Señal de televisión.

Impulsos de control en la señal de televisión

El barrido interlineado, la sincronización necesaria para los barridos horizontal y vertical y también el borrado vertical... Estas son funciones que debe mandar la señal de TV al aparato receptor, además de la modulación necesaria para la reproducción de la imagen, como acaba usted de ver.

La señal de televisión debe «decir» al *spot* luminoso en qué lugar debe comenzar cada línea horizontal, y al finalizar cada uno de los campos

de exploración debe mandarlo al extremo superior para volver a iniciar la exploración que forma el siguiente campo.

En la señal de la onda de video entre la información o modulación de cada línea se emiten unos impulsos para la sincronización del barrido horizontal, determinando cuándo empieza la exploración de cada una de las líneas de cada campo. El paso del punto luminoso del final de un campo al inicio del siguiente está condicionado por impulsos de sincronismo vertical de mayor amplitud.

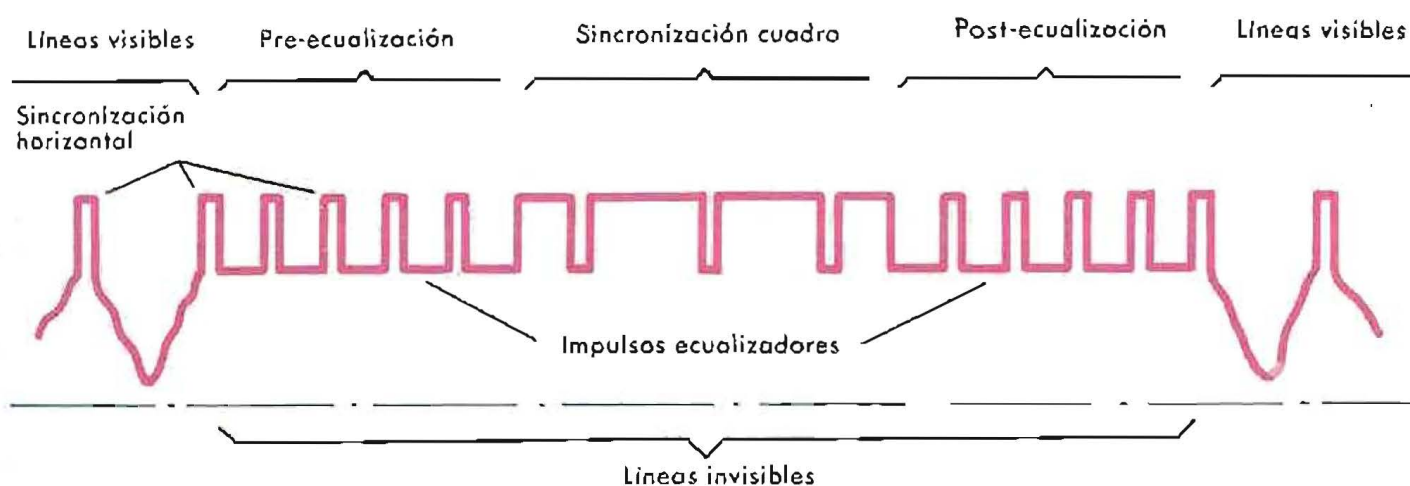


Figura 11. — Cambio de cuadro con los impulsos para el sincronismo vertical y horizontal.

La figura 10 muestra una señal de televisión en la que se han representado de forma aproximada los impulsos que nos interesan. Vemos en el primer tramo los impulsos de sincronismo horizontal colocados como separadores entre la señal de video correspondiente a cada una de las líneas del campo de exploración; después aparece un impulso de mayor duración —el llamado impulso de sincronismo vertical— que sirve para el cambio de campo, seguido del mismo tren anterior de señal imagen con los correspondientes impulsos de sincronismo horizontal. Esta modulación de la onda video se repite a lo largo de la transmisión.

El retorno vertical no se inicia exactamente al comienzo del impulso de sincronismo vertical, sino cuando ya ha comenzado. La señal de sincronismo aparece un instante antes de terminar la última línea horizontal; ya se ha indicado que durante los instantes de retorno, tanto de línea como de cuadro, el *spot* no es luminoso, por estar bloqueado el rayo catódico.

Como resumen, en la figura se indica la composición esquemática de la onda video de televisión. Fíjese en que los impulsos de sincronismo

horizontal son mucho más pequeños que los de sincronismo vertical. La toma por parte de los circuitos del televisor de los impulsos que le interesan para la sincronización de los circuitos de barrido horizontal y vertical se basa precisamente en esta diversa duración o anchura de los impulsos que emite la emisora.

En realidad el problema de la sincronización no se solventa de la forma tan fácil como hemos expuesto; ya que los dos barridos deben estar sincronizados constantemente sin perder la sincronización de uno de ellos cuando se recibe la señal correspondiente al otro.

Si observamos la figura 11 veremos que a continuación de la información de imagen y de los impulsos de sincronismo horizontal aparecen otros impulsos llamados *ecualizadores*. Por el momento nos basta con saber que, así como los de sincronismo horizontal se producen con una frecuencia equivalente a 15.625 c/s, éstos corresponden a una frecuencia doble, o sea 31.250 c/s, de forma que la frecuencia horizontal continúa sincronizada debido precisamente a haber doblado de forma exacta el valor de la fundamental.

Después de los impulsos ecualizadores, aparece un tren de impulsos para el sincronismo vertical y luego se producen otros nuevos impulsos ecualizadores. Tanto los impulsos ecualizadores como los de sincronismo vertical continúan manteniendo el sincronismo horizontal, que, como ya hemos indicado, no debe faltar en ningún momento.

Para explicar cómo se produce el interlineado en medio de este conjunto de impulsos de sincronismo, es necesario tratar un poco de los impulsos de sincronismo vertical, dado que la aparición de estos impulsos con relación al número de líneas es lo que da como resultado el barrido interlineado.

Debemos pensar que los impulsos de sincronismo horizontal son independientes de los de sincronismo vertical, y que estos últimos se repiten a intervalos mucho más largos.

Consideremos que el rayo catódico está explorando un campo impar. Al finalizar el trazado de la última línea el *spot* se dispara para iniciar la exploración en la parte superior del campo par; pero no inicia esta exploración por el extremo superior izquierdo, sino que lo hace comenzando la exploración por el centro de la línea, con lo que se consigue una traslación en sentido vertical que hace que la exploración de los dos campos resulte entrelazada.

Al finalizar la exploración del campo par, el rayo catódico vuelve a la parte superior para volver a explorar el siguiente campo impar, iniciando esta vez por el extremo superior izquierdo.

Como puede verse, el entrelazado de los dos campos es una consecuencia de los intervalos que existen entre los impulsos horizontales y verticales.

Para el perfecto entrelazado de los dos campos de exploración que forman cada uno de los cuadros de la imagen existen los impulsos ecualizadores (o de igualación) que hemos mencionado antes.

Podría suponerse que los impulsos de sincronismo vertical aparecen al finalizar la última línea del cuadro. Si así fuese, podría ser que los circuitos de sincronismo vertical no dispararan en la forma apropiada.

Si bien no hemos descrito aún los circuitos internos del receptor, debemos adelantar que los impulsos de sincronismo vertical actúan cargando un condensador; y dado que entre el inicio de la exploración de cada campo sucesivo debe haber una diferencia de media línea, podría suceder que la carga de este condensador no fuera la requerida para cada campo. Por esta razón se emplea un pequeño intervalo durante el cual se transmiten los impulsos ecualizadores, que se transmiten an-

tes y después del impulso de sincronismo vertical, que ecualizan o controlan la carga y la descarga del condensador para suprimir el efecto que podría tener la media línea de diferencia que debe existir entre dos campos seguidos y haciendo que el disparo del impulso vertical se efectúe en el preciso instante que le señale la onda portante precedente del emisor.

Señalemos, para finalizar la cuestión de los impulsos de sincronismo, que los intercalados entre la señal de video —o sea los de sincronismo horizontal— no aparecen inmediatamente después de finalizar la exploración de la línea ni se inicia la exploración de la siguiente al finalizar éste, sino que entre la señal de video y el impulso existe siempre un pequeño intervalo denominado *pórtico* anterior o posterior (fig. 12), según sea su posición. El pórtico delantero o anterior es necesario para que el impulso de sincronismo sea independiente del impulso de borrado. El pórtico trasero o posterior es un tiempo muerto, después de haber actuado el impulso de sincronismo, manteniendo el borrado de la pantalla para el retorno del rayo catódico.

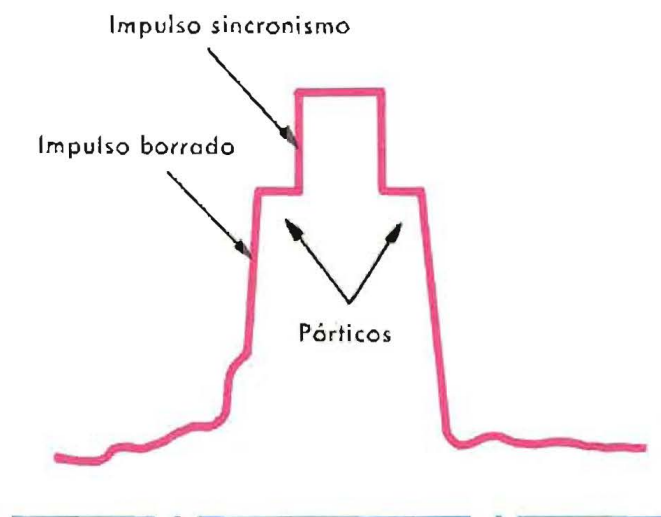


Figura 12. — Pórticos que acompañan al impulso de sincronismo horizontal para independizarlo de la señal de video.

Resumen del tren de señales

Vea ahora, como resumen, un análisis ordenado de la serie de señales que se transmiten entre el comienzo de exploración de un cuadro y el del siguiente. La numeración que se utiliza coincide con la de la figura 13.

1. Se inicia la exploración de la pantalla a partir del vértice superior izquierdo de la retícula de exploración. En esta porción se halla la señal video necesaria para la obtención de los diversos tonos durante la exploración de la primera línea.

2. Al final de la señal video aparece el impulso de borrado, como preparación para el retroceso del rayo.

3. Impulso de sincronismo horizontal, que inicia el retroceso del punto de exploración con el spot «apagado» y controla los circuitos de barrido horizontal.

4. Final del impulso de sincronismo. El rayo ya ha pasado al otro lado; después del pórtilo posterior se inicia la exploración de la segunda línea.

A continuación se repite el mismo programa hasta llegar a la exploración del final del cuadro. Supongamos que ya se han explorado todas las líneas impares. Los impulsos de sincronismo horizontal han determinado el espaciado entre ellas.

5. A continuación, durante las últimas líneas del cuadro, se bloquea la imagen y aparecen los impulsos pre-ecualizadores, de una frecuencia doble de la de sincronismo horizontal, para que no se produzca el desenganche de esta sincronización.

6. Aparece el impulso de cuadro para la sincronización de la frecuencia de cuadro.

7. Final del impulso de cuadro. Durante este impulso el punto explorador bloqueado se traslada de la parte inferior a la superior. Véase que también dentro del impulso de cuadro aparecen las señales para el sincronismo horizontal o de línea. Como se comprende, el retorno de la parte inferior a la superior no se hace en línea recta, sino en zig-zag, debido a la presencia de las dos frecuencias durante este retorno, la horizontal y la vertical.

8. Se inician las primeras líneas invisibles del segundo campo (líneas pares) al mismo tiempo que los impulsos post-ecualizadores.

9. Después de un impulso se inicia la exploración de la primera línea del campo par. Esta línea no es completa; solamente aparece visible la mitad, de forma que queden entrelazados los dos campos de exploración para obtener el interlineado.

A continuación las señales se repiten sucesivamente con la perfecta combinación necesaria entre las señales de video y de sincronismo.

En la figura 13 se indica también la relación entre estas señales y las de barrido, tanto horizontal como vertical.

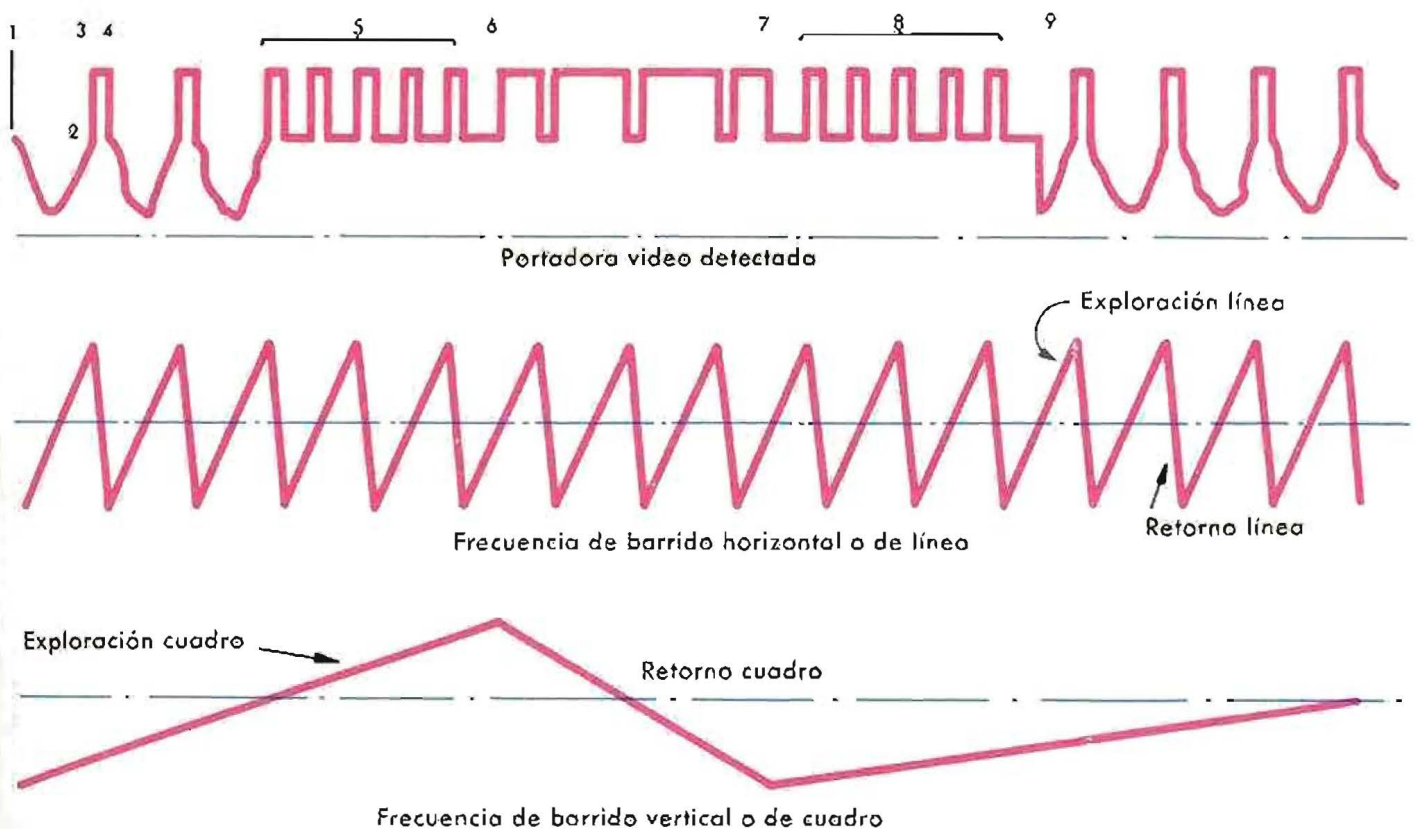


Figura 13. — Sucesión de señales en la portadora video y su relación con las frecuencias de barrido.

Portadora de televisión

Hasta aquí hemos visto lo referente a la parte de imagen, pero no se ha indicado nada con relación a la transmisión del sonido, el cual se transmite conjuntamente con la señal de imagen por medio de otra de las tantas particularidades que, como habrá visto el lector, existen en televisión.

Para transmitir la información de video, juntamente con las señales de sincronismo, con el realismo necesario para la obtención de una buena imagen, se requiere lo que podríamos llamar una *modulación de alta fidelidad*, o sea con una banda pasante muy ancha. Por esto la modulación de la señal de video se produce a una frecuencia de unos 5 megaciclos.

Como usted sabe, para una transmisión modulada a tan alta frecuencia se necesitaría unos circuitos sintonizados en el receptor con un ancho de más de 10 megaciclos. Si a esto añadimos la banda necesaria para transmitir conjuntamente el sonido en buenas condiciones de fidelidad, se comprende que fácilmente se llegaría a necesitar unos circuitos capaces para una banda pasante de más de 10 megaciclos de anchura.

Además, cuanto mayores son los anchos de banda, menos son las emisoras o canales que caben en las bandas de frecuencia asignadas a la televisión. Éste es un problema de gran importancia, ya que la asignación de un mismo canal a dos emisoras no excesivamente alejadas ocasiona problemas de interferencia, que todos hemos visto en verano incluso producidos por emisores situados a gran distancia. Por estos motivos se ha procurado reducir al mínimo imprescindible el ancho de banda necesario para la transmisión de un canal de televisión, teniendo en cuenta que se necesita mantener un buen nivel de calidad tanto para la imagen como para el sonido.

Para solventar el problema, viendo de reducir el ancho de banda al mínimo necesario para un buen conjunto de cualidades tanto visuales como

auditivas, veamos qué se hace y cómo es en realidad la portadora de la señal completa de televisión.

En primer lugar consideremos las dos portadoras, la de la imagen y la de sonido. Estas dos frecuencias pueden ser todo lo próximas que permita la no interferencia de las modulaciones propias de cada una de ellas. Para el sonido la banda pasante es pequeña, pero para disponer de una separación que permita trabajar con seguridad, se ha considerado que entre el final útil de la banda pasante de video y el máximo de la onda de sonido, o sea su portadora, exista una separación de 0,5 Mc/s.

Tenemos, pues, que la separación entre portadoras —la de video y la de sonido— es de 5,5 Mc/s. (Fig. 14.)

Vista la separación entre portadoras, veamos, antes de trazar el diagrama de la portadora de televisión, cómo se hace para reducir el ancho de banda de la portadora video.

Teniendo en cuenta que de la señal de video, una vez detectada, solamente se emplea la mitad, o sea una de las bandas (la positiva o la negativa), la transmisión de la señal se verifica desde el emisor por el sistema de *banda lateral atenuada*, lo cual se efectúa no alimentando la antena del emisor en forma directa, como se hace normalmente, sino a través de un filtro colocado en la base del alimentador. Por medio de este sistema prácticamente se reduce a la mitad la anchura del canal video. (Fig. 15.)

Según lo anterior, en la figura 16 se muestra el diagrama completo de una onda portadora de la señal de televisión. Se indica la posición de las dos portadoras —la de imagen y la de sonido— y se observa la no simetría con relación a la portadora de imagen de la banda de transmisión. Ello se debe, tal como hemos indicado antes, a la supresión o reducción de una de las bandas de modulación, con lo cual el ancho teórico de un canal de televisión, según el standard CCIR, ha quedado reducido a 7 Mc/s.

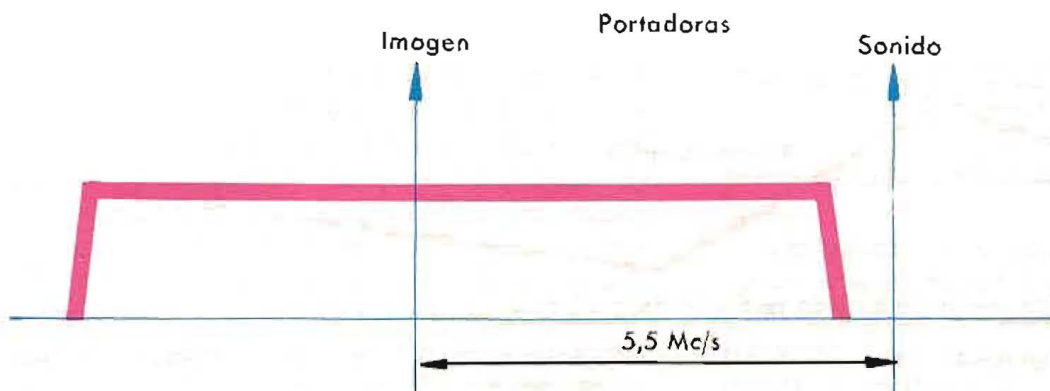


Figura 14. — Ancho de banda de una señal de TV.

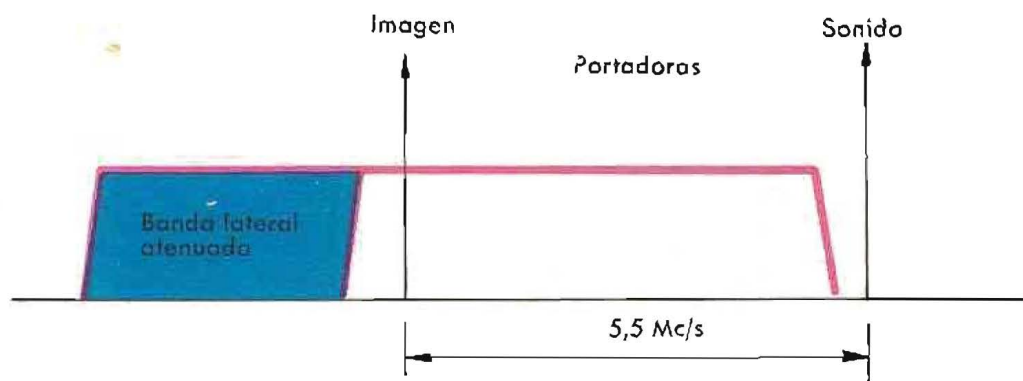


Figura 15. — Supresión de la banda lateral.

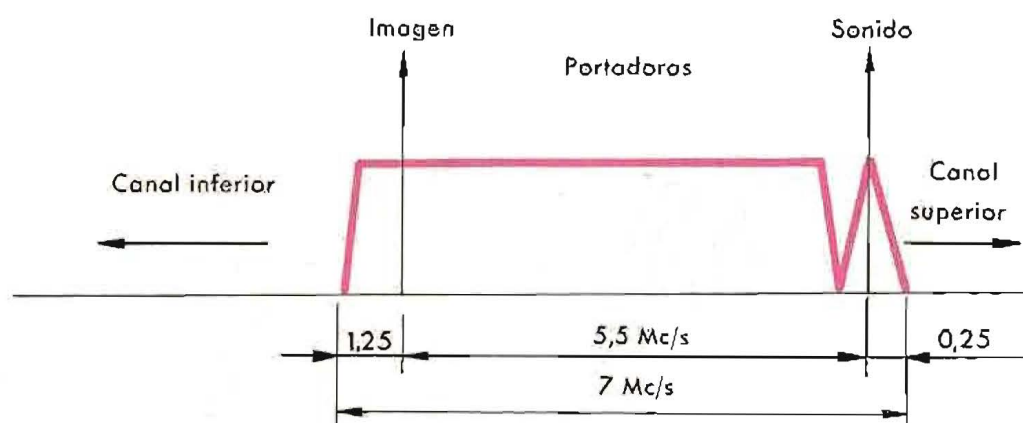


Figura 16. — Diagrama de la portadora de TV.

Fidelidad de reproducción

Todos los detalles estudiados en cuanto a exploración, sincronización y transmisión de la señal de televisión tenían un objetivo: lograr la máxima perfección en la imagen obtenida en la pantalla del televisor.

Si se parte del supuesto de que la señal que entra en el televisor es perfecta, la calidad o fidelidad de la imagen obtenida depende del conjunto de los elementos que componen el aparato receptor. La calidad de la imagen reproducida por un televisor depende de tres factores.

Deformación geométrica;
Gama de tonos;
Definición.

Los programas de televisión van precedidos de la emisión de una figura llamada *carta de ajuste*, con la cual se puede controlar visualmente los tres factores mencionados, además de dar al usuario la posibilidad de ajustar su aparato televisor en las mejores condiciones para una buena reproducción de la gama de tonos por medio del manejo de los mandos del aparato.

Para exponer la relación entre la carta de ajuste y la fidelidad de reproducción del televisor nos

valdremos de la carta empleada por TVE, cuya configuración se muestra en la figura 17.

Lo primero que se observa es la presencia de una gran circunferencia central y cuatro más pequeñas colocadas en las esquinas.

En efecto, para observar si existen deformaciones geométricas la circunferencia es un buen elemento, puesto que es una de las figuras geométricas más difíciles de conservar, ya que, por definición, es el lugar geométrico de los puntos equidistantes de su centro, y la menor deformación que exista se pone fácilmente de manifiesto. La deformación de la figura obedece a una distorsión en el barrido de la imagen. Se puede apreciar perfectamente en el conjunto de toda la pantalla; no solamente con las cinco circunferencias, sino incluso observando la horizontalidad, perpendicularidad y separación de los trazos que forman el cuadrículado de fondo. Hay cierto tipo de deformación que es fácilmente corregible por medio de unos mandos que llevan los televisores en la parte de detrás.

Para la regulación del nivel de negro y apreciación de la gama de tonos, a los dos lados y encima de la circunferencia central de la mira o car-

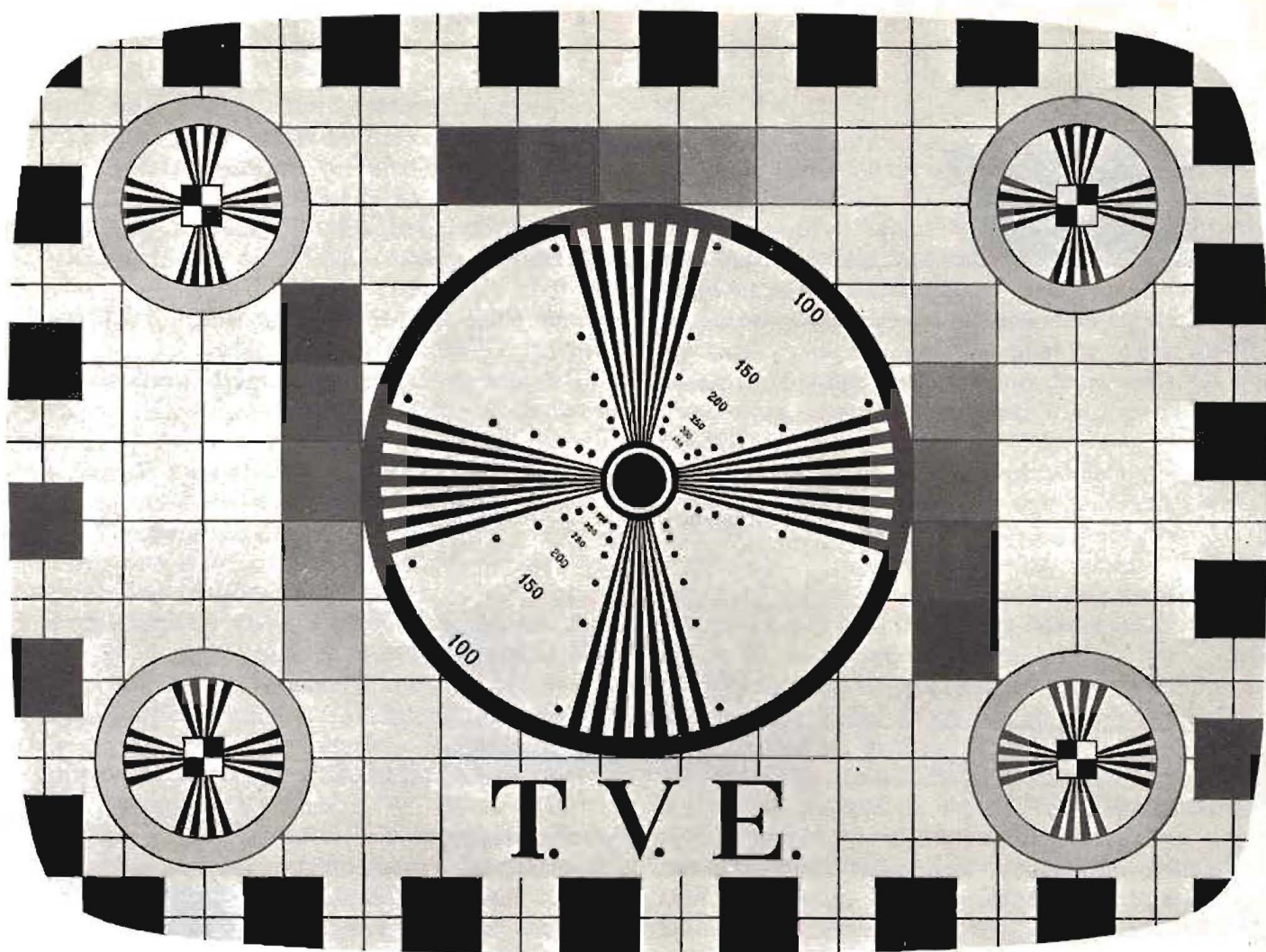


Figura 17. — Carta de ajuste de T.V.E. (Televisión Española).

ta de ajuste de TVE hay tres bandas rectangulares llamadas de contraste, cada una de las cuales consta de cinco cuadros de semitonos progresivos que van desde el negro hasta el gris muy claro.

Esta parte de la mira hace fácil que el observador común de televisión efectúe la mejor graduación de su aparato por medio de los correspondientes mandos, al objeto de obtener después una perfecta reproducción de la gama de tonos emitida por el emisor, en el curso de su programación, puesto que una posición errónea de los mandos conduce a la traslación de la gama de tonos por encima o por debajo de los correctos. Además sirve para comprobar si la reproducción de tonos es la adecuada en los dos sentidos, el horizontal y el vertical.

La mira está dotada de un conjunto de detalles que dan idea bastante aproximada del grado de definición de la imagen. Además, la circunferencia central está ocupada por un abanico cuádruple de radios que van del centro a la periferia.

Cada uno de los brazos del abanico está consti-

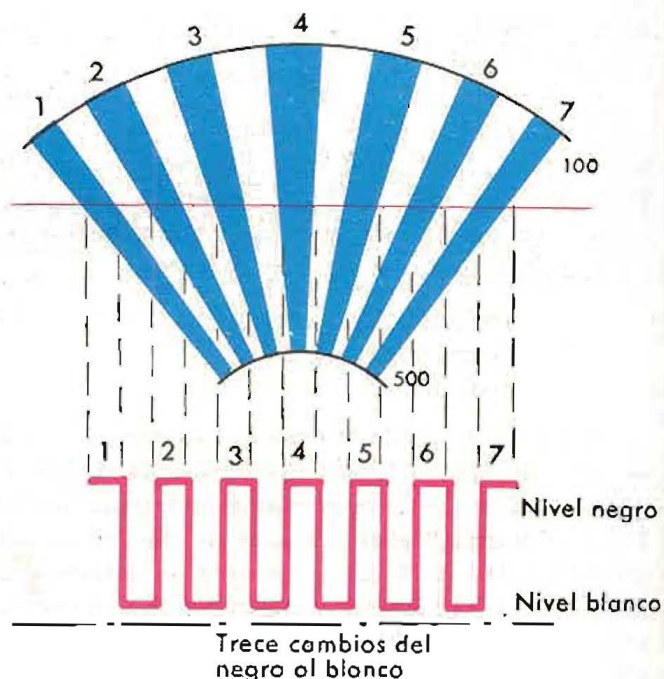


Figura 18. — Señal de prueba internacional para ajuste de TV.

tuido por siete rayas negras que delimitan seis espacios o intervalos blancos de las mismas dimensiones. Veremos cómo por medio de estos brazos se puede controlar el grado de definición, tanto en sentido vertical como horizontal, del aparato en examen.

Consideremos que el *spot* luminoso se desplaza de izquierda a derecha y veremos que para definir un brazo del abanico tiene que hacer, además de los cambios debidos al resto de la figura, trece pasos sucesivos entre el negro y el blanco. (Fig. 18.)

Si calculásemos el número de trazos negros y blancos que podrían colocarse para que ocuparan el ancho total de la imagen, veríamos que para la máxima abertura cabrían unos 100 detalles del blanco al negro, y para la abertura mínima unos 500.

Los números situados entre los abanicos en la carta de ajuste corresponden al número de detalles que cabrían colocados uniformemente en todo lo ancho de la pantalla.

Si observamos la imagen, veremos que en la zona de máxima abertura del abanico es muy fácil distinguir el blanco del negro, pero a medida que nos aproximamos al centro se hace más difícil precisar la definición.

La definición del aparato se cifra a partir de la zona en que deja de ser posible esta definición y viene dada por el número que corresponde a la zona en cuestión.

Como disponemos de cuatro brazos —dos horizontales y dos verticales—, con una simple mirada podemos apreciar el grado de definición del aparato tanto en sentido vertical como horizontal.

La prueba que proporciona una mira de este tipo es muy severa, puesto que la mayoría de los defectos que con ella observamos claramente, no podíamos apreciarlos con las imágenes de un programa normal, por lo que para juzgar objetivamente la calidad de un aparato se hace preciso clasificar los defectos según su orden de importancia:

La deformación geométrica, que prácticamente no se aprecia sino es a base de la traslación de una figura geométrica fija en sentido vertical u horizontal, se considera perfectamente aceptable si no supera un diez por ciento.

En cuanto a la distorsión en la gama de tonos diremos que es prácticamente inapreciable, ya que la misma reproducción en blanco y negro del registro cromático se aparta bastante de la realidad.

La definición es quizá la parte de mayor importancia y donde más se exige, ya que se consi-

dera que es buena cuando se llega a unas 400 líneas o detalles.

De todas formas, debe tenerse en cuenta que la impresión que pueda sacarse de un aparato receptor de televisión, juzgado por la observación de la carta de ajuste, no es bastante para emitir juicios de comparación entre diversos aparatos, si la observación no se efectúa en el mismo lugar y con la misma antena, puesto que en realidad lo que se juzga en particular, en cuanto a definición, es el conjunto de la instalación con la señal disponible en aquel lugar.

En realidad la carta de ajuste va destinada al técnico reparador de aparatos de televisión, puesto que con ella puede proceder al ajuste de la mayor parte de los controles del receptor para que la imagen sea lo más correcta posible, así como también da a conocer al técnico instalador la calidad de la imagen que se obtiene con el conjunto antena-televisor y ayuda a la correcta orientación de la antena a través del grado de definición.

Banda pasante

Como fácilmente se deduce de todo lo explicado, la definición o fidelidad de reproducción de un televisor depende de la banda pasante de los circuitos del aparato.

Supongamos que la pantalla del televisor reproduce la carta de ajuste de TVE antes mencionada, o la de la figura 19, y que normalmente aparece en las emisoras de UHF o VHF a horas fuera de programa.

Puede suponerse que el rayado vertical, y en realidad es así, está producido por una onda de radio de forma rectangular, de manera que sus variaciones entre el máximo y el mínimo sean suficientes para dar en la pantalla los sucesivos tonos blancos y negros que observamos.

Se deduce de inmediato que cuanto más delgadas sean las franjas mayor es la frecuencia de dicha onda de forma rectangular, y que cuando ya no precisamos en la pantalla la correcta diferenciación entre el blanco y el negro esta frecuencia es excesivamente elevada, o la banda pasante del televisor demasiado estrecha.

Veamos cómo, por medio del número de franjas (n_f) que define el aparato o del número de líneas o detalles que es capaz de reproducir en el ancho de la pantalla —tal como hemos indicado antes al comentar la carta de ajuste—, puede deducirse el valor de la banda pasante del aparato.

Teniendo en cuenta que el tiempo empleado por el rayo catódico en trasladarse de un lado al otro de la pantalla es del orden de 40 microsegun-

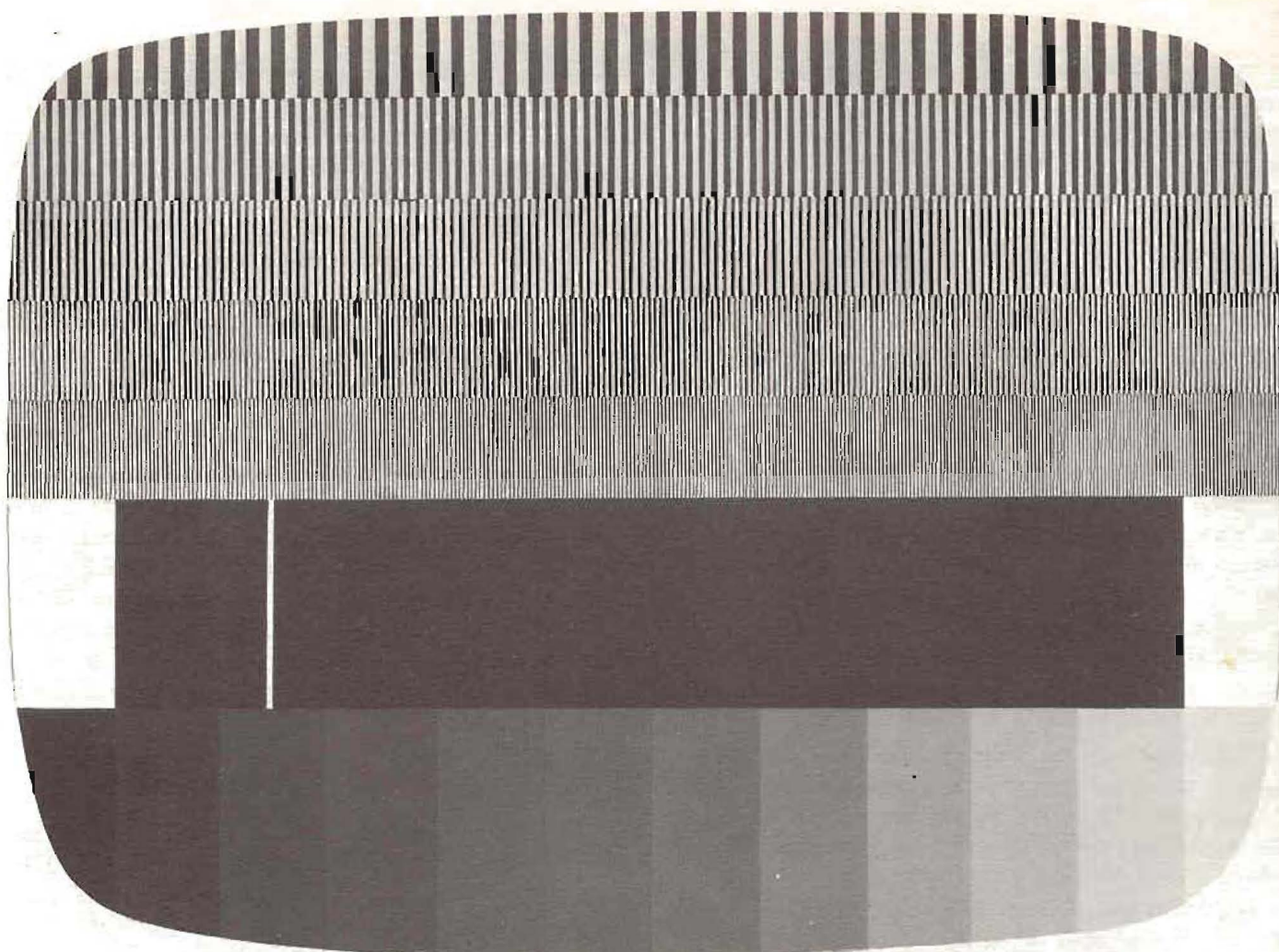


Figura 19. — Control del grado de definición a través de la carta de T.V.E.

dos (μs), el tiempo que empleará en trazar una franja negra y una blanca será de:

$$t_f = \frac{40}{n_f} \text{ en } \mu s.$$

Como sea que para reproducir estas dos franjas se necesita un ciclo completo de la frecuencia de modulación, el valor de dicha frecuencia de modulación es:

$$f = \frac{1000}{t_f} \text{ en kc/s.}$$

Sustituyendo, tendremos:

$$f = \frac{1000}{\frac{40}{n_f}} = 25 \times n_f \text{ en kc/s.}$$

Si el número máximo de franjas que define el aparato es de 100, la banda pasante es de 2500 kc/s, o sea 2,5 Mc/s, mientras en el caso de las 200 franjas la banda pasante sería de 5 Mc/s.

Teniendo en cuenta que antes hemos dicho que el grado de definición de un aparato se consideraba como bueno cuando era capaz de definir 400 líneas o semiciclos de la frecuencia de modulación, tendremos que la banda pasante en este caso sería de

$$\begin{aligned} \text{Banda pasante} &= 25 \times \frac{400}{2} = 5000 \text{ kc/s} = \\ &= 12,5 \times \text{número líneas (blancas + negras),} \end{aligned}$$

o sea

$$\text{Banda pasante (buena)} \approx 5 \text{ Mc/s.}$$

Recordemos lo dicho antes sobre la imposibilidad de efectuar comparaciones a menos que se tomen las adecuadas precauciones en cuanto a igualdad de la señal recibida por el aparato.

Canales de televisión

Hemos visto que para la transmisión de la televisión se necesita un ancho de banda por canal muy considerable comparado con los anchos de transmisión en radio.

El ancho de los canales de televisión requiere una curva de respuesta en los aparatos receptores de acuerdo con la banda de transmisión, lo cual obliga a una disciplina en las bandas de frecuencia concedidas a las emisoras.

Al objeto de evitar la interferencia de dos o más emisoras sobre un mismo televisor, debe cuidarse que emisoras con un mismo canal no estén excesivamente cercanas. Ello conduce a la disposición de bandas de transmisión de gran anchura para poder cubrir un territorio con los varios transmisores necesarios.

Como sea que las bandas inicialmente concedidas a la televisión, como son las de VHF, no son muy anchas, se ha recurrido a la transmisión en polarización horizontal o vertical, además de la transmisión con el sistema de modulación con banda lateral atenuada.

El problema ha sido reducido en cuanto a posibilidades de transmisión y número de emisores con la introducción de las bandas en UHF.

Las bandas asignadas a la televisión son cuatro, a saber:

Banda I.	Desde 41 a 68 Mc/s; extensión 27 Mc/s.
Banda III.	Desde 174 a 223 Mc/s; extensión 49 Mc/s.
Banda IV.	Desde 470 a 585 Mc/s; extensión 115 Mc/s.
Banda V.	Desde 610 a 960 Mc/s; extensión 350 Mc/s.

La banda II, que no se ha incluido, se extiende de 87 a 100 Mc/s. y está asignada a las transmisiones de radio con modulación de frecuencia.

Las bandas I y III corresponden a los programas en VHF, mientras que la IV y V corresponden a las llamadas gamas de UHF.

Las normas de televisión

Como en tantos otros campos de la técnica, no todos los países se rigen por la misma norma o standard de televisión para la transmisión y recepción de los programas.

La norma standard fija las condiciones según las cuales deben efectuarse las transmisiones de los programas, por lo que en los siguientes párrafos expondremos los más empleados actualmente.

En los cuadros se señalan las principales características de los standards de televisión para VHF y UHF y se indican las zonas de aplicación.

De la observación de los cuadros se deduce de inmediato que la principal diferenciación entre

los standards reside en el número de líneas de que está compuesta una imagen. Si bien la más empleada es la de 625 líneas, también los hay de 405, que corresponde a la llamada norma o sistema inglés; de 819, que es la norma francesa, de 525, que corresponde a la norma americana.

Para la frecuencia de cuadro solamente arden 25 y 30 ciclos, puesto que, según hemos visto, este valor está en relación con la frecuencia de la red de alumbrado, que normalmente es de 50 ó de 60 c/s.

Teniendo en cuenta que el sistema más empleado, tanto para los programas de VHF como los de UHF, es el de 625 líneas, empezaremos por exponer más ampliamente este sistema, que fue recomendado por la Comisión Consultiva Internacional de Radiocomunicaciones en el año 1951 en Ginebra.

Norma CCIR de 625 líneas

La norma CCIR o europea de 625 líneas establece las siguientes prescripciones:

- * La anchura de un canal de televisión debe ser de 7 Mc/s; debe existir una diferencia de 5,5 Mc/s entre portadores sin modular.
- * La separación entre la portadora de sonido sin modular y la parte inferior del próximo canal será de 0,25 Mc/s.
- * El sistema de televisión será independiente de la frecuencia de la red. La frecuencia de cuadro será de 25 imágenes por segundo y la de línea de 15.625 c/s. (625×25) con una variación lenta comprendida entre el $\pm 0,1$ %.
- * Para la transmisión de la imagen se empleará el sistema de modulación negativa de amplitud.
- * Se suprimirá parcialmente una de las bandas laterales de transmisión.
- * La amplitud de la portadora para obtener el blanco fijo máximo no deberá ser menor del 10 % de la amplitud máxima. El negro máximo corresponderá al 75 % de amplitud de modulación, y el espacio comprendido entre el 75 y el 100 % estará reservado a las señales de sincronización.
- * La emisión de sonido será por el sistema de frecuencia modulada, con una variación máxima de frecuencia de ± 50 Kc/s para el 100 % de modulación.
- * El sistema de polarización de campo para la transmisión puede ser vertical u horizontal, puesto que no se puntualiza ninguno de ambos en la norma.
- * Además, la transmisión de la imagen debe ser

por el sistema de interlineado, con una proporción en la imagen de 4/3, lo cual significa que la relación entre el largo y el alto de la imagen debe ser la referida de 4 es a 3.

También puntualiza la norma los tiempos de du-

ración de cada uno de los impulsos. Estos tiempos no se dan en televisión en valor absoluto al objeto de no manejar magnitudes muy pequeñas, sino en relación a un tiempo que podríamos llamar de referencia.

Características principales de los standards de televisión en VHF

TABLA 1

DENOMINACION CCIR	A	B	C	D	E	F	M
Número de líneas	405	625	625	625	819	819	525
Región de aplicación	Gran Bretaña	Europa occid.	Bélgica	Europa oriental	Francia	Bélgica	América Japón
Frecuencia de cuadro c/s	50	50	50	50	50	50	60
Frecuencia de trama c/s	25	25	25	25	25	25	30
Frecuencia de línea c/s	10.125	15.625	15.625	15.625	20.475	20.475	15.750
Largo banda video Mc/s	3	5	5	6	10	5	4,2
Ancho del canal Mc/s	5	7	7	8	13,15	7	6
Separación entre portante sonido y video Mc/s	-3,5	+5,5	+5,5	+6,5	11,15	+5,5	+4,5
Polaridad de la modulación video	positiva	negativa	positiva	negativa	positiva	positiva	negativa
Modulación del sonido	AM	FM	AM	FM	AM	AM	FM
Desviación modulación sonido Kc/s		+50		+50			+25

Características principales de los standards de televisión en UHF

TABLA 2

DENOMINACION CCIR	G	I	K	L	M
Número de líneas	625	625	625	625	525
Región de aplicación	Europa occid.	Gran Bretaña	Europa oriental	Francia	América
Frecuencia de cuadro c/s	50	50	50	50	60
Frecuencia de trama c/s	25	25	25	25	30
Frecuencia de línea c/s	15.625	15.625	15.625	15.625	15.750
Largo banda video Mc/s	5	5,5	6	6	4,2
Ancho del canal Mc/s	8	8	8	8	6
Separación entre portante sonido y video Mc/s	+5,5	+6	+6,5	+6,5	+4,5
Polarización de la modulación video	negativa	negativa	negativa	positiva	negativa
Modulación del sonido	FM	FM	FM	AM	FM
Desviación modulación sonido Kc/s	+50	+50	+50		+25

Como tiempo de referencia se toma el que emplea el punto luminoso desde el inicio de una línea hasta el inicio de la siguiente; o, lo que es lo mismo, la separación media medida en unidades de tiempo entre dos señales consecutivas de sincronismo horizontal. A este tiempo se le llama *periodo de línea*; normalmente se designa con la letra H y su magnitud es igual a la inversa de la frecuencia de línea; en nuestro caso de 1/15625 segundos, o sea 64 microsegundos.

Cuando se trata de evaluar tiempos que se relacionan con la frecuencia de cuadro, los tiempos se refieren al llamado *periodo de cuadro*, que se designa por la letra V. Su magnitud es igual a la inversa de la frecuencia de cuadro, o sea 1/50 segundos (equivalentes a 20.000 microsegundos).

Aclarados los anteriores conceptos, resumiremos en una tabla el detalle de los tiempos y número de señales que intervienen en el sistema CCIR.

Tiempos y número de señales que intervienen en el sistema CCIR

TABLA 3

				Tiempo en	
					%
Duración de un cuadro de imagen				40.000	
Duración de un campo de exploración				20.000	V
Duración de un periodo de línea				64	H
Señales de sincronismo	{	Sincronismo de línea		5,76	9 % H
		Sincronismo de cuadro formado por 6 impulsos	Duración de un impulso	26,88	42 % H
			Retorno al negro entre impulsos	5,12	8 % H
Señales de ecualización	{	Pre-ecualización formada por 6 impulsos	Duración de un impulso	2,88	4,5 % H
			Retorno al negro entre impulsos	29,12	45,5 % H
	{	Post-ecualización formada por 6 impulsos	Duración de un impulso	2,88	4,5 % H
			Retorno al negro entre impulsos	29,12	45,5 % H
Señales de borrado	{	Línea	Duración total	11,84	18,5 % H
			Pórtico delantero	0,96	1,5 % H
			Pórtico trasero	5,12	8 % H
	{	Cuadro	Duración total	1200 a 2000	6 al 10 % de V
			Englobando de 19 a 31 ciclos de línea entre señales de ecualización, sincronismo y meseta trasera		

De los datos indicados se desprende que hasta el menor detalle de la señal de TV está puntualizado en la norma o standard. Habrá notado el lector que si bien entre las señales de sincronismo de cuadro y ecualizadoras solamente ocupan un tiempo de 9 H por campo, o de 18 H por cuadro, lo cual equivaldría a decir que en cada cuadro se pierden 18 líneas, la realidad es que en la práctica la pérdida es de 19 a 31 líneas por campo debido a la *meseta trasera*, quedando en realidad como líneas de imagen por cuadro de 563 a 587 líneas visibles.

La meseta trasera se debe al periodo de supresión de imagen que aparece en la parte superior de la pantalla.

Tal como puede deducirse de la observación de las tablas expuestas, la diferencia entre las características de un programa de UHF con relación al de VHF consiste en el ancho de la banda correspondiente a un canal; mientras para la VHF era de 7 Mc/s, para la UHF se ha fijado en 8 Mc/s. Ello se debe a la amplitud de la gama de frecuencias asignada a las transmisiones en UHF y al deseo de obtener la transmisión de varios programas con la máxima separación entre ellos, puesto que en realidad se transmiten con un ancho de banda

de 7 Mc/s. El resto queda como separación entre canales al objeto de reducir en lo posible la interferencia entre programas inmediatos.

Al estudiar la portadora de televisión nos hemos ceñido al standard CCIR, por lo que no es necesario insistir sobre el particular. También se han comentado las bandas de frecuencia asignadas para las transmisiones de televisión, tanto para los programas de VHF como de UHF.

En las tablas siguientes se señalan las bandas asignadas a cada uno de los canales de televisión, de la norma CCIR que rigen en España, si bien algunos países han variado ligeramente los valores.

El canal 1 de la banda I, con un ancho de 6 Mc/s, no es apto para la transmisión de programas con el sistema CCIR que requiere una banda de 7 Mc/s, aunque existe la posibilidad de su modificación hasta 40 Mc/s, con lo cual se dispondría de la banda adecuada. De todas formas, prácticamente es un canal no empleado debido a las reflexiones en la ionosfera, ya que esta gama tan baja puede dar lugar a interferencias muy molestas incluso a grandes distancias, fenómeno que en determinadas circunstancias se presenta con el resto de los canales de la banda I usualmente empleados.

Tabla para los canales de VHF

Banda	Canal	Límites en Mc/s.	Frecuencias portadoras	
			Imagen	Sonido
I	1	(40)41 — 47	41,25	46,75
I	2	47 — 54	48,25	53,75
I	3	54 — 61	55,25	60,75
I	4	61 — 68	62,25	67,75
II	5	174 — 181	175,25	180,75
II	6	181 — 188	182,25	187,75
II	7	188 — 195	189,25	194,75
II	8	195 — 202	196,25	201,75
II	9	202 — 209	203,25	208,75
II	10	209 — 216	210,25	215,75
II	11	216 — 223	217,25	222,75

TABLA 4

Tabla para los canales de UHF

TABLA 5

Canal	Límites en Mc/s.	Frecuencias portadoras	
		Imagen	Sonido
21	470 — 477	471,25	476,75
22	478 — 485	479,25	484,75
23	485 — 493	487,25	492,75
24	494 — 501	495,25	500,75
25	502 — 509	503,25	508,75
26	510 — 517	511,25	516,75
27	518 — 525	519,25	524,75
28	526 — 533	527,25	532,75
29	534 — 541	535,25	540,75
30	542 — 549	543,25	548,75
31	550 — 557	551,25	556,75
32	558 — 565	559,25	564,75
33	566 — 573	567,25	572,75
34	574 — 581	575,25	580,75
35	582 — 589	583,25	588,75
36	590 — 597	591,25	596,75
37	598 — 605	599,25	604,75
38	606 — 613	607,25	612,75
39	614 — 621	615,25	620,75
40	622 — 629	623,25	628,75
41	630 — 637	631,25	636,75
42	638 — 645	639,25	644,75
43	646 — 653	647,25	652,75
44	654 — 661	655,25	660,75

Canal	Límites en Mc/s.	Frecuencias portadoras	
		Imagen	Sonido
45	662 — 669	663,25	668,75
46	670 — 677	671,25	676,75
47	678 — 685	679,25	684,75
48	686 — 693	687,25	692,75
49	694 — 701	695,25	700,75
50	702 — 709	703,25	708,75
51	710 — 717	711,25	716,75
52	718 — 725	719,25	724,75
53	726 — 733	727,25	732,75
54	734 — 741	735,25	740,75
55	742 — 749	743,25	748,75
56	750 — 757	751,25	756,75
57	758 — 765	759,25	764,75
58	766 — 773	767,25	772,75
59	774 — 781	775,25	780,75
60	782 — 789	783,25	788,75
61	790 — 797	791,25	796,75
62	798 — 805	799,25	804,75
63	806 — 813	807,25	812,75
64	814 — 821	815,25	820,75
65	822 — 829	823,25	828,75
66	830 — 837	831,25	836,75
67	838 — 845	839,25	844,75
68	846 — 853	847,25	852,75

También damos una tabla de los canales de UHF, que tal como ya hemos indicado presenta la variante del ancho del canal, pero que, como también hemos visto, se transmiten en realidad en las mismas condiciones que los de VHF.

Anteriormente hemos indicado que los márgenes asignados a las transmisiones de televisión en UHF comprendían las frecuencias de 470 a 585 Mc/s para la banda IV y de 610 a 960 Mc/s para la banda V; pero para Europa, según la Conferencia de Estocolmo de 1961, ambas bandas se reúnen en una sola banda continua IV/V, que abarca desde 470 hasta 860 Mc/s.

El margen total abarca por tanto 390 Mc/s, que repartidos con un ancho de banda prevista de 8 Mc/s hacen posible la existencia de 48 canales de televisión.

Debido al empleo de diversas normas para la transmisión de los programas en los diversos países, una vez descrito el sistema CCIR, veamos con cierto detalle los más conocidos.

La norma inglesa

Esta norma determina la modulación positiva para la imagen, con un nivel de modulación para el negro constante del 30 por ciento de la amplitud máxima de la portadora.

La imagen consta de 405 líneas que se exploran totalmente en dos cuadros o campos sucesivos. Por tanto la exploración es por el sistema de interlineado. Cada campo de exploración está formado por 202,5 líneas.

La frecuencia de cuadro es de 50 c/s, o sea que se obtienen 25 imágenes por segundo.

La relación entre las magnitudes de la pantalla es de 4 a 3.

La frecuencia de línea es de $405 \times 25 = 10.125$ c/s, con lo cual el período de línea tiene una duración de $1/10.125$ segundos, o sea de unos 100 microsegundos.

La duración del impulso de sincronismo de línea es un 10 por 100 de H, mientras que la duración del impulso de sincronismo vertical está comprendida entre 3 y 6 H y la del período de supresión de cuadro es de 14 H, tal como se indica en la figura 20, en la que se observa que durante los impulsos de sincronismo de cuadro no se pierde el sincronismo de línea, ya que para ello se repite una serie de impulsos de una duración del 40 % H espaciados cada 50 % H.

Tanto el transmisor de imagen como el de sonido están modulados en amplitud. La emisión se efectúa con campo en polarización vertical.

La distancia entre las portadoras de imagen y de sonido es de 3,5 Mc/s. La del sonido emplea la frecuencia más baja.

Como ya hemos indicado, la modulación es positiva en este caso de la norma inglesa, o sea invertida con relación a la descrita en el sistema CCIR que hemos comentado, como se observa en la figura 21.

Si bien en principio se empleó el sistema de transmisión con las dos bandas laterales completas, actualmente se emplea el sistema de banda lateral atenuada, con lo cual el ancho del canal debe ser de 5 Mc/s.

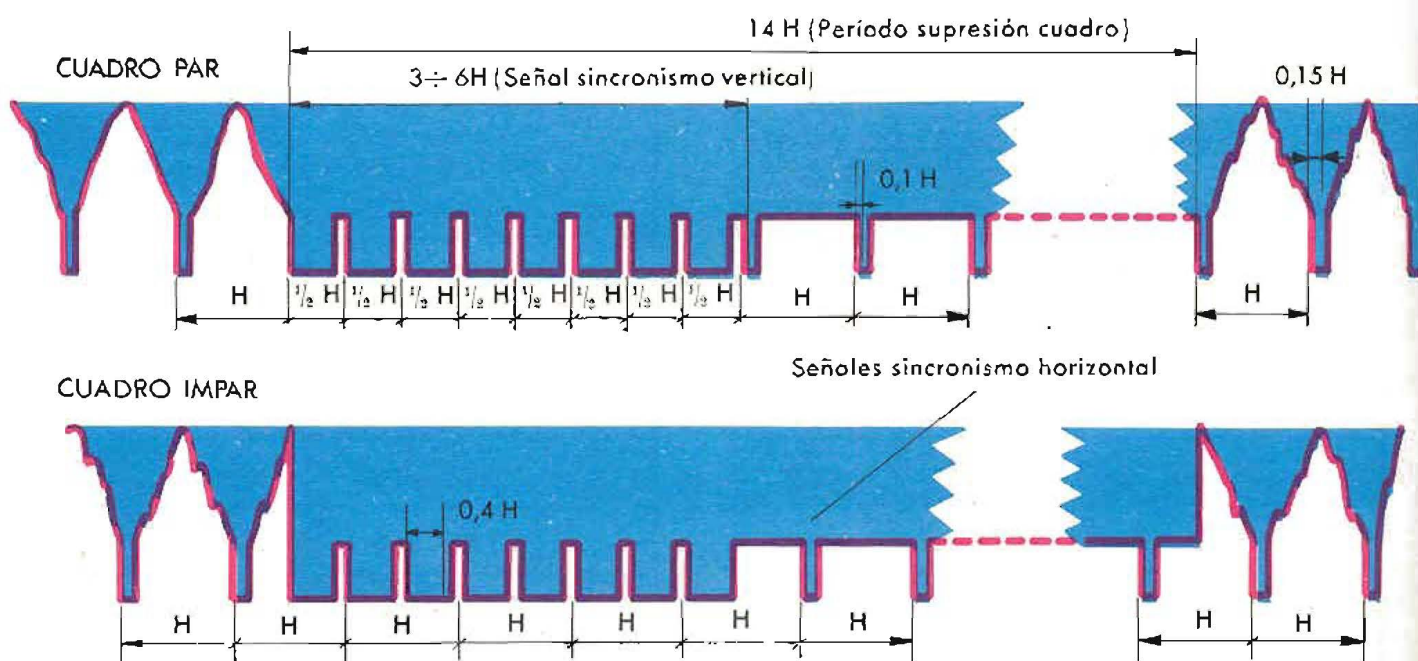


Figura 20. — Señal normalizada inglesa de 405 líneas y modulación positiva.

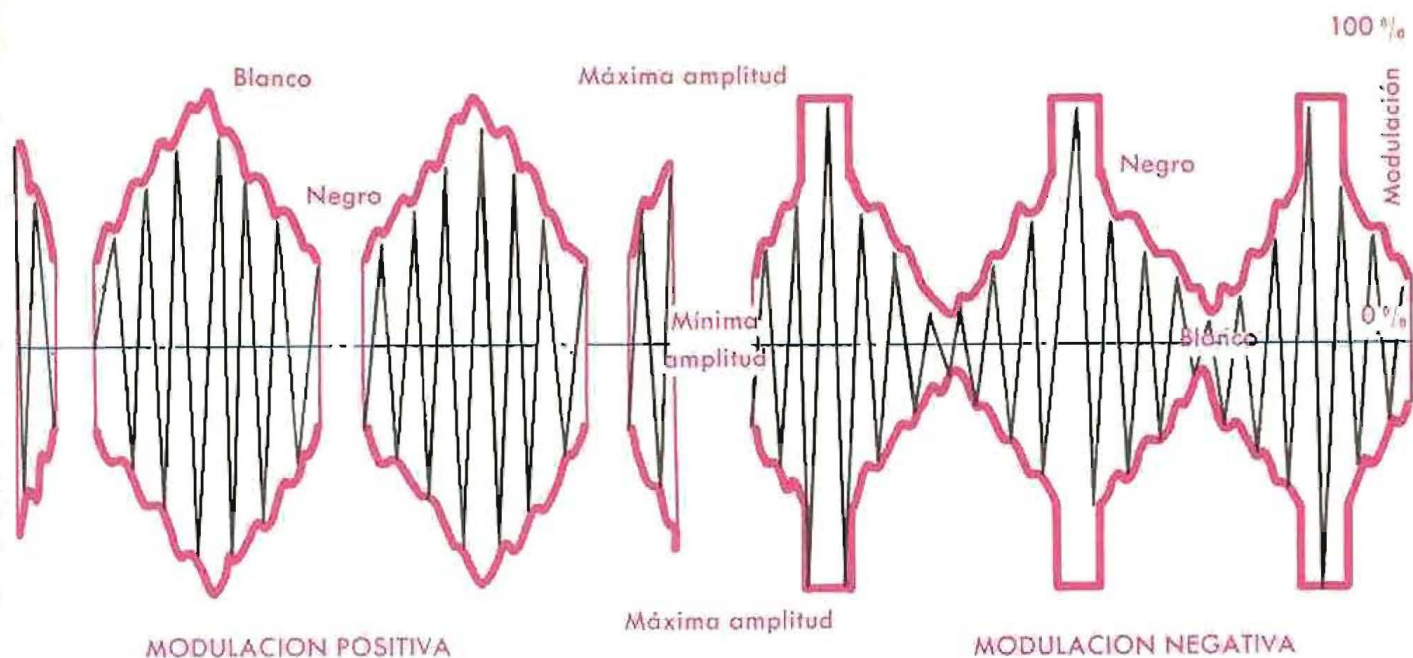


Figura 21. — Señal de TV con modulación positiva o negativa.

La norma francesa

Una emisora instalada en París transmitía regularmente programas de televisión con 441 líneas y una señal casi igual a la inglesa. Pero Francia decidió luego establecer su norma nacional de televisión, para la que fijó 819 líneas.

Debido a este elevado número de líneas, esta norma exige para los canales de transmisión una anchura considerablemente mayor que la que hemos visto hasta aquí, puesto que la frecuencia máxima de video en dos sistemas distintos de televisión es, para un mismo número de imágenes por segundo, proporcional al cuadrado de la relación del número de líneas.

La norma francesa de 819 líneas establece que la emisora de televisión debe transmitir con una atenuación prácticamente nula una frecuencia video máxima de 10,9 Mc/s, y que la separación entre las portadoras de imagen y sonido debe ser de 11,15 Mc/s, con un ancho total del canal de 13,15 Mc/s.

Como consecuencia de esta considerable anchura del canal, y a pesar de transmitir con banda lateral atenuada, el número de emisores que admiten las bandas II y III es muy reducido, aunque se haya ensanchado la banda III en 12 Mc/s por su extremo inferior.

Para poder disponer de mayor número de canales, se ha decidido el empleo de un sistema especial para la transmisión de dos programas en el mismo intervalo de frecuencias.

El sistema empleado, llamado de canales inversos (*tête-bêche* en francés), consiste en situar la portadora de sonido de un canal situado en la

misma gama de frecuencias en la parte superior y en el otro canal en la inferior. Este sistema admite mayor proximidad entre dos emisores que trabajan con un mismo canal sin perturbarse mutuamente. (Fig. 22.)

La distribución de los canales se indica en la tabla con las correspondientes portadoras.

Canal	Imagen	Sonido
I	43	59,15
II	52,40	41,25
III	56,15	67,90
IV	65,55	54,40
V	164	175,15
VI	173,40	162,25
VII	177,15	188,30
VIII	186,55	175,40
IX	190,30	201,45
X	199,70	188,55
XI	203,45	214,60
XII	212,85	201,70

Entre otros detalles de la norma francesa, citaremos que el sistema de transmisión es por po-

larización horizontal. La modulación de imagen es positiva, y el sonido está modulado en amplitud.

Se emplea también el sistema de interlineado. Se emiten 409,5 líneas por campo; el nivel del negro es del 25 % y la proporción de la imagen es de 4,2 a 3.

Para las señales de sincronismo vertical la duración del impulso de línea es de 5 % H; y la del

periodo de supresión de línea del 16 % H como valor máximo.

Para las de sincronismo vertical la supresión de cuadro es del 10 % V. La duración de la señal de sincronismo de cuadro, que consta de un solo impulso, es del 40 % V.

En la figura 23 se indica la forma aproximada de la señal de televisión francesa.

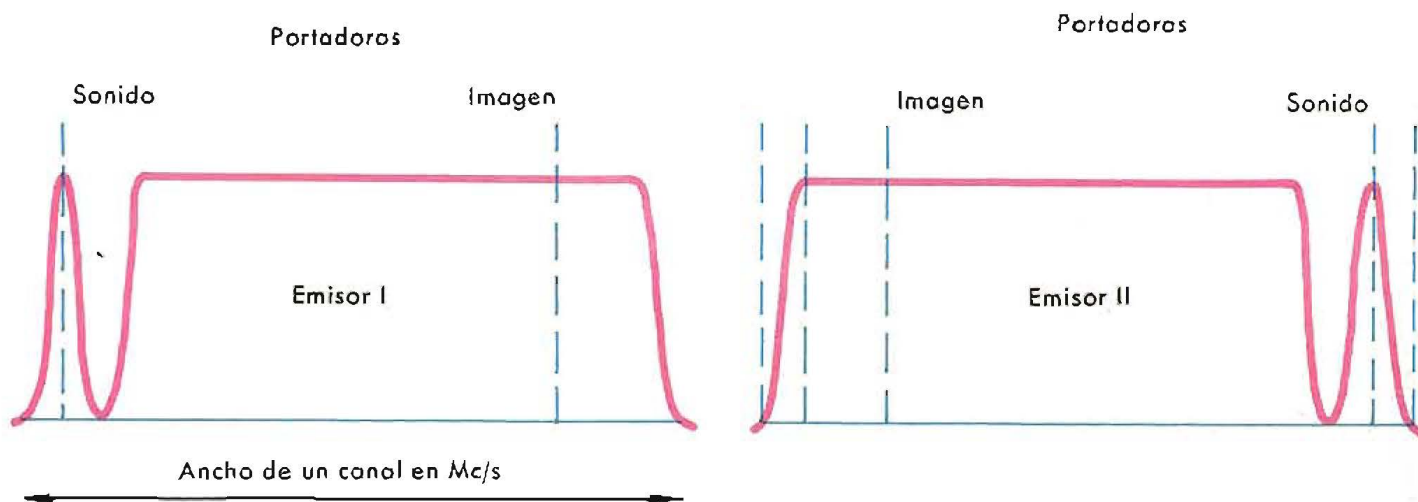


Figura 22. — Dos programas en un mismo intervalo de frecuencias.

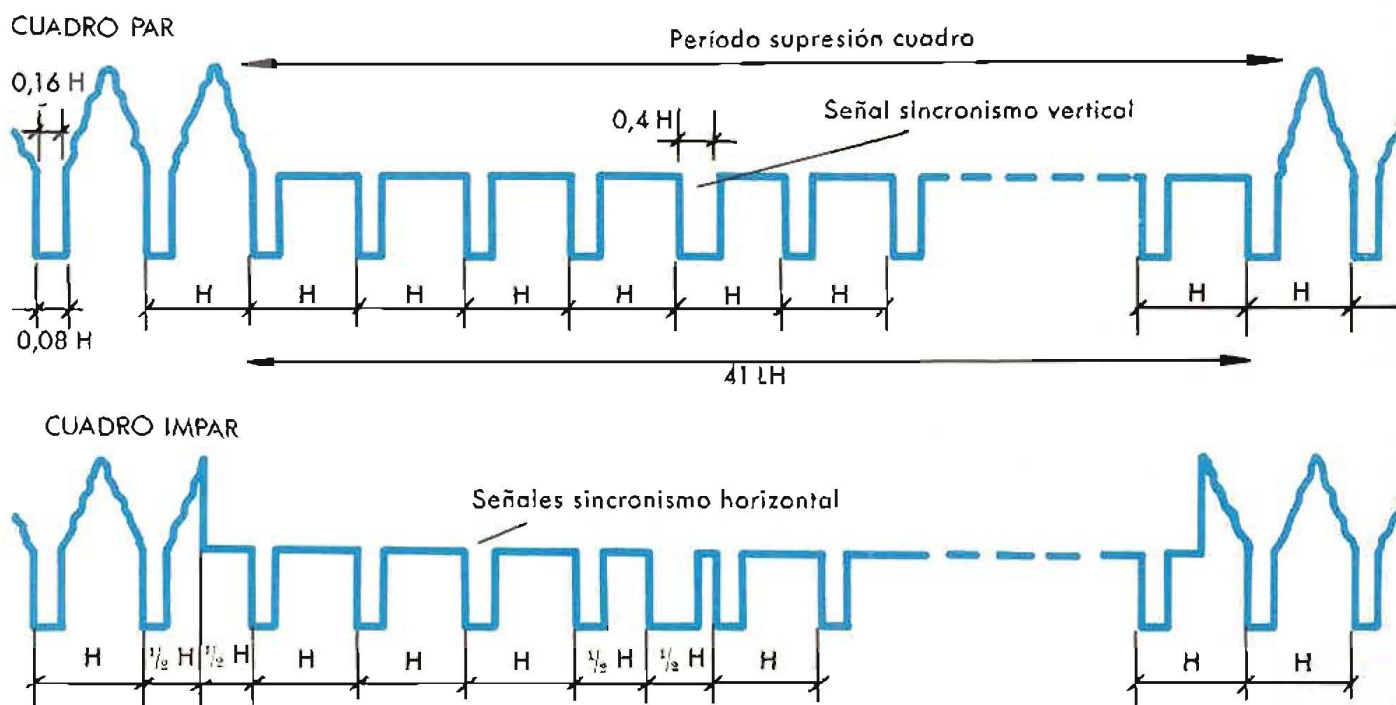


Figura 23. — Señal normalizada francesa de 819 líneas y modulación positiva.

La norma americana

La señal de televisión norteamericana, fijada por las normas FCC, es similar a la CCIR, y a la inglesa, pero tiene unas características propias que expondremos a continuación.

El número de líneas por imagen es de 525, que por emplear el sistema de interlineado se reparten en 262,5 por campo.

La frecuencia de cuadro coincide con la de red, que es de 60 c/s.

La transmisión video emplea el sistema de modulación negativa de amplitud con atenuación de una de las bandas laterales. La emisión se efectúa por polarización horizontal del campo.

El sonido se transmite con frecuencia superior en 4,5 Mc/s, con relación a la portante video y con modulación de frecuencia. La anchura del canal es de 6 Mc/s para una banda pasante video de 4,2 Mc/s.

La duración y localización de los varios impul-

sos se indica en la figura 24. Los de sincronismo horizontal son del 8 % de H , y el de sincronismo vertical es prácticamente igual al sistema CCIR con los correspondientes seis impulsos ecualizadores anteriores y posteriores de una duración total de 6 H . Después de los impulsos de cuadro se observa también la presencia de la meseta trasera.

El nivel de negro está prescrito para una profundidad de modulación del 75 a 80 % de la amplitud máxima de la portadora, que para el blanco es del 10 %. Los impulsos de sincronismo están situados entre el nivel del negro y el 100 % de modulación.

La relación entre las dimensiones de la pantalla se mantiene en la proporción de 4 a 3.

La distribución de los canales en las bandas I y III es prácticamente la misma que hemos visto para el sistema CCIR, pero con las variaciones propias debidas al ancho de cada canal, que ya hemos indicado era de 6 Mc/s en vez de los 7 Mc/s empleados por aquélla.

CUADRO PAR

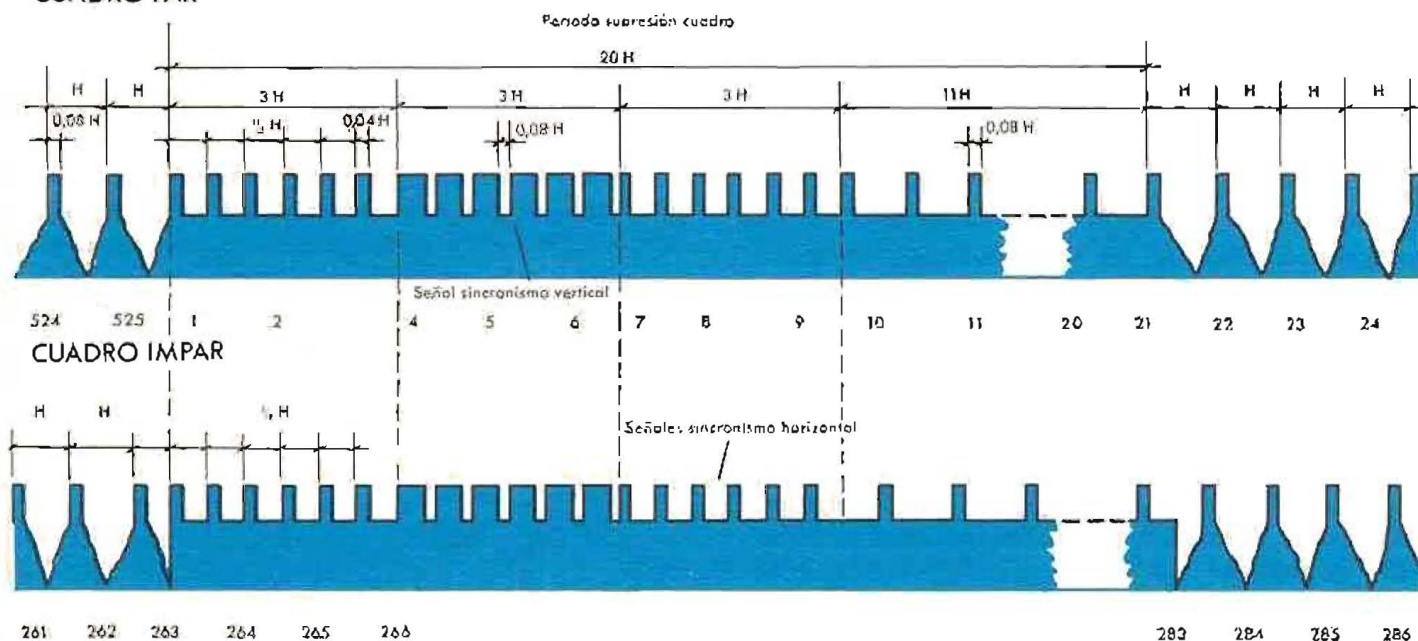


Figura 24. — Señal normalizada americana de 525 líneas y modulación negativa.

Las normas belgas

La norma belga de televisión prevé dos sistemas, lo que se debe a la reducida superficie del territorio y a la influencia o aprovechamiento de los programas de los países vecinos.

La norma de 819 líneas se emplea en el territorio valón o zona de habla francesa, mientras que la norma de 625 líneas se utiliza en Flandes.

La norma de 819 líneas es idéntica a la francesa excepto en la anchura del canal, que es de 7 Mc/s, y la señal de sincronismo, que es igual a la de la norma americana.

En la norma de 625 líneas todo es igual a la europea o CCIR, pero también con algunas diferencias, tales como empleo de modulación positiva en vez de negativa y transmisión de la parte audio de los programas con modulación de amplitud en vez de frecuencia modulada.

Sistemas de televisión en color

Hasta aquí hemos descrito los sistemas de televisión en blanco y negro empleados en los diversos países. En realidad, tanto si la emisión es en VHF como en UHF, el sistema es el mismo con ciertas variantes en cuanto al detalle según el país en que se emplee.

Usted ya conoce el motivo o la base según la cual se obtiene en la pantalla la gran cantidad de puntos que componen una imagen, y cada uno con el tono correspondiente. En el caso de la televisión en color no es posible obtener una imagen a base de la variación de la luminosidad del punto explorador: ¡además hay que darle un color!

Como fácilmente se puede intuir, tanto la emisión como la recepción de los programas de TV en color constituyen únicamente un problema de distribución y tratamiento de las adecuadas informaciones.

Este problema tiene diversas soluciones, las cuales se han elaborado a partir de numerosos ensayos de laboratorio, si bien su verdadero resultado en la práctica sólo podrá demostrarse plenamente cuando cada una de las soluciones más modernas al problema de la TV en color se haya experimentado no en el laboratorio, sino en un amplio empleo real, en las muy diversas condiciones que ofrece la práctica diaria de un servicio de TV.

Antes de estudiar los principales sistemas utilizados o propuestos más recientemente, veamos la función que se les ha asignado.

En la descripción de la colorimetría hemos indicado las características de los filtros, con ayuda de los cuales pueden analizarse los colores primarios de una imagen en colores, y cómo con la combinación de éstos puede reproducirse la imagen original. Por tanto, el punto de partida de cualquier sistema de televisión está en la salida de la cámara que da la información correspondiente a cada uno de los tres colores útiles. En el receptor estos tres colores básicos se superponen nuevamente, y el espectador, por medio de su órgano visual, obtiene el resultante de esta combinación, que debe ser el color de la imagen analizada por la cámara.

Inicialmente se intentó transmitir directamente las señales correspondientes a cada uno de los tres colores primarios, pero el ancho de banda requerido resultaba demasiado grande, por lo que hubo que desistir de este tipo de transmisión.

El problema se resolvió cuando en vez de querer transmitir las señales de los tres colores primarios, se estudió la forma de transmitir las tres

características de la luz coloreada, las cuales, como ya hemos indicado, son:

LUMINOSIDAD,
MATIZ y
SATURACIÓN

Este es el principio básico y común a los sistemas considerados como mejores y que en mayor o menor extensión están en uso. Estos sistemas son los llamados NTSC, SECAM y PAL.

De lo que llevamos dicho, se infiere que para la síntesis de una imagen de televisión en color se requiere la transmisión de una luminosidad y de la información de su colorido, además de requerirse una imagen estable que se reproduzca sin centelleos. Tanto para la luminosidad como para la supresión del centelleo, se ha estudiado la forma de transmitirla y anularla al comentar las señales de televisión en blanco y negro. La información para la obtención del colorido necesario en la pantalla es la nueva parte a considerar.

Esta nueva información que se requiere en la TV en color, es la *crominancia*. El principio de la *trícromía* conduce al empleo de los tres analizadores distintos, que ya hemos mencionado, que dan otras tres imágenes simultáneas de distinto color; o bien un solo dispositivo que proporcione sucesivamente las tres imágenes de distinto color.

Al análisis simultáneo de tres imágenes se le denomina *sistema simultáneo*, mientras que al segundo sistema se le denomina *sistema secuencial*.

Dentro del sistema secuencial hay varias clases, puesto que la secuencia de los colores puede realizarse a través del cuadro, de las líneas o de los puntos. Las secuencias se realizan por medio de sucesivas conmutaciones con la información de cada color, o sea el rojo (R), el verde (V) o el azul (A).

Coexistencia entre TV en blanco y negro y TV en color

Al introducirnos en la televisión en colores, inmediatamente se piensa en la coexistencia de los dos sistemas de televisión, el de blanco y negro y el de color; o lo que es lo mismo, en la *compatibilidad y retrocompatibilidad* de los receptores para ambos sistemas.

Entendemos por compatibilidad la propiedad de un sistema de transmisión de TV en color, que hace que sus emisiones puedan hacerse visibles y audibles por los receptores normales diseñados para los programas en blanco y negro.

La retrocompatibilidad es la propiedad inversa, o sea que los aparatos receptores diseñados para los programas de color pueden también em-

plearse para la reproducción y escucha de los programas en blanco y negro.

Decir que un sistema es compatible o retró-compatible lleva implícito que en los dos casos la imagen obtenida debe ser de buena calidad, por lo cual se comprende que la emisión en colores debe mantenerse dentro del canal previsto para las emisiones en blanco y negro sin invadir los otros canales. También es necesario que la señal de luminosidad o luminancia que informa de las condiciones de la imagen original se transmita en las mismas condiciones que hemos indicado para los programas en blanco y negro.

En la práctica, cuando se habla de compatibilidad se piensa especialmente en la mayor o menor visibilidad en los receptores de blanco y negro de la señal que transporta la información de crominancia, puesto que el resto de información es coincidente en los dos sistemas.

Sistemas empleados en TV en color

Hasta 1945 la TV en color era una mezcla de componentes electrónicos con órganos mecánicos para la obtención del colorido deseado en la pantalla. Aquel año la RCA (Radio Corporation of

America) desarrolló un receptor para TV en color sin ningún órgano mecánico.

En realidad se trataba de un sistema totalmente electrónico para la transmisión simultánea de los tres colores básicos. La cámara estaba compuesta por tres tubos toinavistas, cada uno de los cuales sólo era impresionado por uno de los tres colores fundamentales por medio de un juego de *espejos dicroicos* y con los tres movimientos de exploración electrónica sincronizados y en fase. Para la reproducción se disponían otros tres tubos de imagen, cada uno para el color correspondiente, que a través de otros espejos dicroicos daban la imagen real en colores. (Fig. 25.)

Cada una de las tres señales obtenidas como resultado de la exploración de los colores fundamentales, una vez convenientemente amplificada, modulaba una portadora, por lo que el sistema se componía de tres portadoras de imagen y una para el sonido.

Como se observa en la figura 26, la banda ocupada era muy ancha, por más que cada canal de color se transmitía con banda lateral atenuada. La situación de los canales era muy próxima, como si se tratase de tres emisores en blanco y negro pero con una sola portadora de sonido.

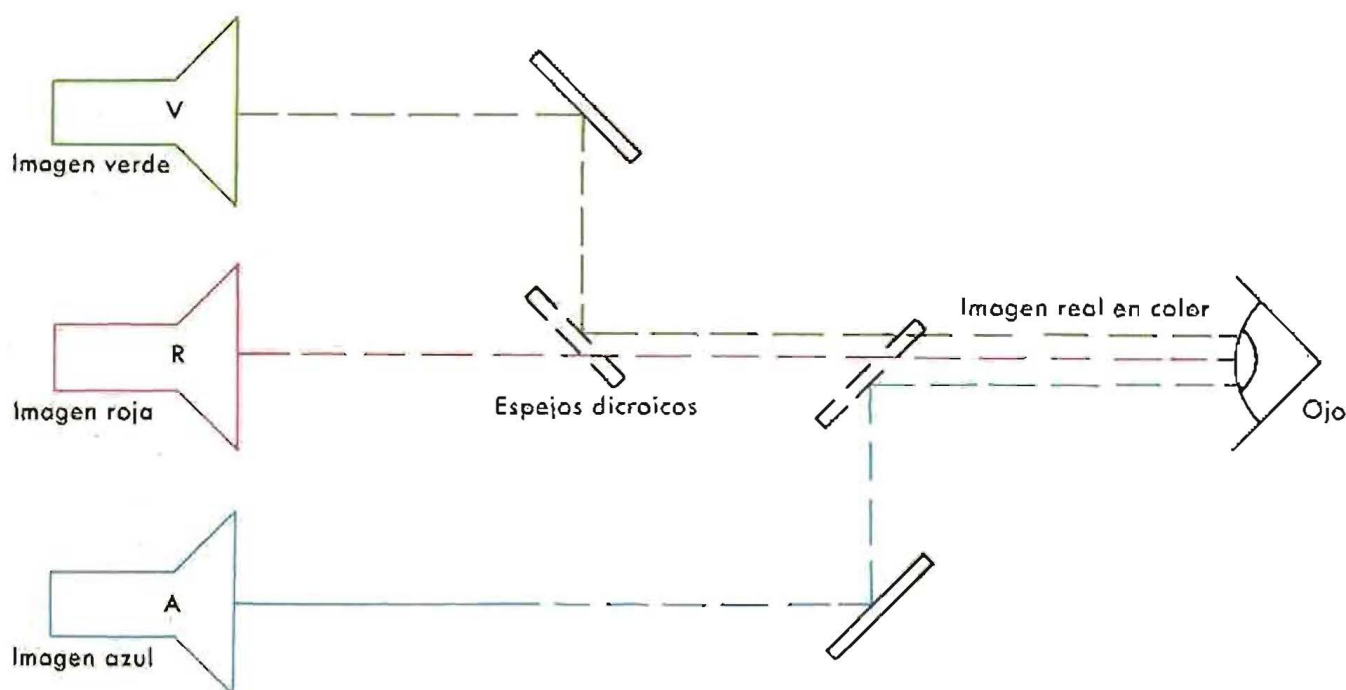


Figura 25. — Reproducción simultánea de los tres colores con tres tubos y los correspondientes espejos.

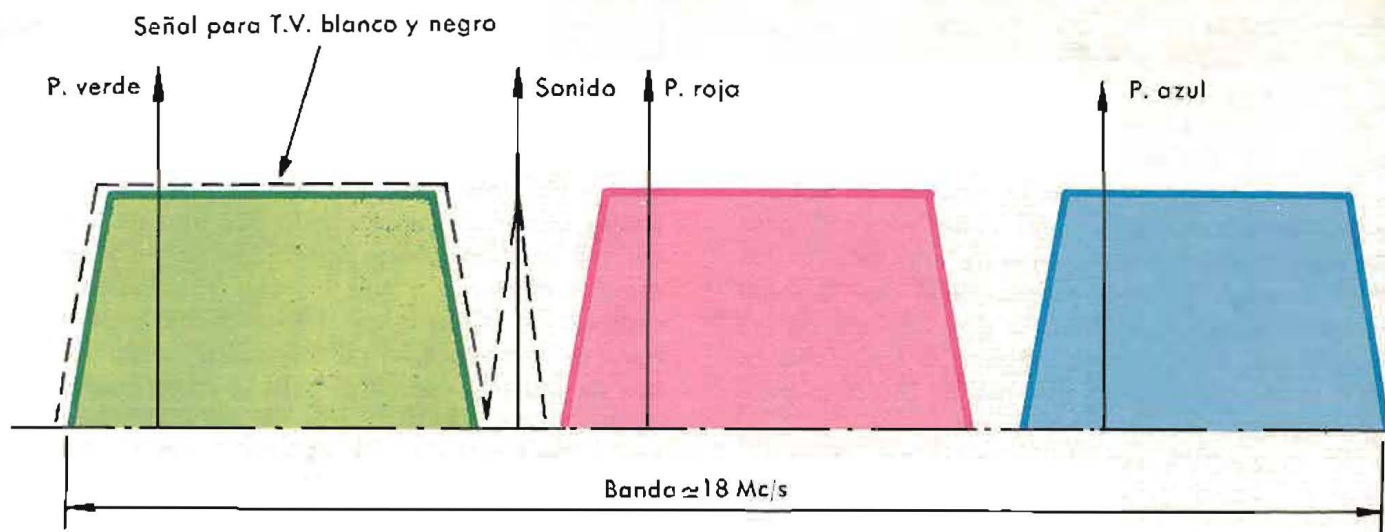


Figura 26. — Portadoras de imagen y sonido del primer sistema de RCA.

Aparte de estas particularidades, las restantes características de transmisión, como número de líneas, cuadros, modulación, etc., eran las mismas del sistema de blanco y negro, con lo cual era compatible con los receptores normales para blanco y negro, que se servían de la portadora para el color verde y de la de sonido intercalada ex profeso entre la verde y la siguiente, que era la roja, seguida de la azul, tal como se indica en la anterior figura.

Esta compatibilidad, junto con la gran ventaja que representaba el haber eliminado los elementos mecánicos que hasta entonces habían ido ligados a los anteriores sistemas, representó un gran adelanto en la historia de la TV en color.

No obstante, el volumen del receptor continuaba siendo excesivo, por la necesidad de un tubo para cada uno de los colores, y presentaba el inconveniente de dar la sensación de que la imagen estaba en el fondo de un túnel, lo cual limitaba el número de posibles espectadores, que debían colocarse frente al centro de la pantalla.

El mayor defecto de este sistema procedía de la gran amplitud de la banda necesaria para la transmisión de las tres portadoras de imagen conjuntamente con el sonido, que requería una gama de unos 18 Mc/s; y su mayor ventaja la compatibilidad, ya que, como hemos dicho, los receptores en blanco y negro podían recibir los programas en color, para lo cual se aprovechaba la portadora del verde, ya que ésta corresponde a la máxima luminancia entre los tres colores fundamentales.

Más tarde, con el descubrimiento de una propiedad del ojo humano, se llegó a una reducción en el espectro de frecuencias necesario para la transmisión de las imágenes de un programa de televisión en colores.

El nuevo hallazgo, que hizo factible reducir la anchura de banda, fue observar que es imposible diferenciar el color propio de cada detalle de una determinada imagen cuando éstos son superiores a cierto número, puesto que el ojo humano percibe los detalles, pero solamente identifica el matiz de grandes masas de color.

Además, después de un gran número de experiencias en París se demostró que era posible dividir la señal de video en dos o más espectros parciales para después transmitirlos por vías separadas y volver a reconstituirlos en la recepción para obtener la correspondiente imagen.

Con estos nuevos conocimientos, la RCA desarrolló un nuevo sistema para la transmisión de imágenes en color, al cual se le denominó sistema de las *altas frecuencias mezcladas*, que muestra la figura 27.

Las portadoras correspondientes al rojo y al azul, en vez de utilizarse para una banda total de unos 4 Mc/s cada una, se empleaban solamente para una banda de unos 2 Mc/s; en cambio, el canal verde continuaba con el mismo ancho de banda de 4 Mc/s.

Para la transmisión de las altas frecuencias del rojo y del azul se aprovechaba la banda de 2 a 4 megaciclos del verde. En esta parte de las altas frecuencias del verde se encontraban mezcladas

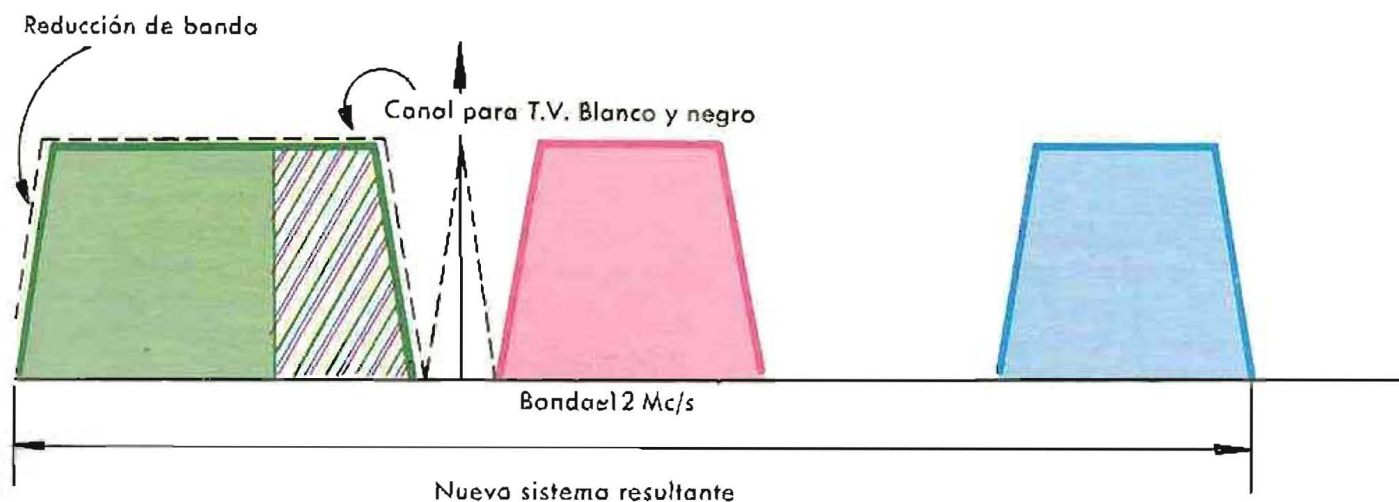
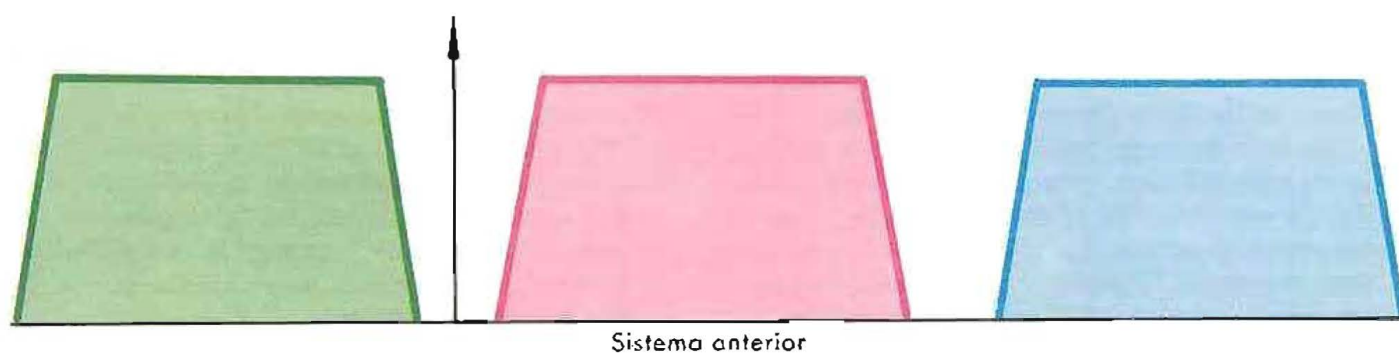


Figura 27. — Nuevo sistema RCA de las "altas frecuencias mezcladas".

todas las frecuencias elevadas correspondientes a los tres colores; de ahí la denominación dada al sistema de las altas frecuencias mezcladas.

Con relación al sistema anterior tenía la ventaja de emplear una banda de transmisión más reducida, del orden de 12 Mc/s en vez de 18 Mc/s anteriormente necesarios, con la ventaja de que seguía existiendo la posibilidad de recibir los programas con los televisores en blanco y negro.

En 1949 volvió a plantearse el problema, de que ya hemos hablado antes, de la necesidad de reducir la anchura de los canales de transmisión al objeto de poder atender a la demanda de nuevas emisoras, en particular en los EE.UU. Se hizo una nueva planificación, en que a la televisión en colores se le asignó una banda de 100 Mc/s, que como se comprende era insuficiente teniendo en cuenta la necesidad de 12 Mc/s por emisor.

Se planteó la cuestión de reducir el ancho del canal de los emisores de TV en color a la misma magnitud del empleado en la TV en blanco y negro, con lo cual las emisoras de color se podrían incluir en la banda del blanco y negro, su número sería mayor en la banda asignada y cada emisora tendría la posibilidad de emitir los programas tanto en color como en blanco y negro.

Vistas así las cosas, podían resultar muy fáciles si se resolvía la forma de que los televisores

de blanco y negro pudiesen recibir los programas en color, o cómo los televisores de color lograrían reproducir los programas en blanco y negro.

Por tanto, para lograr estos objetivos había que resolver tres cuestiones: la reducción de la banda a unos 6 Mc/s, que era la empleada en los programas en blanco y negro; la compatibilidad y la retrocompatibilidad del conjunto de los dos sistemas normal y color.

Para conseguir esta compatibilidad, la RCA desarrolló el sistema denominado de puntos intercalados, el primero que transmitió un programa de televisión en colores con una banda de transmisión igual a la empleada en los programas de televisión en blanco y negro.

Este gran avance en la técnica de la transmisión de las señales de la televisión en colores fue una variante ingeniosamente perfeccionada del que hemos descrito anteriormente de las altas frecuencias mezcladas.

El fundamento consistía en la mezcla sin interrupción de las altas frecuencias correspondientes a cada uno de los tres colores, mientras que las bajas frecuencias de cada uno de ellos en vez de transmitirse constantemente con las tres bandas antes mencionadas se transmitían sucesivamente empleando siempre una misma banda. Con ello, la anchura del canal quedaba reducida a la empleada anteriormente para el verde. (Fig. 28.)

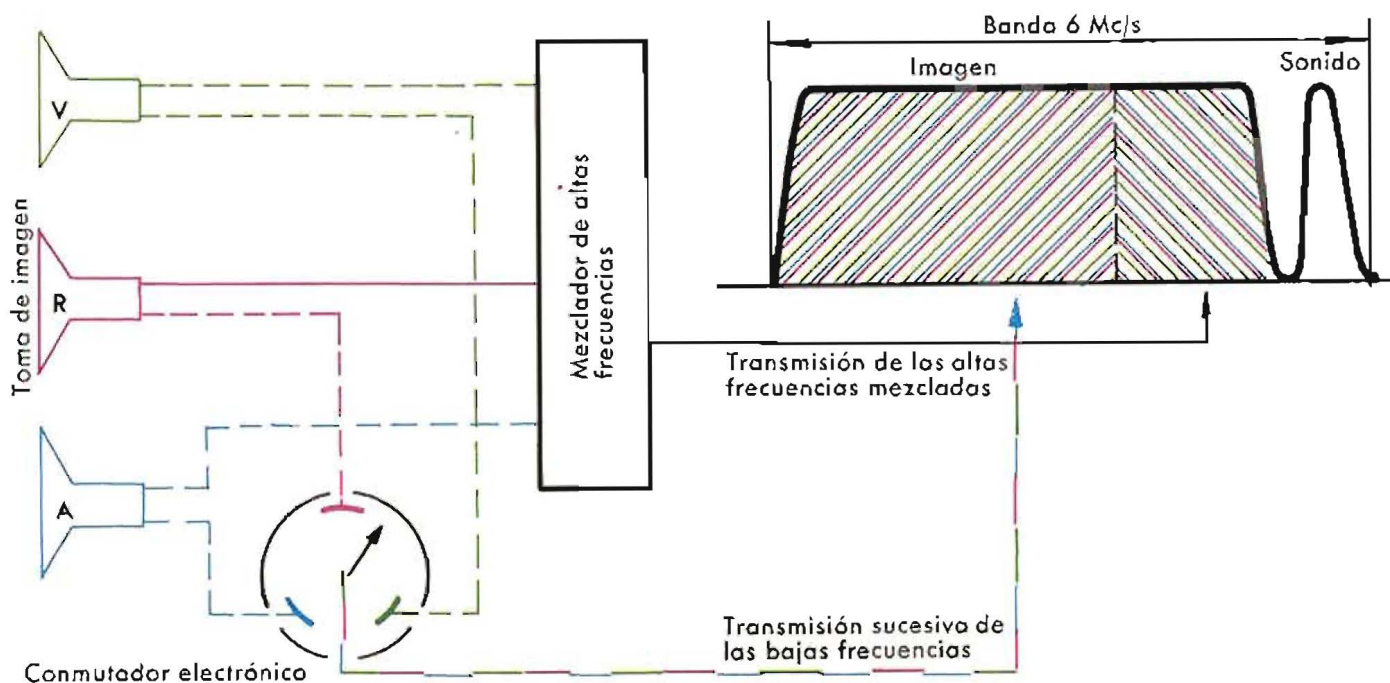
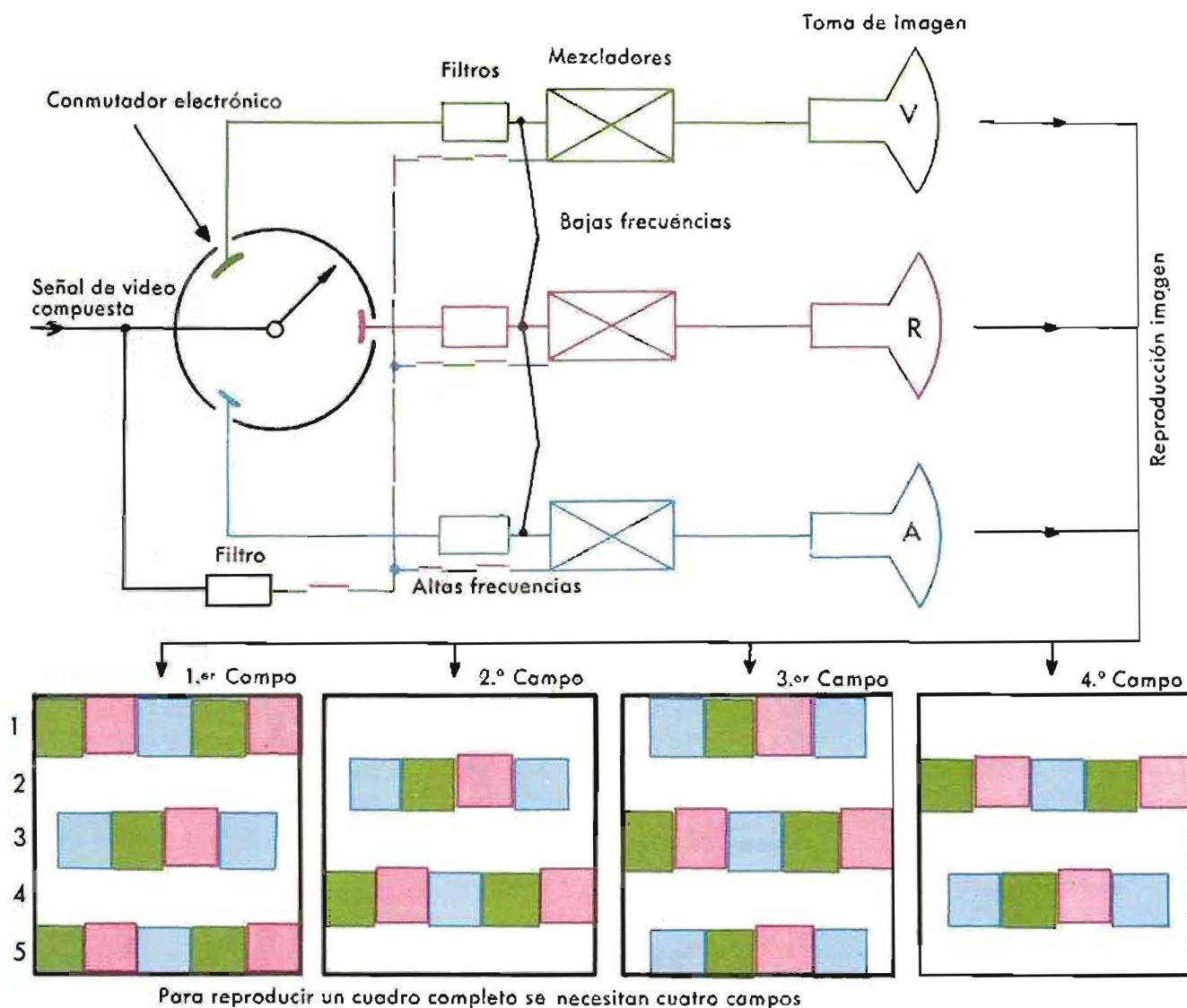


Figura 28. — Nuevo sistema RCA de "puntos intercalados".



Para reproducir un cuadro completo se necesitan cuatro campos

Figura 29. — Recepción en el sistema RCA de puntos intercalados.

La transmisión sucesiva de la banda de bajas frecuencias correspondiente a cada color se efectuaba por medio de un conmutador electrónico que seleccionaba la información correspondiente a cada color. (Fig. 29.)

Aparte de la gran ventaja de valerse de una banda única de transmisión, igual a la empleada en la TV en blanco y negro, quede puntualizado que se continuaba tratando de un sistema multiplex, o sea de una técnica de muestreo según la cual la imagen se formaba mediante una serie de puntos trazados unos a continuación de otros en tres tubos de imagen que por superposición óptica daban la imagen completa de color.

Con los conocimientos del blanco y negro y la historia del desarrollo de la televisión en color, disponemos de una idea mucho más concreta de las analogías y diferencias entre ambos sistemas. Veamos ahora los sistemas de televisión en color empleados en la actualidad.

Sistemas actuales de TV en color

Resumiendo todo lo anterior, diremos que al principio se partió de la transmisión de los tres espectros correspondientes a las señales del verde, rojo y azul, cada uno de ellos de forma similar a como se transmite la señal de blanco y negro.

Después, con el sistema de las altas frecuencias mezcladas se llegó a reducir la banda necesaria para la transmisión de los programas, hasta que por medio del sistema de puntos intercalados se llegó a la misma banda para la TV en color que para la TV en blanco y negro.

El siguiente paso estuvo a cargo de los Laboratorios Hazeltine, que demostraron la inutilidad de la reproducción de las altas frecuencias del rojo y del azul y la posibilidad de reducir su espectro de frecuencias aproximadamente a 1 Mc/s.

Estas dos aportaciones de los Laboratorios Hazeltine son fundamentales en el desarrollo de la

televisión en color, puesto que perfeccionaron aún más el sistema de la RCA al poner en evidencia la posibilidad de continuar transmitiendo el espectro del verde con su gama de 4 Mc/s, pero con una reducción en los espectros correspondientes al rojo y al azul, y que el muestreo efectuado para las bajas frecuencias era inútil.

Teniendo en cuenta la importancia de estas aportaciones de Hazeltine, veámoslas con más detenimiento.

En el sistema de puntos intercalados la mayor dificultad consistía en la selección del color en función del tiempo, lo cual debía efectuar un com-

plicado conmutador electrónico. Los impulsos de cada color suministrados por el conmutador daban lugar, una vez separados, a una curva o senoide cuyas amplitudes máximas correspondían con las crestas de los mencionados impulsos. Estas sinusoides, defasadas como se observa en la figura 30, que se obtenían después del complicado análisis del conmutador, fue lo que Hazeltine demostró era inútil. Este resultado sirvió de punto de partida para la elaboración del sistema NTSC, sugiriendo la modulación de una portadora en fase y amplitud con la ayuda de dos tensiones moduladoras.

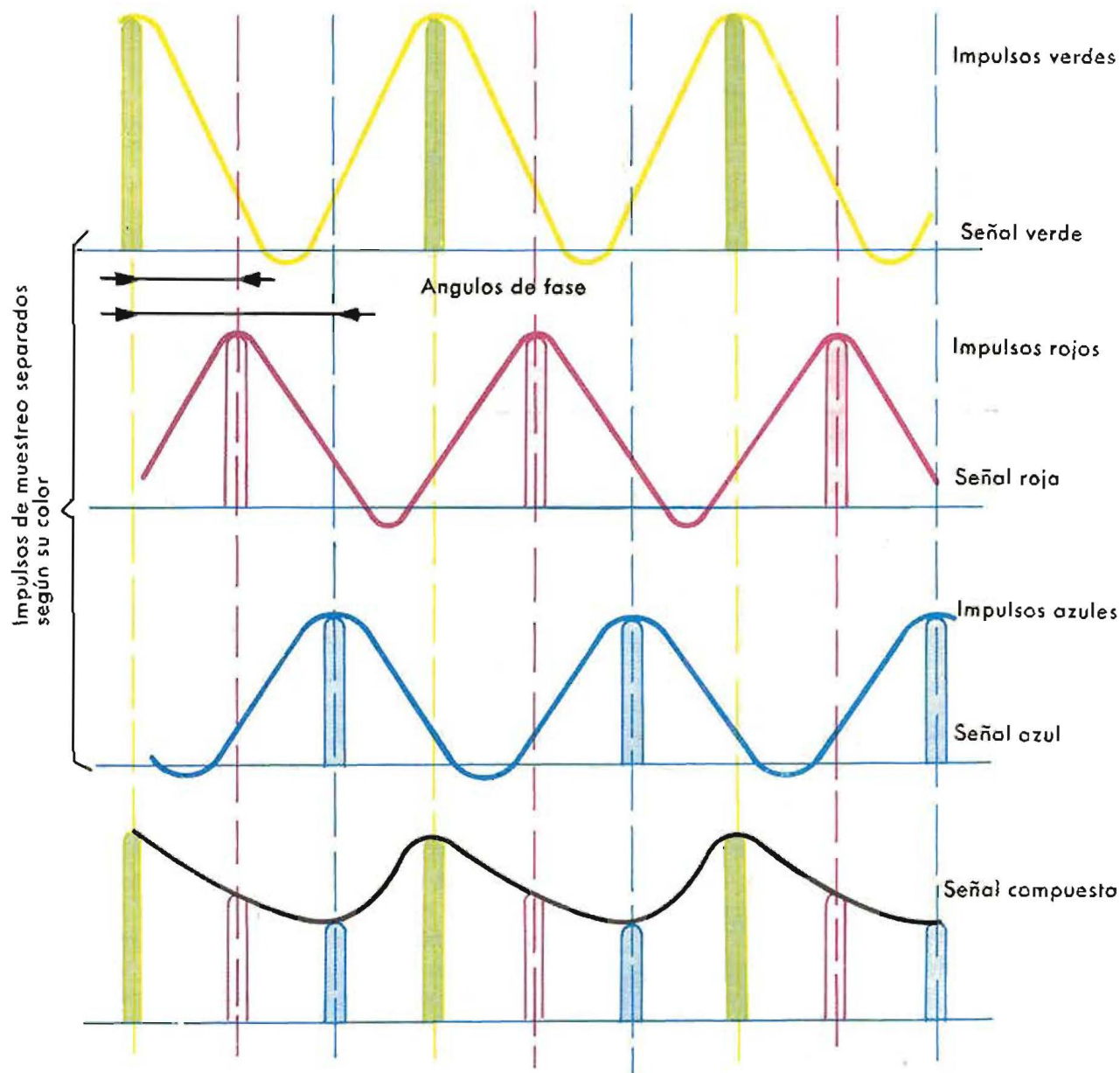


Figura 30. — Descomposición de la señal de video color en cada uno de sus componentes.

También se comprobó que las tres componentes coloreadas no debían transmitirse con la misma amplitud, puesto que si sufrían una perturbación las imágenes reproducidas viraban hacia el color que tiene mayor sensibilidad visual; es decir, hacia el verde. Por tanto, debían equilibrarse las componentes coloreadas de acuerdo con la sensibilidad del ojo humano al objeto de evitar los defectos que puedan originar las perturbaciones de las vías de color.

Como resultado de estas nuevas ideas, se creó una confusión entre el nuevo sistema y el anterior, de la cual surgieron lo que podríamos llamar los nuevos sistemas de TV en color.

Sistema NTSC

El sistema de la National Television System Committee (NTSC) es la base de todos los sistemas propuestos o utilizados actualmente, por cuyo motivo lo expondremos en primer lugar y de forma más amplia que los demás.

Debido a las dificultades para el desarrollo de la televisión en color, los fabricantes americanos de receptores, aconsejados por RCA y Hazeltine agrupados en la NTSC, después de una revisión

de los problemas, establecieron las primeras normas para un servicio público satisfactorio de televisión en colores. Hemos visto cómo se transmitía separadamente la información de cada color.

El contenido de la norma, así como su fundamentación técnica es el siguiente: El nuevo sistema debe permitir la transmisión de la luminancia con la misma banda de frecuencias que se emplea para el blanco y negro.

Pensemos que el vector color no se encuentra en un plano, sino en el espacio; por tanto, debe estar representado en un sistema tridimensional, o lo que es lo mismo por tres dimensiones perpendiculares entre sí. Si designamos por x , y , z a cada una de estas magnitudes, y sabemos que la relación entre ellas es:

$$x + y + z = 1,$$

de inmediato deducimos que dadas dos cualesquiera de ellas podemos deducir la tercera.

Si imaginamos, tal como representamos en la figura 31, que cada uno de los tres ejes corresponde a un color determinado de los tres fundamentales, veremos que la magnitud y posición del vector color resultante depende de la magnitud de cada uno de los tres colores fundamentales.

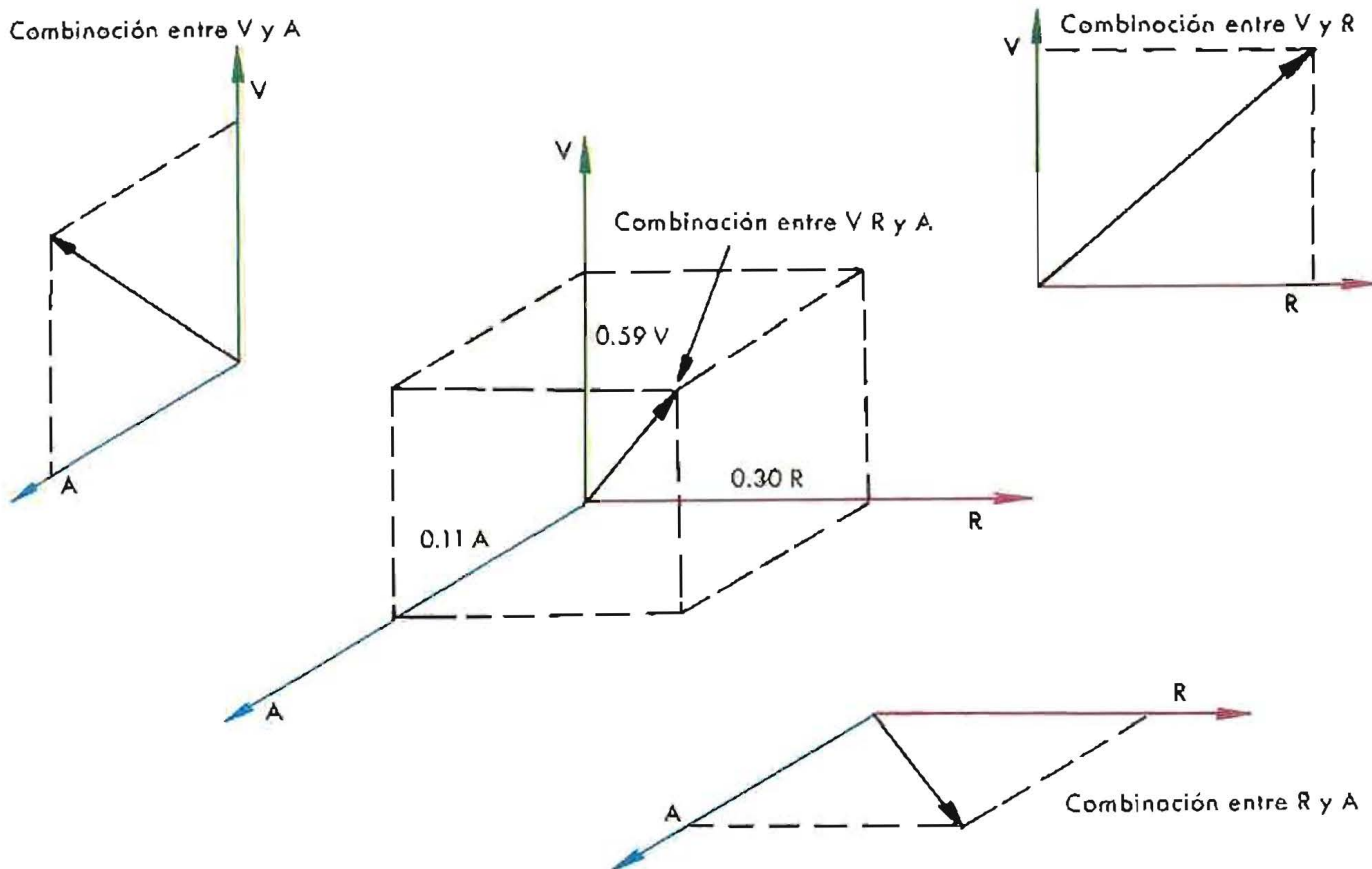


Figura 31. — Combinación de los colores en un plano y de tres en el espacio.

Con dos colores nulos se tiene el tercer color puro; con un color cero, se tiene la infinitud de combinaciones posibles entre los otros dos colores; y con una magnitud para cada color se obtiene la combinación entre los tres colores fundamentales.

Como habrá deducido el lector, la magnitud del vector determina la luminancia, mientras que su posición entre los tres planos que forman los tres ejes determina el matiz.

Veamos ahora el porqué de la relación $x + y + z = 1$, a que nos hemos referido. Esta relación sale de la conocida curva de sensibilidad del rojo a los diversos colores, considerando los tres fundamentales que nos interesan; es decir, el verde, el rojo y el azul. De la figura 32 deducimos que $x = 0,30$ para el rojo (R), $y = 0,59$ para el verde (V), y $z = 0,11$ para el azul (A), de donde $0,30 + 0,39 + 0,11 = 1$.

Por lo que podremos poner:

$$\text{Vector color Y} = 0,30 \text{ R} + 0,59 \text{ V} + 0,11 \text{ A}$$

De donde se deduce que, siempre de acuerdo con la sensibilidad del ojo a los diversos colores, la magnitud real de cada color está multiplicada

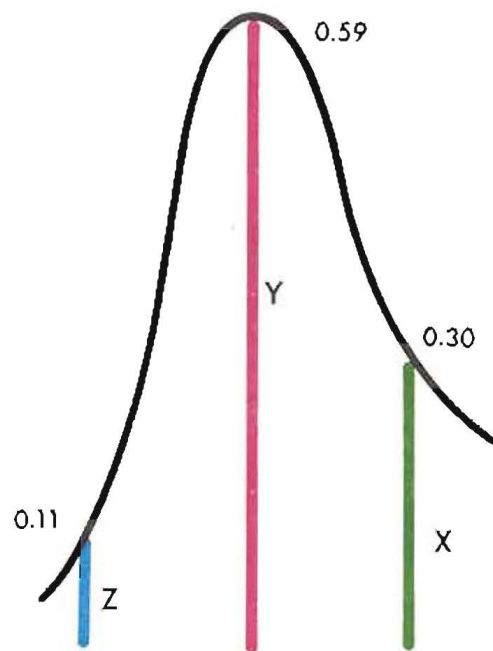
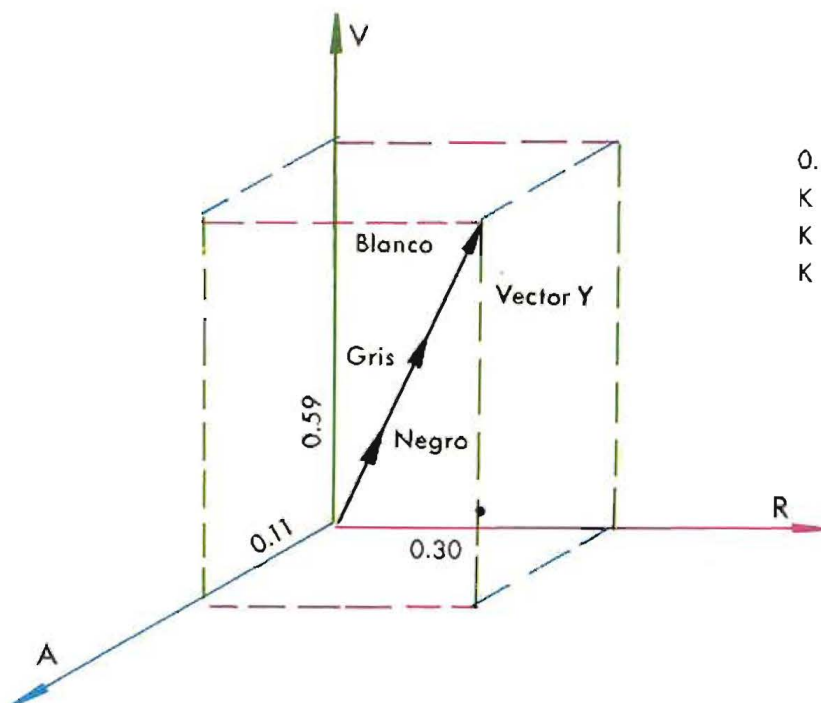


Figura 32. — Sensibilidad del ojo humano.

por el factor correspondiente para obtener el color o combinación de colores en la pantalla del televisor.



$$0,59 K + 0,30 K + 0,11 K = y$$

$K = 1$ blanco
 $K = 0,5$ gris
 $K = 0$ negro

Figura 33. — Vector resultante de magnitud variable y posición constante para la visión en blanco y negro.

Para la transmisión en blanco y negro solamente se tomará la precaución de hacer $R = V = A = K$, con lo cual tendremos un solo sector en el espacio, de magnitud mayor o menor según el valor de K . Para $K = 1$ se tiene el blanco, puesto que el ojo ve cada uno de los colores fundamentales en la magnitud correspondiente a su sensibilidad; para $K = 0$ se tiene un vector de magnitud cero, o lo que es lo mismo luminosidad cero, que equivale al negro; y para K con valores intermedios entre cero y uno, toda la gama de tonos entre el negro y el blanco. (Figura 33.)

Resumiendo, hemos visto cómo con la combinación tridimensional de los tres colores, no solamente se puede reproducir el matiz y luminosidad deseados para un sistema de reproducción de colores, sino también el blanco y negro de la reproducción monocromática.

También hemos visto cómo dadas dos magnitudes de un color podemos deducir la tercera.

Para que puedan reproducirse en el aparato receptor de televisión las tres componentes correspondientes a cada color, además de la luminancia Y , vector resultante de la combinación de los tres colores que hemos visto anteriormente, es necesario que lleguen al aparato otras dos informaciones que representen la crominancia.

En la exploración de una imagen en blanco y negro hemos visto que las magnitudes R , V y A debían multiplicarse por K para pasar del blanco al negro, además de cumplirse la condición de $R = V = A$. Por tanto podemos poner:

$$KY = 0,30 KR + 0,59 KV + 0,11 KA,$$

de donde se deduce que para cualquier valor de K en una imagen no coloreada se cumple:

$$KR - KY = 0; \quad KV - KY = 0; \\ \text{y} \quad KA - KY = 0,$$

ya que $R = V = A = K$.

Al cumplir esta condición en la exploración de una imagen no coloreada, las expresiones

$$R - Y; \quad V - Y; \quad A - Y$$

pueden tomarse como magnitudes que determinan el colorido, ya que cuando su valor sea nulo la imagen es en blanco y negro, mientras que cuando tengan un valor determinado la imagen es en color.

Por tanto, y recordando lo dicho anteriormente, podemos tomar a dos de estas magnitudes para definir la crominancia, ya que con ellas y el valor de la luminancia Y podemos definir la magnitud de la tercera. En consecuencia podemos poner:

Información de luminancia — magnitud de Y

$$\text{Información de crominancia} - \begin{cases} R - Y = C_1 \\ A - Y = C_2 \end{cases}$$

O sea que en un sistema de TV color además de la magnitud Y , que determina la luminancia, hemos de transmitir también las dos magnitudes C_1 y C_2 que definen el color. Veamos cómo. Tenemos las siguientes expresiones

$$Y = 0,30 R + 0,59 V + 0,11 A$$

$$C_1 = R - Y$$

$$C_2 = A - Y$$

Nos falta la magnitud de V o de $V - Y$, que designaremos C_3 . Por medio de las anteriores igualdades deduciremos y obtendremos:

$$Y = 0,30 (C_1 + Y) + 0,59 V + 0,11 (C_2 + Y)$$

$$\frac{Y - 0,30 (C_1 + Y) - 0,11 (C_2 + Y)}{0,59} = V$$

$$C_3 = V - Y =$$

$$\frac{0,41 Y - 0,30 (C_1 + Y) - 0,11 (C_2 + Y)}{0,59} =$$

$$= \frac{-0,30 C_1 - 0,11 C_2}{0,59} =$$

$$\approx -0,510 C_1 - 0,190 C_2 = V - Y = C_3$$

Para cada uno de los colores puros tendremos

$$\text{Rojo (V = A = 0)} \quad \begin{cases} Y = 0,30 R \\ C_1 = 0,70 R \\ C_2 = -0,30 R \end{cases}$$

$$\text{Verde (R = A = 0)} \quad \begin{cases} Y = 0,59 V \\ C_1 = -0,59 V \\ C_2 = -0,59 V \end{cases}$$

$$\text{Azul (R = V = 0)} \quad \begin{cases} Y = 0,11 A \\ C_1 = -0,11 A \\ C_2 = 0,89 A \end{cases}$$

$$\text{Blanco (K = V = A)} \quad \begin{cases} Y = R = V = A \\ C_1 = 0 \\ C_2 = 0 \end{cases}$$

$$\text{Negro (R = V = A = 0)} \quad \begin{cases} Y = 0 \\ C_1 = 0 \\ C_2 = 0 \end{cases}$$

Tal como habíamos dicho, las magnitudes de C_1 y C_2 predeterminan el color; pero solamente

queda determinado en su verdadera luminosidad y tono con la combinación de las tres magnitudes al poder deducir la tercera componente de crominancia C_3 .

Ahora deseamos estudiar la forma de lograr que la información para obtener C_1 y C_2 en el aparato receptor quede encajada dentro de la banda de frecuencias asignada a la luminancia; o mejor dicho transmitir las tres señales en la banda que corresponde a un canal de blanco y negro.

Recordemos que el ojo humano sólo reconoce el color de una superficie relativamente grande, lo cual significa que para la transmisión de color puede adoptarse para la luminancia la mayor banda posible, como ya hace con el blanco y negro, mientras que para la crominancia, teniendo en cuenta que no somos muy exigentes debido a la percepción humana, en los pequeños detalles de colores basta con una banda relativamente estrecha, del orden de un megaciclo.

Teniendo en cuenta que se ha demostrado que el espectro de frecuencias de un sistema secuencial de líneas —que es el caso de todos los sistemas actuales de televisión en blanco y negro— sólo se utiliza parcialmente, ya que la energía se

es decir, en el extremo superior de la banda de transmisión.

Esta combinación se consigue si se elige como frecuencia para la subportadora un múltiplo entero de la mitad de la frecuencia de línea.

Este mismo sistema se emplea en la televisión en blanco y negro para evitar que dos emisoras en un mismo canal puedan interferirse; para tal finalidad las frecuencias de las portadoras están desplazadas un número entero de semifrecuencias en línea. Se denomina sistema de portadora desplazada. (Figura 34.)

En realidad hemos llegado a disponer después de lo dicho de una portadora para la luminancia con una anchura conveniente, y de una portadora auxiliar colocada dentro de la misma banda para la transmisión de los canales de crominancia, tal como se indica en la figura 35.

Ahora que tenemos resuelto el problema de la colocación de esta subportadora, tan necesaria para las señales de color, veamos cómo se solventa la cuestión de transmitir con ella las dos señales C_1 y C_2 para la definición del color deseado.

En el sistema NTSC se transmiten simultáneamente estas dos magnitudes de crominancia por

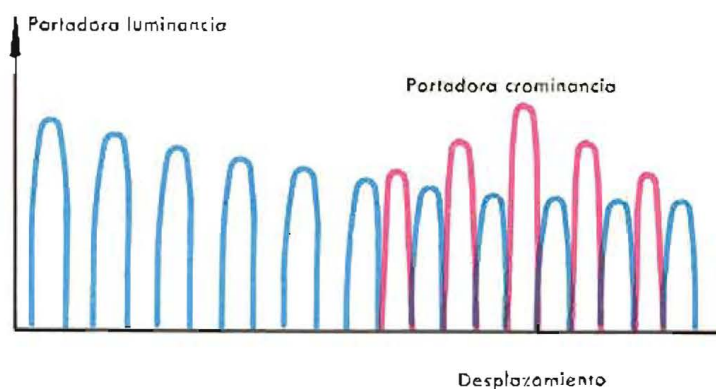


Figura 34. — Sistema de portadora desplazada.

acumula en *paquetes* alrededor de los múltiplos de la frecuencia de líneas quedando muy poca o ninguna entre estos *paquetes*, se dedujo que sería interesante entrelazar los *paquetes* de energía de la señal de crominancia con los de la señal de luminancia; el lugar más adecuado para efectuar el entrelazado es el punto en que se reducía la amplitud del espectro de frecuencias;

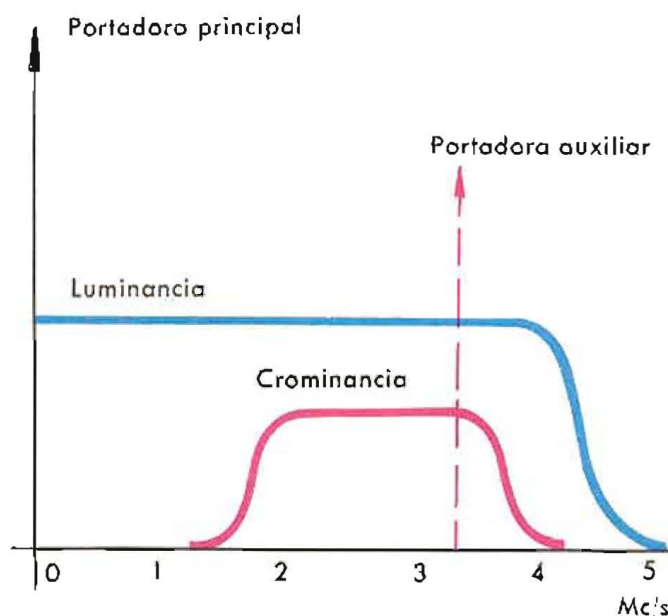


Figura 35. — Señal video en el sistema NTSC.

medio de un ingenioso proceso de modulación. Veamos en qué consiste:

Cada una de las dos señales C_1 y C_2 modula a una frecuencia portadora de igual magnitud pero defasada 90° . Una vez moduladas, estas dos frecuencias se suman geoméricamente, ya que están defasadas 90° , dando lugar a la verdadera portadora de forma que su magnitud y ángulo

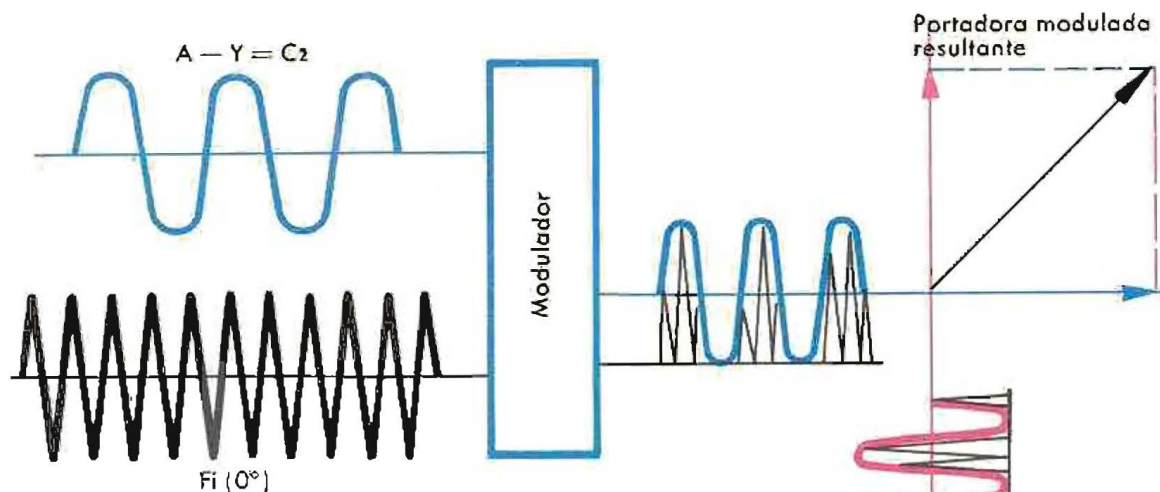


Figura 36. — Modulación con las señales de crominancia y resultante geométrica.

dependen de las magnitudes de las señales de crominancia. (Figura 36.)

Estudiemos ahora cómo, en un sistema plano de dos ejes, por medio de las dos magnitudes (C_1 y C_2) de las señales de crominancia se representan los varios colores fundamentales (como se indica en las figuras 37 y 38) y por medio de diversos valores para C_1 y C_2 se pueden obtener los colores combinados entre los fundamentales.

Como se observa en las figuras, el matiz del color depende de la posición del vector resultante, o sea de su fase, mientras que la saturación depende de su magnitud. Dada la relación entre la fase y el matiz podemos señalar la gran importancia que tiene evitar todo defase accidental de la subportadora.

En realidad este sistema no transmite las magnitudes C_1 y C_2 que hemos estudiado, sino que teniendo en cuenta las características de percepción cromática del ojo humano y la posibilidad de efectuar una economía de frecuencias —ya que las elipses de Mac Adam demuestran que el ojo es más sensible a los detalles según el eje I que según el eje Q—, no es necesario que la banda de Q sea tan ancha como la de I, modificación que hace posible utilizar el espectro de videofrecuencias que se representa en la figura 39.

El cambio efectuado para lograr una reducción de banda aprovechándonos de la diversa sensibilidad del ojo no es ni más ni menos que una inclinación de los ejes C_1 y C_2 que hemos estudiado, por lo que en realidad todo queda tal como hemos visto, excepto este cambio de ejes.

Hemos señalado que la crominancia se transmite gracias a las dos informaciones de I y Q que modulan en cuadratura a una misma subporta-

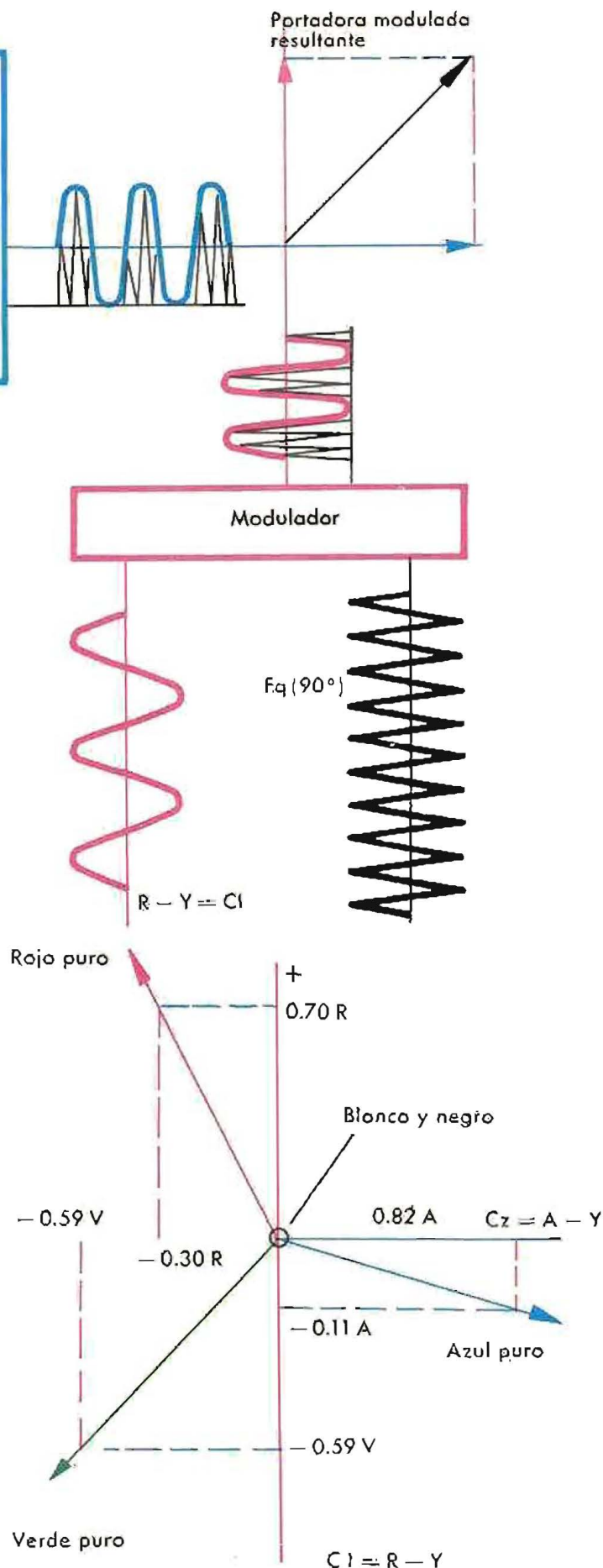


Figura 37. — Obtención de los colores fundamentales por medio de las magnitudes C_1 y C_2 .

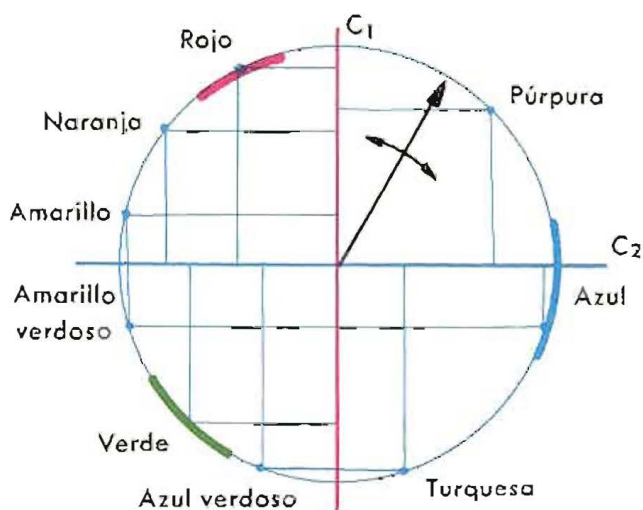


Figura 38. — Obtención de la gama de colores por medio de las magnitudes C_1 y C_2 .

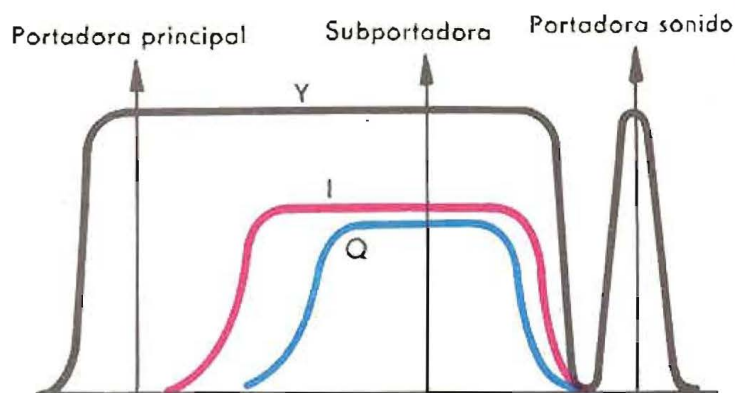


Figura 39. — Canal de TV-Color con las señales de crominancia I y Q y la de luminancia Y.

dora; pero esta subportadora no se transmite, tanto para efectuar la recepción en los aparatos de blanco y negro como para anular posibles interferencias.

Al efectuarse esta anulación en la portadora de imagen, se hace necesaria la existencia en el aparato receptor de una señal auxiliar para la referencia de fase, al objeto de poder descomponer adecuadamente la señal de crominancia en sus dos componentes de modulación. Esta señal auxiliar u oscilación se sincroniza por medio de una señal adicional llamada *salva* transmitida en el pórto de borrado inmediato a la señal de sincronismo. (Fig. 40.)

Con esta señal se sincroniza y ajusta en fase al oscilador local, encargado de la decodificación de la señal de crominancia recibida.

Después de lo indicado, podemos dibujar de forma muy aproximada la forma de la portadora

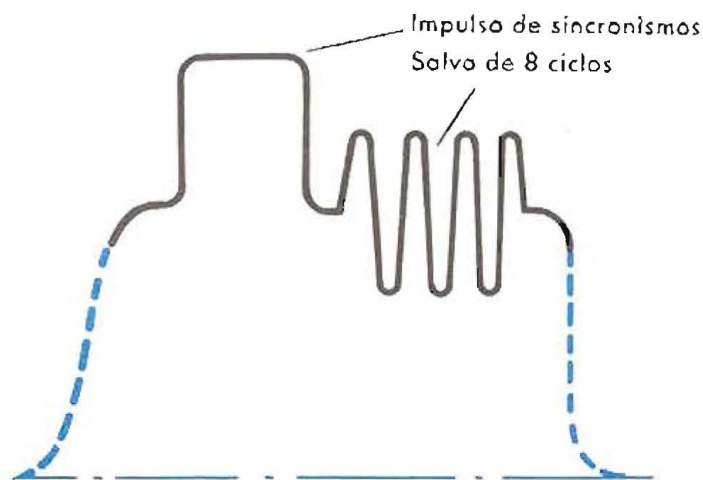


Figura 40. — Introducción en el pórto de una señal para la sincronización del oscilador del decodificador.

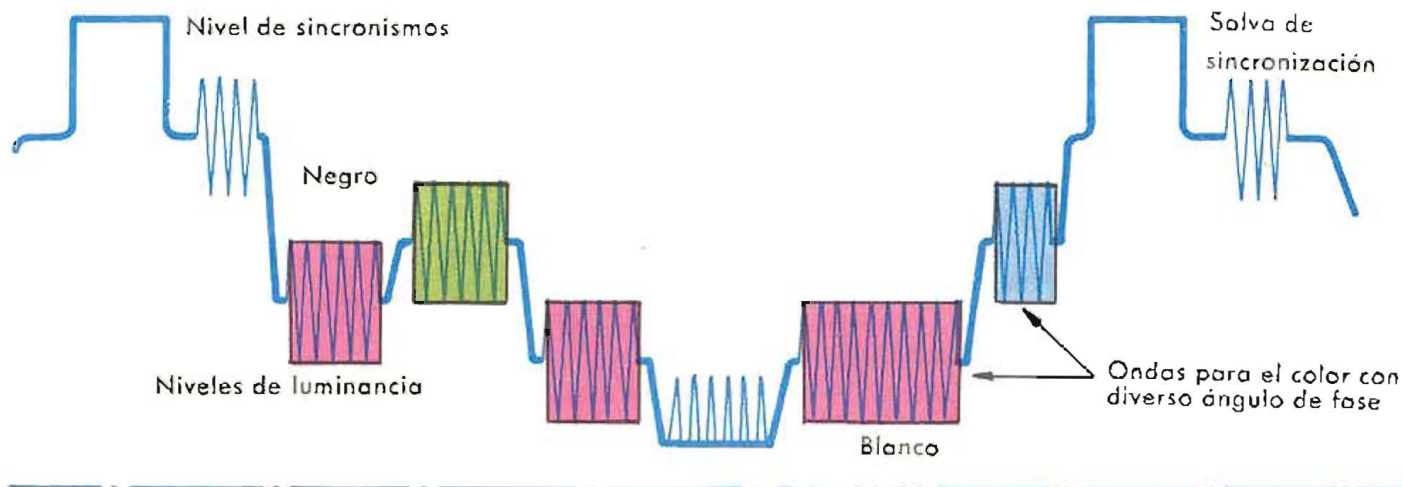


Figura 41. — Portadora de video con las señales de crominancia y luminancia para una línea de exploración.

de la imagen de televisión en colores, tal como se indica en la figura 41. Veremos que fundamentalmente se diferencia de la ya conocida para el blanco y negro en la señal de sincronización del oscilador decodificador y en que las señales de luminancia aparecen como portadoras de la onda de color. (Recuerde que lo que permite la reproducción del color a través de estas ondas no es su magnitud ni su valor en sí, sino su ángulo de fase.)

Se deduce que el mayor inconveniente de este sistema debe estar en las variaciones o alteraciones de este ángulo de fase, puesto que en tal caso los matices en la pantalla del receptor de TV color diferirían de los reales.

Los aparatos receptores llevan un dispositivo para la corrección manual del ángulo de fase; mas en la práctica éste es el mayor inconveniente del sistema NTSC y el motivo por el cual se han presentado otros sistemas, siempre con las mismas bases técnicas, pero con variantes encaminadas a lograr mayor seguridad, en cuanto a la conservación de la fase correcta para lograr la reproducción lo más perfecta posible de los matices reales de la imagen.

El sistema SECAM

Las dificultades del sistema NTSC se deben a la transmisión simultánea de las dos informaciones de fase sobre una misma subportadora, que es necesario reconstituir en la recepción.

Al objeto de remediar los inconvenientes que presenta este sistema, Henry de France propuso la transmisión secuencial de las dos informaciones de crominancia.

El nombre de sistema SECAM, de origen francés, es una derivación del nombre *Secuentiel à Mémoire*, el cual define que a diferencia del NTSC, que transmite las dos informaciones de crominancia de forma simultánea, en el SECAM se transmiten de forma secuencial, o sea una tras otra, y se efectúa la síntesis de la imagen en color por medio de una memoria que hace que en un momento dado se disponga de las dos señales, la actual y la anterior, para efectuar su combinación.

La secuencia, como hemos visto, se logra con un conmutador electrónico.

Como en el anterior sistema la información de crominancia es complementaria de la de luminancia, se transmite con la ayuda de una subportadora encajada en las frecuencias superiores del espectro de luminancia.

La señal transmitida consiste en la señal de luminancia entremezclada, como en el sistema

NTSC, con las señales de color, pero transmitidas secuencialmente.

El sistema SECAM tiene ventajas con relación al NTSC, pero también presenta sus propios inconvenientes. Una característica muy poco conveniente del SECAM es la presencia de la subportadora en la señal recibida, con una amplitud que aumenta al disminuir la saturación cromática y alcanza su valor máximo con el blanco, de forma que cuando se recibe esta señal en un receptor normal de blanco y negro, se notó en la pantalla una trama bastante molesta, mientras que en el NTSC esta trama no se presenta, puesto que la subportadora no se transmite.

En los últimos años se han realizado ensayos intensivos con los sistemas SECAM y NTSC y se ha llegado a la conclusión que un receptor SECAM no es necesariamente más económico que otro NTSC, si bien en principio se planteó el sistema para una mayor sencillez y economía. De todas formas el manejo del SECAM es más fácil que el del NTSC.

Cuando la magnitud de la señal disponible es suficiente, ambos sistemas dan buenos resultados. A medida que la señal disminuye por alejamiento entre emisor y receptor, se nota una mejoría con el SECAM en cuanto a fidelidad de colorido, pero el aparato queda muy interferido por una desagradable sucesión de ruidos.

La principal ventaja del SECAM sobre el NTSC quizás resida en la facilidad de grabación de programas en cinta magnética, ya que mientras para este sistema pueden emplearse aparatos normalmente diseñados, en el NTSC se necesitan complicados equipos de control al objeto de no introducir errores de fase por las variaciones de velocidad de la cinta magnética.

El sistema PAL

El sistema PAL fue desarrollado en 1963 por Bruch, de la casa Telefunken, y significa líneas de fase alternadas. Parte de los mismos principios básicos que el NTSC y quizás es el más complicado de los tres.

Al comentar el sistema NTSC hemos visto que la información relativa a los colores se transmite por una subportadora, modulada en cuadratura por las dos magnitudes I y Q, y que las relaciones entre estas magnitudes y las señales de diferencia de color son lineales, o sea que no interviene ningún ángulo.

También hemos visto que la resultante de la modulación en el sistema NTSC da un ángulo o fase que medido con relación al eje de referencia representa una medida del matiz y color, y

que la amplitud de esta resultante correspondía a la saturación de la imagen en un momento dado.

En el sistema PAL, como en el NTSC, durante una línea se transmiten las informaciones de crominancia; o sea, mediante una señal obtenida por la composición de dos señales en cuadratura.

En la siguiente línea se transmite otra señal, obtenida mediante la composición de una señal en fase con la señal Q ya utilizada en la línea anterior y de otra señal cuya fase está desplazada 180° en relación con la de referencia I utilizada en la línea anterior.

Si el receptor dispone de una memoria adecuada, sirviéndose de las señales recibidas del emisor combinadas vectorialmente, efectúa una notable reducción de los errores del ángulo de fase del vector color, pero en perjuicio de la amplitud de dicho vector, lo que ocasiona una reducida perturbación en la saturación de los colores.

En la práctica este método resulta conveniente hasta unos 25° , puesto que para valores superiores aparece una línea de color junto con un molesto parpadeo en los contornos que se desplaza horizontalmente.

Con este sistema es elevado el coste del re-

ceptor, puesto que sus ventajas se consiguen a costa de líneas de retardo de elevada precisión y del conmutador electrónico con sincronismo de fase.

La modificación del decodificador PAL adolece del mismo defecto básico que el del sistema SECAM, puesto que en ambos existe la combinación de la información cromática de dos líneas sucesivas, quedando los contornos horizontales, de gran saturación, mal reproducidos debido al entrelazado de las líneas.

Una de las ventajas del PAL es la facilidad con que puede transformarse en el sistema NTSC y la posibilidad, igual que en el SECAM, de efectuar fácilmente grabaciones en cinta magnética.

En condiciones de recepción difíciles, el PAL es superior a los otros dos sistemas.

Hemos visto que el problema más serio de todos los sistemas de TV en color es el provocado por las diferencias de fase de la señal cromática; éste es el motivo que frena la rápida expansión de la TV en colores.

Los sistemas SECAM y PAL han sido desarrollados con el fin de solventar este inconveniente, pero hasta el momento no se han logrado soluciones realmente satisfactorias.

* * *

APENDICE



ESTUDIO Y EMPLEO DEL OSCILOSCOPIO

lección práctica

ESTUDIO Y EMPLEO DEL OSCILOSCOPIO

INTRODUCCION

Es muy probable que ninguno de los aparatos de medida utilizados corrientemente en los talleres o laboratorios tenga tanta flexibilidad y amplio campo de aplicación como el osciloscopio.

En principio, el osciloscopio se desarrolló como instrumento de laboratorio, pero hoy en día se ha hecho indispensable en muchísimos campos de la técnica. Según sean éstos, los osciloscopios se proyectan, en consecuencia, en numerosos y diversos tipos. Unos se emplean en la investigación científica o industrial, pero otros muchos pueden aplicarse para la comprobación, examen, ajuste y reparación de aparatos eléctricos, electrónicos y en televisión.

Debido a la vasta gama de aplicaciones a que se presta el osciloscopio —aplicaciones que se extienden de día en día, ya que, con los accesorios adecuados, puede efectuarse cualquier clase de medición o comprobación, no sólo de fenómenos eléctricos en electrotecnia, radiotecnia y televisión (mediciones de corriente, tensión, frecuencia, etc.), sino también fenómenos mecánicos, acústicos o químicos transformables en eléctricos—, y debido a que el osciloscopio tiene la propiedad, destacada y de carácter único, de enseñar claramente en su pantalla, en forma gráfica e ins-

tantánea, las condiciones variables de cualquier circuito mediante la formación y el control de un haz de electrones destinado a producir un trazo visible sobre una pantalla fluorescente, consideramos una necesidad cada día más imperiosa para todo técnico el que se familiarice con el osciloscopio y sepa utilizarlo de modo eficaz.

La presente lección se propone hacer conocer el instrumento, sus circuitos básicos y partes constituyentes y señalar su utilización y empleos más típicos.

NOTA. En la literatura técnica se leen a menudo las palabras *oscilógrafo* y *osciloscopio*, que se aplican indistintamente al aparato que nos ocupa.

Etimológicamente, un oscilógrafo es un aparato que *registra* las oscilaciones o fenómenos variables, mientras que un osciloscopio es un *indicador visual* de dichos fenómenos. Como el aparato objeto de esta lección se destina al examen visual, debemos llamarlo, en consecuencia, OSCILOSCOPIO. Por supuesto, si se dota a este mismo aparato de un dispositivo adecuado de cámara fotográfica para la impresión de los oscilogramas, se convierte en un instrumento registrador; entonces podrá denominarse *oscilógrafo*.

CONSTITUCION BASICA DEL OSCILOSCOPIO

Los osciloscopios se clasifican en instrumentos del tipo de servicio, de uso general, o del tipo de laboratorio. Corrientemente el osciloscopio de servicio (uso general) se utiliza para la localización de averías de los circuitos electrónicos, para la observación visual de las formas de ondas en diferentes puntos de los circuitos, para medir la am-

plitud de cresta de dichas ondas, ajuste de los circuitos en receptores de radio o de televisión, determinación de las curvas de respuesta de diferentes equipos, de entre los que cabe mencionar los de reproducción de alta fidelidad (amplificadores Hi-Fi).

El osciloscopio de laboratorio (fig. 1) se des-

tina a mediciones más precisas y especializadas, tales como mediciones de tiempo, observaciones de formas de onda de alta frecuencia, etc.

En este Curso sólo describiremos el funcionamiento y características del osciloscopio de servicio, por ser, como hemos indicado, el de uso más corriente.

Todo osciloscopio presenta un gráfico de una tensión variable en el tiempo; es decir, presenta visualmente la amplitud instantánea de una forma de onda de tensión de corriente alterna en función del tiempo.

Esto se consigue mediante un haz electrónico, de baja inercia, que traza la forma de onda en la pantalla de un tubo de rayos catódicos. El haz se emite y controla dentro del conocido CAÑÓN ELECTRÓNICO situado en el cuello del tubo de rayos catódicos; el movimiento de dicho haz se dirige hacia la pantalla por medio de un sistema de desviación electrostática compuesto por varios electrodos en forma de placa.

El tubo de rayos catódicos necesita una serie de circuitos auxiliares; pero aunque difieran los diseños de diversos fabricantes, la mayoría de los osciloscopios de servicio son fundamentalmente iguales y en esencia están formados de:

- Tubo de rayos catódicos;
- oscilador de barrido o base de tiempo;
- fuente de alimentación.

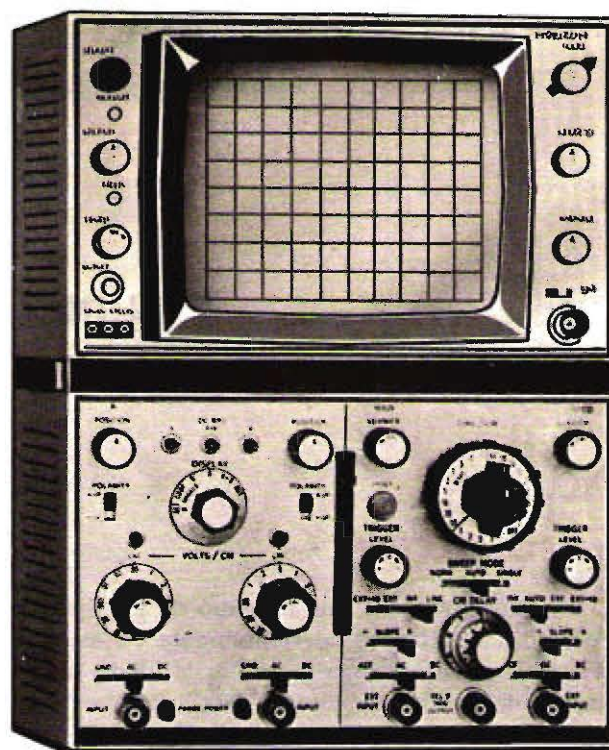


Figura 1. — Moderno osciloscopio típico para laboratorio, con pantalla rectangular (Hewlett Packard).

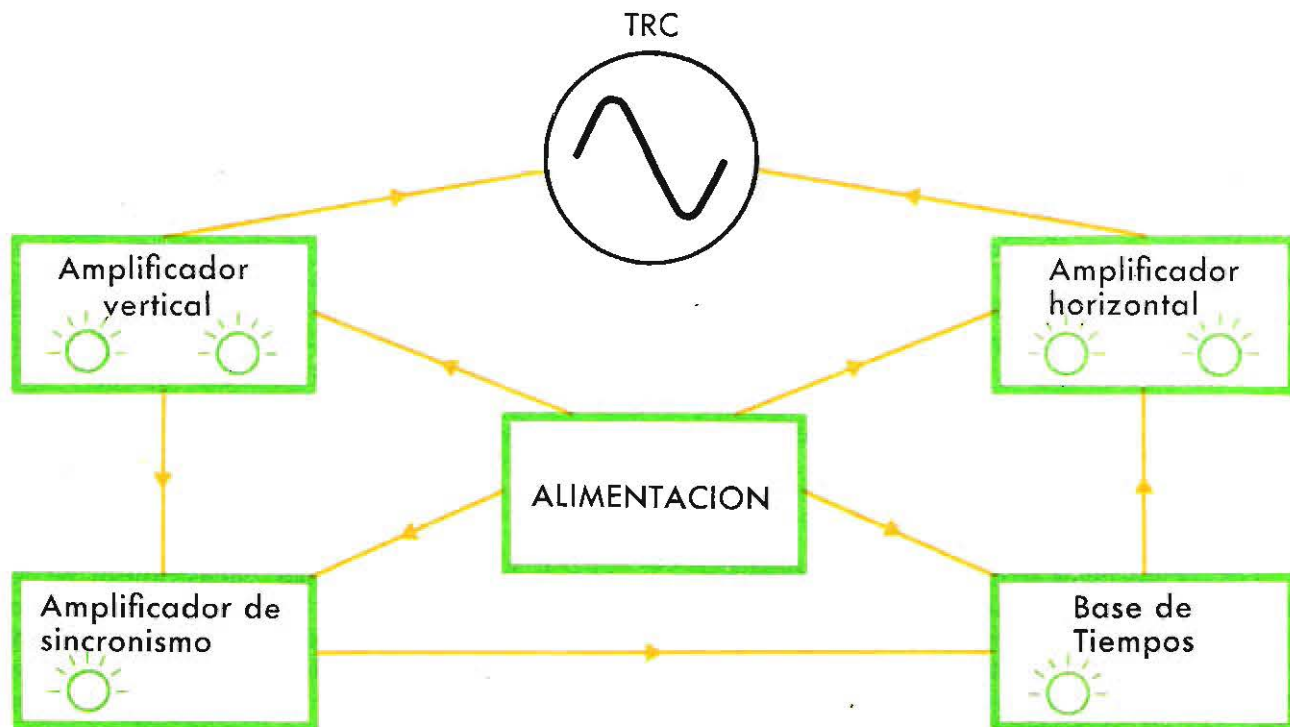


Figura 2. — Esquema simplificado, por bloques, del osciloscopio.

La base de tiempo u oscilador de barrido es en esencia un generador de ondas en forma de dientes de sierra que gobierna el desplazamiento horizontal del punto luminoso. El desplazamiento vertical del punto en la pantalla está determinado por la señal que se analiza.

Este conjunto básico puede diferenciarse algo más en los circuitos principales siguientes (fig. 2):

- Tubo de rayos catódicos;
- amplificador vertical;
- amplificador de sincronismo;
- base de tiempo;
- amplificador horizontal;
- fuente de alimentación.

Estos circuitos son interdependientes, y en ello radica el factor principal para comprender el funcionamiento de cada circuito.

La señal a analizar se aplica a la entrada Y; una vez reforzada en el amplificador vertical, se *inyecta* a las placas de desviación vertical del tubo de rayos catódicos. El amplificador vertical tiene un control de amplitud (también llamado atenuador) y otro de desviación.

Cuando se aplica una señal variable a la entrada, el haz electrónico se desplaza de abajo arriba, en el tubo de rayos catódicos, proporcionalmente a la intensidad de la señal y al grado de amplificación seleccionado en el control de amplitud o de atenuación.

Para que el osciloscopio presente el gráfico de una tensión variable con el tiempo —es decir, gráfico de coordenadas X e Y— es necesario dar una referencia del tiempo por medio de una tensión constante en el sentido X o de desviación horizontal. Esta tensión se genera por la base de tiempo u oscilador de barrido; una vez reforzada y controlada en el amplificador horizontal, se aplica a las placas de desviación horizontal del tubo de rayos catódicos.

Esta desviación del punto en sentido horizontal se produce a una velocidad constante de varias veces por segundo (varios c/s), que es lo que nos da la medida del tiempo.

Por medio del regulador de frecuencia del oscilador de barrido puede variarse a voluntad la referencia de tiempo desde unos pocos ciclos hasta varios megaciclos por segundo, aunque en la mayoría de casos el margen de frecuencia que se requiere es aproximadamente de 10 c/s a 25 Kc/s.

El amplificador de sincronismo consiste en un circuito amplificador situado entre el generador de la base de tiempo y el amplificador vertical. Su función es asegurar que el barrido de la base de tiempo y la señal de entrada comiencen en el



Figura 3. — Osciloscopio de laboratorio (Philips).

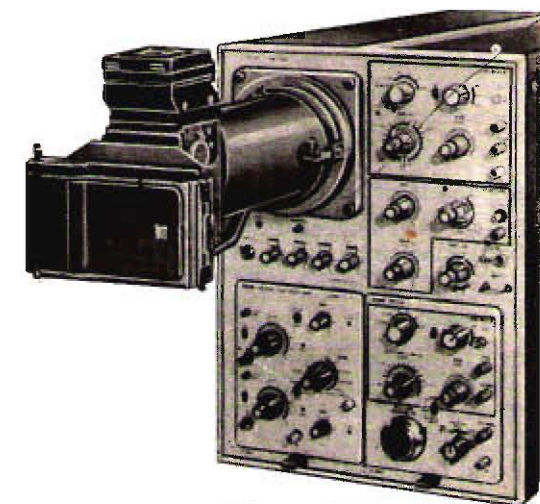


Figura 4. — Osciloscopio de laboratorio. Oscilógrafo (Philips).

mismo instante. Variando el control de sincronización se obtiene un trazo inmóvil en la pantalla.

Finalmente, todos los circuitos descritos obtienen la energía necesaria para su funcionamiento por medio de la fuente de alimentación, que proporciona la alta tensión anódica para las válvulas y una muy alta tensión (M.A.T.) para el ánodo del tubo de rayos catódicos, así como la corriente eléctrica necesaria para el caldeo de los filamentos de las válvulas y del tubo.

El circuito del tubo de rayos catódicos incluye los controles de enfoque y brillo, que sirven para obtener un trazo claro y nítido.

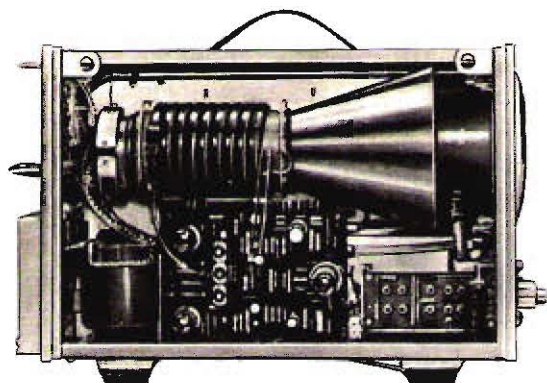


Figura 5. — Osciloscopio de servicio (Siemens).

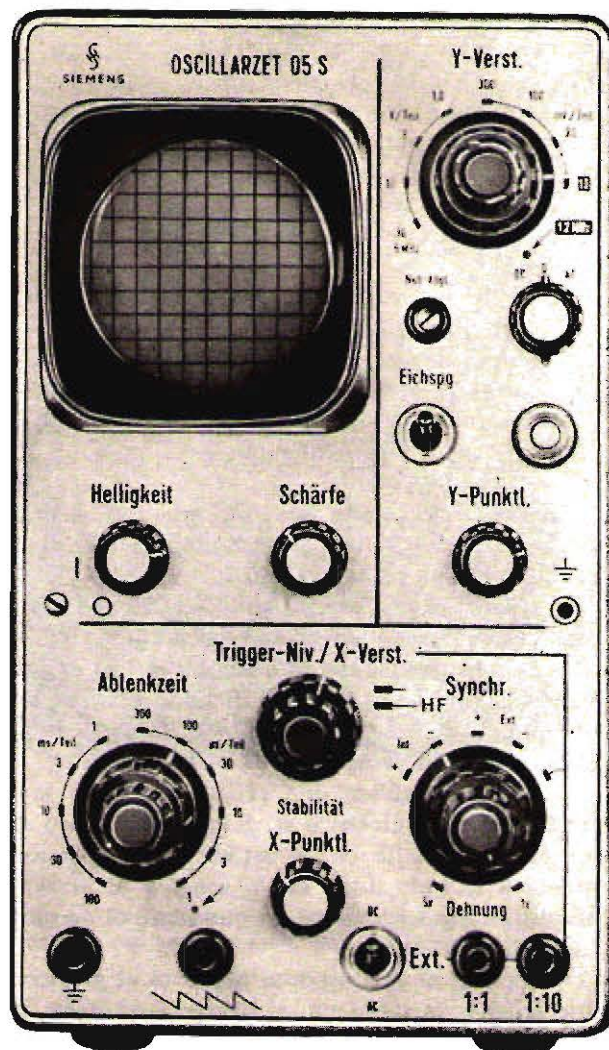


Figura 6. — Osciloscopio de servicio (Philips).

EL TUBO DE RAYOS CATODICOS

Recordemos que el tubo de rayos catódicos consta en esencia de una ampolla de vidrio, en cuyo interior se ha hecho el vacío al igual que toda válvula electrónica, tiene forma de embudo de cuello alargado y está aplanado por su extremo más ancho; por su forma y funciones entra dentro de la familia de los tubos para radar y los de imagen, pero con una construcción adecuada a su función. (Fig. 7.)

En el fondo del tubo se halla el cátodo emisor de electrones, los cuales se dirigen y aceleran de manera que forman un estrecho haz que incide en

la cara plana (o pantalla), recubierta de sustancias fluorescentes que emiten luz en el punto del impacto haciéndolo claramente visible.

Conocemos el proceso de formar, enfocar, acelerar y controlar el haz catódico por medio del cañón electrónico constituido por el cátodo, la rejilla de mando, el ánodo de enfoque y los de aceleración.

Por medio del potenciómetro regulador de enfoque puede variarse la tensión en el ánodo de enfoque, con que se varía la intensidad del campo electrostático, ajustando así exactamente lo que

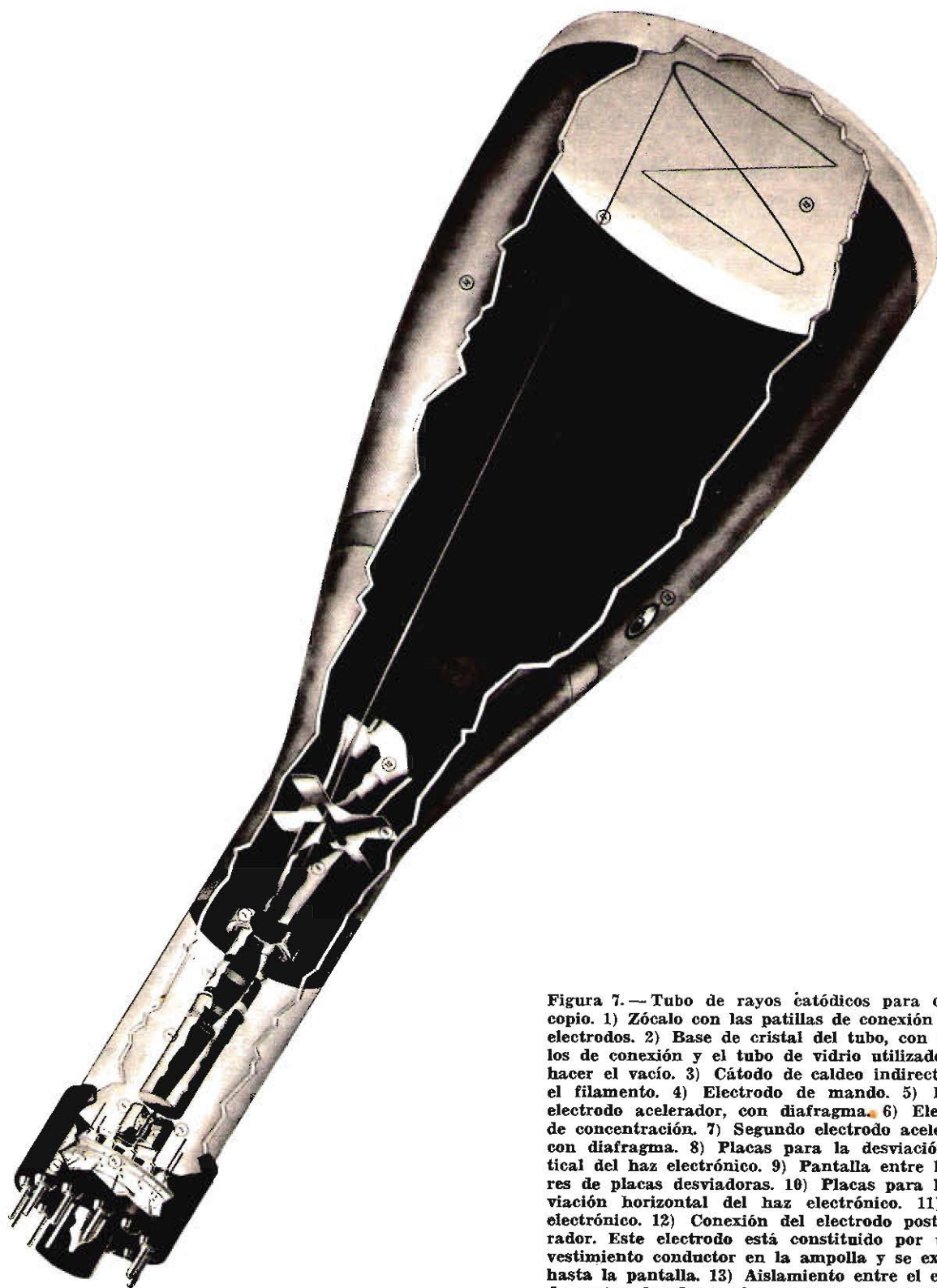


Figura 7.—Tubo de rayos catódicos para osciloscopio. 1) Zócalo con las patillas de conexión de los electrodos. 2) Base de cristal del tubo, con los hilos de conexión y el tubo de vidrio utilizado para hacer el vacío. 3) Cátodo de caldeo indirecto, con el filamento. 4) Electrodo de mando. 5) Primer electrodo acelerador, con diafragma. 6) Electrodo de concentración. 7) Segundo electrodo acelerador, con diafragma. 8) Placas para la desviación vertical del haz electrónico. 9) Pantalla entre los pares de placas desviadoras. 10) Placas para la desviación horizontal del haz electrónico. 11) Haz electrónico. 12) Conexión del electrodo post-acelerador. Este electrodo está constituido por un revestimiento conductor en la ampolla y se extiende hasta la pantalla. 13) Aislamiento entre el electrodo post-acelerador y el revestimiento conductor de la ampolla que se extiende hacia la base. 14) Ampolla de cristal. (15) Pantalla recubierta de material luminiscente (fósforo). (Cortesía de Miniwatt-Philips.)

en fotografía podríamos llamar enfoque crítico, que en nuestro caso equivale a lograr un impacto lo más puntiforme preciso.

Con el potenciómetro regulador de brillo se varía la tensión negativa aplicada a la rejilla de mando, con lo que se regula el paso de mayor o menor número de electrones; es decir, la intensidad del haz electrónico.

Si se aplica una diferencia de potencial entre las dos placas de un par de desviación, el haz elec-

trónico se desvía acercándose a la placa que se halla a potencial positivo; la placa conectada al potencial negativo lo repele.

La desviación es tanto más pronunciada cuanto más elevada sea la diferencia de potencial aplicada al par de placas. Si se invierte la polaridad de las placas el haz se desvía en sentido opuesto; si en cada polaridad variamos el valor de la tensión aplicada, el haz se desvía más o menos desde el centro hasta el borde de la pantalla. (Fig. 8.)

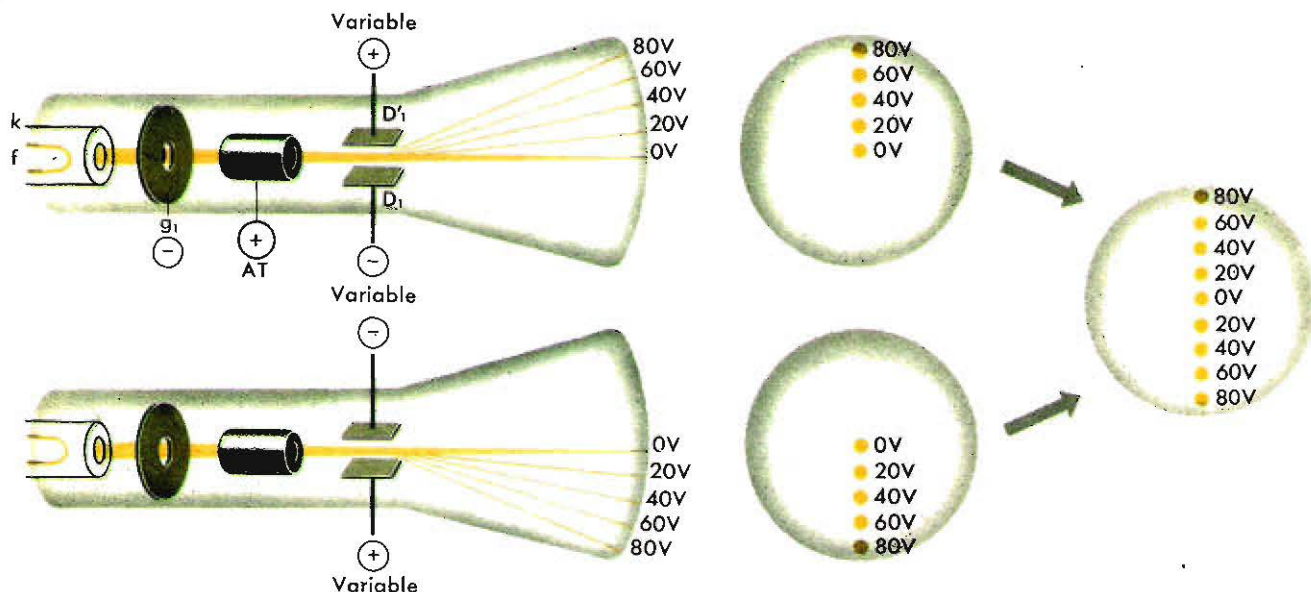


Figura 8. — Desviación del haz electrónico por medio de las placas de desviación vertical, variando la polaridad y la amplitud de la tensión aplicada a dichas placas.

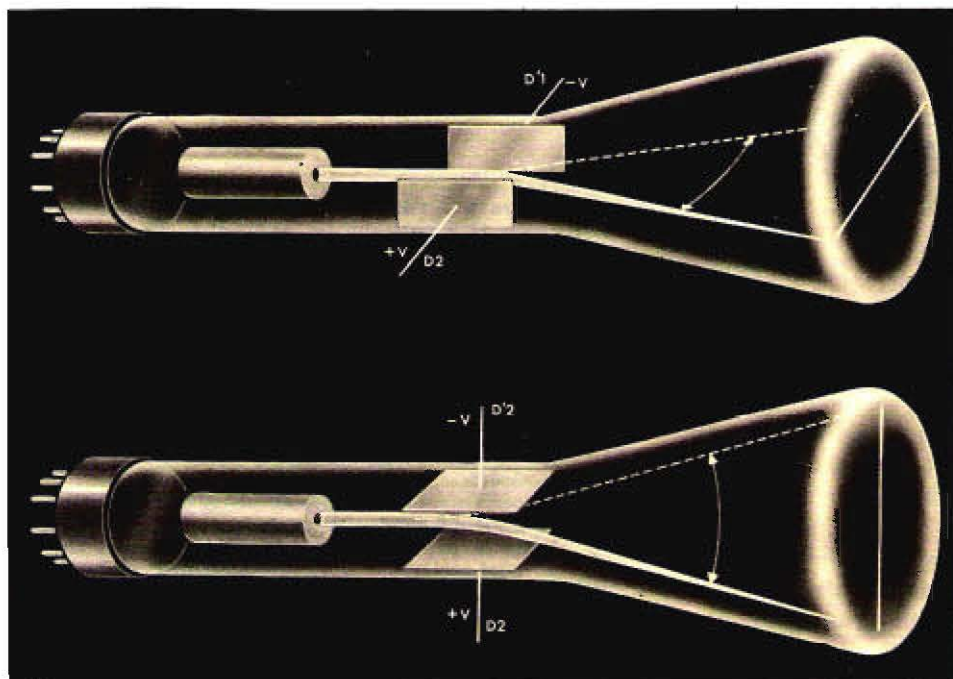


Figura 9. — Desviación del haz electrónico y trazo persistente visible en la pantalla del tubo de rayos catódicos, al cual se ha aplicado una tensión alterna a sus placas de desviación vertical.

Figura 10. — Desviación y trazo observado en las mismas condiciones cuando la tensión alterna ha sido aplicada al par de desviación horizontal.

Debido a la persistencia de las imágenes en la retina humana, así como a la inercia del material fluorescente con que está constituida la pantalla del tubo de rayos catódicos, los diferentes puntos luminosos que se produzcan sucesivamente en la pantalla con rapidez suficiente aparecen como una línea continua; esto es lo que sucede al aplicar una tensión alterna a uno de los pares de placas de desviación. (Figuras 9 y 10.)

Cuando se aplica tensión positiva a una de las placas de un par y la otra queda con tensión nula (cero voltios), la desviación sólo se produce por atracción de la placa positiva. Dicho sistema se le denomina de desviación asimétrica (figura 11). Si una placa se conecta a potencial positivo y la

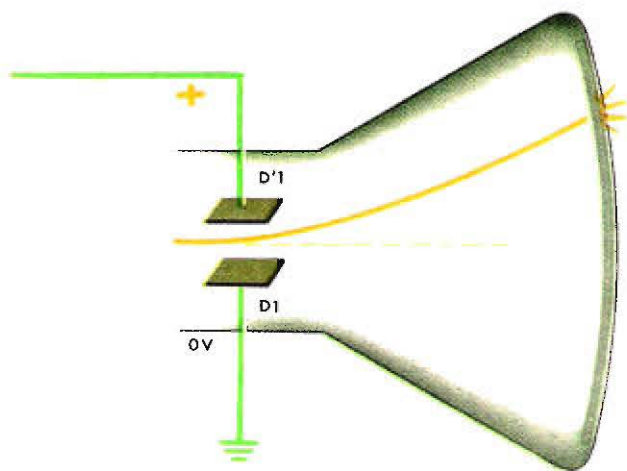


Figura 11. — Desviación asimétrica.

Como ya hemos indicado, la imagen (punto o trazo) que aparece en la pantalla de los tubos de rayos catódicos está formada por la luz emitida por el material que recubre el interior de la pantalla, al ser bombardeada por los electrones del haz. Este material es una combinación muy estudiada de los llamados fluo-fosforescentes (mal llamados «fósforos»), en los que al chocar un electrón contra la pantalla se produce en primer lugar emisión de luz por fluorescencia, la cual cesaría en cuanto cesaran de chocar electrones; pero, a continuación, se produce una cierta persistencia de la emisión luminosa (inercia luminosa) por efecto de fosforescencia.

Son muchas las combinaciones posibles de estos materiales. Aunque todas las pantallas parezcan más o menos blanquecinas, existe al menos

otra lo está al negativo, la desviación del haz se produce por la suma de las fuerzas de atracción de la placa positiva y de repulsión de la negativa; el sistema se denomina de desviación simétrica. (Figura 12.)

En el caso de aplicar tensión al par de placas de desviación horizontal, el haz electrónico se desvía según el plano horizontal del tubo; si se aplica al par vertical el haz se desvía según el plano vertical.

Si se aplica simultáneamente tensión a cada par de placas de desviación, el haz se desvía, en consecuencia, según una posición que es resultante de los dos campos electrostáticos, como muestra la figura 13.

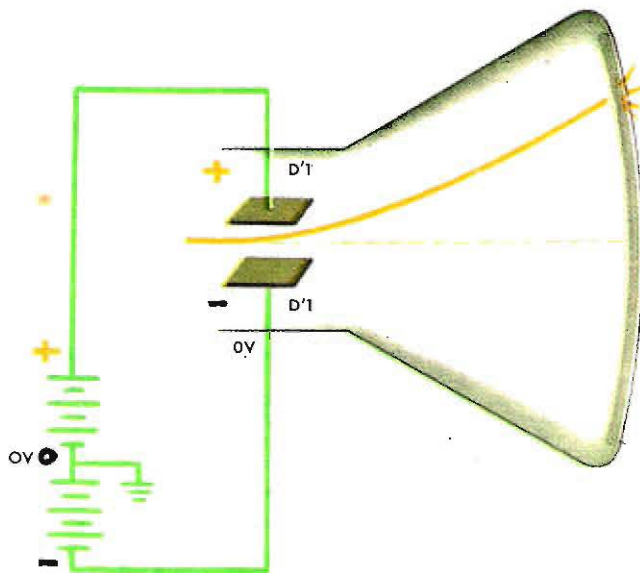


Figura 12. — Desviación simétrica.

una veintena de variedades diferentes que se clasifican principalmente por la persistencia y por el color de la luz emitida.

Las tablas siguientes resumen las características de los principales tubos de rayos catódicos para osciloscopios. La tabla 1 indica la lista de tubos europeos según sea el tamaño de su pantalla. (El color de la pantalla y la persistencia del trazo se indican en la tabla 3.)

La tabla 2 da las características principales de funcionamiento de estos tubos, junto con la indicación de su conexión eléctrica con ayuda de la figura 14, y la tabla 4 da la equivalencia entre tipos europeos y americanos.

Hemos visto que al aplicar una tensión continua al par de placas de desviación vertical se obtiene un punto luminoso situado en el eje vertical

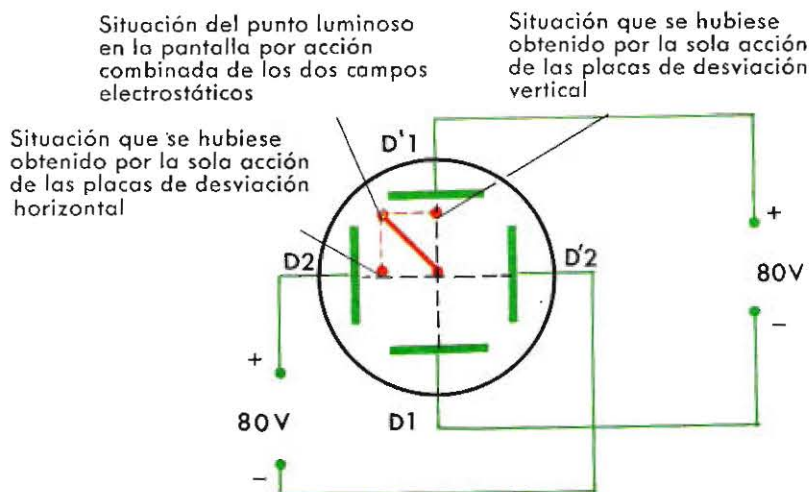
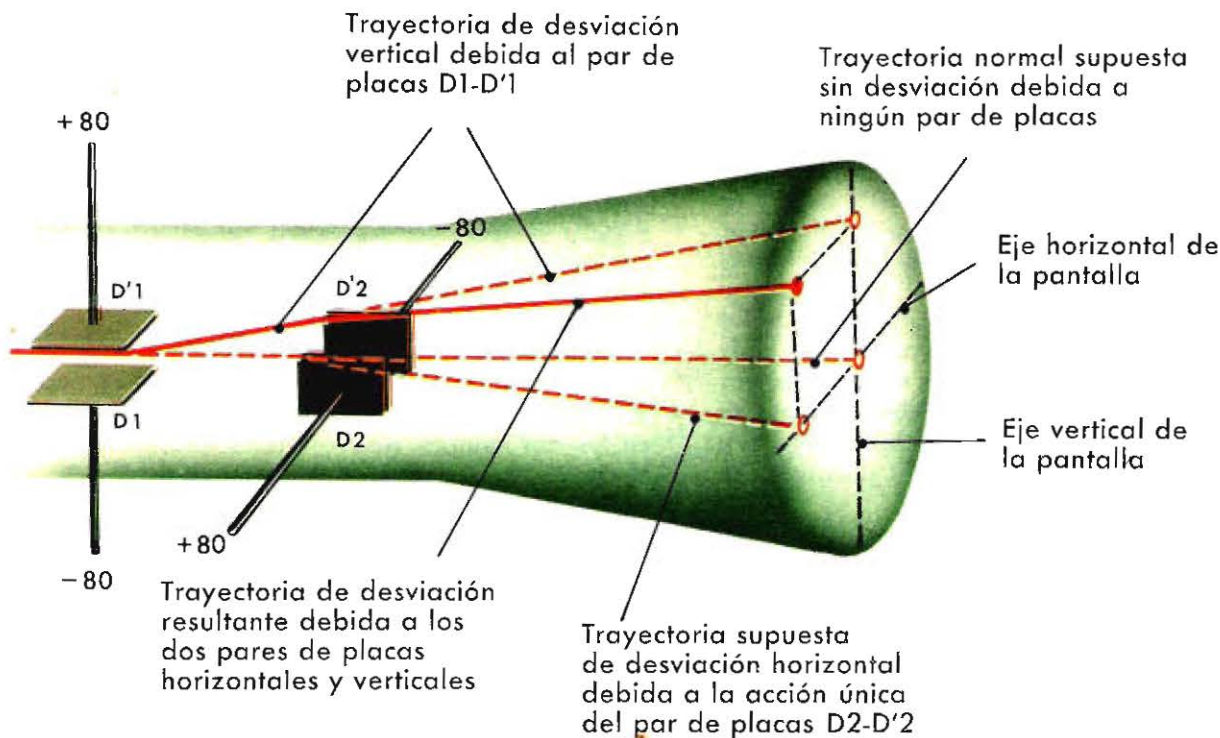


Figura 13. — Desviación conjugada producida por los dos pares de placas de desviación.

de la pantalla; si la tensión se aplica al par de desviación horizontal se obtiene un punto en el eje horizontal. Si en lugar de tensiones continuas se aplican tensiones alternas se obtiene un trazo en el eje vertical o un trazo en el eje horizontal. Aplicando simultáneamente tensiones continuas a los dos pares de placas se obtiene un punto situado en cualquier lugar de la pantalla, que es función de la polaridad de las placas y del valor de la tensión aplicada.

Al aplicar simultáneamente a los dos pares de

placas tensiones alternas de distintas frecuencias, el punto luminoso describe un trazo más o menos variable, dando lugar a una línea en movimiento y que no se cierra sobre sí misma. Por ello conviene aplicar a las placas deflectoras horizontales una tensión de una forma tal que la tensión que se quiere estudiar, aplicada al par de desviación vertical, se proyecte sobre la pantalla como una función del tiempo (frecuencia).

Analicemos ahora el circuito fundamental de todo osciloscopio, que es el de la base de tiempos.

TABLA 1
TUBOS DE RAYOS
CATÓDICOS EUROPEOS PARA OSCILOSCOPIOS, SEGÚN EL TAMAÑO DE SU PANTALLA.

Tamaño de la pantalla (diámetro o diagonal)	Tipos modernos		Tipos para equipos ya existentes y para sustituciones		Tipos antiguos
(en cm y en pulgadas)		(1)		(1)	
3 cm (1")	D ■ 3-91	2			
7 cm (3")	D ■ 7-11 D ■ -31/01 D ■ 7-32/01 D ■ 7-78	6 1 1	D ■ 7-5 D ■ 7-6 D ■ 7-36	4 4 7	
10 cm (4")	D10-11 ■ ■ D10-12 ■ ■ E10-12 ■ ■	6 6 6	D ■ M9-11 D ■ 10-6 D ■ 10-74 D ■ 10-78 D ■ 10-94 D ■ M10-93	5 1 6 2 2	D ■ 10-3 D ■ 10-5
13 cm (5")	D13-16 ■ ■ D13-17 ■ ■ D13-21 ■ ■ D13-23 ■ ■ D13-24 ■ ■ D13-26 ■ ■ D13-27 ■ ■	6 6 2 3 6 2	D ■ 13-2 D13-15 ■ ■ D13-19 ■ ■ D13-20 ■ ■ D ■ 13-32 D ■ 13-34 D ■ 13-78 D ■ 13-97	4 6 6 3 1 4 6 2	D ■ 13-10 D13-22 ■ ■
14 cm (6")	D14-10 ■ ■	2			
16 cm (7")			D ■ 16-22	4	

(1) Los números de esta columna corresponden a los de la tabla 3 de tipos de pantalla. Por ejemplo, para el tubo D13-26 ■ ■ el número correspondiente es el 6. En la tabla de tipos de pantalla puede verse que este tubo existe en las versiones D13-26GH, D13-26BE, D13-26GP y D13-26GM, mientras que el tubo D ■ 7-32 sólo se suministra con la pantalla G.

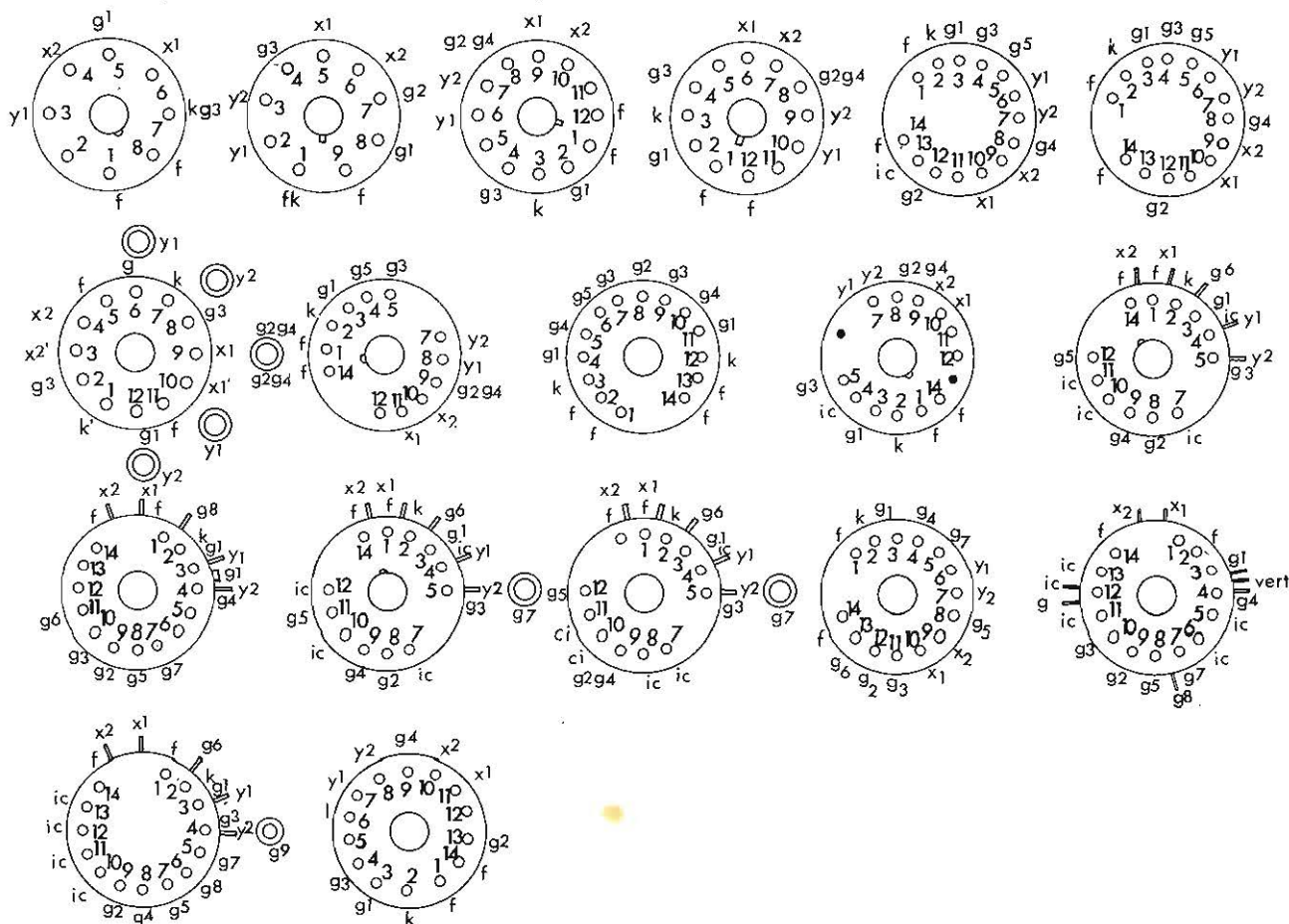


Figura 14.—Disposición de los contactos en los zócalos o bases de los tubos de rayos catódicos para osciloscopios reseñados en la tabla 2.

TABLA 2
CARACTERÍSTICAS DE LOS
TUBOS DE RAYOS CATÓDICOS EUROPEOS
PARA OSCILOSCOPIOS

Tipos	V _f (V)	I _f (mA)	V _{p. A.} (V)	V _A (V)	N ₁ vertic. (V/cm)	N ₂ horiz. (V/cm)	Superf. útil (mm)	L. máx. (mm)	Base (fig. 10)
DH3-91	6,3	300	—	500	45	53	total	105	1
D ■ 7-5 (1)	6,3	310	—	800	40	62,5	total	160	2
D ■ 7-6	6,3	300	—	500	21	37	total	172	3
DG7-31/01 (1)	6,3	300	—	500	21	37	total	172	3
DG7-32/01	6,3	300	—	1500	18,5	27	total	296	4
D ■ 7-36	6,3	95	1200	300	3,65	10,7	45 × 60	285	5
D ■ 7-11	6,3	300	—	500	45	53	total	105	1
D ■ 7-78	6,3	300	—	500	45	53	total	105	1
D10-11 ■ ■	6,3	95	4000	1000	9,8	27	60 × 80	320	6
D10-12 ■ ■	6,3	300	—	1500	16	23	total	310	7
D ■ M9-11 (2)	6,3	300	4000	1000	10,8	34	55 × 75	305	8
D ■ 10-78	6,3	300	3000	1000	7	15	70 × 80	410	9
E10-12 ■ ■ (2)	6,3	300	—	1500	16	23	total	310	7
D ■ 13-34	6,3	600	3000	1500	13,2	23,6	100 × 100	430	10
D13-15 ■ ■	6,3	300	4000	2000	5,9	22	60 × 100	468	11
D13-16 ■ ■ (3)	6,3	300	10000	1670	6	16	60 × 100	605	12
D13-17 ■ ■ (3)	6,3	300	10000	1670	5	16	40 × 100	605	12
D13-19 ■ ■	6,3	300	10000	1670	11	30	60 × 100	453	13
D13-20 ■ ■	6,3	300	24000	4000	16	74,5	40 × 100	468	14
D13-21 ■ ■	6,3	300	10000	1670	6,4	30	40 × 100	468	13
D13-23 ■ ■ (5)	6,3	300	6000	1300	—	14	50 × 100	605	12
D13-24 ■ ■ (6)	6,3	300	24000	3000	8	32	20 × 60	625	16
D13-26 ■ ■	6,3	300	15000	1500	máx. 3,5	12,5	60 × 100	468	17
D13-26 ■ ■ /1 (7)	6,3	300	3000	1500	11,3	24	60 × 100	350	15
D13-27 ■ ■	6,3	300	4000	1000	6,5	10	75 × 95	500	18
D14-10 ■ ■ (4)	6,3	300	—	5000	47,5	52,5	total	430	18

(1) Asimétrico horizontal.
(2) Dos cañones separados.

(3) Características preliminares. Placas verticales distribuidas.
(4) Pantalla rectangular.
(5) Banda de paso estrecha, ajustable.
(6) Impedancia de la línea de desviación: 100 Ω.
(7) Retícula interna.

TABLA 3
TIPOS DE PANTALLA

Tipo europeo Designación		Tipo americano equivalente	Color	Persistencia	Tipos existentes de los indicados en la tabla 1
actual	anterior				
BE	B	P11	Azul	Corta	(3)-(4)-(5)-(6)-(7)
GJ	G	P1	Verde-amarillo	Media	(1)-(4)-(7)
GH	H	P31	Verde	Media-corta	(2)-(5)-(6)
GP	N	P2	Verde-azulado	Media-corta	(6)-(7)
GM	P	P7	Verde-amarillo	Larga	(4)-(5)-(6)-(7)

TABLA 4
EQUIVALENCIAS ENTRE TIPOS
EUROPEOS Y AMERICANOS DE TUBOS DE
RAYOS CATÓDICOS PARA OSCILOSCOPIOS

Tipo americano	Tipo europeo	Tipo americano	Tipo europeo	Tipo americano	Tipo europeo
1CP31	DH3-91	4EP31	DH10-94	5CP1A 5CP7A 5CP11A	(DG13-2) (DP13-2) (DB13-2)
3AFP7 3AFP11 3AFP31	DP7-91 DB7-91 DH7-91	4LP31	DHM10-93		
		5/62GM	DH13-78	5DQP2 5DQP7 5DQP11 5DQP31	DN13-78 DP13-78 DB13-78 DH13-78
3ALP1 3ALP7 3ALP11	DG7-5 DP7-5 DB7-5	5/62PM	DB13-78		
		5ADP1 5ADP2 5ADP7 5ADP11	DG13-34 DN13-34 DP13-34 DB13-34	5UP1	DG13-32
3AMP1	DG7-32			7AHP1 7AHP7 7AHP11	DG16-22 DP16-22 DB16-22
3AZP7 3AZP11 3AZP31	DPM9-11 DBM9-11 DHM9-11	(5BGP11) (5BGP1) (5BGP2)	D13-19BE D13-19GH D13-19GL	8A1	DG7-36
3BKP2 3BKP7 3BKP11 3BKP31	DN7-78 DP7-78 DB7-78 DH7-78	5BHP2/T54P2 5BHP7 5BHP11/T54P11 5BHP31	DN13-78 DP13-78 DB13-78 DH13-78	T54P11H T517P11	D13-20BE (DB13-11)
3BYP2 3BYP7 3BYP11 3BYP31	DN7-11 DP7-11 DB7-11 DH7-11	5BKP31	DH13-97	T543P11	D13-21BE (DB13-79)
3WP1 3WP2 3WP7 3WP11	DG7-36 DN7-36 DP7-36 DB7-36	5CBP2 5CBP7 5CBP11 5CBP31	(D13-15GP) (D13-15GM) (D13-15BE) (D13-15GH)	T543P1 T65P1 T543P2	D13-21GH (DH13-79) D13-21GL (DN13-79)

Los tipos entre paréntesis son casi equivalentes.

BASE DE TIEMPOS

Para conseguir que la tensión aplicada a las placas deflectoras verticales aparezca en la pantalla del tubo de rayos catódicos como función del tiempo, es necesario que el punto luminoso se desplace periódicamente con velocidad constante en sentido horizontal sobre la pantalla y a partir de un determinado punto, volviendo luego instantáneamente a su posición original en este punto, y así sucesivamente. Como el tiempo invertido por el punto luminoso para desplazarse de izquierda a derecha sobre la pantalla se hace igual al período de una tensión alterna aplicada al par de placas deflectoras verticales, aparece en la pantalla un periodo completo de esta tensión alterna. ¿Cómo obtener esa deflexión horizontal con proporcionalidad del tiempo?

Ello es posible con una tensión en forma de onda especial que parte de cero, alcanza bruscamente su valor máximo, desciende al cabo de por ejemplo $1/50$ de segundo y vuelve a comenzar el

ciclo (50 veces por segundo). Se tiene una tensión a cuya forma se denomina *diente de sierra*.

Si se aplica una tensión de este tipo a las placas deflectoras horizontales del tubo de rayos catódicos, y sus placas de desviación vertical se conectan a una corriente alterna de 50 c/s, en la pantalla aparece la forma de onda de dicha corriente alterna, ya que en cada $1/50$ de segundo el trazo de exploración en dientes de sierra fija la posición de cada instante considerado de la tensión analizada.

Si la frecuencia de la tensión en diente de sierra de la base de tiempos fuera de 25 c/s, en el período de tiempo de un recorrido horizontal del punto luminoso *cabrían* dos formas de onda (dos sinusoides, por ejemplo) completas de la tensión alterna de 50 c/s aplicadas a las placas verticales; si la base de tiempos fuera de 10 c/s se obtendrían cinco formas de onda con una tensión alterna analizada de 50 c/s.

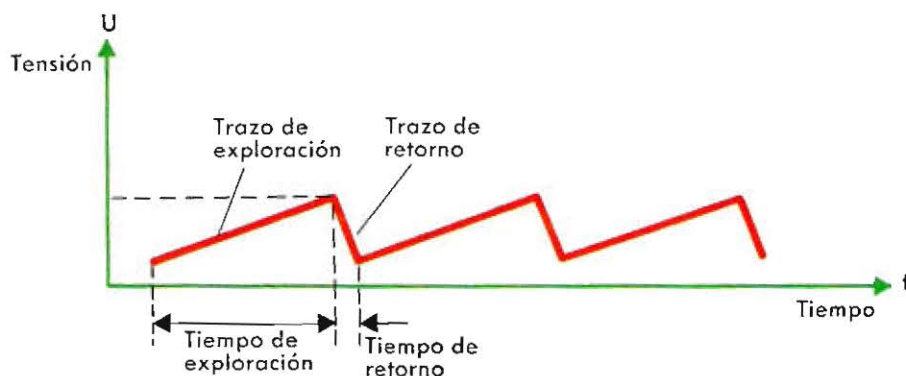


Figura 15. — Tensión en "diente de sierra".

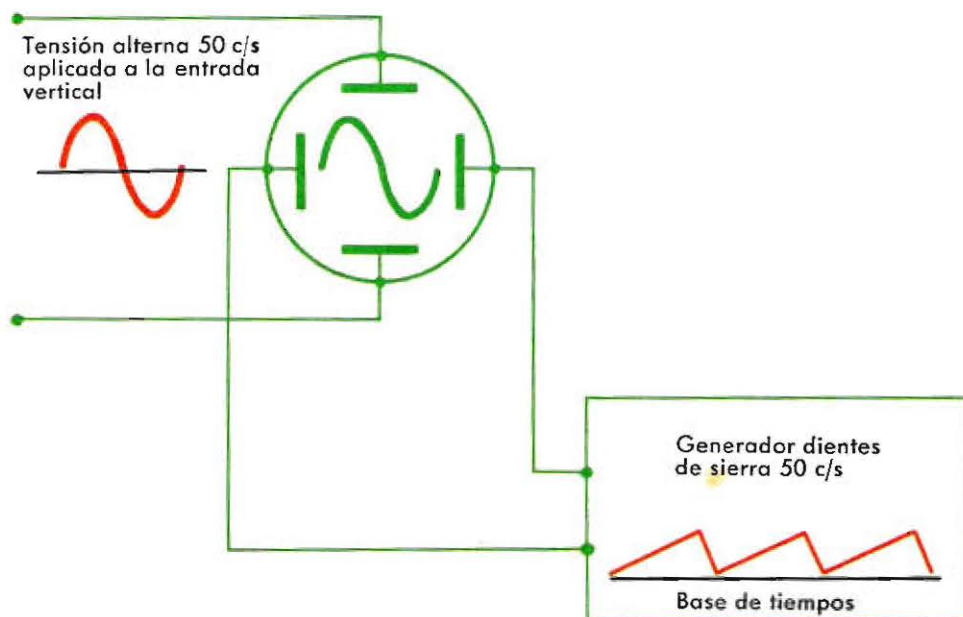


Figura 16. — Reproducción de la forma de onda de una tensión analizada en el tubo de rayos catódicos.

El circuito que produce en los osciloscopios la tensión diente de sierra se denomina BASE DE TIEMPOS. El número de dientes de sierra generados por segundo se designa por FRECUENCIA DE BARRIDO, y se entiende por BARRIDO el tiempo de desplazamiento horizontal del punto luminoso.

La tensión en diente de sierra puede obtenerse de muchos modos diferentes. En los televisores se utilizan circuitos de frecuencia fija (la de barrido, correspondiente al sistema o norma de televisión empleado); en cambio, en los osciloscopios en general interesa una base de tiempos de frecuencia variable.

El circuito de base de tiempos para osciloscopios se basa en el circuito simple de una válvula de atmósfera gaseosa (fig. 17), como por ejemplo la de neón. Estas válvulas o tubos tienen la cualidad de dejar pasar bruscamente un fuerte impulso de corriente al alcanzarse un determinado valor de tensión, que es el de *ionización* del tubo considerado. Esta válvula está asociada a un circui-

to R-C en el que el condensador se carga hasta alcanzar el valor de tensión de ignición del tubo, momento en que éste admite la descarga brusca del condensador; la resistencia regula el tiempo de carga y limitará la descarga a valores apropiados. En efecto, si R es pequeña el condensador se carga más rápidamente que si R fuera de valor elevado. Por otro lado, un condensador de reducida capacidad se carga antes que un condensador de gran capacidad.

Esta disposición tiene el inconveniente que con valores fijos de R, de C y un tipo dado de tubo, el circuito oscila a una sola frecuencia. Para conseguir variar a voluntad la frecuencia de la descarga (de la oscilación) puede sustituirse el tubo neón por una válvula *tiratrón*, que no es otra cosa que una válvula termoiónica triodo con atmósfera gaseosa en lugar del vacío (fig. 18). Variando la polarización de la rejilla se modifica la tensión de encendido.

Variando, no obstante, los valores de R y C

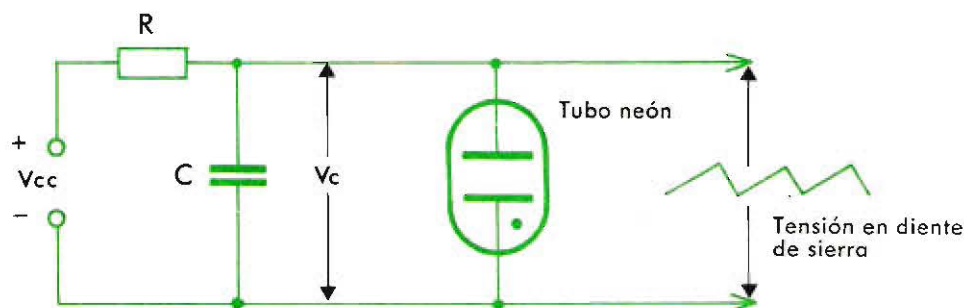


Figura 17. — Sencilla base de tiempo con tubo neón. Cuando se carga el condensador C y se alcanza entre sus armaduras un potencial suficiente para provocar la ignición del tubo, éste se ioniza (conduce) y permite la descarga rápida del condensador. La resistencia R regula el tiempo de carga y limita la descarga. Los impulsos de tensión en diente de sierra pueden obtenerse en bornes del tubo de neón.

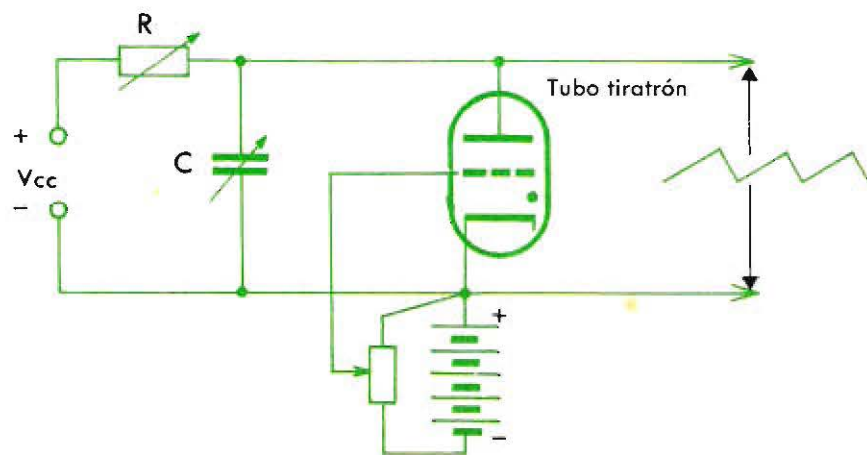


Figura 18. — Base de tiempo con tubo tiratrón. Variando la polarización de rejilla se puede variar la frecuencia de la oscilación en diente de sierra. Ello dentro de ciertos límites; variando R y C puede variarse la gama de frecuencias que pueden controlarse y la amplitud de las oscilaciones.

pueden establecerse unas gamas de frecuencias —y de amplitudes— que se controlan por medio de la rejilla de mando del tiratrón (ajuste fino).

Mediante un exacto ajuste de la frecuencia de la tensión en diente de sierra, es posible obtener una imagen estable de la tensión a estudiar aplicada a las placas deflectoras verticales, sincronizando para ello la tensión en diente de sierra con la frecuencia de la tensión a medir. Esto, sin embargo es difícil, en especial cuando se trata de alta frecuencia.

Por ello interesa que la tensión de barrido se sincronice por sí misma con la tensión a medir, sin necesidad de estar ajustando unos controles para *intentar* conseguirlo. La sincronización puede obtenerse aplicando precisamente una señal procedente de la señal que se analiza —que se aplica a las placas de desviación vertical (fig. 19)— a la rejilla de control del tiratrón, gobernando así la ionización (conducción). Es decir, se *estabiliza*

la imagen en la pantalla del tubo de rayos catódicos.

El funcionamiento del tiratrón es satisfactorio hasta frecuencias del orden de 150 kc/s. Cuando deban analizarse señales que requieran tensiones en diente de sierra de frecuencia superior a 150 kc/s, no se utilizan los tiratrones, debido a su inercia, excesiva para las altas frecuencias; entonces se recurre a circuitos con válvulas de vacío.

En este caso los circuitos son del tipo multivibrador, como el que muestra la figura 16. En estos circuitos cada rejilla está acoplada, mediante un condensador, a la placa de la otra válvula (si se trata de triodos) o a la rejilla pantalla (si se trata de pentodos). La situación de equilibrio que se consigue cuando las tensiones de las rejillas de mando de ambas válvulas son exactamente iguales, y por tanto también las pantallas (o placas), es inestable (es decir, cualquier ligera variación puede desequilibrar el sistema).

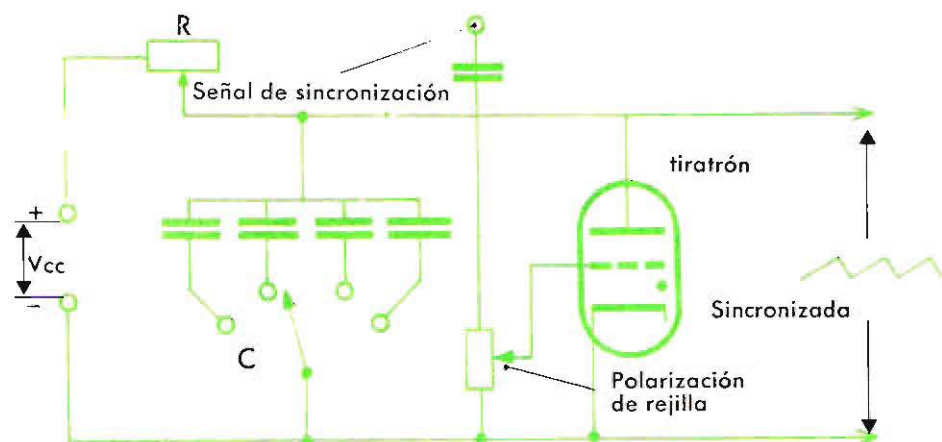


Figura 19. — Tensión en diente de sierra sincronizada con la señal a analizar, inyectando parte de ésta para control de la rejilla del tiratrón de la base de tiempos.

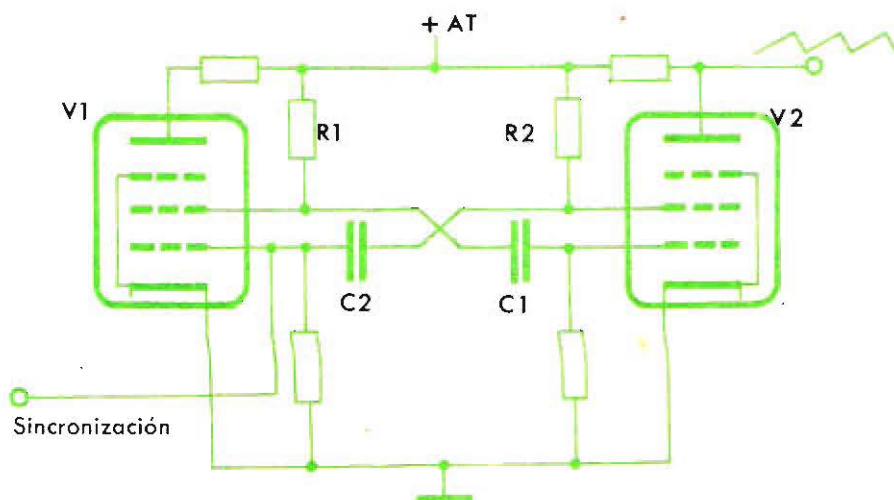


Figura 20. — Base de tiempo con multivibrador para muy altas frecuencias. La oscilación en diente de sierra viene definida por $R_1, C_1 - R_2, C_2$.

La variación que produce el desequilibrio es la señal de sincronización procedente de la señal analizada en las placas de desviación vertical. Aplicando esta señal a la rejilla de mando de la primera válvula, sufre un ligero aumento de tensión que da lugar a un aumento de la intensidad de la corriente que conduce la válvula, con el consiguiente incremento de la caída de tensión en la resistencia de placa o de rejilla pantalla. Esto hace que disminuya la tensión en la rejilla de mando de la segunda válvula debido al acoplo capacitivo, con lo que esta válvula conduce menos; y así su rejilla pantalla o placa se mantiene en valores altos de tensión, los cuales dan lugar a que la tensión aumente en la rejilla de mando de la primera válvula.

Y así continuamente, hasta que llega un instante en que la primera válvula conduce al máxi-

mo y la segunda queda bloqueada. En estas condiciones ambos condensadores de acoplamiento aíslan las válvulas de manera que los potenciales adquiridos por las rejillas se descargan, a través de las resistencias, hasta que la segunda válvula se hace de nuevo conductora. Entonces, la caída de tensión en el ánodo reduce el potencial en la rejilla de mando de la primera válvula, con lo que ésta conduce menos y se repite el fenómeno descrito, pero en la segunda válvula con relación a la primera.

Estos períodos de conducción hasta el bloqueo, con la subsiguiente descarga, dan lugar a los impulsos de tensión, en forma de diente de sierra, muchísimas veces por segundo (a frecuencias muy altas), según sean los valores de los condensadores y de las resistencias.

La ventaja de este circuito, además del buen

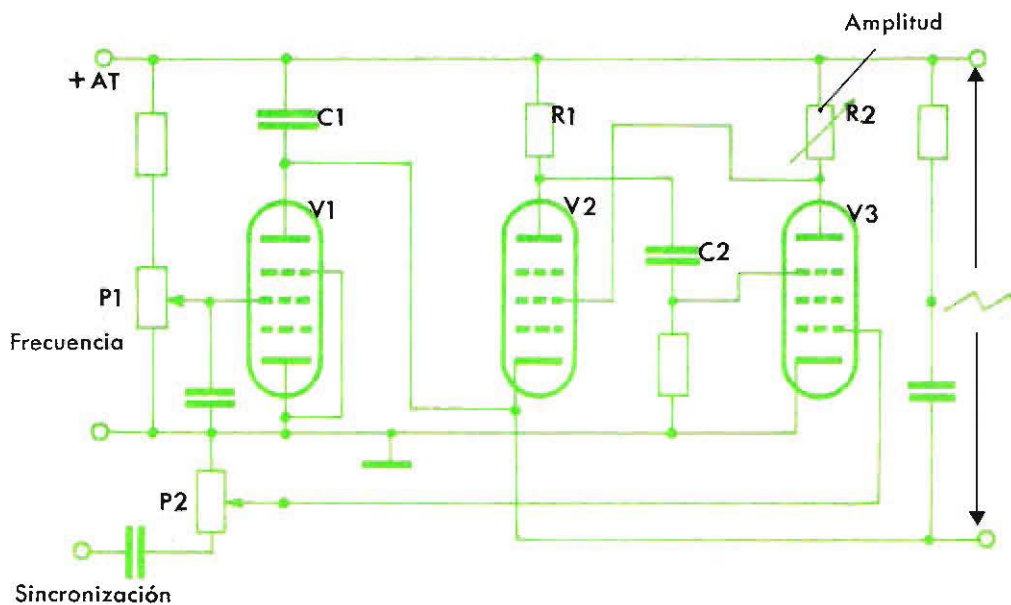


Figura 21. — Base de tiempo de Puckler.

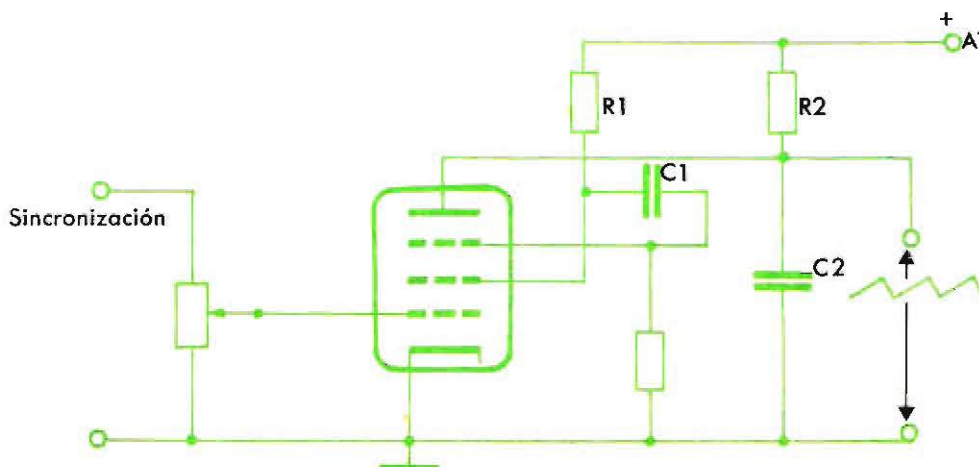


Figura 22. — Oscilador transitron.

funcionamiento a frecuencias elevadas, es que *bascula* con la misma señal de sincronización. Además pueden extraerse los picos de la onda en diente de sierra con el fin de aplicarlos al circuito de supresión del haz de retorno, para que el trazo de retorno no moleste en la observación de la imagen.

Un circuito derivado del multivibrador es la *base de tiempo de Puckle*, que utiliza tres válvulas en lugar de dos —dos pentodos y un triodo o dos triodos y un diodo, en lugar de dos pentodos o dos triodos—. (Ver figura 21.)

Las válvulas V_2 y V_3 constituyen el multivibrador, aunque con acoplamiento directo entre placa de V_3 y rejilla de V_2 y acoplamiento capacitivo entre V_2 y V_3 . El condensador C_1 se carga a través de la válvula V_1 , de *carga con corriente constante*. La corriente de carga se regula por el potenciómetro, constituyendo un ajuste fino de la frecuencia. La resistencia R_2 sirve para la regulación de la amplitud de la oscilación, aunque también modifica su frecuencia. Este circuito es apto para hasta 1 Mc/s; la sincronización es muy eficaz y se puede extraer de la placa de V_2 un impulso negativo para la supresión del trazo de retorno.

Otro circuito muy utilizado como base de tiempos es el *transitrón con integrador de Miller*. Este circuito utiliza únicamente una válvula pentodo; la oscilación se genera por el acoplamiento entre

rejillas pantalla y supresora (fig. 22). El condensador C_2 va cargándose a través de R_2 , la tensión anódica aumenta y la válvula empieza a conducir; al ir aumentando la corriente anódica, disminuye la de la rejilla pantalla, con lo que sube el valor de la tensión en este electrodo y C_1 se carga a través de R_1 . En consecuencia, la rejilla supresora va adquiriendo un potencial positivo que refuerza la corriente anódica y restringe la de rejilla pantalla, hasta que C_2 se descarga rápidamente a través de la válvula. Esta descarga produce un aumento importante de la corriente anódica, lo que implica una disminución de un potencial por caída de tensión; cuando se alcanza el codo de la característica I_a/V_a , la corriente anódica empieza a decrecer aumentando la de rejilla pantalla. Este aumento da lugar a una reducción de la tensión en este electrodo, con lo cual el condensador C_1 se descarga y se hace negativa la rejilla supresora, con lo que se bloquea la válvula, estando, pues, en disposición de iniciar un nuevo ciclo.

Una mejora del oscilador transitrón está constituida por el integrador de Miller, gracias al cual puede prescindirse del condensador entre rejilla pantalla y rejilla supresora. (Figura 23.)

En todos estos circuitos puede intercalarse un conmutador para seleccionar una determinada capacidad de entre varias, y así funcionar dentro de varios márgenes de frecuencia.

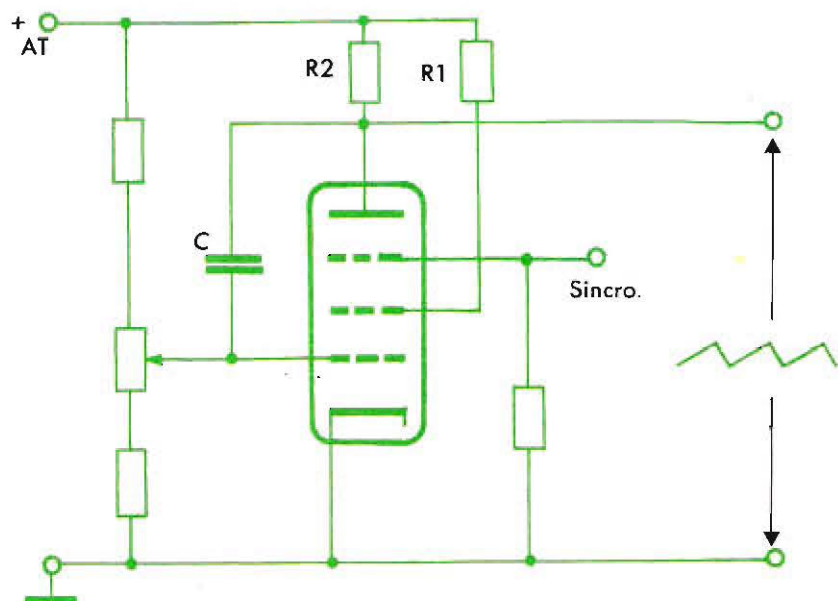


Figura 23. — Base de tiempo con oscilador transistón integrador de Miller.

EL AMPLIFICADOR HORIZONTAL

El objeto de este amplificador es proporcionar a las señales de barrido una amplitud suficiente para la desviación del haz electrónico. No obstante, a veces resulta innecesario y muchos osciloscopios carecen de este circuito, ya que las bases de tiempo dan señales de amplitud suficiente.

De todas formas, siempre puede ser necesario amplificar señales de origen externo que se quiera aplicar a la desviación vertical en lugar del barrido de la base de tiempos. Para tal fin algunos

osciloscopios disponen de las tomas de entrada X correspondientes. En otros, el amplificador horizontal está dispuesto de forma que pueda amplificar tanto las señales procedentes del exterior como las de diente de sierra de la base de tiempos.

Acostumbra estar constituido por un *seguidor catódico*; un preamplificador excitador de una etapa de salida simétrica en que cada sección ataca una placa de desviación horizontal. (Figura 24.)

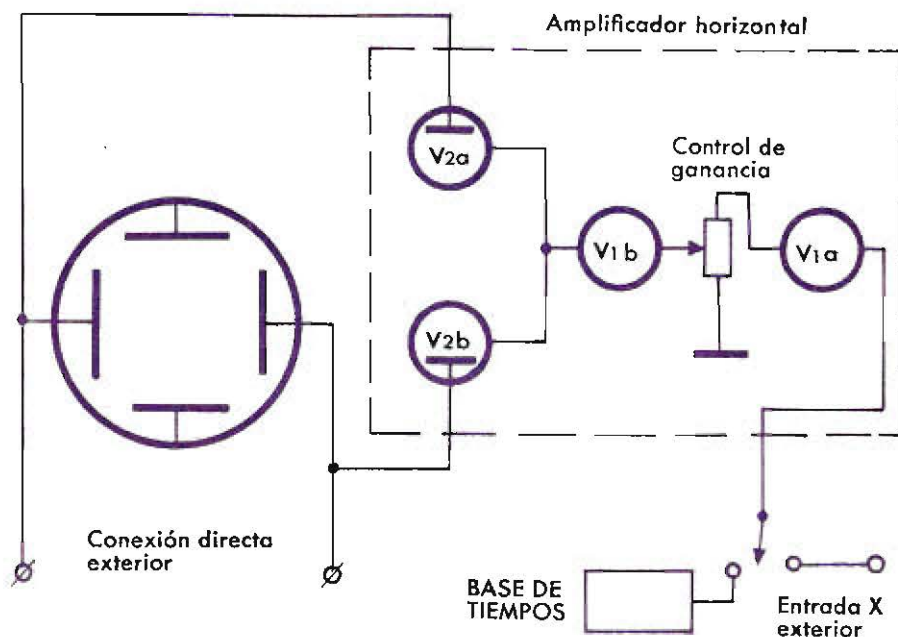


Figura 24. — Conexión para la desviación horizontal del haz electrónico.

EL AMPLIFICADOR VERTICAL

El amplificador vertical sirve para amplificar las señales que se analizan.

En efecto, una de las características de los tubos de rayos catódicos es su *sensibilidad de desviación*, que en los tubos normales es del orden de 20 voltios *por centímetro de altura de imagen*, o unos 35 voltios si se trata de corriente alterna; como para un buen análisis interesa una imagen de varios centímetros de altura, según sea el diámetro de la pantalla, es preciso excitar las placas de desviación vertical con una tensión de 100 o 200 voltios, por ejemplo. Raras veces tienen tales valores las tensiones que se analizan, por lo cual deben amplificarse; en algunos casos son de algunos milivoltios, y es precisamente esta *sensibi-*

lidad del amplificador vertical una de las características que definen un osciloscopio. En osciloscopios de servicio, esta sensibilidad máxima acostumbra ser de 10 milivoltios por centímetro de altura de imagen (10 mV/cm).

Estos amplificadores han de satisfacer exigencias particulares y rigurosas. Así, en reproducción de sonido se considera que un amplificador es de calidad si la característica de frecuencia es lineal entre 20 y 15.000 ciclos, por ejemplo; mientras que en el osciloscopio la distorsión debe ser muy reducida en un margen de frecuencias sumamente amplio.

El osciloscopio debe considerarse como un instrumento de precisión, ya que si las condiciones

de funcionamiento del tubo de rayos catódicos están bien definidas, el trazo o la imagen que aparece en la pantalla es una representación fiel de las variaciones de tensión aplicadas al par de desviación. Luego, para aprovechar verdaderamente esta cualidad es necesario que el amplificador interpuesto no introduzca distorsión.

Por otra parte, como el haz electrónico apenas tiene inercia se necesita poca energía para desviarlo, y al analizar una señal su conexión representa una carga muy pequeña, lo que lleva consigo la alta precisión en la medida —una de las ventajas del tubo de rayos catódicos—. Para no malograr esta cualidad es necesario que la entrada del amplificador sea del tipo de alta impedancia.

Además, según el tipo de tubo de rayos catódicos que se utilice o se prevea y según sea el tipo de desviación (simétrica o asimétrica), el amplificador deberá estar concebido en consecuencia.

Finalmente, el osciloscopio debe poder reproducir con fidelidad cualquier forma de onda, por compleja que sea, y en algunos casos la forma de onda es superposición de una fundamental y varios armónicos, que, como sabemos, tienen una frecuencia múltiple de la fundamental. En estos casos, la reproducción de la imagen implica la amplificación simultánea de frecuencias muy diferentes, con la condición de que no debe producirse distorsión a pesar del muy amplio margen de frecuencias de la señal a amplificar.

No obstante, se establece cierta clasificación general de los osciloscopios: los de baja frecuencia y los de alta frecuencia.

Los de baja frecuencia se destinan al estudio de fenómenos acústicos y mecánicos con un margen de frecuencias, por ejemplo, de 0,1 a 10.000 ciclos. Los osciloscopios de alta frecuencia se destinan al estudio de fenómenos de hasta varios cientos de kilociclos por segundo o incluso varios megaciclos por segundo. Sin embargo, existen unos de tipo universal que, aun alcanzando por ejemplo 5 megaciclos, también están dotados de los medios necesarios para el análisis de frecuencias bajas.

Estos amplificadores constan, en general, de atenuador, seguidor catódico, preamplificador y amplificador de salida.

Atenuador

El atenuador sirve para ajustar la imagen del osciloscopio a las dimensiones más favorables para la observación. Equivale al regulador de volumen de un amplificador de sonido, aunque adecuado al servicio en el osciloscopio.

Un requisito principal del atenuador es compensar la influencia de las capacidades parásitas en alta frecuencia. La figura 25 muestra un atenuador compensado dispuesto en forma de conmutador, en que cada una de las posiciones representa una atenuación de 10, 100 o 1000 veces la tensión de la señal de entrada.

Los coeficientes de atenuación (10-100 o 10-100-1000) se eligen de acuerdo con la ganancia del amplificador.

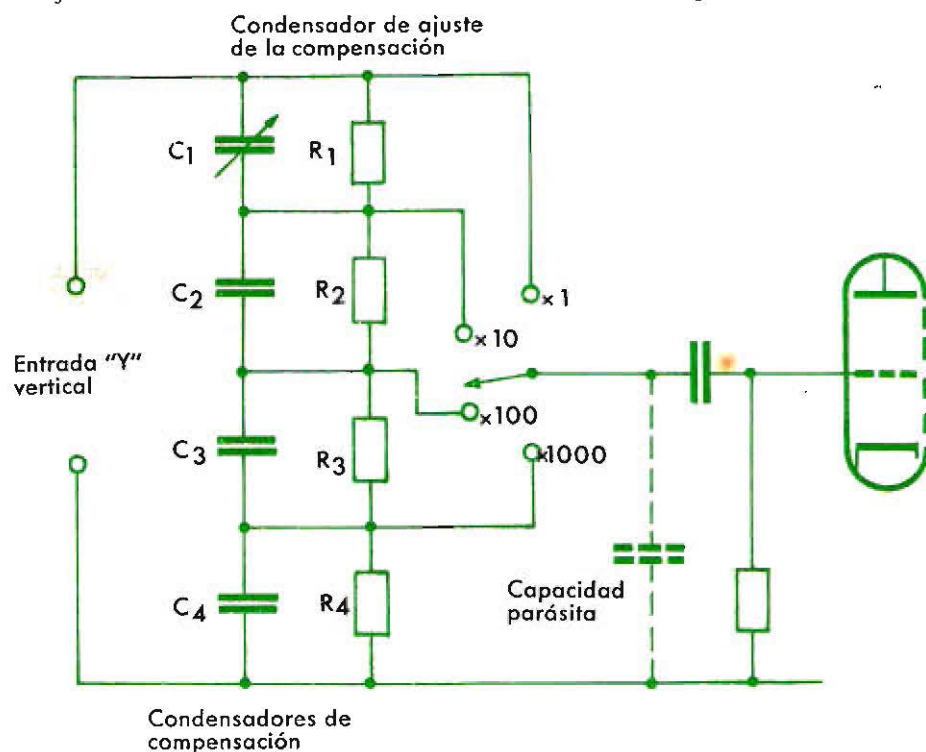


Figura 25. — Atenuador compensador con conmutador de 4 posiciones: una para entrada directa y tres para atenuación de 10, 100 y 1.000 veces la tensión de la señal.

Seguidor catódico

El atenuador provoca una debilitación *por saltos* de las señales de entrada (10, 100 o 1000 veces). Para lograr una debilitación gradual de la señal, a continuación del atenuador se sitúa normalmente un amplificador de carga catódica o seguidor catódico (*cathode follower*).

Conocemos el principio de estos amplificadores (fig. 26) y su utilización múltiple en los circuitos electrónicos. Sólo recordaremos que en el seguidor catódico la señal amplificadora se extrae del cátodo en lugar del ánodo, teniendo en cuenta que el cátodo *sigue* las mismas variaciones que el ánodo y con la misma intensidad, si no más. La particularidad de este circuito es que aunque la impedancia de entrada sea alta, la de salida es bajísima; por ello el seguidor catódico se utiliza mucho para la adaptación de impedancias. En el caso del osciloscopio, para acoplar la alta impedancia de entrada con la baja impedancia de entrada al preamplificador vertical, con la ventaja de que las capacidades parásitas tienen muy poca influencia sobre las señales de R.F.; es decir, se mantiene la cualidad de mínima distorsión que interesa.

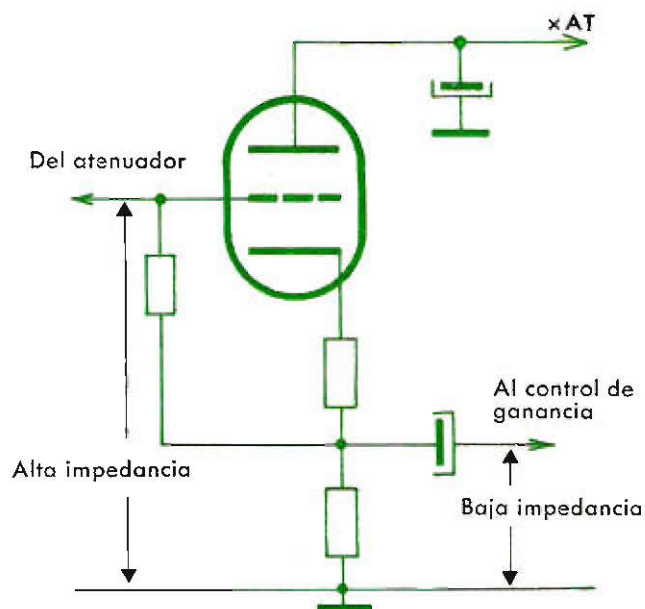


Figura 26. — "Seguidor catódico".

Amplificador

El seguidor catódico precede al amplificador, constituido por una etapa previa amplificadora de tensión, acoplada al paso amplificador final,

que debe proporcionar la tensión necesaria (en magnitud y en fase) a aplicar a las placas desviadoras verticales del tubo de rayos catódicos.

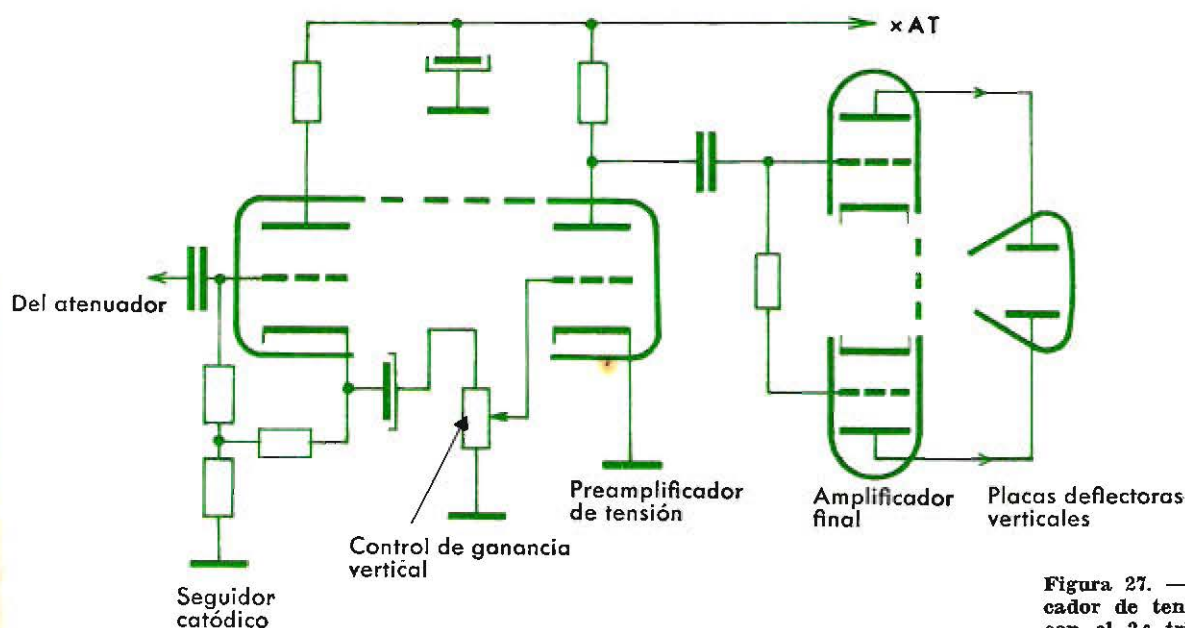


Figura 27. — Preamplificador de tensión vertical con el 2.º triodo de válvula doble en la que el 1.º triodo cumple función de seguidor catódico.

El paso preamplificador puede ser un simple circuito con válvula triodo o pentodo que ataca directamente al amplificador final; o un circuito con válvula doble triodo cuyas dos secciones están acopladas, por ejemplo, en cascada a través de una sección filtro o correctora, que puede ser de compensación en B.F. (si su finalidad es ampliar la banda de paso por el extremo de las bajas frecuencias) o compensación en R.F. (si se

trata de aumentar la banda de paso por el extremo de las frecuencias altas).

El amplificador final siempre es del tipo antefase o contrafase cuando se trata de desviación simétrica, que es el caso más frecuente y de mayor interés, para lo cual es usual valerse de un doble triodo. (Figura 27.) En el caso menos frecuente de desviación asimétrica acostumbra utilizarse un pentodo. (Figura 28.)

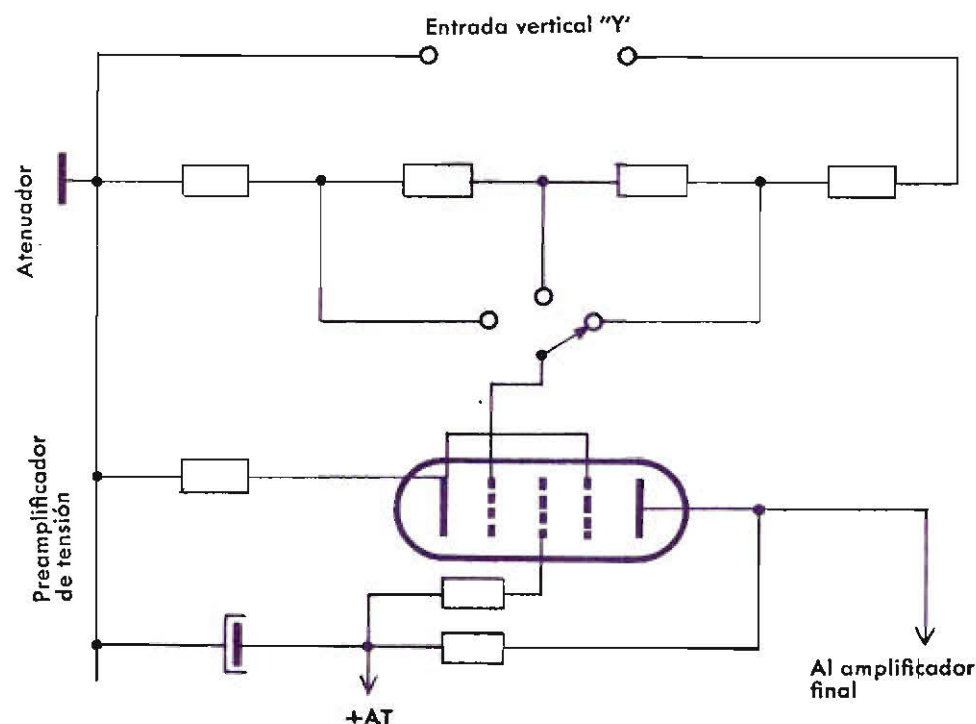


Figura 28. — Preamplificador de tensión vertical con pentodo, en un circuito sin seguidor catódico.

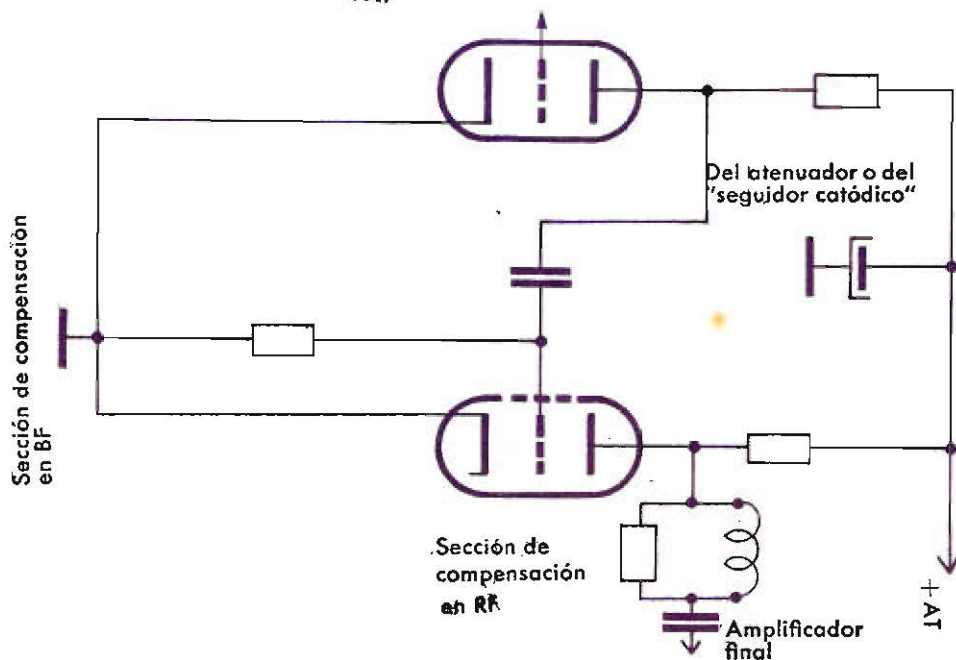


Figura 29. — Preamplificador de tensión vertical con compensación en BF y en RF.

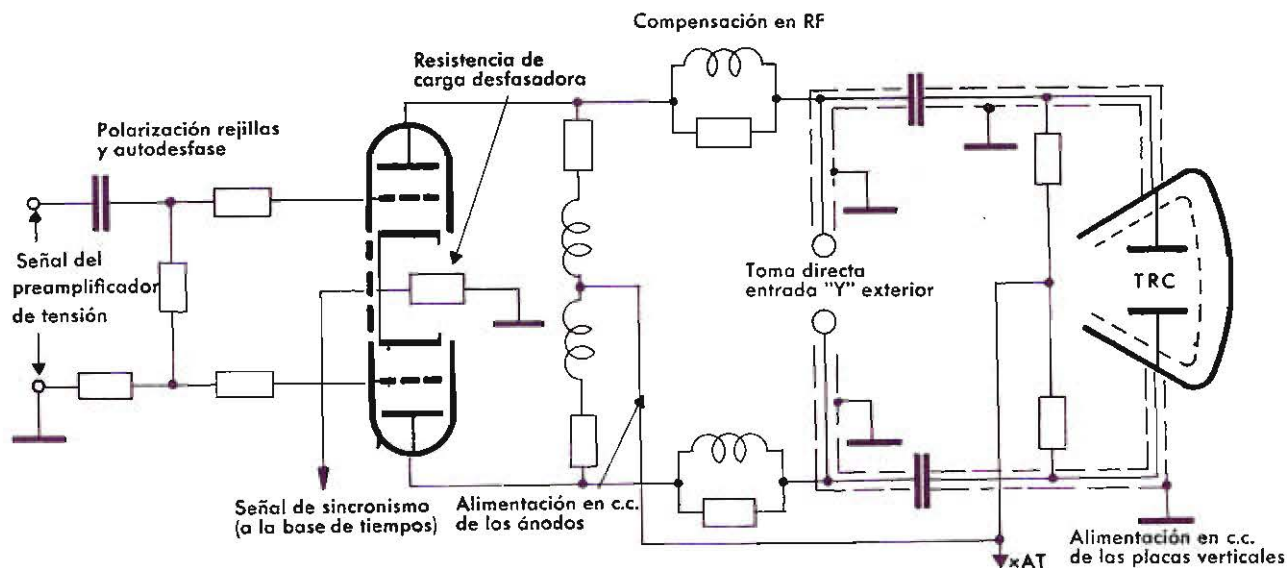


Figura 30. — Amplificador vertical de salida en contrafase autodesfasador para desviación simétrica, con compensación en RF y entrada exterior "Y" directa (escamotable).

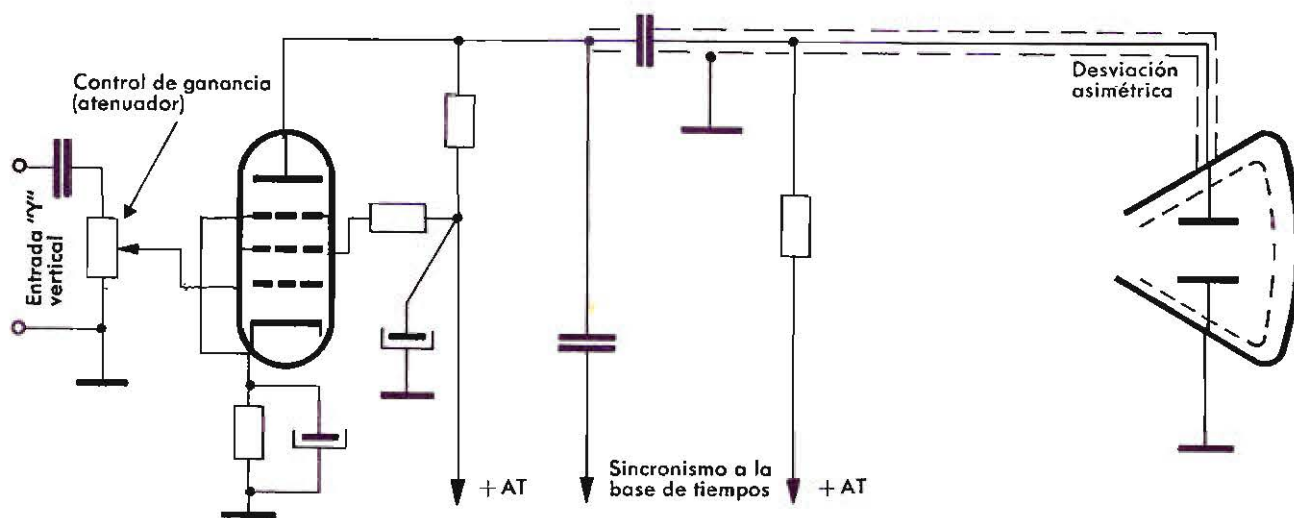


Figura 31. — Amplificador vertical completo para osciloscopio sencillo de BF, sin atenuador compensado ni seguidor catódico ni preamplificador de tensión, para desviación asimétrica.

En el circuito en contrafase —autodefasador o con defasamiento automático— la señal procedente del preamplificador de tensión está presente en las dos rejillas del paso final; pero como los dos cátodos de éste se unen a masa con una resistencia de carga común, cuando la rejilla de un triodo está a masa, desde el punto de vista de la señal, el otro triodo está gobernado por el cátodo y proporciona así sobre su placa tensiones defasadas 180° con relación a las que se recogen en la placa del otro triodo. Así se dispone en ambos ánodos de las tensiones en fases opuestas que se precisan para la desviación electrostática.

En los osciloscopios previstos para análisis en

R.F. se dispone de una compensación en R.F. de las señales obtenidas en los ánodos del amplificador final, por medio de una red de filtro R-C intercalada entre dichos ánodos y las placas de desviación. En los osciloscopios previstos únicamente para B.F. es superflua esta compensación.

Recuerde que al describir las bases de tiempo habíamos indicado que la sincronización del barrido se obtiene del amplificador vertical. Pues bien, la señal de sincronización acostumbra tomarse en la resistencia de cátodo común (fig. 27) del doble triodo final; o en otros casos del mismo ánodo del amplificador final, sea un pentodo o doble triodo. (Figuras 28 y 29.)

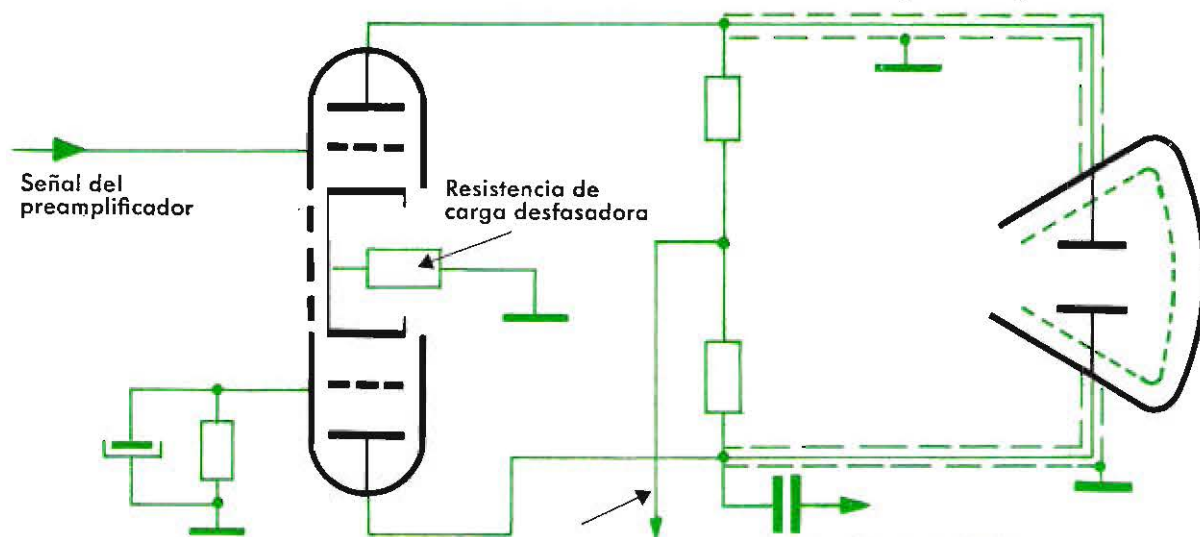


Figura 32.— Amplificador de salida vertical para osciloscopio de BF (sin compensación de RF), para desviación simétrica. El sincronismo para la base de tiempos se forma de ánodo-placa.

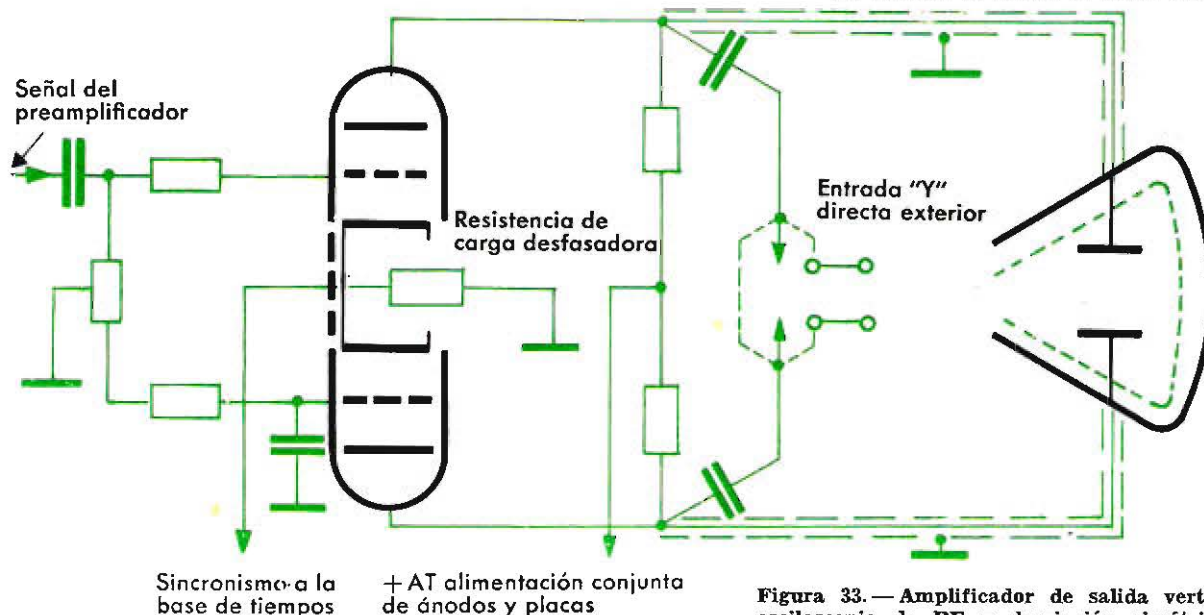


Figura 33.— Amplificador de salida vertical para osciloscopio de BF y desviación simétrica en el que la entrada "Y" directa exterior se conecta-desconecta por medio de un conmutador.

Finalmente, señalemos que las conexiones del ánodo final a la placa del tubo de rayos catódicos en la desviación asimétrica (o las de los ánodos a las dos placas verticales del tubo de rayos catódicos, en la desviación simétrica) deben efectuarse con conductor blindado con la pantalla conectada a masa, para reducir el peligro de captación de influencias exteriores que pudieran desvirtuar la imagen del fenómeno que se analiza.

Asimismo, en todo osciloscopio se encuentra una toma directa de conexión a las placas de des-

viación vertical, para que sea posible aplicar señales directamente a estos electrodos. Operando de esta forma la sensibilidad de desviación viene a ser de unos 10 voltios eficaces por cm de desviación, con una banda de respuesta particularmente ancha especialmente en R.F. En unos casos esta toma se dispone en el interior (fig. 32), sólo accesible por una puertecita; y en otros en el exterior (fig. 33), pero a través de un conmutador que conecta esta toma a la salida del amplificador vertical.

SINCRONIZACION

La sincronización tiene por objeto mantener fija (estable) la imagen en la pantalla del tubo de rayos catódicos mediante una frecuencia de barrido que es igual o submúltiplo de la frecuencia de la señal de entrada que se analiza. Es decir, provocar el inicio de la oscilación de la base de tiempos en el instante preciso, mandando a este circuito la orden adecuada.

Hemos visto que, para el funcionamiento propio y automático del osciloscopio, esta orden o señal se toma de la salida del amplificador vertical y se inyecta en la base de tiempos. Esta es la *sincronización interna*.

La sincronización interna no siempre propor-

ciona una observación perfectamente estabilizada del fenómeno estudiado, ya que los diferentes circuitos correctores y separadores producen cierto desplazamiento del instante crítico de disparo. Por esta razón, generalmente los osciloscopios disponen de una toma de *sincronización externa*.

En el caso del análisis de los televisores, por ejemplo, en esta toma se inyecta la señal de 15.625 ciclos cuando se quiere observar la frecuencia de línea, tomándola del dispositivo de barrido de línea. No obstante, si este dispositivo no funcionase perfectamente sería preferible utilizar la sincronización interna.

En ocasiones conviene sincronizar la base de

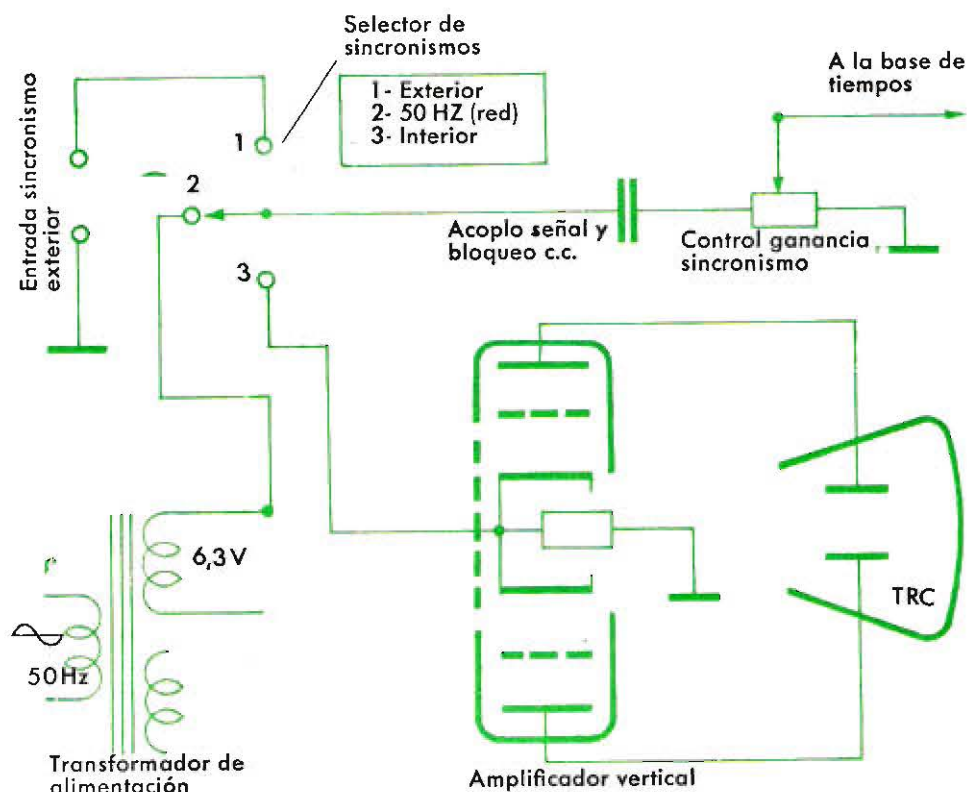


Figura 34. — Selector y regulador de sincronismos.

tiempos con la frecuencia de la red para la observación de fenómenos relacionados con ésta. Por ello, los osciloscopios también cuentan con una *sincronización de red*, cuya señal por lo general se obtiene a partir de la alimentación de filamento de una de las válvulas del osciloscopio. Es decir, esta sincronización de red es una variante de la sincronización interna.

En el análisis de los televisores, esta sincronización interna de red sustituye a la sincronización del dispositivo de barrido vertical del televisor que pueda necesitarse para la observación de la frecuencia de cuadro.

Los osciloscopios provistos de estos tres tipos de sincronización están dotados de un conmutador que selecciona cada uno de ellos. (Figura 34.)

Los impulsos de sincronización, sean de tipo interno o externo, deben poder regularse en cuanto a su amplitud, lo cual se realiza por medio de un potenciómetro destinado al efecto. Además, debe intercalarse un condensador que impida el paso hacia la base de tiempo de la corriente continua que pudiera contener la señal, y el de los

impulsos de este circuito hacia la fuente de sincronismo.

Entre la fuente de sincronismo y la base de tiempos, algunos osciloscopios disponen de un *amplificador de sincronismo*. (Figura 35.)

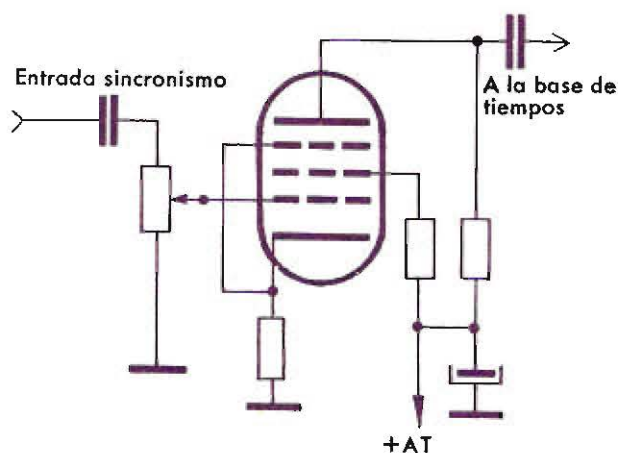


Figura 35. — Amplificador de sincronismos.

ALIMENTACION

Para la alimentación del osciloscopio se necesitan diversas tensiones con diferentes intensidades de carga o de consumo. A grandes líneas podemos resumir las siguientes:

- Muy alta tensión (M.A.T.) para el ánodo final del tubo de rayos catódicos.
- Alta tensión para los restantes ánodos del tubo de rayos catódicos.
- Alta tensión para los ánodos de las demás válvulas del osciloscopio.
- Baja tensión para el filamento del tubo de rayos catódicos.
- Baja tensión para los filamentos de las válvulas del osciloscopio.
- Baja tensión para los filamentos de la válvula o válvulas rectificadoras de alta tensión.

Todas estas tensiones se obtienen a partir de uno o dos transformadores, cuyo primario se conecta a la red. El proyecto de este transformador exige un estudio especial, ya que por su construcción y proporciones debe presentar un mínimo de dispersión (con bajo valor de inducción). Además, es necesario también que exista un blindaje electrostático entre primario y secundario conectado a masa, y una disposición u orientación adecuada en el equipo para que no interfiera en los

demás circuitos, o sea en la imagen proyectada en la pantalla.

Uno de los devanados secundarios de baja tensión alimenta el filamento del tubo de rayos catódicos; otro, las restantes válvulas y la toma de señal de sincronismo de 50 ciclos de la red. Según sea el montaje, para la obtención de la M.A.T. se dispone un tercer devanado para la alimentación del filamento de uno de los diodos rectificadores, o bien éste se caldea a partir del mismo segundo devanado.

Para la alta tensión anódica existe el acostumbrado doble devanado de 2×250 a 2×350 V. En algunos osciloscopios este mismo devanado doble sirve para la alimentación de la fuente de M.A.T.

Ciñéndonos a la alimentación de alta tensión para los ánodos de las válvulas, señalemos que ésta es típicamente clásica: un rectificador de onda completa y un filtro R-C general, aparte de los filtros individuales para cada toma de tensión A.T. Muchos osciloscopios disponen además de una red de estabilización con válvula de gas, por ejemplo, para la alimentación de los circuitos más sensibles a las variaciones de la red, como son el seguidor catódico del atenuador vertical, el preamplificador de tensión vertical y la base de tiempos. (Figura 36.)

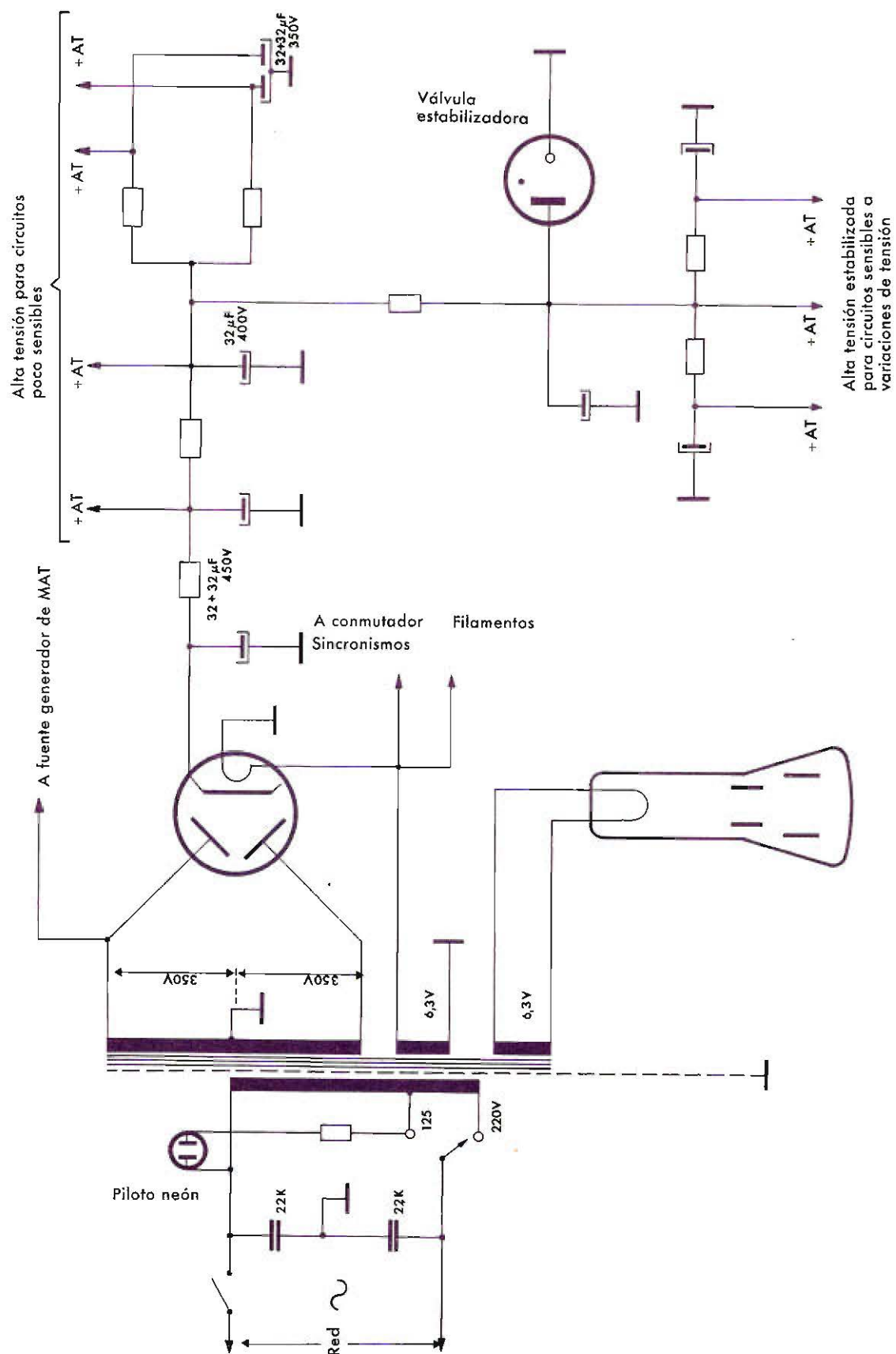


Figura 36.— Fuente de alimentación para osciloscopio con sección estabilizadora de alta tensión. Se ha omitido la sección de Muy Alta Tensión.

FUENTE DE MUY ALTA TENSION

Con referencia a la M.A.T., en la tabla 2 veremos que, según sea el tipo de tubo de rayos catódicos, la tensión de alimentación máxima necesaria del ánodo final puede estar comprendida entre 300 y 5000 V. No obstante, utilizando tubos normales, y según sea el modo de funcionamiento elegido, la muy alta tensión (M.A.T.) es generalmente de 700 a 2000 voltios.

Una tensión baja de M.A.T. da mayor sensibilidad al tubo y exige, en consecuencia, menor ganancia por parte de los amplificadores; pero si las imágenes deben presentar gran luminosidad se necesita una M.A.T. elevada, sin que por ello se rebase, no obstante, la máxima señalada por el fabricante del tubo.

Para facilitar la alimentación del tubo de rayos catódicos y estabilizar su funcionamiento, el polo positivo de la M.A.T. se conecta a masa, con lo que esta tensión queda en serie con la alta tensión general y la masa no juega otro papel que el de unir ambas fuentes de c.c.

Con ello, el polo positivo de alta tensión general es el que se halla a mayor potencial con relación al polo negativo de M.A.T., y es el que se aplica al ánodo final acelerador del tubo de rayos catódicos. (Figura 37.)

El consumo de corriente de M.A.T. es muy reducido —alrededor de 1 mA—; está fijado principalmente por el divisor de tensión que debe establecerse para polarizar los electrodos. Tenien-

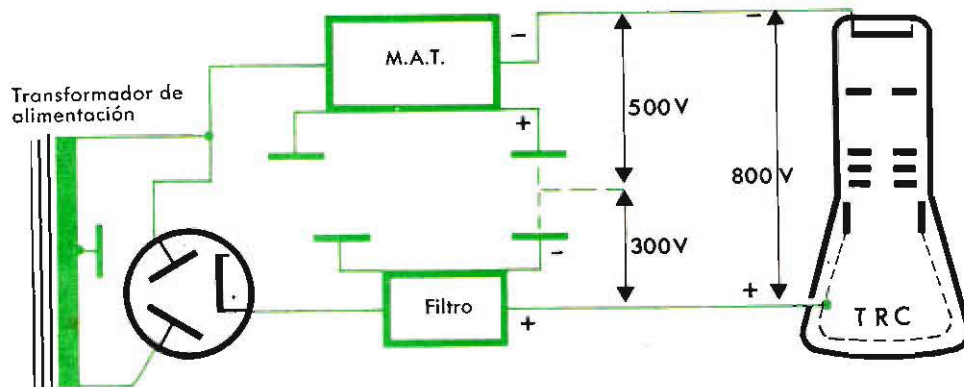


Figura 37. — Alimentación del electrodo de aceleración final del TRC en muy alta tensión con relación al cátodo.

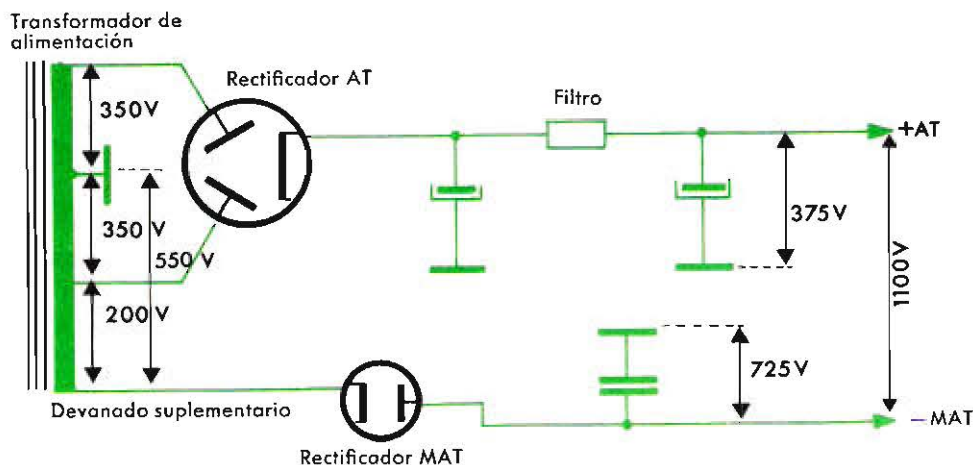


Figura 38. — Fuente de MAT con devanado suplementario independiente y rectificador doblador de tensión con semiconductores.

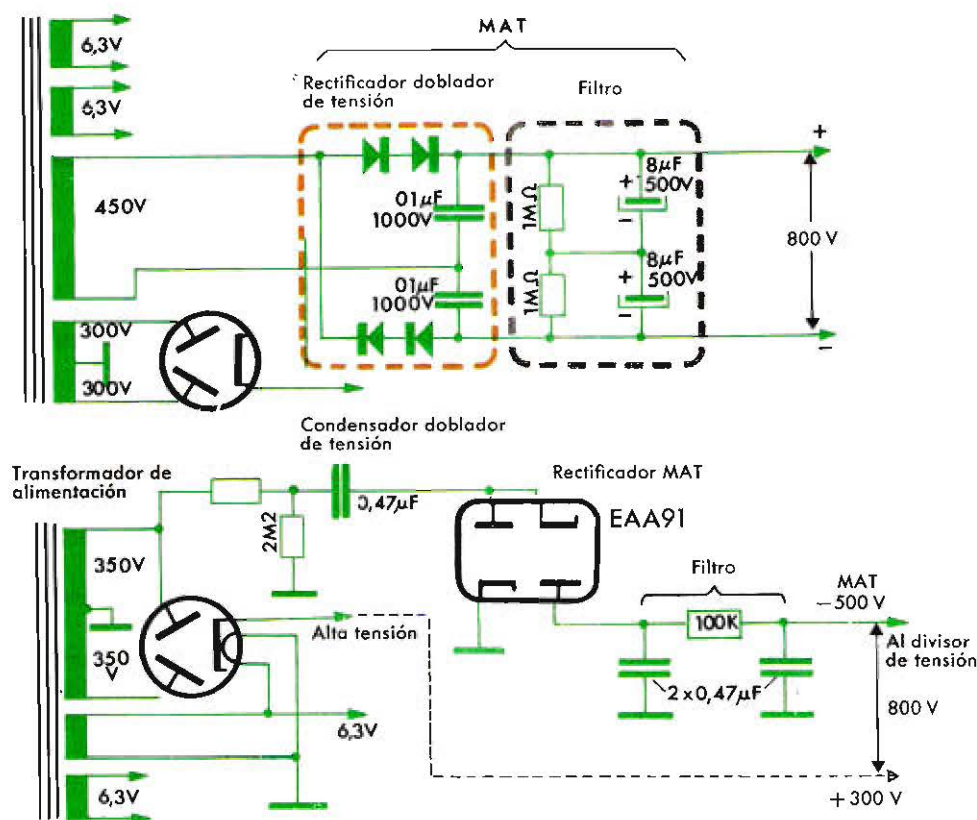
do en cuenta esta débil intensidad de corriente, es suficiente emplear un circuito rectificador de media onda y un simple filtro. Con todo ello la tensión rectificada (pulsante) es prácticamente igual al valor de cresta de la tensión alterna; es decir, con una tensión alterna eficaz de 400 V puede obtenerse una M.A.T. de $400 \times 1,4 = 560$ V.

En los osciloscopios pequeños se utiliza un transformador de alimentación único. En unos casos, el devanado de alta tensión se complementa con otro suplementario que alimenta una rectificadora de M.A.T. (fig. 38); en otros casos pueden utilizarse dos transformadores usuales: uno con devanado para la alta tensión y otro con un simple devanado de baja tensión para el filamento —cátodo de caldeo directo— de una rectificadora de M.A.T., complementada además por otra rec-

tificadora en circuito doblador de tensión.

Otro método de obtener la M.A.T. consiste en usar un solo transformador dotado de un devanado suplementario independiente de alta tensión, con un circuito rectificador doblador de tensión de diodos de silicio en lugar de diodos-termiónicos. (Figura 39.)

No obstante, en los osciloscopios pequeños la fuente de M.A.T. más generalizada es la del circuito doblador de tensión con válvula doble (figura 40) o semiconductores a partir de un único transformador de alimentación sin devanado especial alguno. En un principio, para este fin, se utilizaron dos diodos de alta tensión, pero la experiencia ha demostrado que pueden utilizarse dobles diodos corrientes de suficiente tensión inversa.



Figuras 39 y 40. — Unidad de MAT muy típica en osciloscopios pequeños.

Cuando las características del tubo que se utilice requieran que la M.A.T. sea superior a 1000 V, se utiliza generalmente un transformador separado para los circuitos del tubo de rayos catódicos.

En este caso, dichos transformadores tienen un devanado de M.A.T.; o dos en el caso de utilizarse un tubo con electrodo de postaceleración. (Figura 41.)

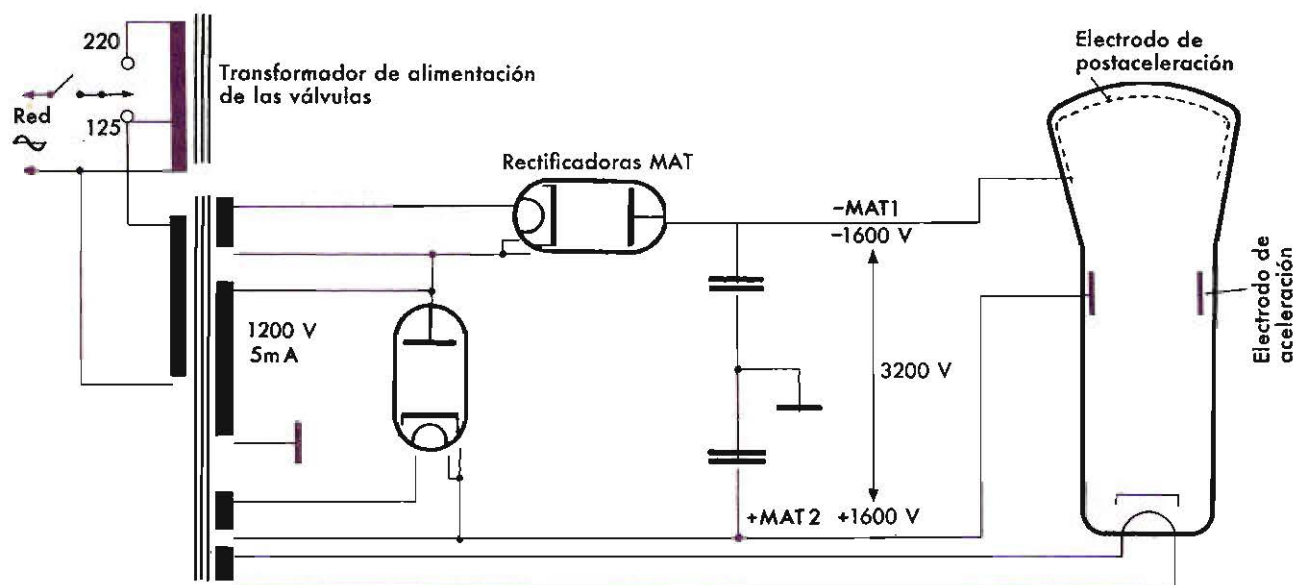


Figura 41. — Alimentación MAT para un TBC con electrodo de postaceleración.

CIRCUITOS DE ALIMENTACION DEL TRC

Los potenciales de los electrodos del tubo de rayos catódicos se obtienen de una red divisora de tensión alimentada por la M.A.T., de la que for-

man parte los controles de brillo y enfoque, según muestra la figura 38, e incluso de encuadre para el centrado de la imagen. (Figura 42.)

CIRCUITOS TÍPICOS DE LOS OSCILOSCOPIOS DE SERVICIO

La constitución básica de los osciloscopios de servicio, que ya hemos estudiado y conocemos, es común a todos; sólo se distinguen por algunas particularidades accesorias, como las sondas para alta tensión o para alta frecuencia, los dispositivos calibradores para la medición de los valores de cresta de las tensiones o para establecer una tensión de referencia, supresión del haz de retorno, la modulación de la rejilla del tubo de rayos catódicos, etcétera.

Como hemos indicado, los dispositivos accesorios no forman el osciloscopio, pero amplían el campo de sus aplicaciones. El osciloscopio en sí mismo debe considerarse o valorarse por algunas características esenciales, a saber:

— Tamaño de pantalla. (Los de uso corriente

acostumbran ser circulares, de 3 pulgadas —7,5 cm— de diámetro.)

- Sensibilidad del amplificador vertical en mV/cm de desviación.
- Gama de frecuencias aplicables al amplificador vertical sin que se produzca distorsión apreciable. (Se considera prácticamente sin distorsión —respuesta lineal— la gama que se mantiene dentro de 3 dB, y con poca distorsión la comprendida dentro de los 6 dB.)

Recordemos que para alta frecuencia se requiere compensación de R.F.

- Sensibilidad y respuesta del amplificador horizontal.
- Tipo de base de tiempos, gama de frecuen-

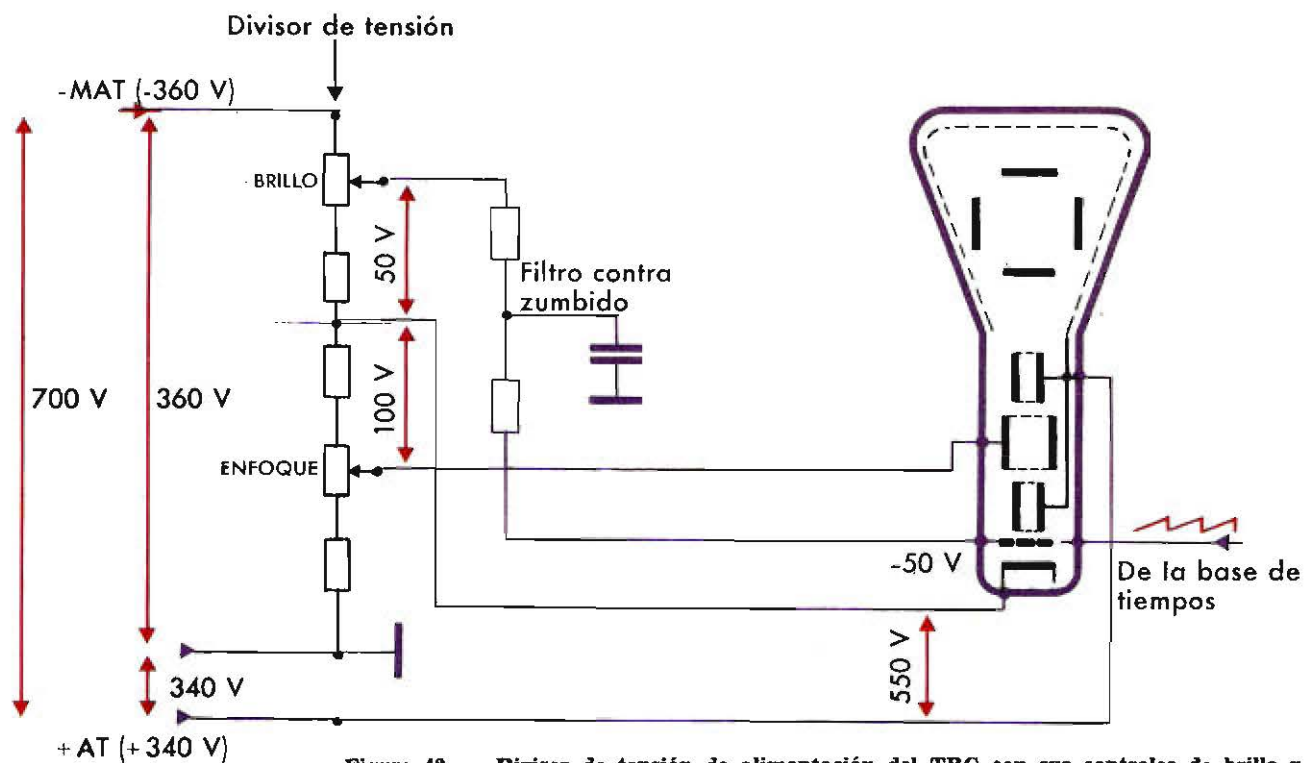


Figura 42. — Divisor de tensión de alimentación del TRC con sus controles de brillo y de enfoque o concentración.

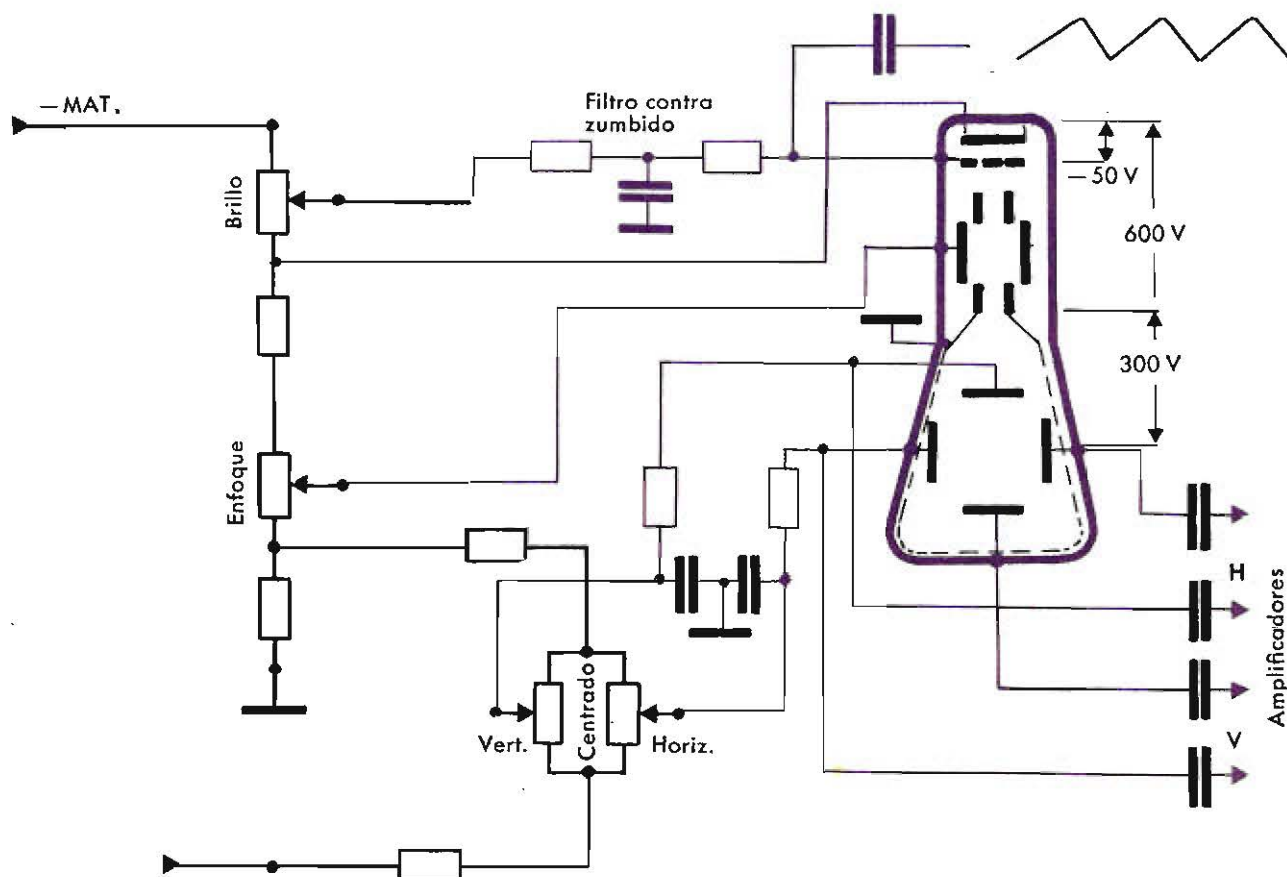


Figura 43. — Alimentación del TRC con controles de Brillo, Enfoque, Encuadre Horizontal y Encuadre Vertical.

cias cubierta y número de pasos conmutables.

- Sincronización (interesa que sea lo más estable posible).
- Tipo de desviación (simétrica o asimétrica). En general se prefiere la simétrica, obtenida con pasos de salida del tipo contrafase en los amplificadores vertical y horizontal.

Para tener una visión global de los circuitos y dispositivos de los osciloscopios del tipo de servicio, y en especial los adaptados a la técnica de la televisión, mostraremos algunos circuitos corrientemente utilizados, dando para cada uno de ellos, a título de ejemplo, una orientación de sus

SONDAS

Como el osciloscopio es en realidad un galvanómetro de gran sensibilidad, puede utilizarse directamente para analizar o medir magnitudes eléctricas dentro de los márgenes o posibilidades propias de cada aparato. Cuando se trata de analizar fenómenos no eléctricos se necesita algún dispositivo que *convierta* el fenómeno no eléctrico en una cantidad o variable eléctrica; cuando se requiere una atenuación en el mismo dispositivo que se analiza, conviene llevar el atenuador hasta dicho dispositivo con el fin de evitar las perturbaciones en el cable de conexión a la entrada del amplificador vertical; lo mismo cuando se requiere una compensación de B.F. o R.F. en dicha conexión; etc.

Todos estos dispositivos accesorios que se conectan entre la entrada del amplificador se denominan CAPTADORES O SONDAS.

Sondas de prueba

Si el circuito que se quiere examinar se halla situado de forma que la conexión a la entrada del osciloscopio es relativamente larga, pueden introducirse perturbaciones en la medición por efecto de capacidad o inducción, de tensiones o corrientes de frecuencias elevadas, etc. Para reducir estas perturbaciones se puede utilizar un cable blindado con características de atenuación y capacidad adecuadas; el blindaje protege eficazmente el conductor interno pero, por otro lado, presenta una capacidad de valor proporcional a la longitud del cable y que puede ser excesiva a medida que aumenta la frecuencia de la señal a analizar.

Este inconveniente puede paliarse disponiendo en la punta del cable blindado una red correctora o de compensación similar a la que se incluye en el atenuador de la entrada del amplificador

características y posibilidades, ya que sólo se determinan por la comprobación de un prototipo montado según un proyecto elaborado. Por ello, recordemos que los valores de componentes, tensiones, frecuencias, etc., sólo se citan para familiarizarnos con los valores que se manejan en la práctica.

Así, a continuación describiremos algunos perfeccionamientos y accesorios con que pueden equiparse los osciloscopios. Después mostraremos algunos circuitos completos, para adquirir un criterio de interpretación rápida de los circuitos y de las posibilidades de un osciloscopio con la sola vista de su esquema.

del osciloscopio (fig. 40), y en la que la capacidad del cable actúa como un elemento del divisor-compensador.

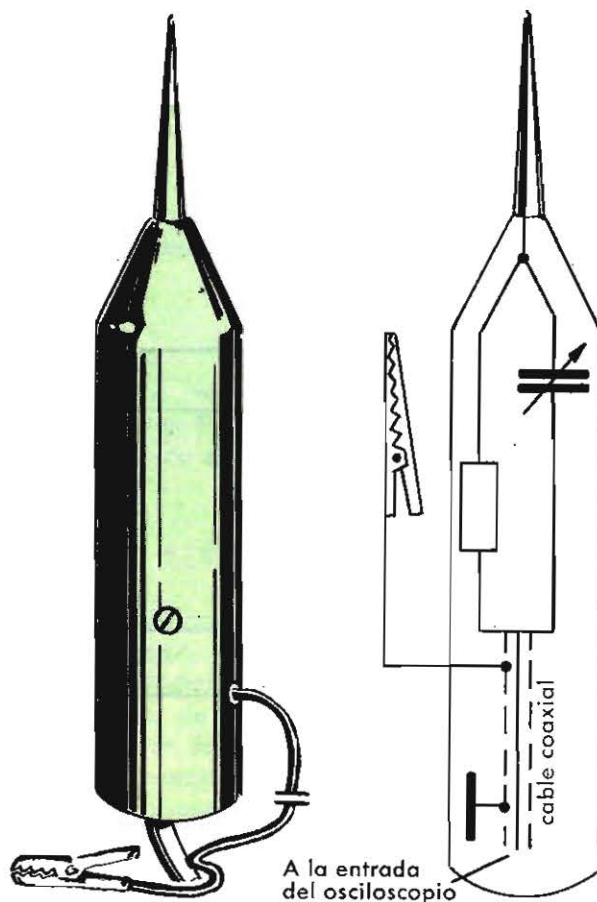


Figura 44. — Sonda general atenuadora de prueba. Esquema de su constitución física aproximada y conexión, y circuito equivalente de atenuación-compensación del que forma parte la capacidad propia del cable coaxial de conexión al osciloscopio. C_1 y C_2 procuran la compensación de R.F.

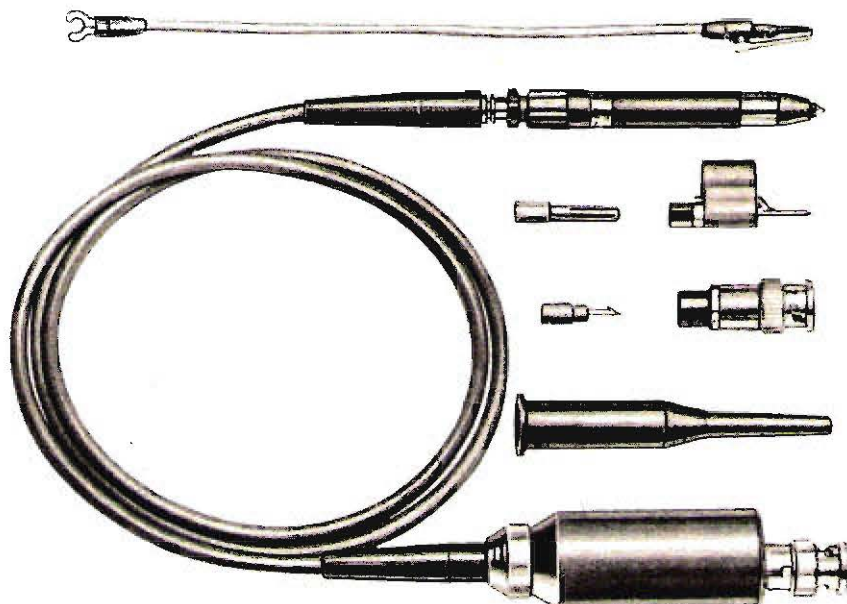


Figura 45. — Sonda atenuadora con puntas recambiables y accesorios diversos.

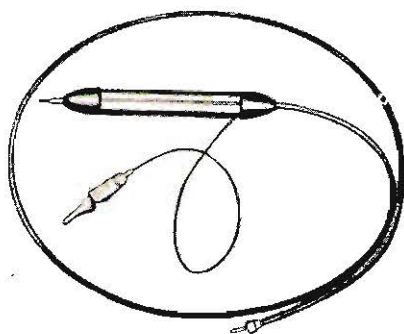


Figura 46. — Sonda de alta frecuencia con puntas y accesorios.

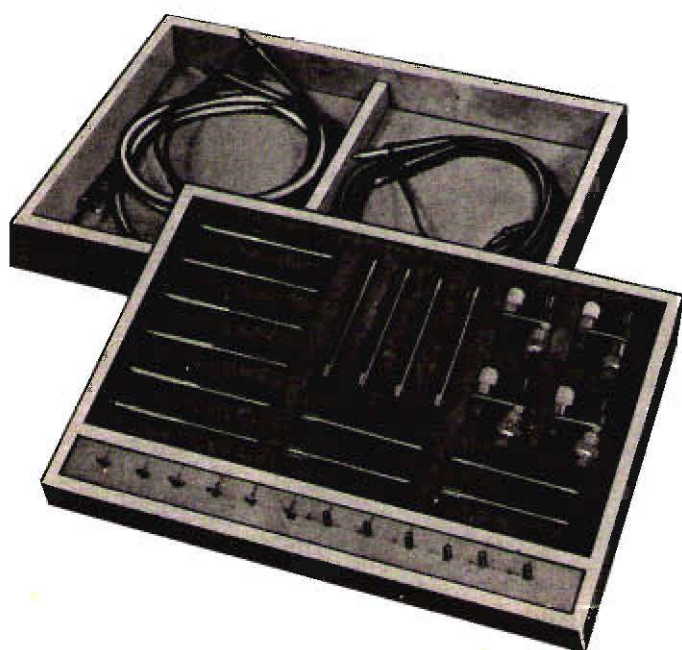


Figura 47. — Maletín con varias sondas de RF, cada una para una gama de frecuencia determinada.

Además de la sonda de aplicación general se utilizan igualmente las más especializadas para alta frecuencia en gamas bien determinadas (figuras 45, 46 y 47); las llamadas *demoduladoras* cuando se desea analizar una señal modulada en amplitud; las de *baja capacidad*, indicadas para la precisión del análisis y de la medición de los circuitos de R.F. cuya impedancia es elevada con una banda de paso ancha.

Sondas captadoras

RESISTENTES. Interpretan los fenómenos no eléctricos que producen una variación de resistencia. Así, por ejemplo, disponiendo en la sonda

un *termistor* se pueden analizar en el osciloscopio las variaciones de temperatura; con un micrófono de carbón, los sonidos, etc.

INDUCTORAS Y ELECTROMAGNÉTICAS. Constan de una bobina que interpreta los movimientos mecánicos o fuerzas por variación de su inductancia.

CAPACITIVAS. Similares a las inductivas; pero se basan en la variación de distancia entre las dos armaduras de un condensador.

TERMOELÉCTRICAS. Provistas de un termopar para detectar las variaciones de temperatura.

FOTOCONDUCTORAS, FOTOEMISORAS, FOTOVOLTAICAS. Dotadas, como se deduce de su nombre, con células fotoconductoras, fotoemisoras y células fotovoltaicas que interpretan las variaciones de la intensidad y frecuencia de la luz que incide sobre ellas.

CONMUTADOR ELECTRONICO

El conmutador electrónico sirve para observar en la pantalla del osciloscopio dos señales simultáneas y compararlas entre sí, aunque con la condición que las dos señales sean de la misma frecuencia o múltiplo una de otra. Este dispositivo

es de aplicación interesante para *ver* directamente, comparando la señal a la entrada y a la salida del mismo, la distorsión que introduce un amplificador de audiofrecuencia. (Figura 48.)

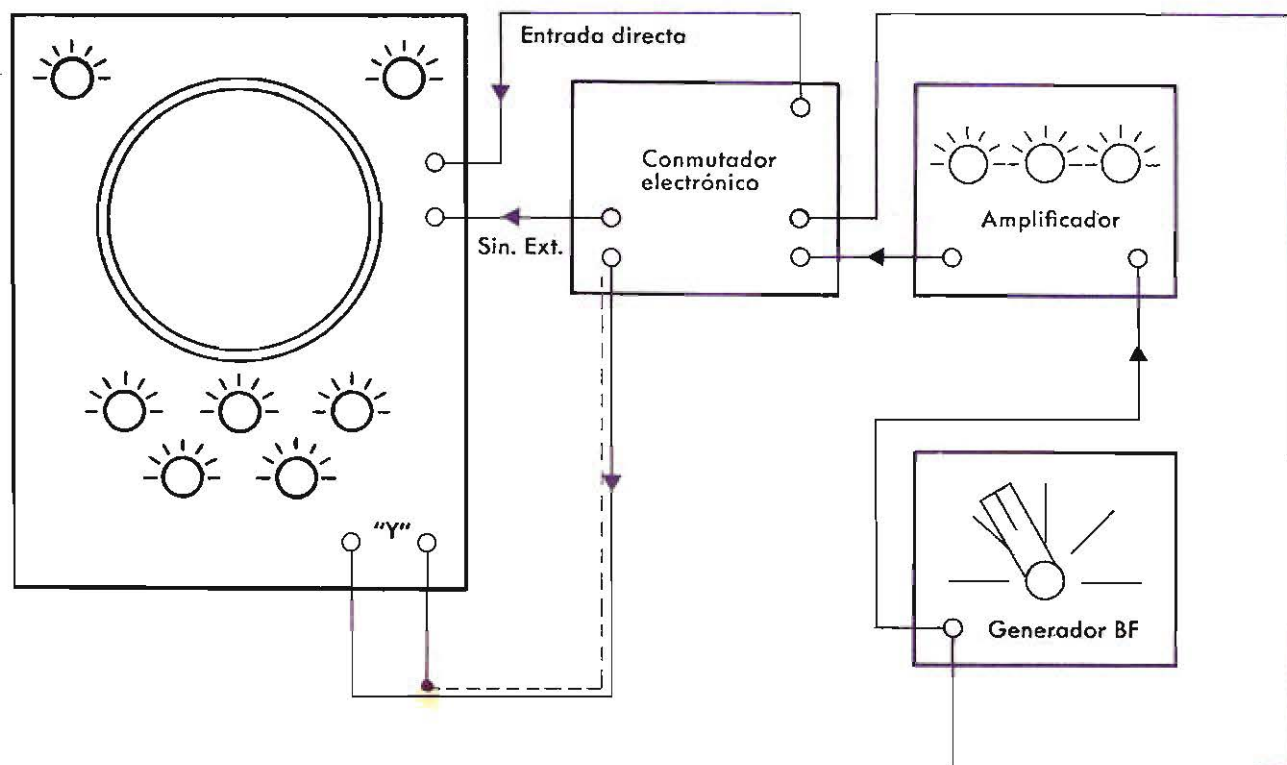


Figura 48. — Examen visual de la distorsión de un amplificador de audio, comparando, gracias al conmutador electrónico, las señales de entrada y salida.

Estos conmutadores son circuitos del tipo multivibrador; la señal de sincronización del osciloscopio gobierna la conmutación de las dos entradas al dispositivo (que son las de entrada y salida del amplificador). Con ello, en la pantalla aparece

en un instante dado un punto de una señal y en el instante siguiente el de la otra; la persistencia de la capa de fósforos y de nuestra retina nos hace ver la sucesión de estos puntos, es decir, las imágenes de las dos señales.

AMPLIFICADORES AUXILIARES

En el caso de que la sensibilidad de entrada al osciloscopio sea insuficiente para captar una señal débil, se emplean unos sencillos preamplifica-

dores de una sola válvula —los encontrará en cualquier establecimiento especializado— que pueden dar una amplificación de hasta 100.

CARATULAS

Para los casos en que se desea medir relativamente el movimiento del punto luminoso o valor de la magnitud analizada, se emplean unas carátulas graduadas de plástico transparente, a veces

coloreado, que se adaptan a la superficie externa de la pantalla del tubo de rayos catódicos. La figura 49 muestra algunas carátulas adecuadas para estos fines.

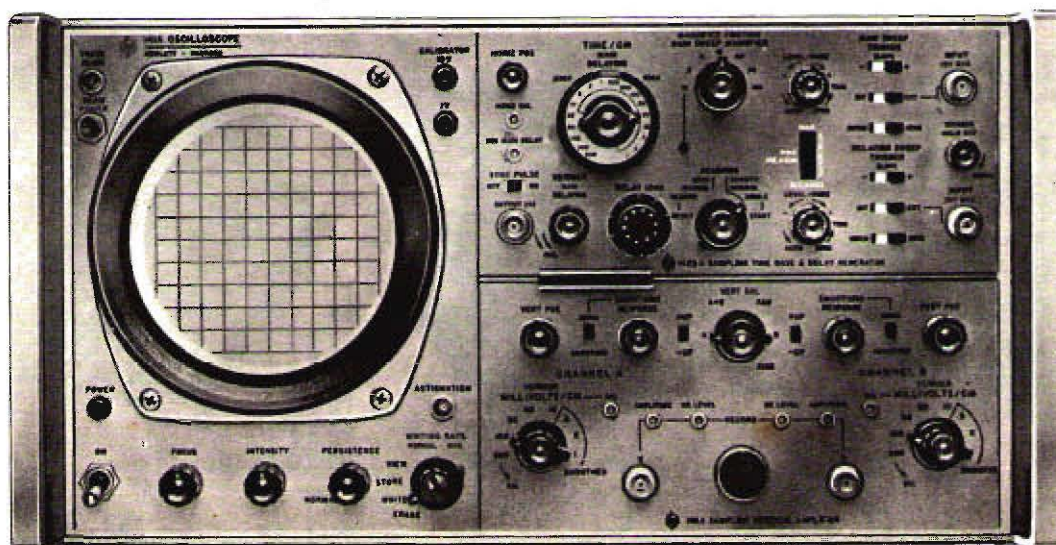
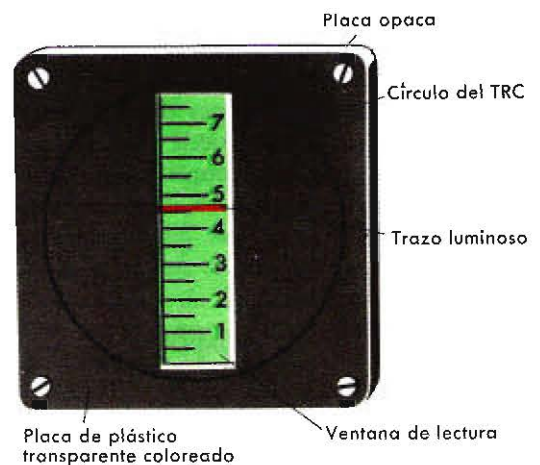
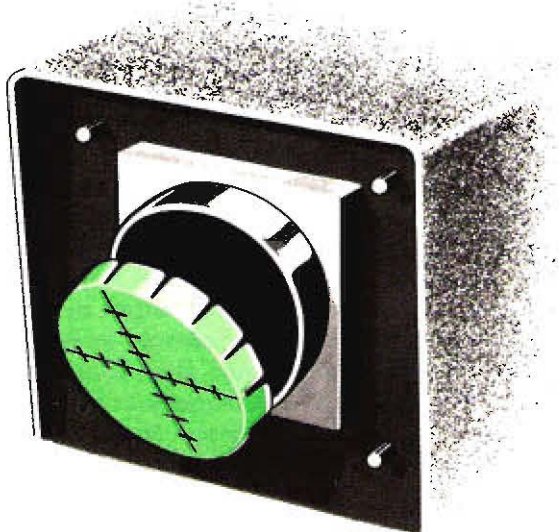


Figura 49. — Diversos ejemplos de carátulas graduadas y su disposición en los osciloscopios.

CALIBRADOR

Cuando se desea medir la amplitud de una tensión alterna —es decir, el valor de pico— el voltímetro del téster no puede indicar tal valor, ya que sólo muestra el valor eficaz. Con el osciloscopio se obtiene la imagen de dicha tensión alterna, pero se desconoce el valor de su amplitud; sólo se conoce su dimensión relativa comparada con otras desviaciones. Es decir, si se consigue establecer una escala exacta o justa de referencia, con el osciloscopio se puede medir una amplitud o el valor de cresta de una tensión alterna *cualquiera que sea su forma de onda*.

No habría problemas si se conociera con exactitud la sensibilidad máxima de desviación vertical, y si ésta no variase por variaciones de la tensión de alimentación del osciloscopio, ni por variación de características de los componentes o por cambios climáticos, etc. Pero ello es bastante difícil y sólo se consigue empleando un equipo costósísimo.

Es más sencillo disponer de una tensión de referencia cuyo valor se pueda medir o se conozca con certeza, aplicarla al amplificador vertical y ver

qué desviación produce. Entonces, al observar otra tensión se puede deducir su altura en relación con la de referencia y determinar así su valor. Es preciso no accionar ningún mando entre una medición y otra; o sólo el atenuador, con tal que éste sea de precisión y del tipo conmutador, en que cada posición dé la atenuación exacta 1, 10, 100 veces, etc.

Existen calibradores que se suministran en forma de pequeñas unidades separadas, que se aplican a la entrada vertical del osciloscopio y cuya tensión de referencia se obtiene con una válvula de gas raro (fig. 50). Esta tensión de referencia tiene un valor de pico bien conocido y suficientemente exacto.

Muchos osciloscopios, empero, llevan en su interior el dispositivo calibrador (fig. 51). Existen diferentes circuitos. Unos toman la alta tensión de la M.A.T., que se rectifica y reduce a valores bien precisos; otros la toman de un devanado secundario del transformador de alimentación, tensión que se estabiliza y reduce a valores del orden de 0,25, 1 o 10 V. (Figuras 51 y 52.)

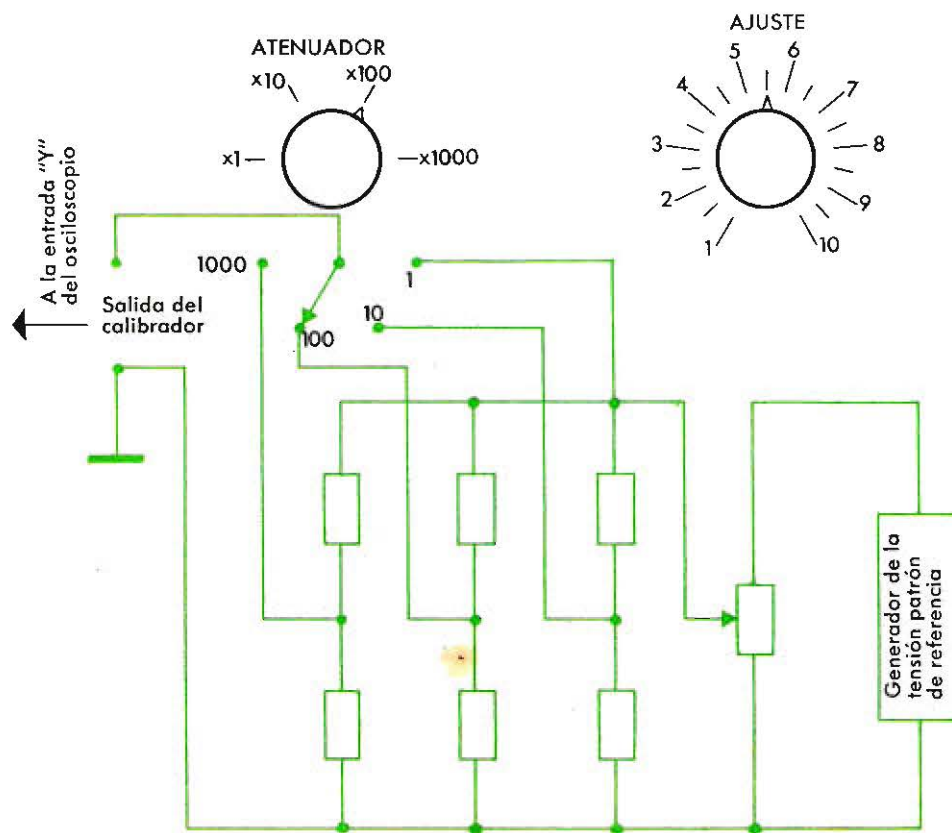
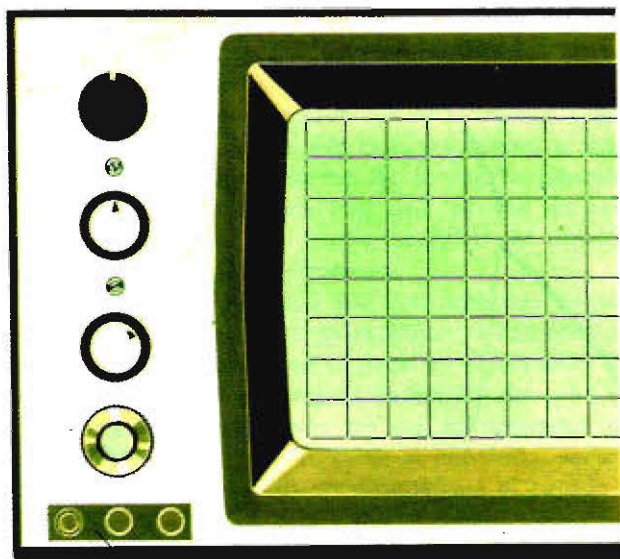


Figura 50. — Esquema de principio de un calibrador accesorio para osciloscopio.



Calibrador

Figura 51. — Dispositivo calibrador incorporado en un moderno osciloscopio de pantalla rectangular.

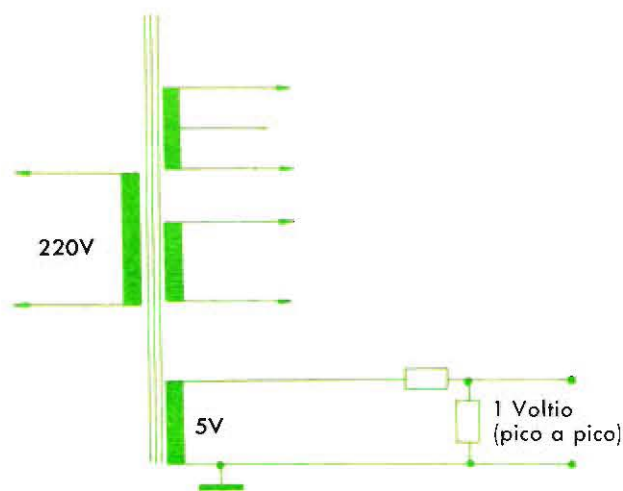


Figura 52. — Sencillo y efectivo calibrador dando una tensión de referencia que se puede introducir en la entrada del amplificador vertical y así servir como tensión patrón para el calibrado de las alturas de deflexión del osciloscopio.

SUPRESION DEL TRAZO DE RETORNO

Si nos fijamos en la tensión en diente de sierra del barrido horizontal, obtenida en la base de tiempos, observaremos que el tramo ascendente de su forma de onda es el útil, por ser el que produce el barrido; en cambio, el tramo descendente es inútil en la pantalla, ya que su única misión es volver rápidamente a recomenzar el barrido. Por rápido que sea este retorno al origen, da lugar a un trazo en la pantalla (fig. 53) que interfiere la imagen que se analiza.

Como el trazo de retorno no sólo es inútil, sino también molesto, en la mayor parte de los osciloscopios se suprime con lo que se obtiene mayor claridad o nitidez de los oscilogramas. Esta *supresión del trazo* o *borrado* se consigue por la anulación o extinción del haz electrónico, durante el tiempo en que se produce el retorno, aplicando a la rejilla de mando del tubo de rayos catódicos una tensión muy negativa durante todo este corto tiempo. (Figura 54.)

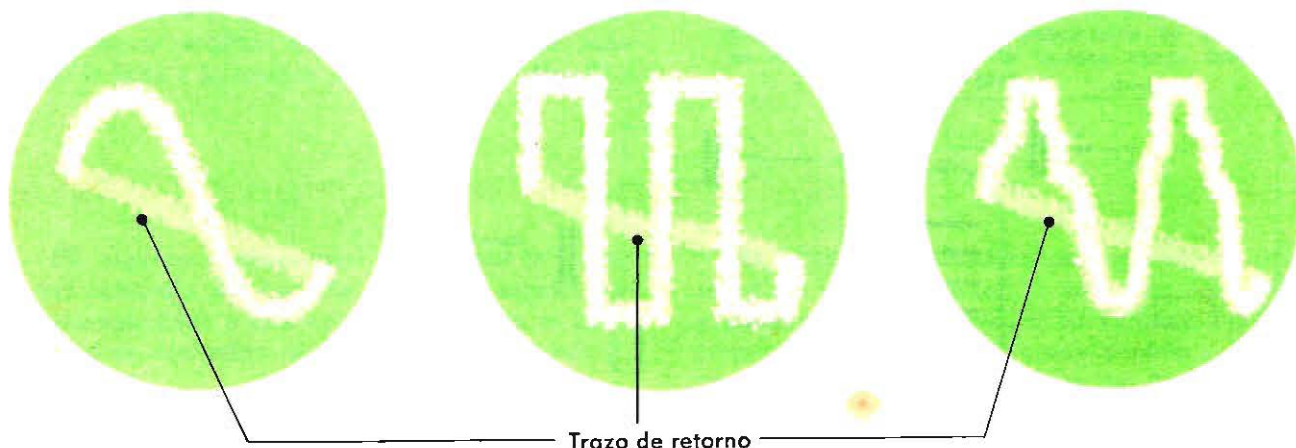


Figura 53. — El trazo de retorno interfiere en el oscilograma y molesta la observación del mismo.

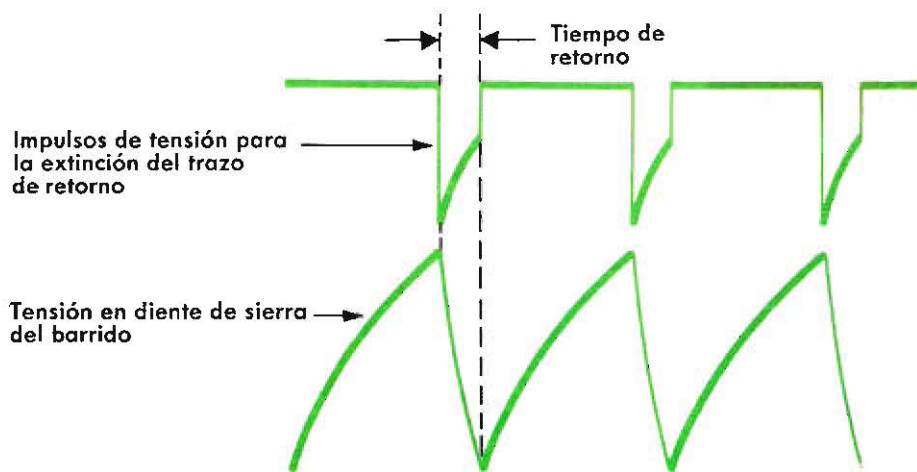


Figura 54.

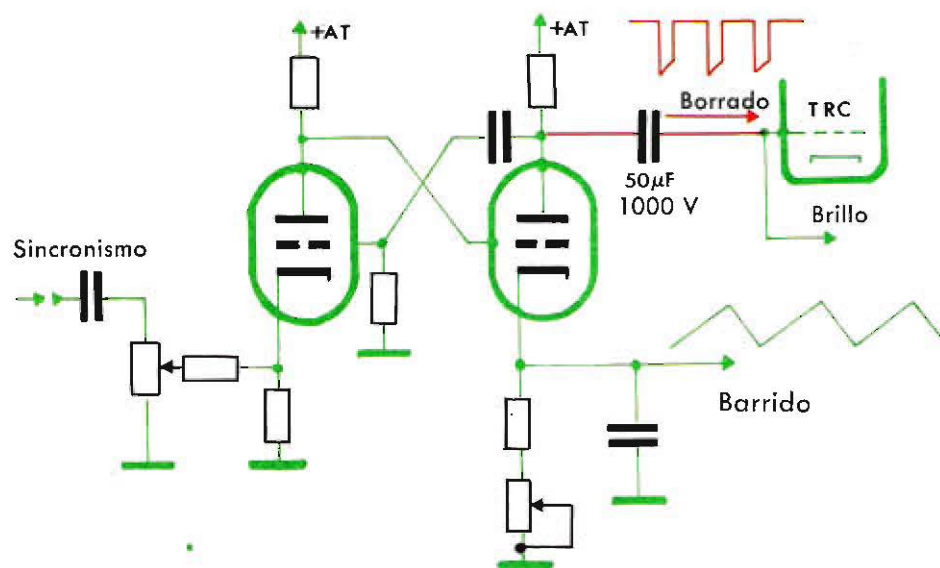


Figura 55. — Obtención de los impulsos negativos por la supresión del haz de retorno en las bases de tiempo del tipo multi-vibrador.

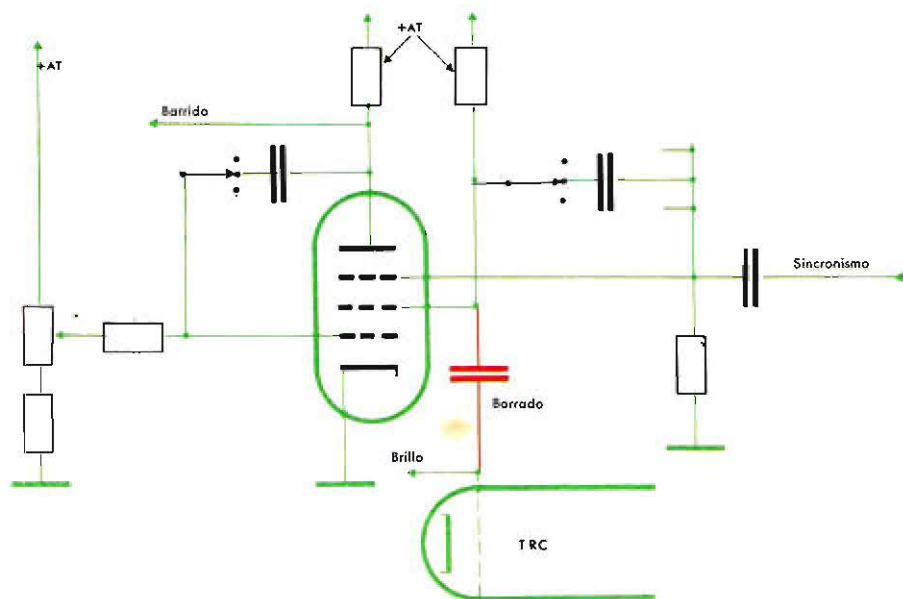


Figura 56. — Obtención de los impulsos de extinción del retorno del haz en las bases de tiempos del tipo integrado de Miller.

Este impulso de tensión se obtiene en la base de tiempos. En las del tipo multivibrador se extrae de la placa del segundo triodo, durante el corto intervalo de conducción de esta válvula (figura 56); y en las bases del tipo transitrón o integrador de Miller se extrae de la rejilla pantalla de la válvula osciladora (fig. 57), ya que en esta rejilla se produce un fuerte impulso de tensión durante el período de retorno.

Cuanto más energético sea este impulso negativo, con mayor facilidad se extingue el haz electrónico y mayor eficacia se obtiene en el borrado. El impulso se aplica a la rejilla de mando del tubo de rayos catódicos a través de un condensador de alto aislamiento, para lo cual, si conviene, se utilizan dos en serie. (No olvidemos que el cátodo o la rejilla se halla a una elevada tensión negativa con respecto a masa.)

Hacer más negativa la rejilla del tubo osciloscópico con relación al cátodo equivale a hacer más positivo el cátodo con respecto a la rejilla. Por ello, en algunos osciloscopios, en lugar de aplicar impulsos negativos a rejilla se aplican impulsos positivos al cátodo, lo que es lo mismo.

Muchas veces, a pesar del dispositivo de supresión del haz de retorno, al forzar la luminosidad, para analizar detalles poco claros de los oscilogramas, se hace visible el trazo de retorno, lo cual se debe a que el impulso de extinción no tiene suficiente amplitud como para contrarrestar el valor de ajuste de la luminosidad. En ciertos osciloscopios se utiliza un sencillo paso amplificador (con una válvula o sección triodo) de los impulsos de extinción.

Señalemos finalmente que las bases de tiempo deben proyectarse de forma que el tiempo de retorno sea lo más corto posible, ya que este tiempo se *roba* al disponible para el trazado de la señal que se analiza: cuanto más largo sea, más trazo le falta a la imagen de dicha señal. (Fig. 57.)

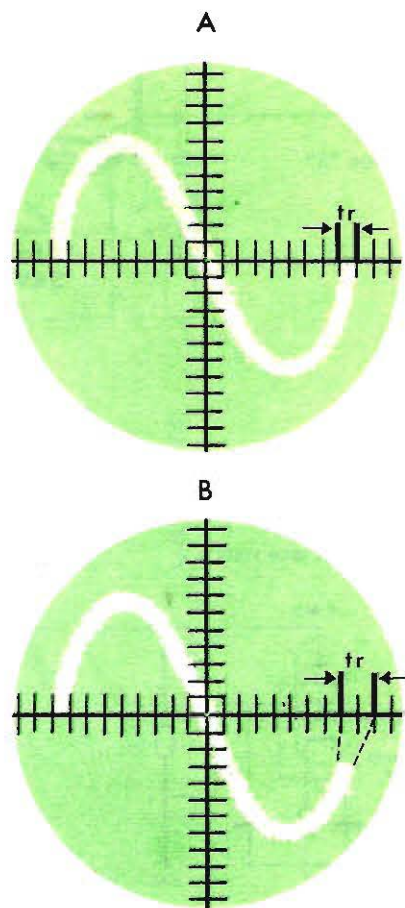


Figura 57. — El tiempo de retornar el haz al origen de barrido se quita del necesario para trazar la imagen. Por ello, conviene que el tiempo de retorno sea lo más corto posible. A) Tiempo de retorno ideal prácticamente despreciable. B) Tiempo de retorno apreciable; la imagen queda incompleta.

MODULACION EXTERNA DEL HAZ ELECTRONICO

En algunos osciloscopios se modula la intensidad luminosa del haz por medio de señales externas aplicadas a una entrada destinada al efecto, que se denomina de *modulación* o *entrada Z*. (Figura 58.)

Esta entrada está conectada a la rejilla de mando del tubo de rayos catódicos a través de un condensador de acoplamiento del tipo de aislamiento como el de extinción del trazo de retorno (esta rejilla, recordemos, se halla a una alta tensión continua negativa).

Si la señal moduladora es negativa, la intensidad del punto luminoso, o del trazo, disminuye, y aumenta si es positiva; si es variable, varía en consecuencia. En muchos casos, cuando existe entrada para modulación externa del haz electrónico (rejilla), los impulsos para la supresión del haz de retorno se aplican al cátodo del tubo de rayos catódicos (fig. 58 A) en lugar de a la rejilla de mando; o bien se aplican a ésta aunque conmutando los dos dispositivos (fig. 58 B.)

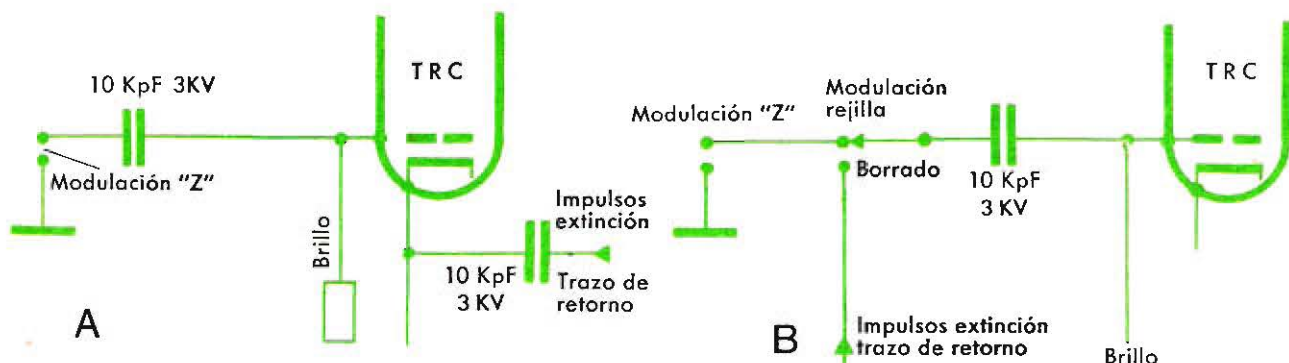


Figura 58. — Entradas Z para modulación externa.

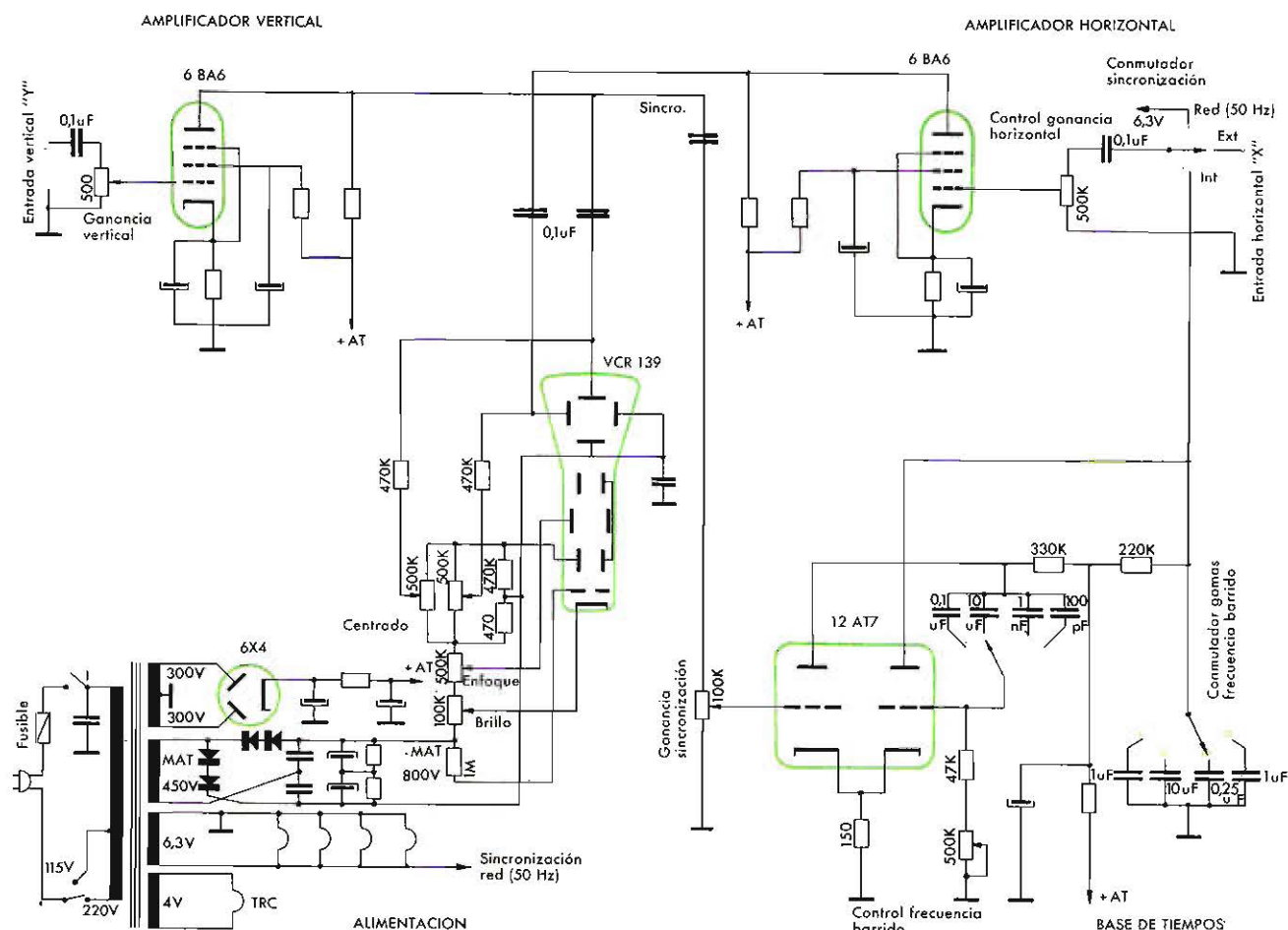


Figura 59. — OSCILOSCOPIO "A".

- Desviación: Asimétrica
- Núm. de válvulas: 4 (más 4 diodos rectificadores). + TRC
- Base de tiempos:
 - Tipo: Multivibrador
 - Banda cubierta: 10 H, a 120 kH., en 4 escalas
- Amplificador horizontal:

Entrada exterior

Banda cubierta: 20 H, a 1,5 MH,
Sensibilidad: 1 Vef/cm (1000 mVef/cm)

Amplificador vertical:

Entrada con atenuador progresivo
Banda cubierta: 20 H, a 1,5 MH,
Sensibilidad: 1 Vef/cm (1000 mVef/cm)

Sincronización: Interna - Externa-Red (50 H_z)

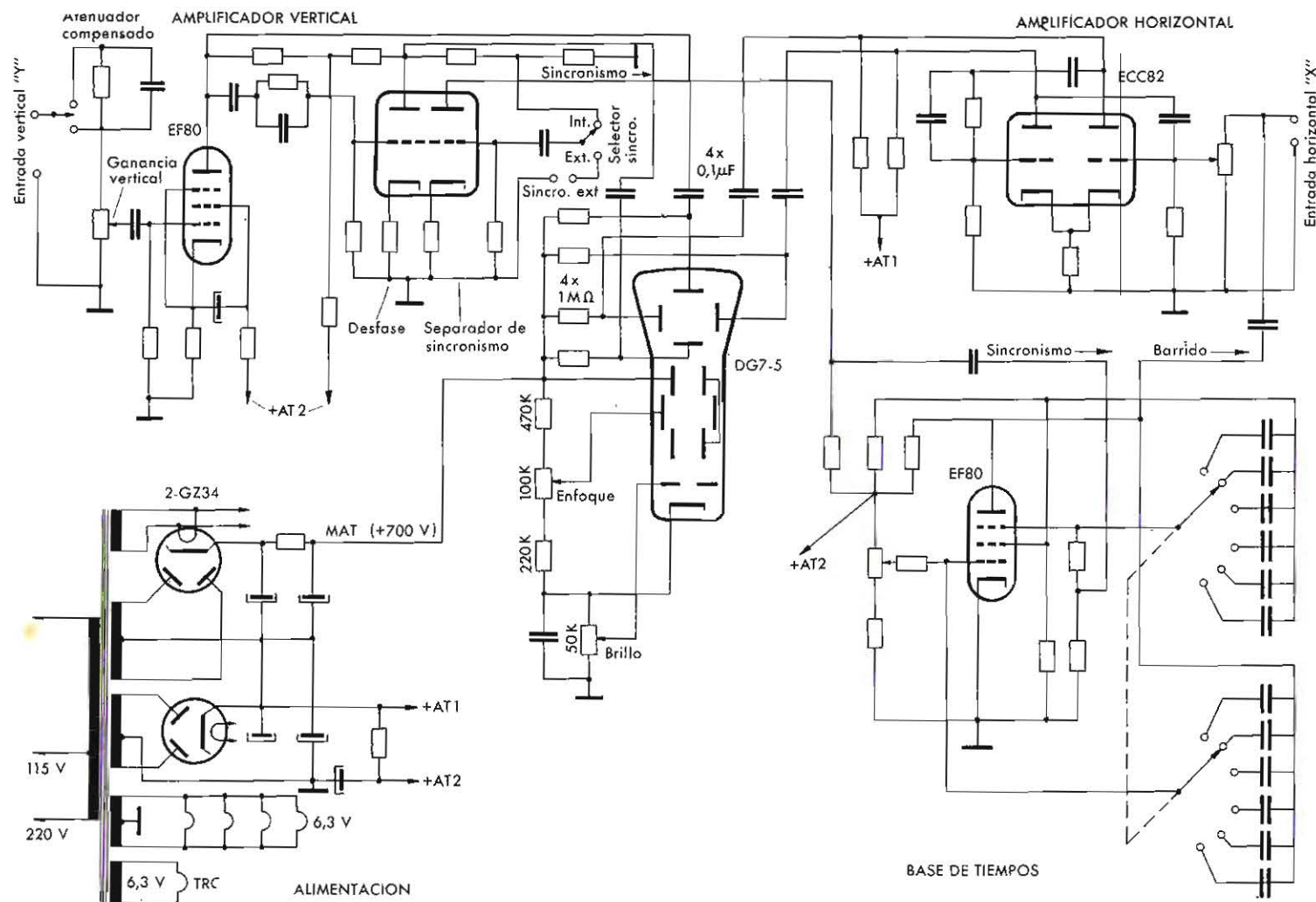


Figura 60. — OSCILOSCOPIO "B".

- Desviación: Simétrica
- Núm. de válvulas: 6 + TRC
- Base de tiempos:
Tipo: Transitrón

- Amplificador horizontal:
Banda cubierta: 20 H, a 20 kHz, en 6 escalas
Entrada exterior
Banda cubierta: 2 H, a 80 kHz,
Sensibilidad: 300 mVef/cm

- Amplificador vertical:
Entrada con atenuador
Banda cubierta: 4 H, a 80 kHz, en 6 escalas
Sensibilidad: 65 mVef/cm
- Sincronización interna y externa

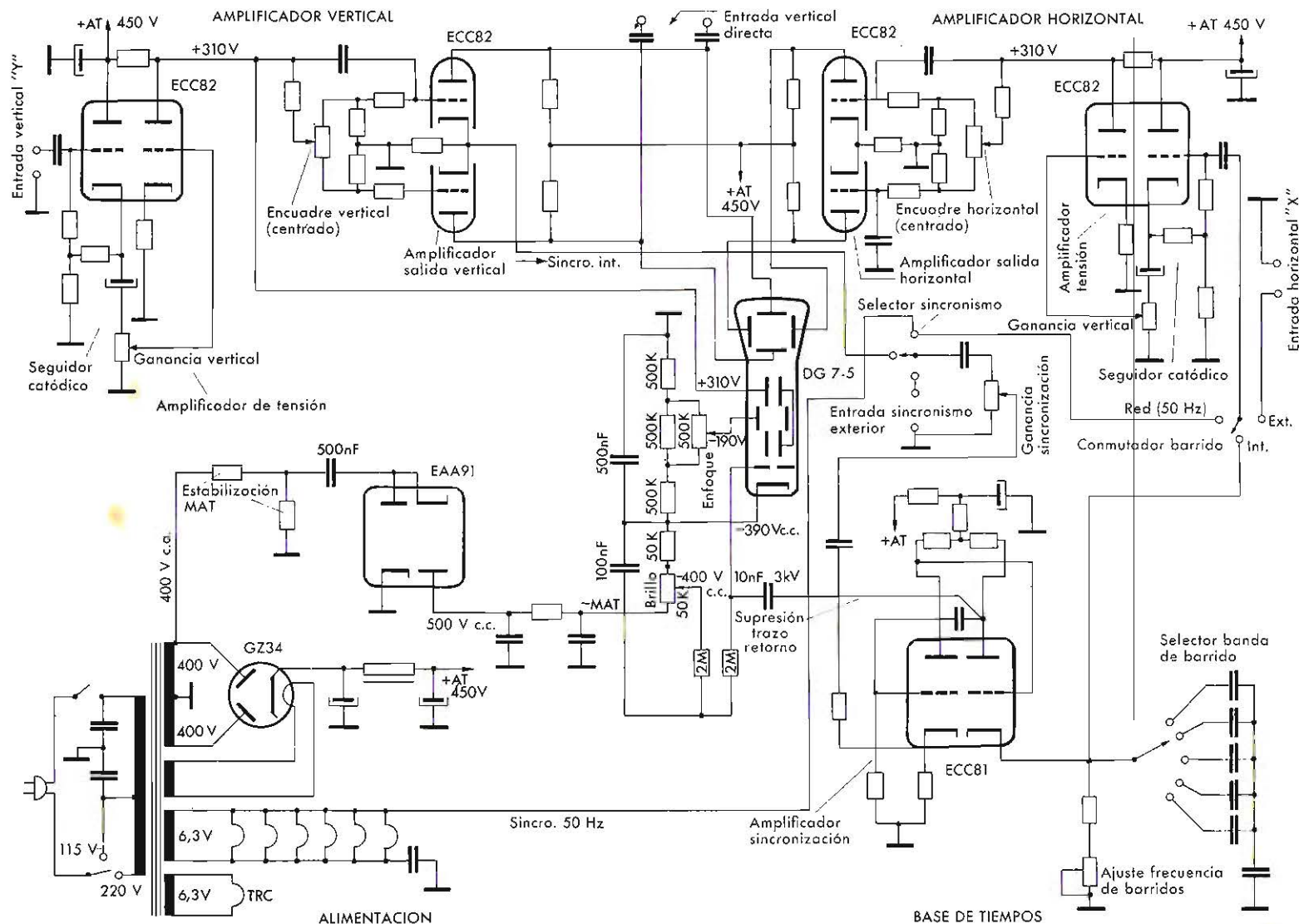


Figura 61. — OSCILOSCOPIO "C".

- Desviación: Simétrica
- Núm. de válvulas: 7 + TRC
- Base de tiempos:
 - Tipo: Multivibrador
 - Banda cubierta: 3 H, a 25 kH, en 5 escalas

- Amplificador horizontal:
 - Entrada exterior
 - Banda cubierta: 1 H, a 200 kH,
 - Sensibilidad: 100 mVef/cm
- Amplificador vertical:
 - Entrada exterior con seguidor catódico
 - Atenuador progresivo

- Salida contrafase
- Banda cubierta: 1 H, a 200 kH,
- Sensibilidad: 12 mVef/cm
- Sincronización:
 - Interna - Externa - Red (50 H_s)
 - Amplificador sincronismos
 - Entrada sincronismo exterior

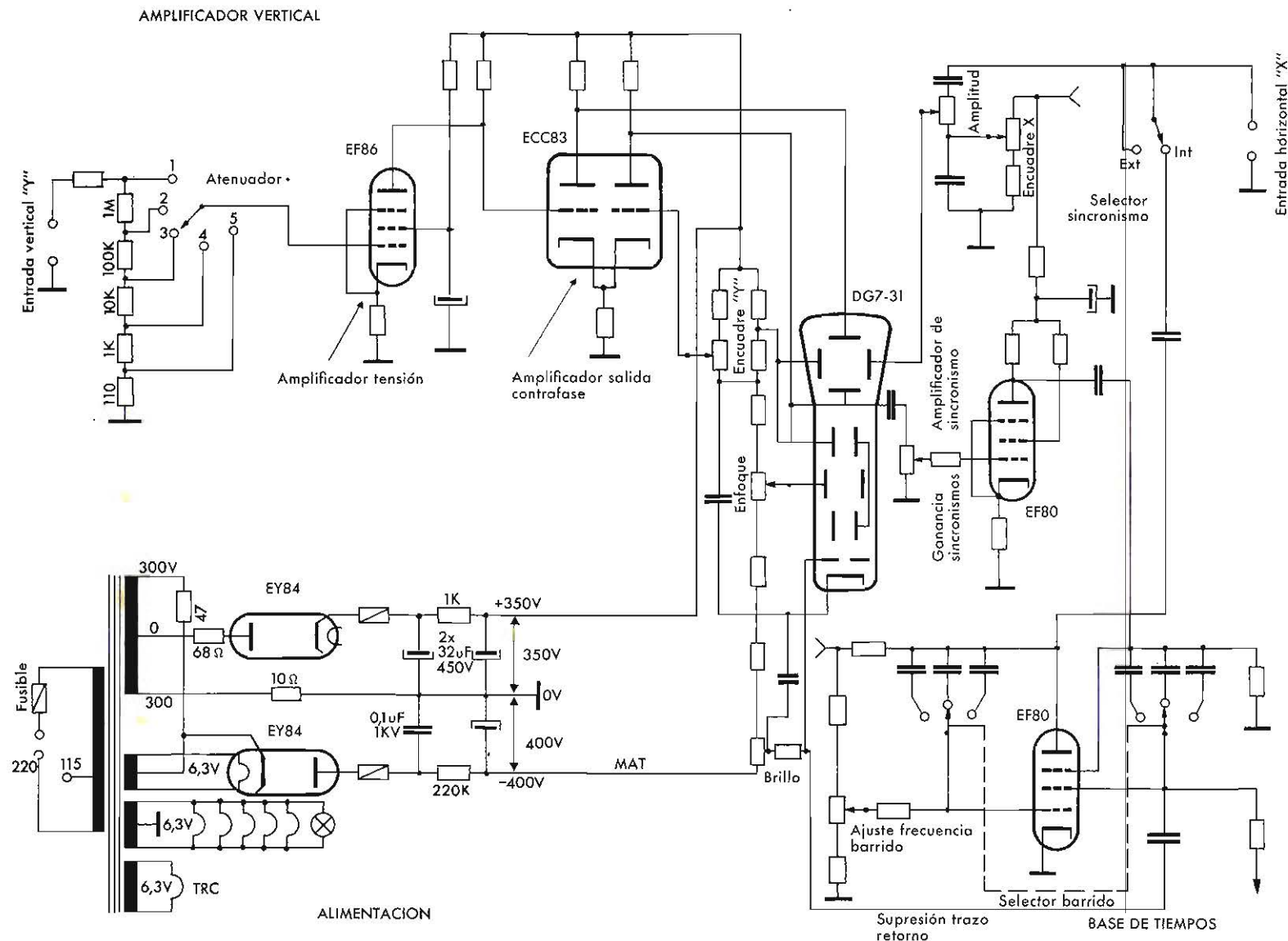


Figura 62. — OSCILOSCOPIO "D".

- Desviación: Simétrica
- Núm. de válvulas: 6 + TRC
- Base de tiempos:
 - Tipo: Integrador de Miller
 - Banda cubierta: 12 Hz a 20 kHz, en 3 escalas

- Dispositivo de supresión del haz de retorno
- Entrada horizontal exterior (sin amplificación)
- Amplificador vertical:
 - Atenuador de 1-10-100-1000-10.0000
 - Salida contrafase

- Banda cubierta: hasta 20 kHz
- Sensibilidad: 10 mVef/cm
- Sincronización:
 - Interna y externa
 - Amplificador sincronismos

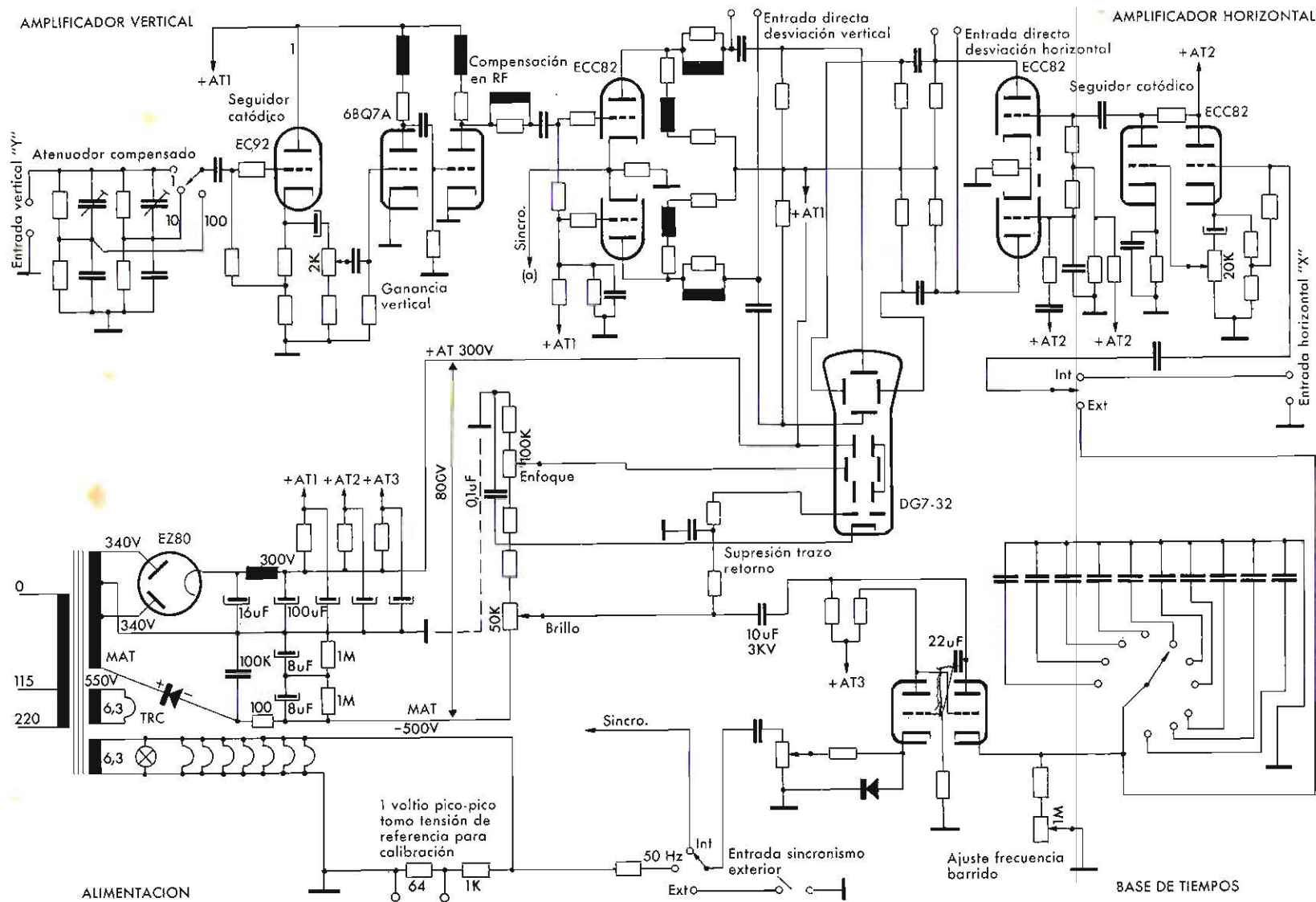


Figura 63. — OSCILOSCOPIO "E".

- Desviación: Simétrica
- Núm. de válvulas: 7 + Rect. MAT + TRC
- Base de tiempos:
 - Tipo: Multivibrador Puckle
 - Banda cubierta: 4 Hz a 400 kHz, en 10 escalas
 - Supresión trazo retorno
- Amplificador horizontal:

Entrada exterior
Seguidor catódico
Amplificador de tensión
Salida en contrafase
Banda cubierta: 8 Hz a 600 kHz,
Sensibilidad: 200 mVef/cm
— Amplificador vertical:
Atenuador compensado de 1-10-100

Seguidor catódico
Amplificador tensión
Salida en contrafase
Compensación de BF y de RF
Banda cubierta: 8 Hz a 3,5 MHz,
Sensibilidad: 10 mVef/cm
Sincronización: Interna - Externa - Red (50 Hz)
Toma de tensión de referencia para calibración

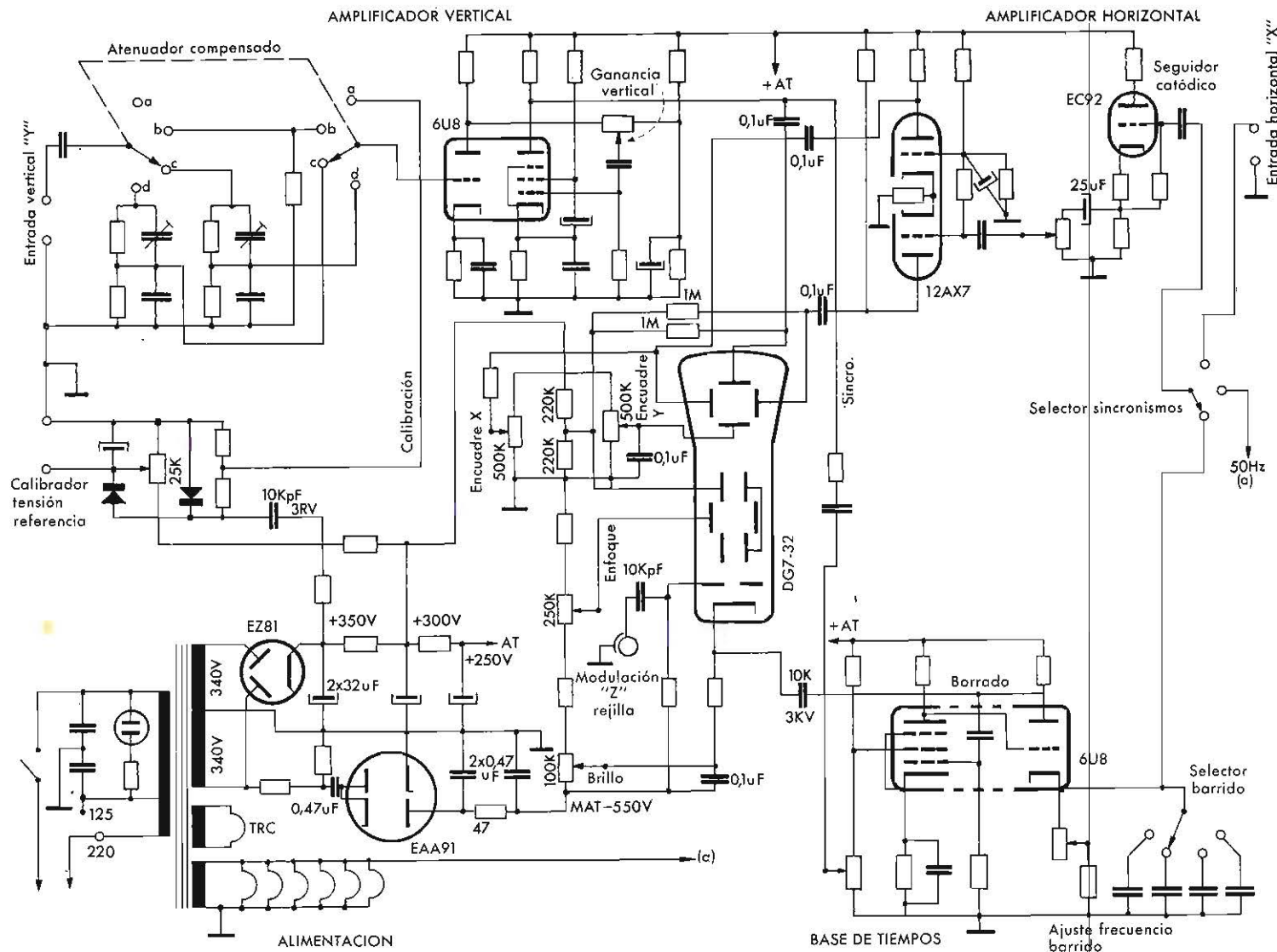


Figura 64. — OSCILOSCOPIO "F".

— Desviación: Asimétrica (vertical)

— Núm. de válvulas: 6 + TRC

— Base de tiempos:

Tipo: Multivibrador

Banda cubierta: 8 Hz, a 50 kHz, en 4 escalas

Supresión trazo retorno

— Amplificador horizontal:

Entrada exterior

Seguidor catódico

Salida contrafase

Banda cubierta: 8 Hz, a 500 kHz,

Sensibilidad: 200 mVef/cm

— Amplificador vertical:

Atenuador compensado de 1-10-100

Amplificador tensión y salida

Banda cubierta: 10 Hz, a 1 MHz,

Sensibilidad: 30 mVef/cm

— Sincronización: Interna - Externa - Red (50 Hz)

— Calibración por toma y dispositivo conmutable

con el atenuador compensado vertical

— Entrada para modulación externa de rejilla

EMPLEO DEL OSCILOSCOPIO

La figura 65 muestra el panel de mandos delantero de un osciloscopio que podemos considerar básico, puesto que las diferencias que pueden existir con respecto a los de otras marcas son tan sólo de presentación o detalle, o se deben al mayor o menor perfeccionamiento del aparato. Aparte de los mandos, el osciloscopio está provisto de las tomas de entrada correspondientes y de otros dispositivos auxiliares de menos importancia, como el conmutador de cambio de tensiones 125/220 V, etc.

Entre los mandos propiamente dichos cabe señalar los siguientes:

GENERALES

- Interruptor.
- Enfoque (o foco).
- Brillo (o luminosidad).

DE BARRIDO

- Selector sincronismo Int-Red 50 ciclos Ext.
- Ganancia sincronismo, para intensidad de sincronización.
- Selector de barrido (gama de frecuencias de barrido).
- Ajuste de frecuencia barrido (dentro de la gama seleccionada).

DE DESVIACIÓN HORIZONTAL

- Ganancia X (o H), para la amplitud o expansión de la imagen en el sentido horizontal.
- Encuadre X (o H), para el centrado de la imagen en el sentido horizontal.

DE DESVIACIÓN VERTICAL

- Ganancia Y (o V), para el ajuste de la amplitud vertical de la imagen.
- Atenuador (Y o V), para la selección de un tamaño general de imagen que pueda ajustarse dentro de las dimensiones de la pantalla.
- Encuadre Y (o V), para el centrado de la imagen en el sentido del eje vertical de la pantalla.

Puesta en marcha

Antes de conectar el aparato, la primera precaución es verificar que la tensión de la red corresponde con la para la que está preparado el os-

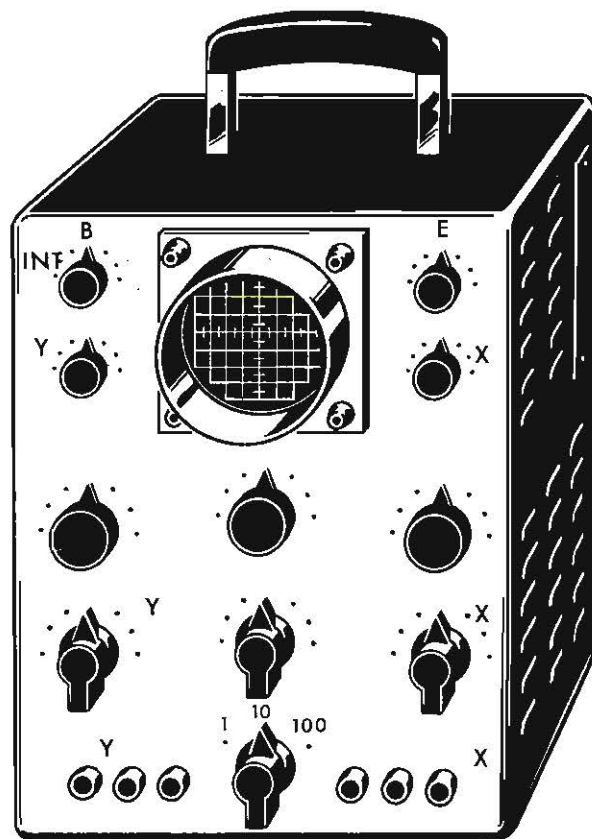


Figura 65. — Panel de mandos de un osciloscopio de servicio típico.

ciloscopio. A continuación, con el aparato aún desconectado, se gira el mando de luminosidad hacia el máximo, el de enfoque hacia la mitad de su recorrido, el selector de sincronismo en «interno» y el selector de barrido y su ajuste de frecuencia en una de valor bajo (unos 50 ciclos).

Después de estas operaciones preliminares se conecta el aparato. Al cabo de algunos segundos, cuando aparece en la pantalla un punto o trazo luminoso, conviene reducir el mando del brillo al mínimo visible para no agotar prematuramente la capa de material fosforescente del tubo.

Se observa el trazo luminoso en la pantalla y se centra debidamente por medio de los mandos de encuadre X e Y. Si el trazo horizontal rebasa los límites de la pantalla se reduce en consecuencia la longitud del trazo por medio del mando de ganancia X para procurar el debido encuadre.

Entonces se procede al buen enfoque del trazo, regulando el mando correspondiente de forma que se obtenga un trazo nítido y bien delimitado.

ADVERTENCIA. En general, debe evitarse mantener inmóvil en la pantalla el punto luminoso para no producir la quemadura iónica de aquélla. Una

vez preparado el osciloscopio como se ha indicado, se reduce al mínimo el brillo mientras no se inyecte ninguna señal a la entrada del aparato, en cuyo momento se puede aumentar el brillo hasta hacer visible la imagen, sin ningún peligro, puesto que toda imagen que no sea un punto estacionario está producida por un haz en continuo movimiento.

Observación de los oscilogramas

En cuanto se inyecta una señal al osciloscopio, las operaciones generales a efectuar son:

- Aplicar la señal por medio del cable o sonda a la entrada (y en otras ocasiones a la entrada X exterior o a la de modulación).
- Situar el selector de barrido en una gama de frecuencias que conozcamos o creamos que corresponde a la de la frecuencia de la señal inyectada.
- Inmovilizar la imagen ajustando los mandos de la frecuencia de barrido y de ganancia de sincronismo.
- Ajustar la amplitud vertical (altura) de la imagen, para obtener una visión cómoda, regulando el mando de ganancia Y. Si no se lograra, porque la imagen queda poco alta o es mayor que la altura de la pantalla, se busca la posición del atenuador con que se consiga el ajuste

de la amplitud vertical. Recuérdese que para una pantalla normal de 7,5 cm (3 pulgadas) se consigue una observación cómoda de los oscilogramas cuando tienen una altura de cuatro o cinco centímetros.

Esta regulación se obtiene con facilidad colocando el mando de ganancia en el máximo y el atenuador en la posición de máxima atenuación que dé una altura correcta del oscilograma. Si el atenuador se halla en posición de menor atenuación de entrada y el mando de ganancia en mínima sensibilidad pueden obtenerse oscilogramas distorsionados, deformados o incompletos.

Por otra parte, para la visión clara de los oscilogramas conviene que el barrido de la base de tiempos esté en sincronismo con las variaciones periódicas (frecuencia) de la señal de entrada. Si la frecuencia de la señal es doble o triple de la de barrido, aparecen en la pantalla dos o tres ciclos de la señal. (A veces esto puede ser interesante, pero otras veces se verá con mayor detalle si aparece un solo ciclo —misma frecuencia de barrido que la de la señal—). Lo que no conviene es que la frecuencia de barrido sea inferior a la de la señal, ya que entonces el oscilograma del ciclo aparece incompleto, cortado e incluso con zonas superpuestas. Al propio tiempo, conviene no aplicar más sincronización de la necesaria, para evitar distorsiones.

APLICACIONES DEL OSCILOSCOPIO

Las aplicaciones del osciloscopio son numerosísimas en todos los campos de la técnica. En este capítulo resumiremos algunas, pero debe quedar bien patente que puede utilizarse para muchísimas otras. Nos limitaremos a describir las aplicaciones básicas en el campo de la electrónica, de forma que puedan servir de guía para deducir todas aquellas otras aplicaciones imaginando la conexión y el captador adecuados.

Omitimos las aplicaciones específicas de la televisión, que describiremos en detalle en las lecciones dedicadas al ajuste y control de los televisores y a la localización de sus averías.

De todas formas, trátase de la electrónica o de cualquier otra rama de la industria o de la ciencia, siempre debe tenerse presente que *el osciloscopio es un instrumento muy sensible a la tensión*. Constituye un voltímetro de alta impedancia, y en consecuencia puede analizar con precisión cualquier fenómeno que pueda transformarse en tensión (o en variaciones de tensión) por medio de captadores o convertidores adecuados: mi-

crofonos para los fenómenos acústicos, termopares para los térmicos, fotocélulas para los luminosos, etc.

Por ello, en base a la perfecta comprensión de las posibilidades de este magnífico instrumento que es el osciloscopio, podrá imaginar sin problemas fundamentales y con mucha lógica el análisis especializado de cualquier fenómeno lo cual debe complementar consultando la información técnica al respecto y la extensa bibliografía sobre este instrumento.

1. Medición de tensiones continuas

El osciloscopio es en esencia un voltímetro de alta impedancia, y por ello muy adecuado para la medición de tensiones.

Las operaciones a realizar son:

- Calibrar el osciloscopio; es decir, conocer el grado de desviación o la tensión necesaria para provocar la desviación de 1 cm en la pantalla

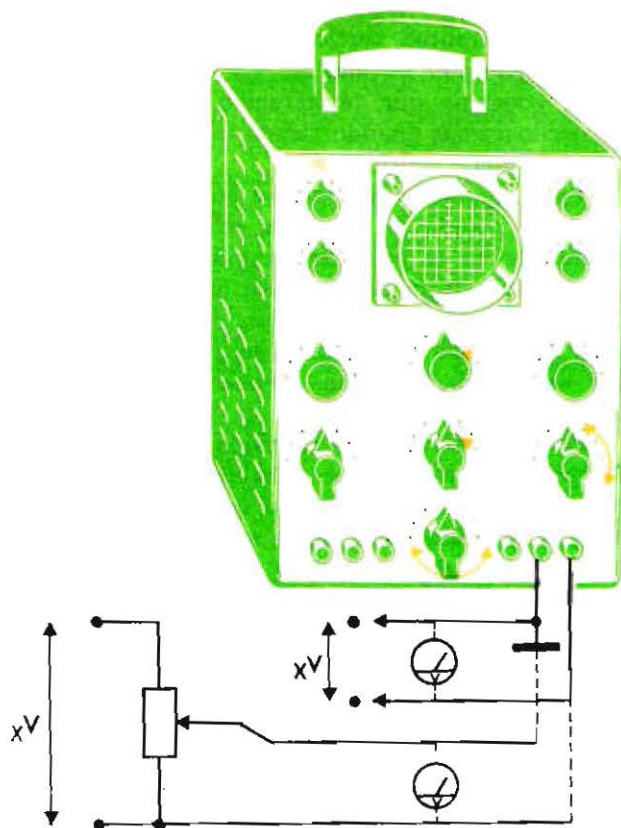


Figura 66. — Medida de tensiones continuas.

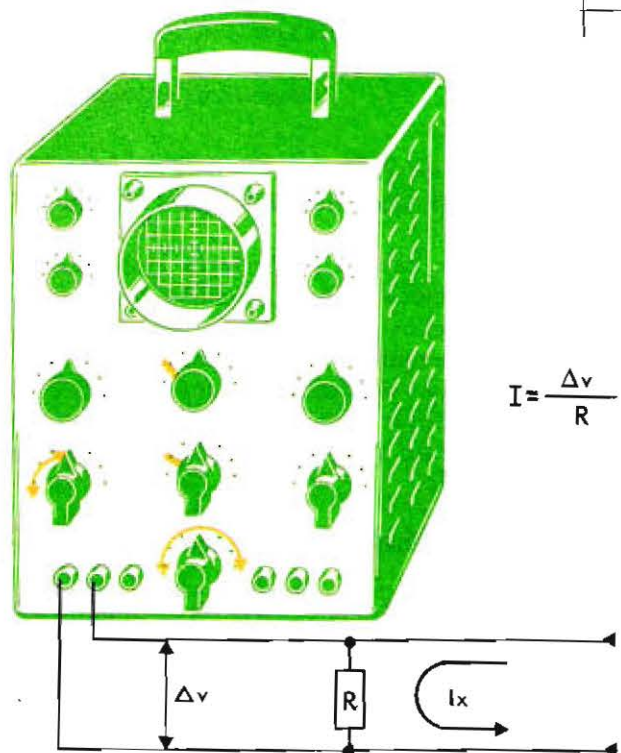
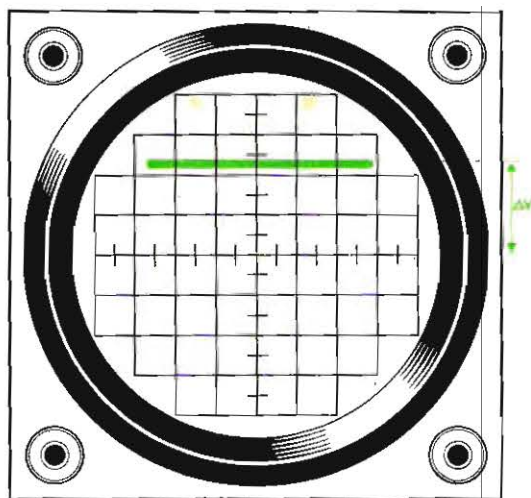
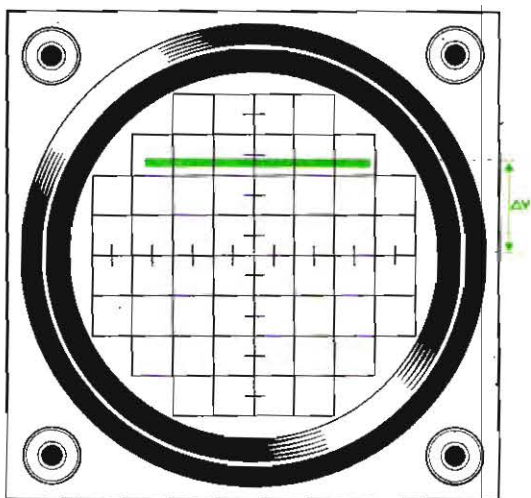


Figura 67. — Medida de corrientes continuas.



(V/cm). Conocer el grado de atenuación de cada posición del selector atenuador de entrada (1, 10, 100 veces, etc.) y del mando de ganancia vertical Y.

- Situar el barrido a un valor bajo (unos 50 ciclos) y el sincronismo en *interno*.
- Aplicar la tensión directamente a la entrada, si la máxima desviación en la pantalla lo hace posible; en caso contrario, emplear un divisor de tensión potenciométrico (calibrado).
- Puede intercalarse un voltímetro en paralelo (con fines comparativos o informativos).



2. Medición de corrientes continuas

- Colocar una resistencia en paralelo con el circuito recorrido por la corriente y aplicar los terminales de dicha resistencia a la entrada vertical Y. De hecho, el osciloscopio mide la caída de tensión en la resistencia ($V = I \times R$).
- Operar en igual forma que en el caso 1.
- Reducir el valor de I aplicando la ley de Ohm.

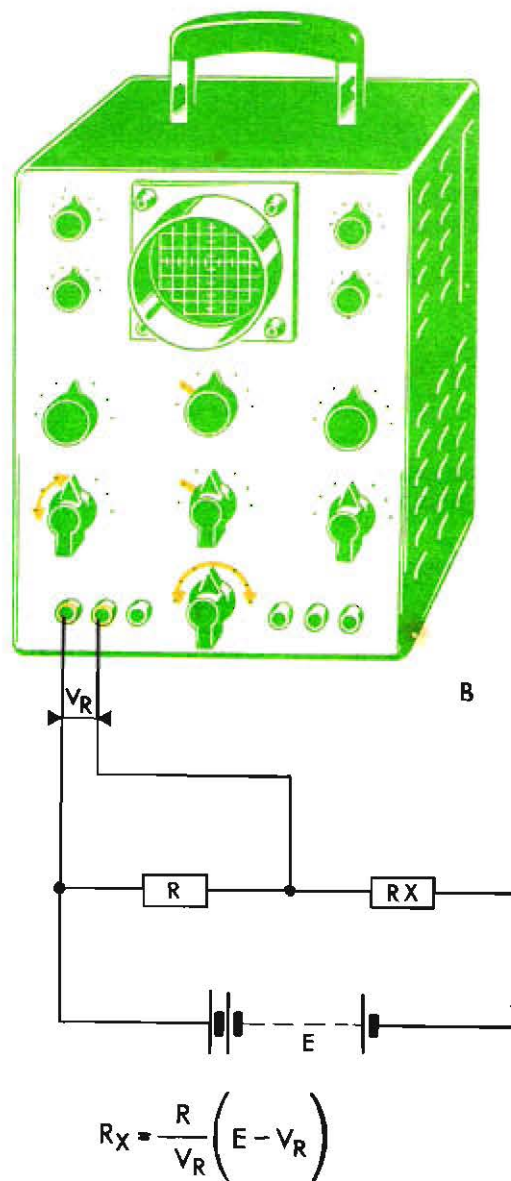
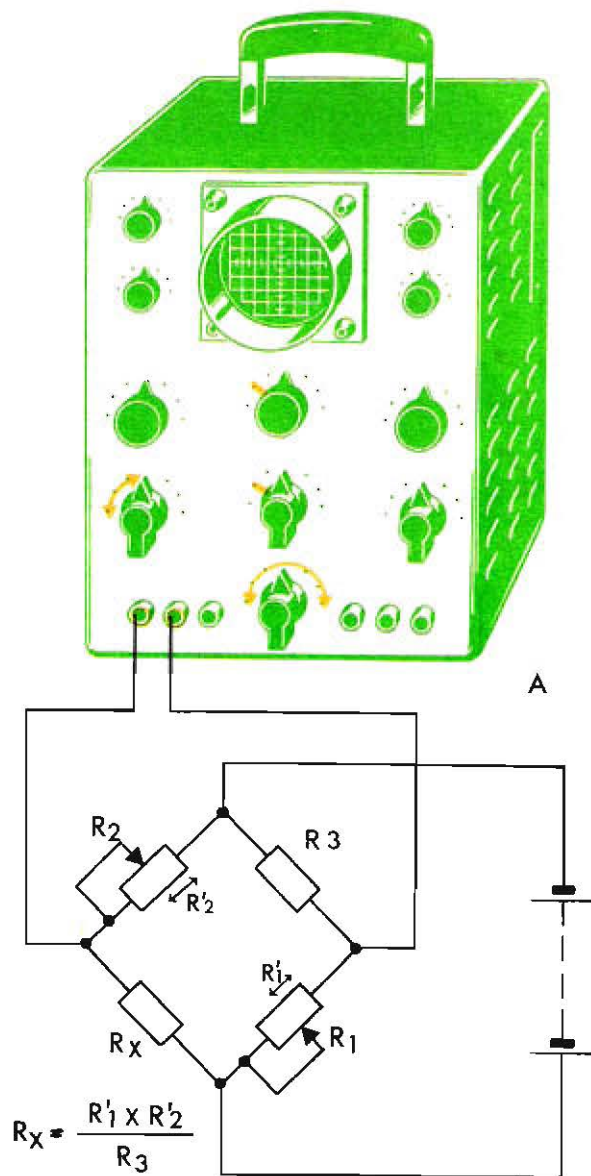


Figura 68. — Medida de resistencias: A) por el método del puente; B) por el método directo.

3. Medición de resistencias

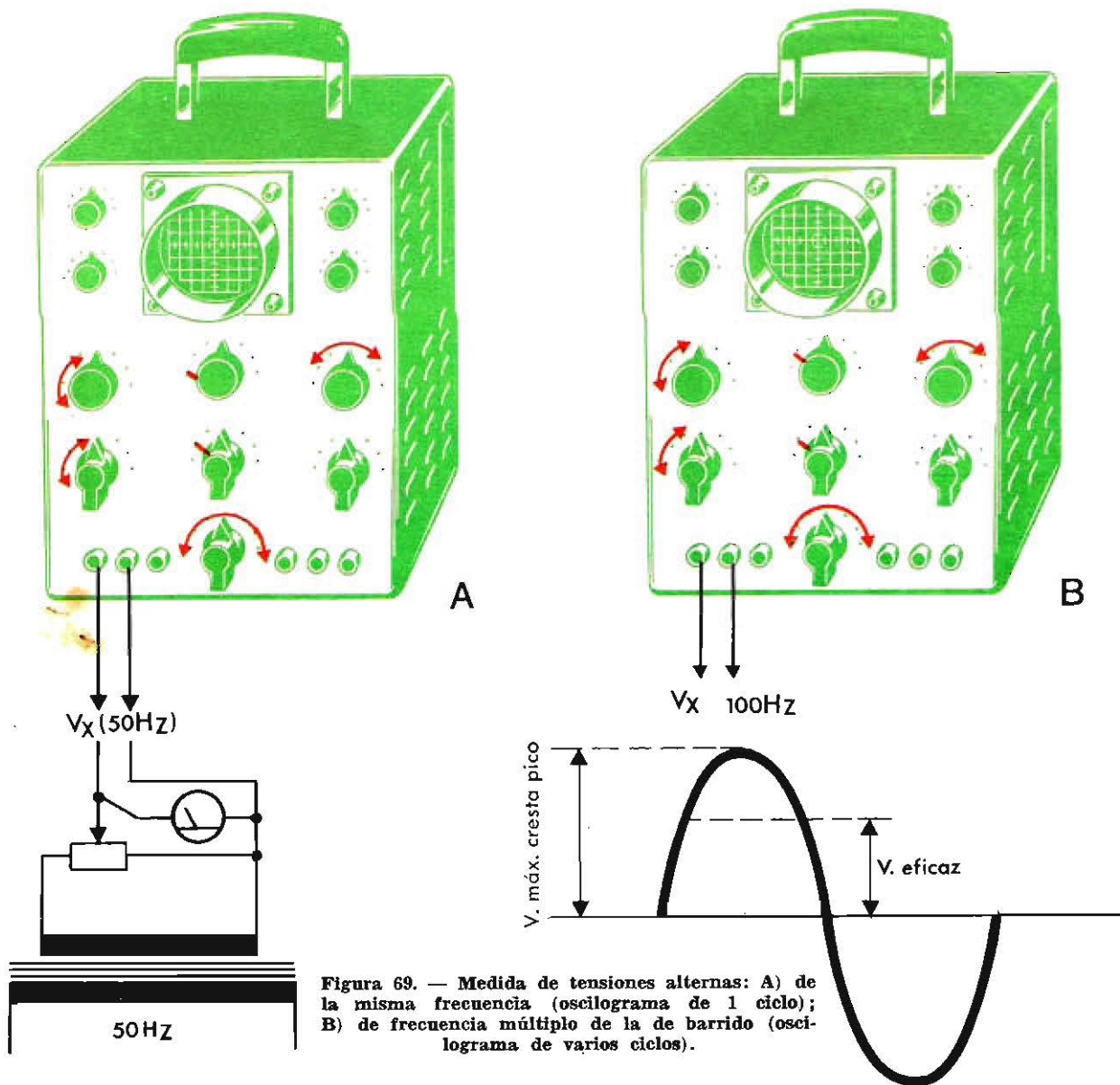
a) MÉTODO DEL PUENTE

- Ajustar el osciloscopio de forma que, en ausencia de señal, el punto o el trazo se halle en el centro o eje X de referencia.
- Utilizar un montaje en puente.
- Ajustar las resistencias variables R_1 y R_2 hasta que el punto o el trazo se sitúe en el centro de la pantalla.
- Calcular el valor de R_X a partir de la fórmula del puente de resistencias.

b) MÉTODO DIRECTO

- Utilizar un divisor de tensión que está formado por la resistencia desconocida R_X y otra conocida R .
- Medir la caída de tensión en la resistencia conocida.
- Calcular R_X a partir de las caídas de tensión en el divisor.

NOTA. Para la realización de las mediciones, en el método a) deben elegirse los valores de R_1 , R_2 y R_3 ; en el método b), los de E y R .



4. Medición de tensiones alternas

- Colocar el selector de barrido en una frecuencia similar a la de la tensión a medir. Si se ajusta la frecuencia de barrido a la de la señal se obtiene un solo ciclo (a 50 ciclos una sinusoide simple). Empleando una frecuencia de barrido varias veces inferior se tienen tantos ciclos como veces sea superior la frecuencia de la señal a la de barrido.
- Estabilizar la imagen por medio del sincronismo.
- Si la frecuencia de la señal a medir es muy elevada en relación con las posibilidades del osciloscopio, se presentan distorsiones debidas al amplificador; puede ser preferible aplicarla

directamente a los bornes exteriores de las placas desviadoras verticales.

- En la medición de tensiones alternas debe tenerse en cuenta que se observan valores máximos o de cresta. Si para la calibración se ha tomado una tensión alterna cuyo **valor eficaz** se conoce, la proporción de alturas da el valor eficaz de las tensiones medidas. Si el calibrado se ha efectuado con valores de cresta o de pico, la proporción de alturas da **valores máximos** (de cresta o de pico) y habrá que deducir los valores eficaces.

El valor eficaz depende de la forma de onda; en el caso de la sinusoide,

$$V_{\text{ef}} = \frac{V_{\text{máx}}}{T\sqrt{2}} = \frac{V_{\text{máx}}}{1,41}$$

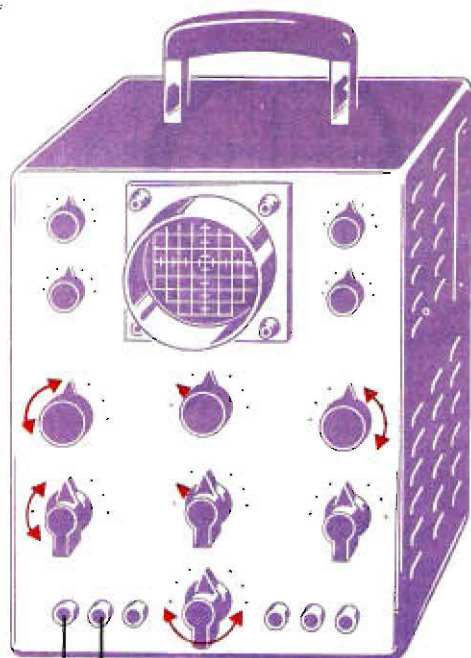


Figura 70. — Medida de corrientes alternas.

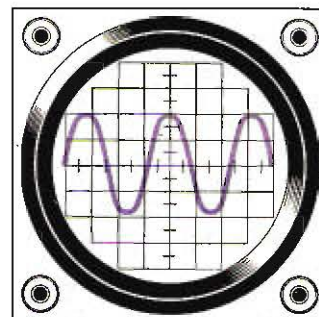
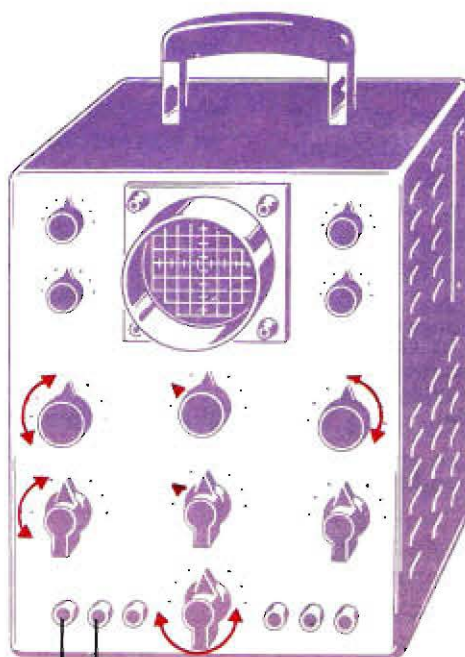
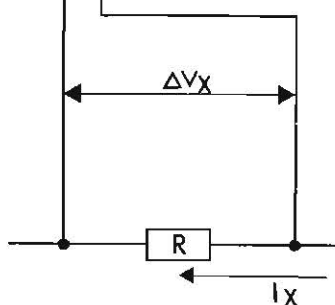
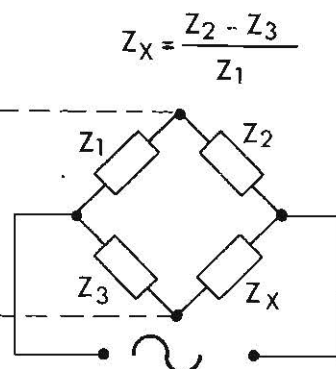
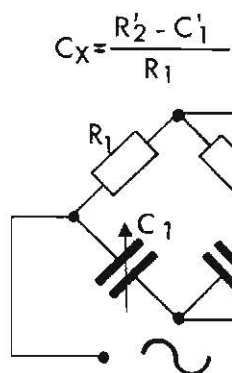


Figura 71. — Medida de de reactancias: A) capacidades; B) inductancias o impedancias.



5. Medición de corrientes alternas

- Se utiliza el mismo montaje que para la medición de corrientes continuas (2), pero regulando el osciloscopio según lo indicado para las tensiones alternas y teniendo en cuenta las mismas consideraciones que para éstas (4).

6. Medición de reactancias

- Se ajusta a referencia cero el punto o trazo del osciloscopio.
- Se utiliza el método del puente, aunque en corriente alterna, y se opera según lo indicado en 3 (a), ajustando a referencia 0 el puente:
 - a) Medición de capacidades, por el método del puente de capacidades.
 - b) Medición de inductancias, por el método del puente de impedancias.

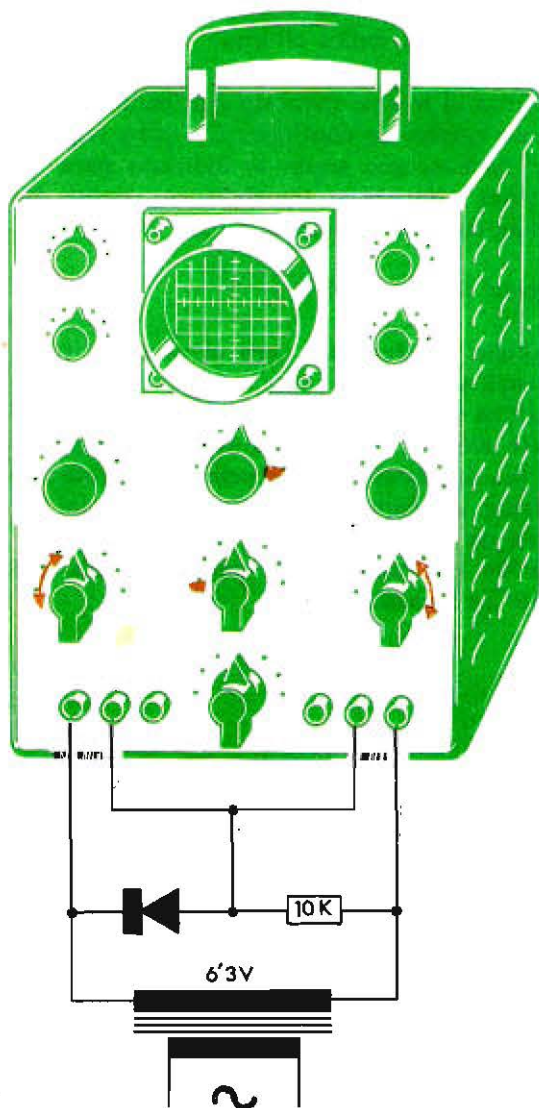
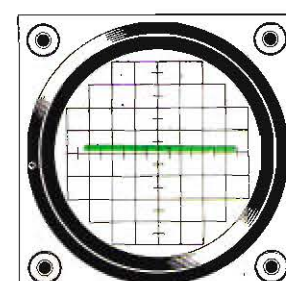
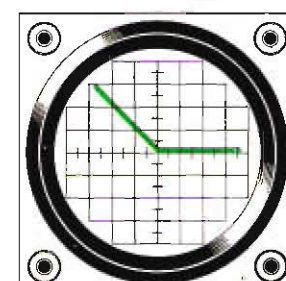
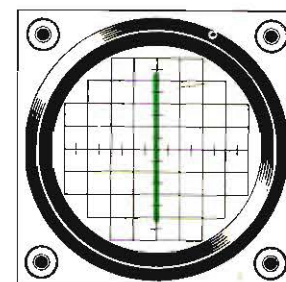
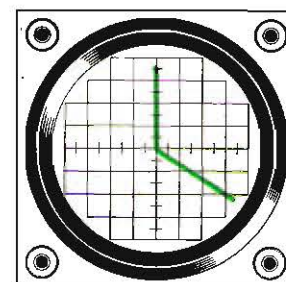
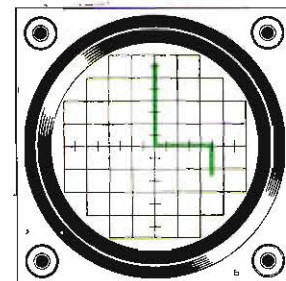
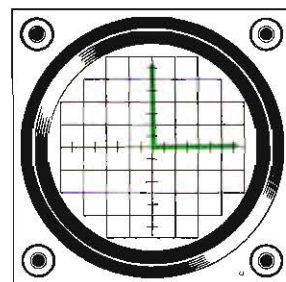


Figura 72. — Análisis de diodos semiconductores
 A) diodo bueno; B) diodo Zener; C) diodo con fugas en sentido inverso; D) diodo cruzado; E) diodo con excesiva resistencia en sentido directo; F) diodo abierto (cortado).



7. Comprobación de diodos semiconductores

- Disponiendo un montaje divisor de tensión, alimentado con corriente alterna, formado por el diodo a analizar y una resistencia dada, alimentado con corriente alterna, se aplica la diferencia de tensión en los terminales del diodo a la entrada X (horizontal) del osciloscopio, y la diferencia en extremos de la resistencia a la entrada Y.
- El selector de barrido se dispondrá en *externo*.
- Según sea la imagen que aparezca en la pantalla, indica si el diodo está en buenas condiciones, si está cruzado o abierto, si presenta fugas en sentido inverso o una resistencia excesiva en directo, o bien si es del tipo Zener.

8. Visualización de curvas características de válvulas Y de transistores

El osciloscopio es un instrumento muy adecuado para observar directamente en la pantalla las curvas características I_a/V_g y I_a/V_a de las válvulas, o las I_c/V_{ce} y I_c/I_b de los transistores, sin necesidad de proceder a su trazado gráfico.

Sin embargo, como se trata de una aplicación que no es típica del servicio, sino del laboratorio, no nos extenderemos en ella.

9. Medición de la frecuencia

a) CON BASE DE TIEMPO CALIBRADA

- Se aplica la señal a la entrada vertical.
- Se ajusta el barrido hasta conseguir en la pantalla un solo ciclo de la señal.
- Leer en el selector de barrido la frecuencia en que se ha logrado delimitar un ciclo.

Este principio de medición se basa en que el número de ciclos que aparece en la pantalla es el que corresponde al de veces que la frecuencia de la señal es superior a la de barrido. Si las dos frecuencias son iguales se logra un solo ciclo.

De ello también puede deducirse la frecuencia de la señal cuando se obtienen 2, 3 ó 4 ciclos, ya que entonces basta multiplicar por 2, 3 ó 4 la frecuencia que señala el conmutador de barrido en la posición en que esté.

b) CON CONMUTADOR ELECTRÓNICO

Consiste en aplicar la señal desconocida y otra de frecuencia conocida (de un generador de B.F.-R.F., por ejemplo) a las entradas del conmutador electrónico. La salida se aplica al osciloscopio, según se indica en la figura 73.

Basta con contar el número de ciclos de cada una de las señales que aparecen en la pantalla; la relación entre estos dos números de ciclos da la relación de frecuencias.

$$\frac{\text{Número de ciclos señal A}}{\text{Número de ciclos señal B}} = \frac{f A}{f B}$$

Si $f A$ es conocida y $f B$ desconocida:

$$f B = \frac{f A \times \text{n.º ciclos B}}{\text{n.º ciclos A}}$$

c) POR MEDIO DE LAS FIGURAS DE LISSAJOUX

- Aplicar la señal que se analiza a la entrada vertical Y del osciloscopio.

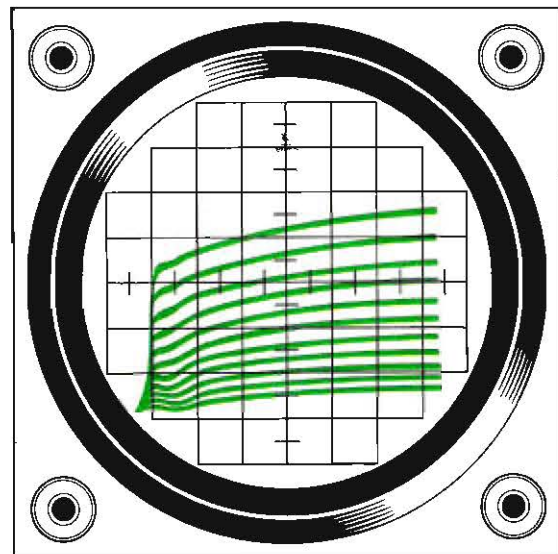


Figura 73. — Familia de curvas características I_a/V_a de un pentodo.

- Aplicar la señal de un generador de señales a la entrada horizontal X del osciloscopio.
- Colocar el selector de barrido en posición exterior.

- Variar la frecuencia del generador de señales hasta obtener una circunferencia o una elipse.

Cuando se consigne, la frecuencia desconocida de la señal es la misma que la que marca el generador de señales, si las dos señales aplicadas son sinusoidales.

Si con la gama de frecuencias del generador de señales no se logra la circunferencia o elipse —porque la frecuencia desconocida puede ser alguna de las que no generan el oscilador—, observando la imagen que se reproduce es posible deducir la relación de frecuencias entre las dos señales.

En efecto, si se encuadra imaginariamente la imagen en un cuadrado o rectángulo y se cuenta el número de puntos de tangencia o de contacto que establece la curva con un lado horizontal y con otro vertical, se obtiene la relación de frecuencias recién mencionada.

Las figuras de la tabla muestran algunas de las muchas combinaciones posibles. Conociendo la relación de puntos de tangencia y el valor de la frecuencia en que está trabajando el generador de señales, puede deducirse la frecuencia desconocida:

$$f \text{ desconocida} = f \text{ generador} \times$$

Puntos tangentes imaginarios lado horizontal

Puntos tangentes imaginarios lado vertical

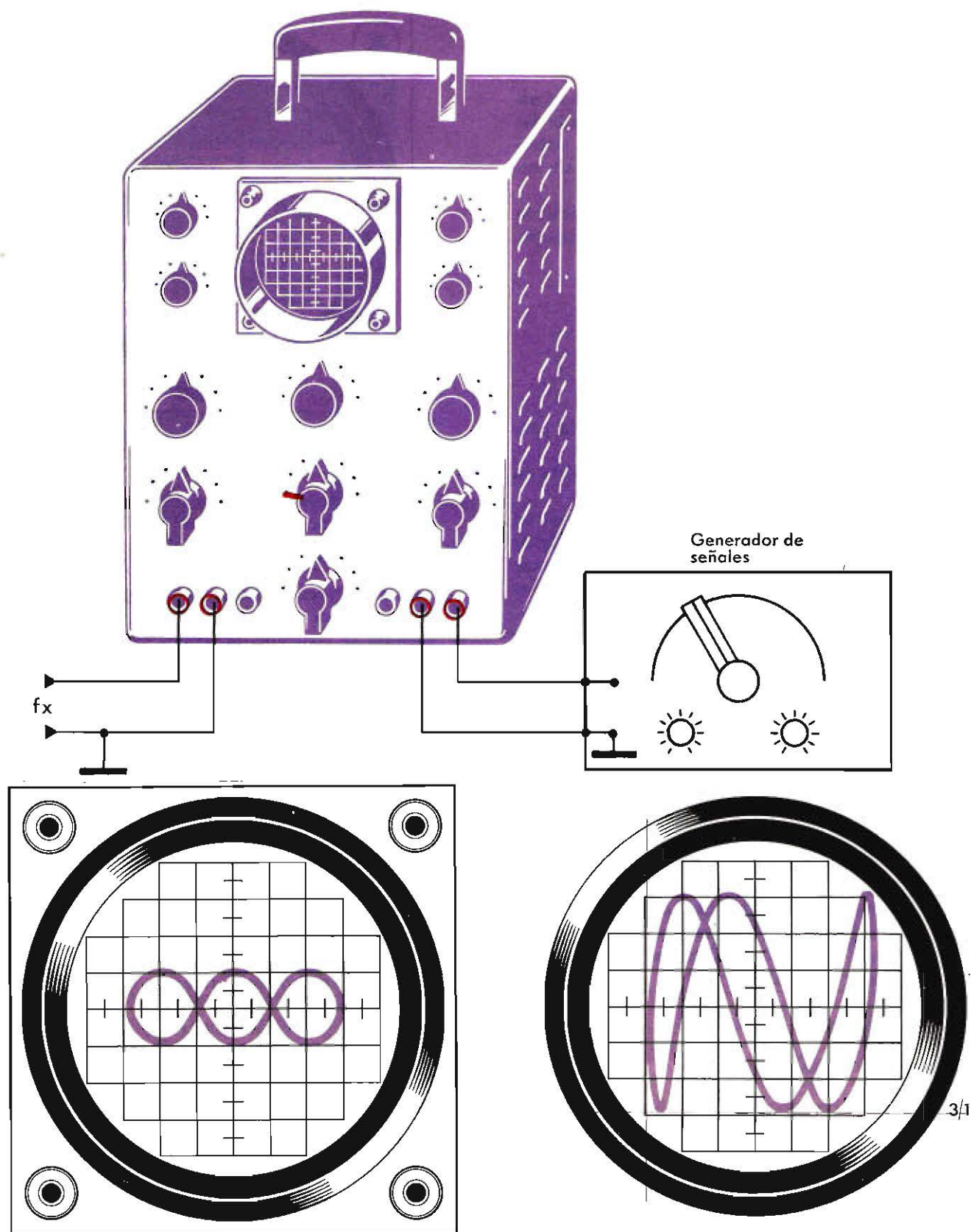


Figura 74. — Medida de la frecuencia por el método de las figuras de "Lissajous".

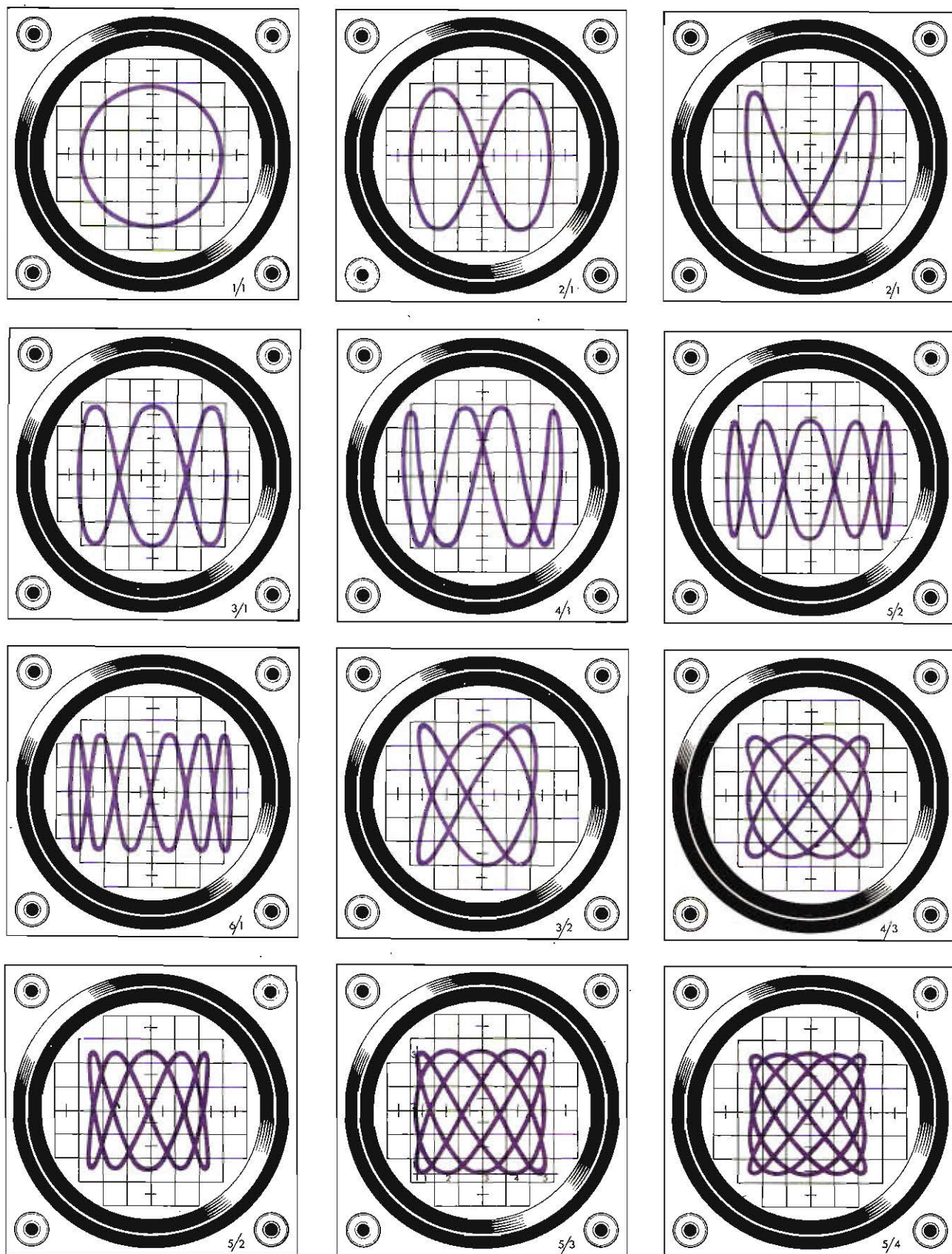


Figura 75. — Algunos ejemplos de figuras de "Lissajous".

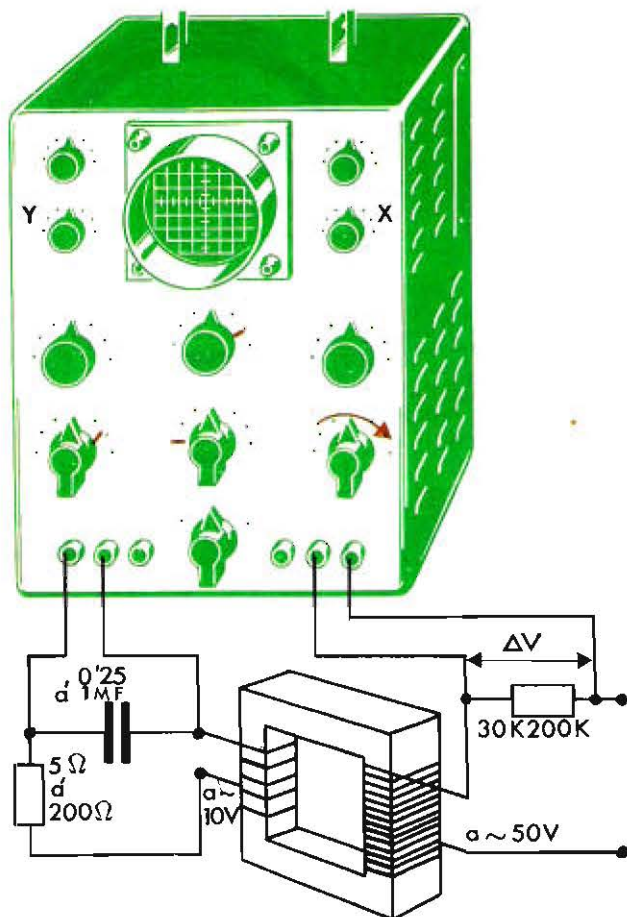


Figura 76. — Visualización del ciclo de histéresis (inducción magnética en función de la intensidad de campo).

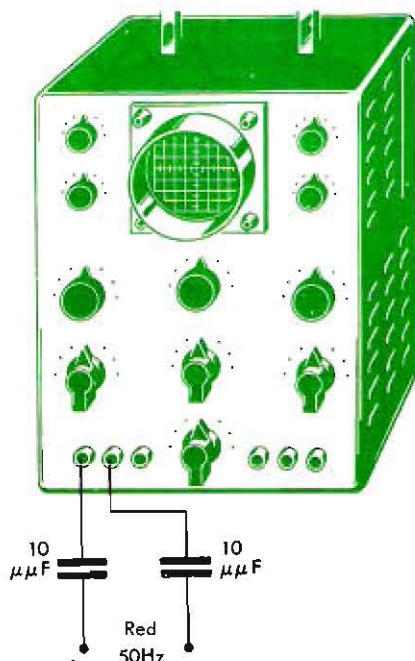
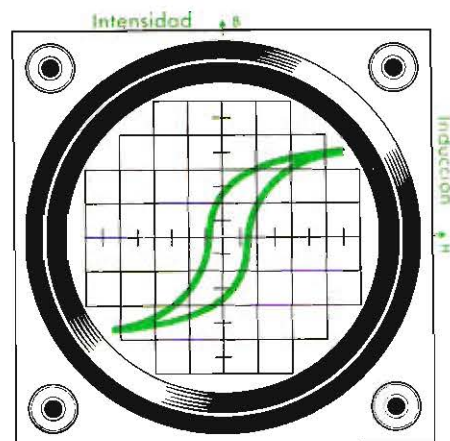


Figura 77. — Observación de los armónicos de la red.

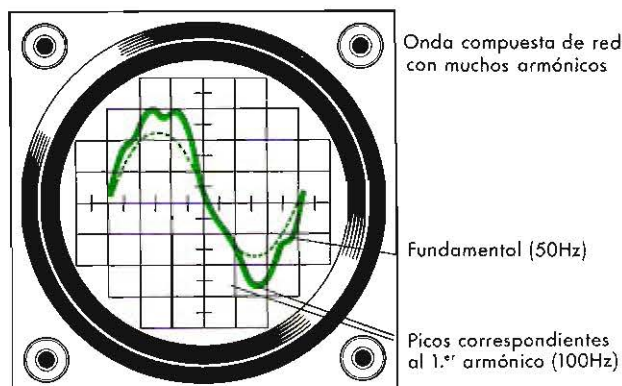


10. Visualización del ciclo de histéresis de los núcleos magnéticos
 - Situar el selector de barrido en *exterior*.
 - Conectar a las entradas vertical y horizontal un circuito del tipo indicado en la figura.
 - Alimentar el transformador a la frecuencia de 500 ciclos. (Se recomienda alimentar el circuito a esta frecuencia, pues en otras inferiores, por ejemplo 50 ciclos, pueden producirse distorsiones.)
 - Ajustar los controles de ganancia vertical y horizontal. Por lo general el horizontal debe estar al máximo, para obtener una figura analizable con facilidad.

NOTA. Téngase en cuenta que una de las conexiones a masa del osciloscopio es un polo de la alimentación. Por tanto, en el caso de la red, conviene determinar previamente el neutro para utilizarlo en dicha conexión.

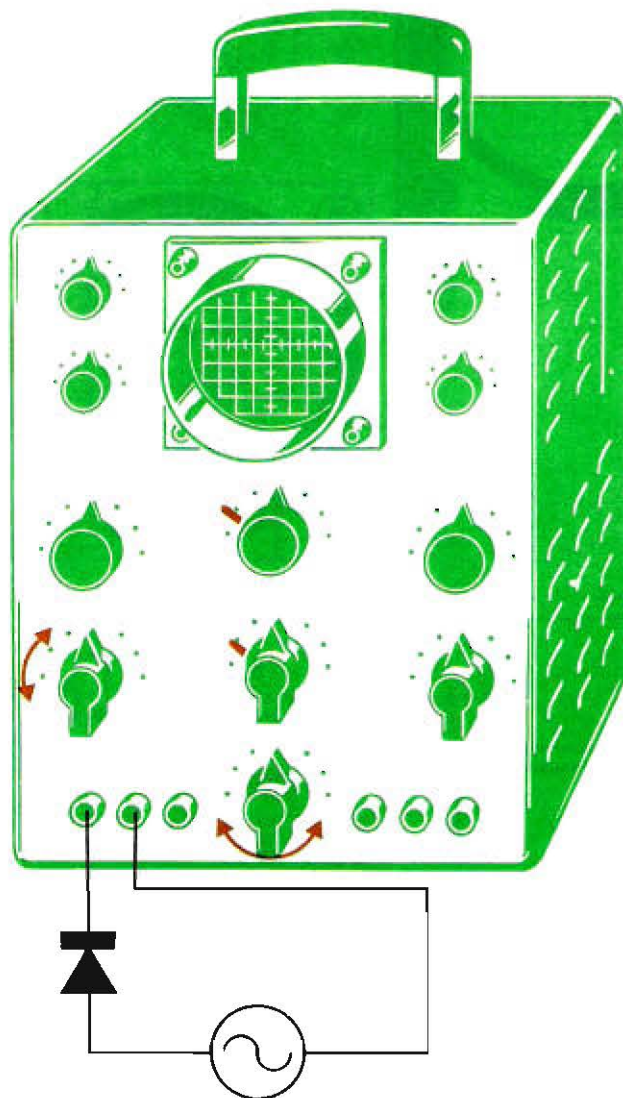
El ciclo de histéresis obtenido puede compararse con el de otro transformador o núcleo magnético, o con un patrón para observar sus cualidades relativas. Los trazos más o menos horizontales del ciclo corresponden a la zona de saturación magnética; la superficie comprendida dentro de la curva indica las pérdidas magnéticas que se producen en el núcleo.

11. Observación de los armónicos

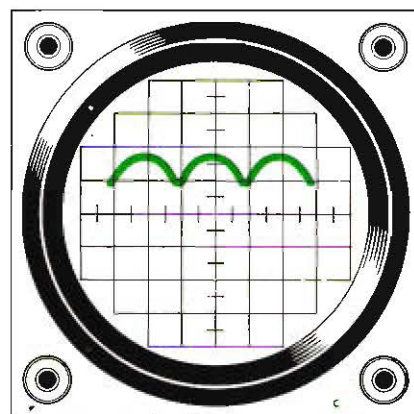
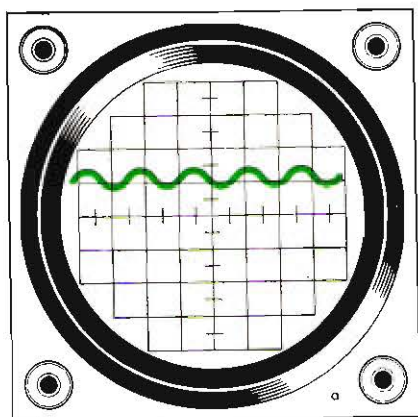
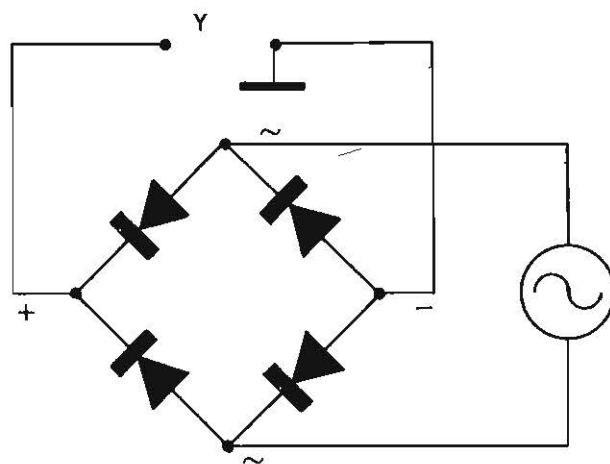
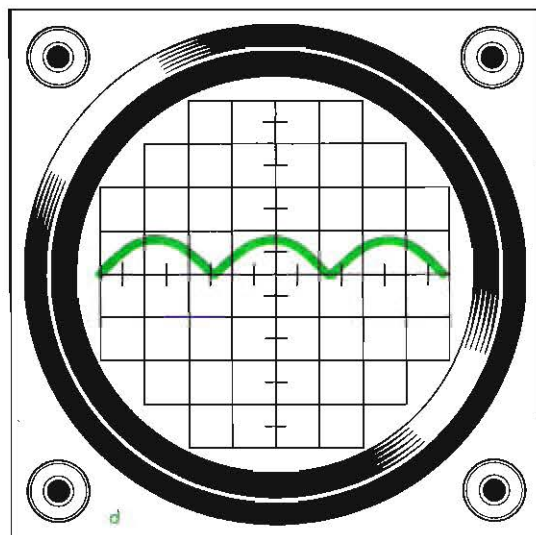


Por ejemplo, los armónicos de la frecuencia fundamental (50 ciclos) de la red.

— Se aplica la señal al **amplificador vertical**. Si es la red, a través de condensadores de suficiente tensión de ruptura.



NOTA. Recuérdese que los armónicos tienen una frecuencia múltiplo de la fundamental. En el caso de la red serían los de 100, 150, 200 ciclos, etc. El que existan en mayor o menor grado está dado por la amplitud de cada uno de ellos.



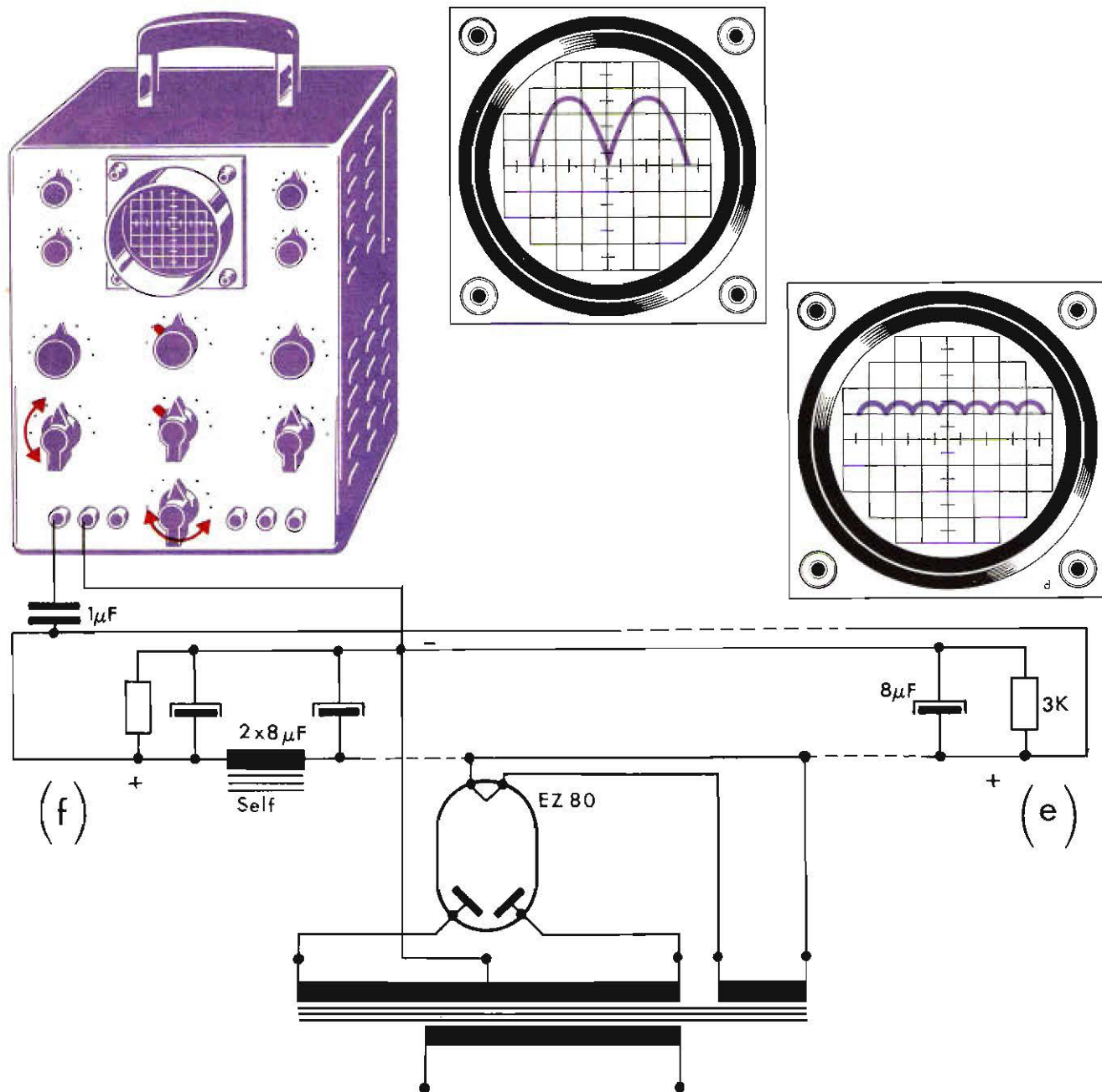


Figura 78. — Análisis de rectificadores: A) Monofásico media onda; B) Monofásico onda completa; C) Trifásico media onda; D) Trifásico onda completa; E) Influencia del primer condensador de filtro; F) Influencia de la unidad de filtro.

12. Análisis de rectificadores

Para el análisis de rectificadores se toma la tensión en los puntos que convenga —antes, en o después de las células de filtro—, y se observan en la pantalla las formas de onda para apreciar si se presentan irregularidades en la forma, las cuales denotarían defectos de funcionamiento en

el rectificador. Además, se puede medir la tensión obtenida en los puntos analizados.

— La tensión se aplica a la entrada vertical, con la precaución de intercalar unos condensadores si aquélla supera algunos (muy pocos) centenares de voltios.

— Debe cargarse el rectificador (por ejemplo, con una resistencia adecuada) para que no trabaje en vacío.

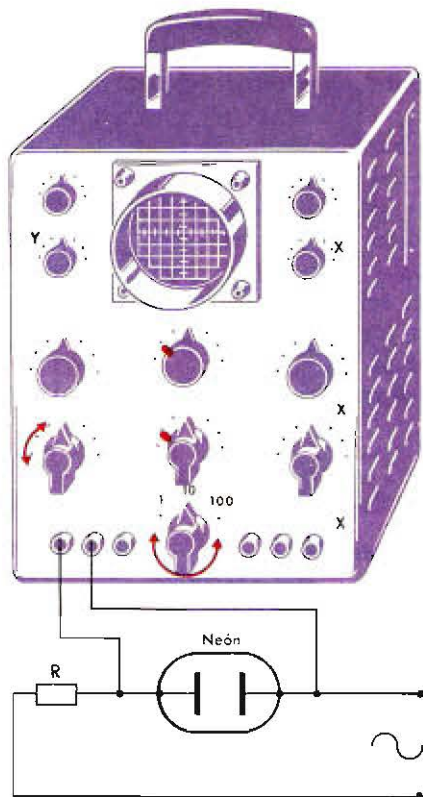
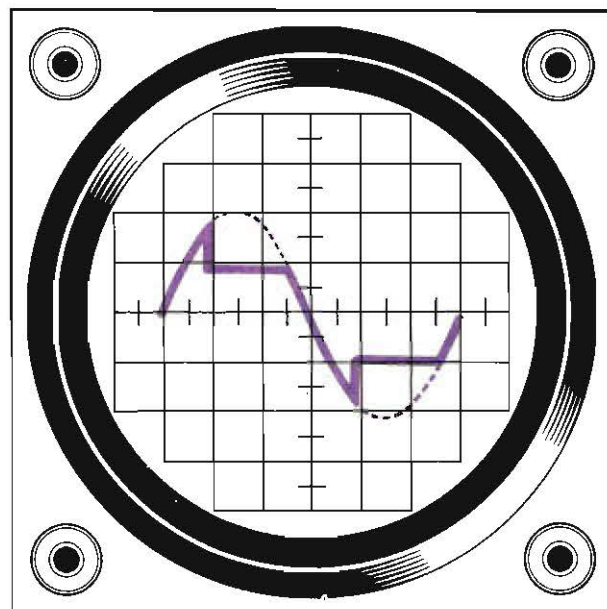


Figura 79. — Visualización de la tensión en bornes de una lamparita piloto de neón.



13. Descarga de una lamparita neón

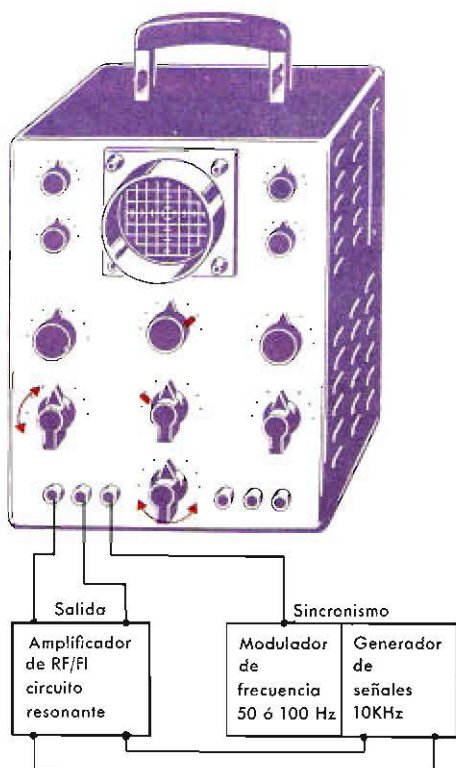
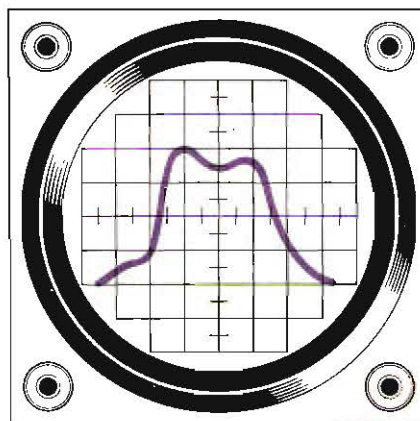
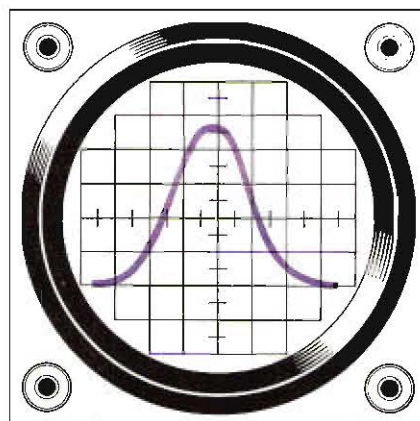


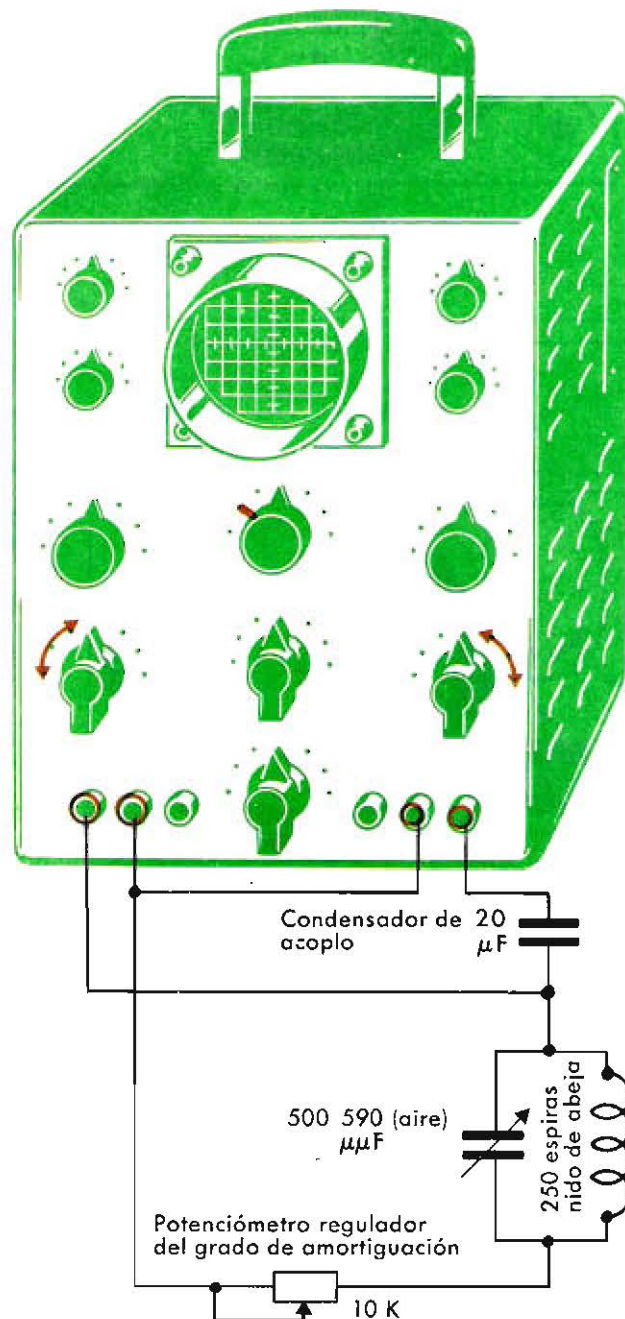
Figura 80. — Visualización de la curva de respuesta en frecuencia de un circuito RF o FL.



14. Visualización de curvas de resonancia o de selectividad

La visualización de la curva de respuesta (de resonancia o selectividad) de un circuito oscilante, resonante o canal de amplificación tiene importancia fundamental en electrónica en general y en televisión en particular.

Esta visualización puede conseguirse alimentando el circuito que se analiza con un generador de señales de frecuencia variable y amplitud constante (modulado en frecuencia, también llamado *wobbulator* o generador *sweep*).



Para obtener el oscilograma de la respuesta de frecuencia del circuito es necesario que la deflexión horizontal se efectúe en sincronismo con la variación de frecuencia del generador. Para ello se toma el barrido del osciloscopio y se aplica el modulador del generador.

- Situar el selector de barrido en la frecuencia de modulación que interese (50 ó 100 ciclos, por ejemplo).
- Situar el selector de sincronismo en *externo* y conectar los bornes de sincronismo al generador de F.M.
- Ajustar el mando de ganancia vertical.

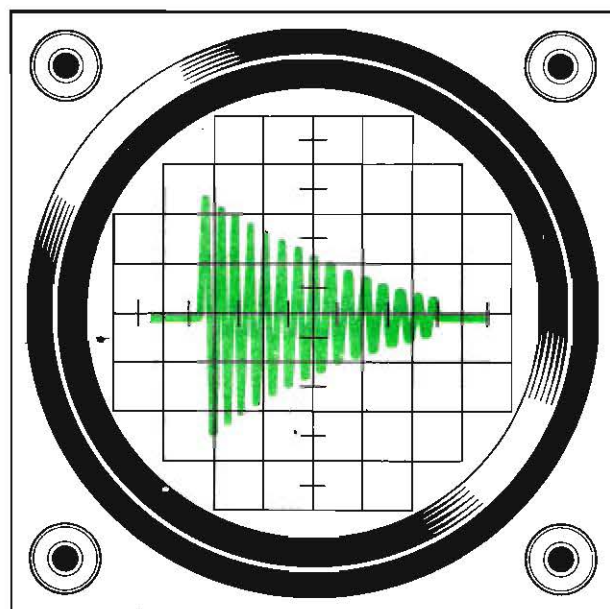


Figura 81. — Observación de oscilaciones amortiguadas.

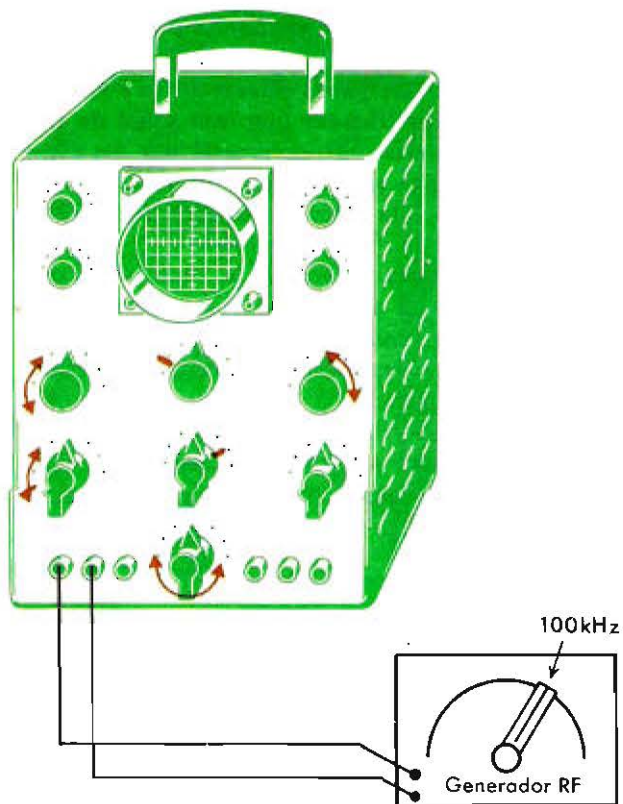
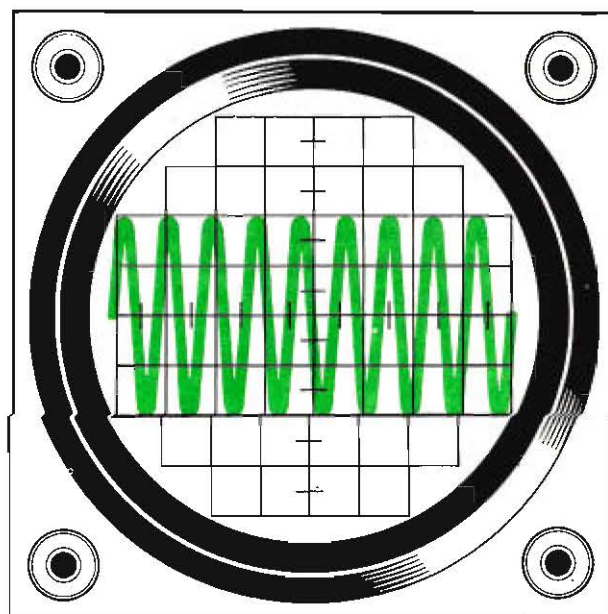


Figura 82. — Observación de ondas portadoras no moduladas.



15. Observación de oscilaciones amortiguadas
16. Visualización de portadora no modulada

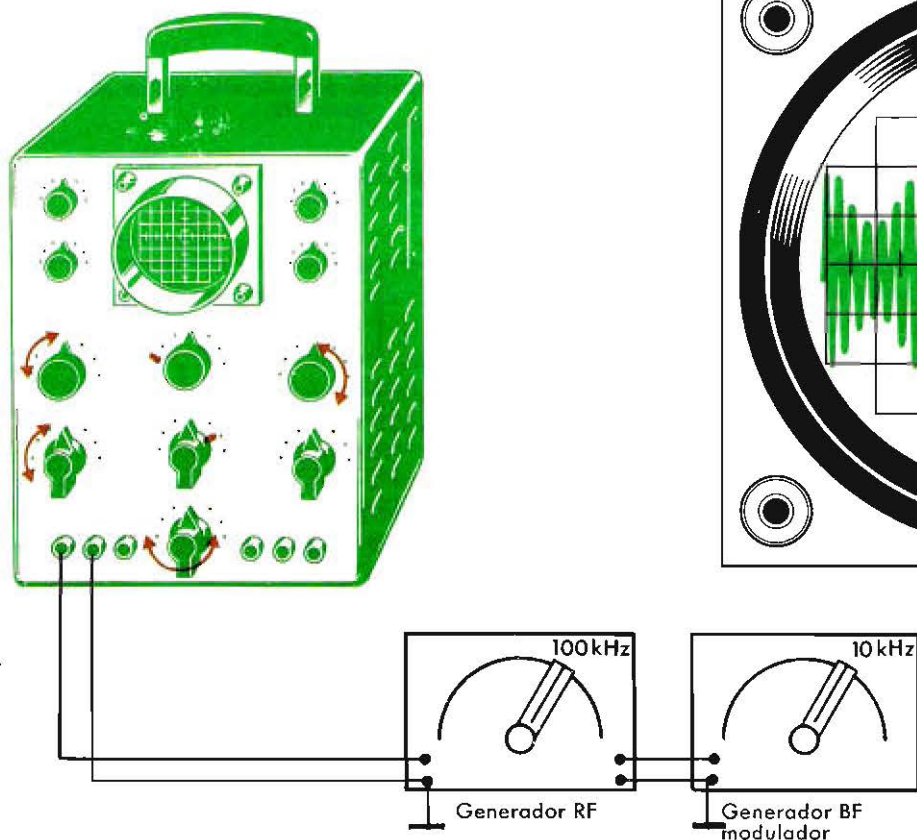
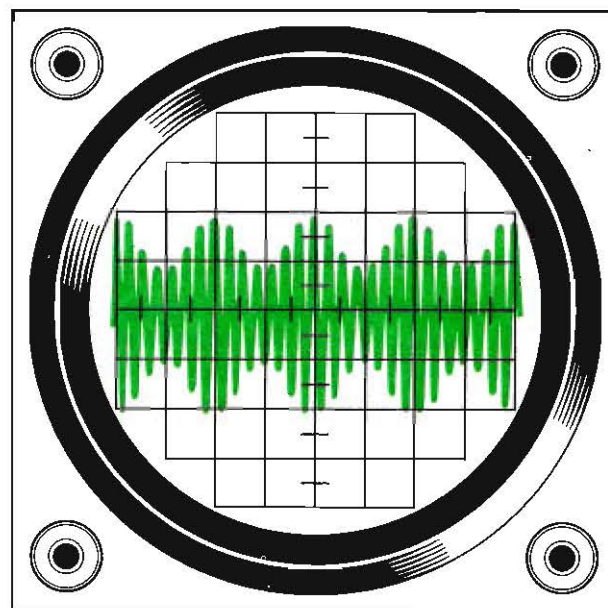


Figura 83. — Observación de ondas portadoras moduladas en amplitud.



17. Visualización de portadora modulada
18. Ajuste de generadores de B.F.

Puede efectuarse con gran precisión el ajuste de los generadores de B.F. por el método de las figuras de Lissajoux, partiendo de un generador de B.F. ya calibrado; y siempre que ambos (el calibrado y el que quiere calibrarse) generen ondas senoidales.

Un generador se conecta a una entrada del osciloscopio (Y o X) y el otro a la otra (X o Y); no se utiliza la base de tiempos. Para facilitar la operación conviene que la onda que se va a calibrar tenga una frecuencia no superior a cuatro veces la del patrón.

19. Análisis de amplificadores de B.F.

El osciloscopio es muy adecuado para analizar la fidelidad de un amplificador de B.F., tanto a la salida como en los pasos intermedios. Para ello se alimenta el amplificador con una señal de forma de onda conocida proporcionada por un generador de B.F. Basta entonces con aplicar la salida del amplificador a la entrada vertical del osciloscopio.

Cuando se desea observar la distorsión que pueda introducir el amplificador acostumbra utilizarse una onda senoidal; y cuando se desea conocer los límites o respuesta de frecuencia se analiza con onda cuadrada.

Según sea la forma de la onda observada en la pantalla se llega a deducir la causa de dicha distorsión, como indica la figura a título orientativo.

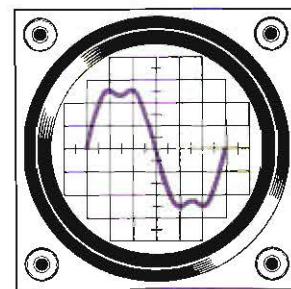
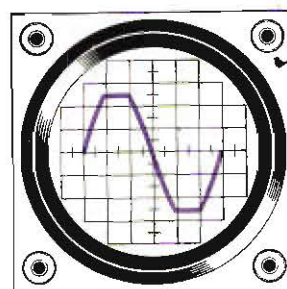
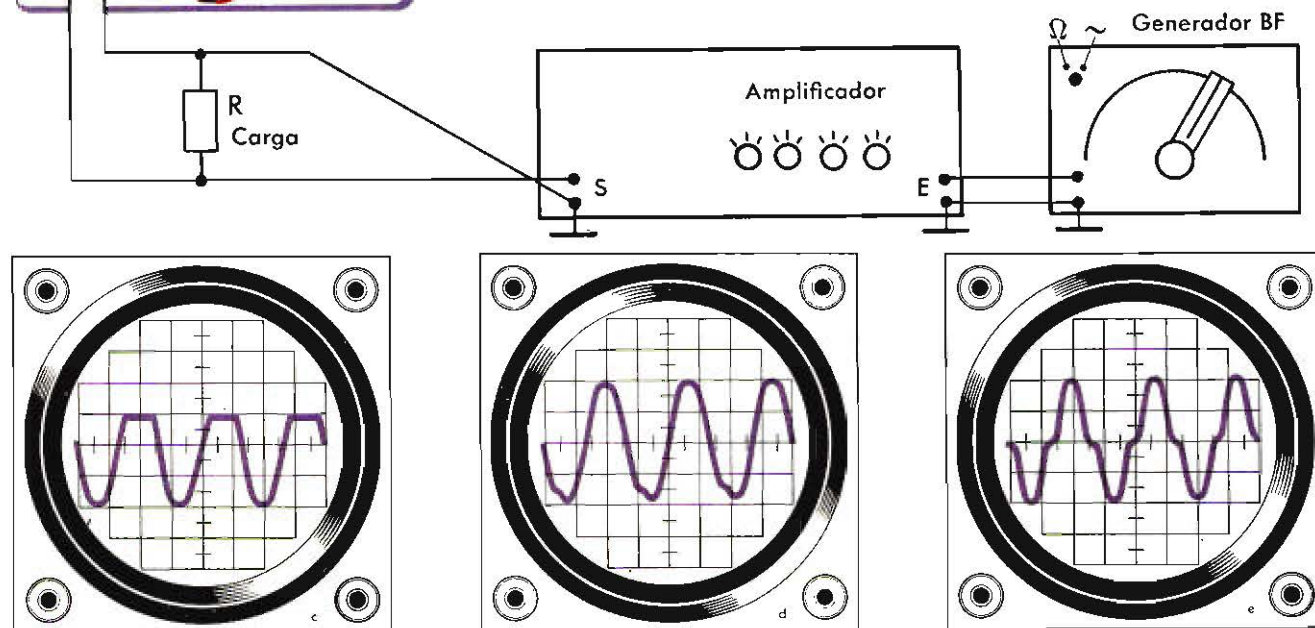


Figura 84. — Análisis de distorsión en amplificadores BF.



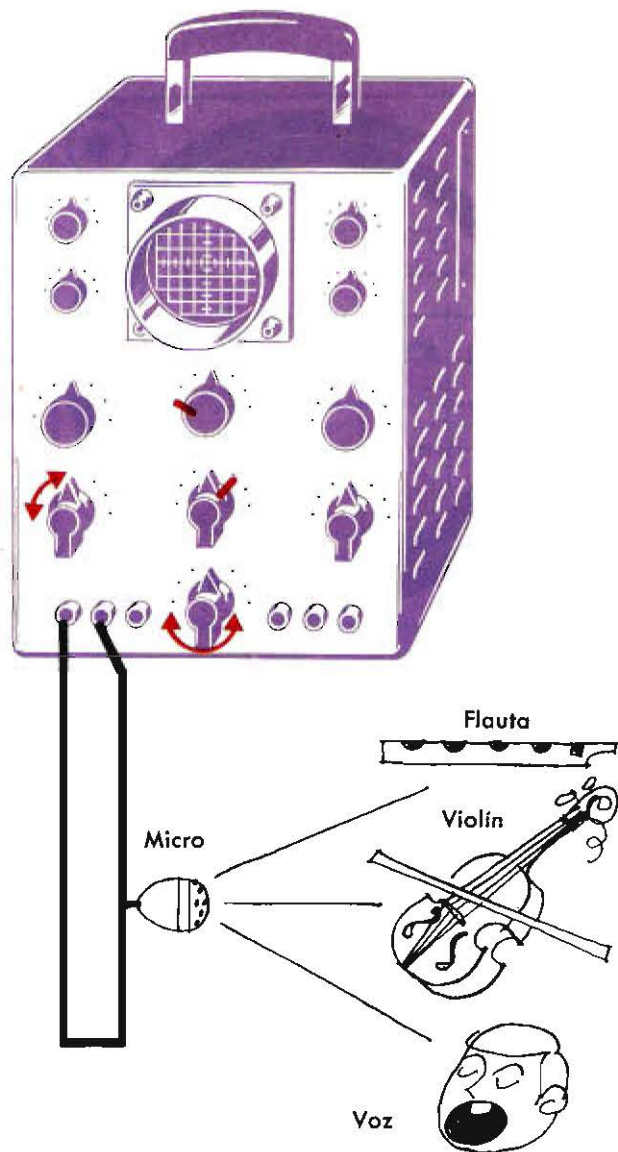


Figura 85. — Visualización de sonido con el osciloscopio.

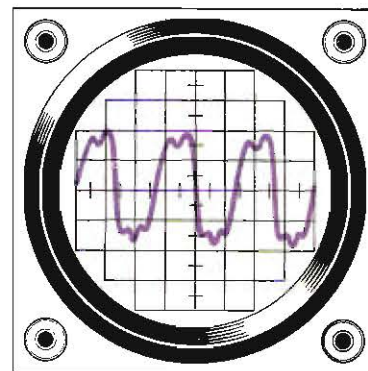
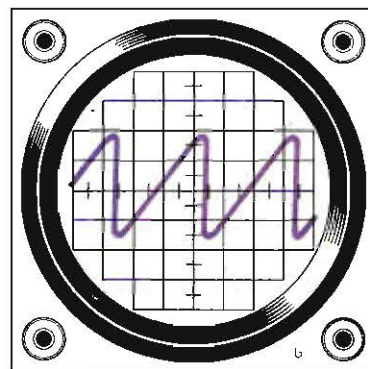
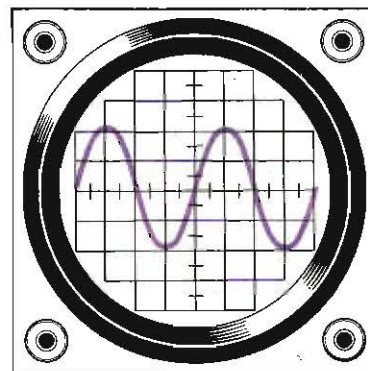
20. Visualización de sonidos

21. Ajuste de radiorreceptores

- Aplicar a la entrada del receptor una señal de R.F. modulada a unos 400 ciclos.
- Aplicar el paso final del receptor a la entrada vertical del osciloscopio.
- Situar el selector de barrido a una frecuencia dos, tres o cuatro veces inferior a la de modulación. (Si ésta es de 400 ciclos, la de barrido debe ser de 100, 500 ó 200 ciclos.)
- Ir ajustando el receptor de forma que en el osciloscopio se obtenga un oscilograma de máxima amplitud posible. (Regular la ganancia y atenuación del osciloscopio en consecuencia.)

22. Ajuste de receptores de TV

En las lecciones correspondientes al ajuste y



a la localización de averías en los televisores trataremos en detalle esta cuestión. Aquí sólo citaremos que el método convencional de ajuste consiste en aplicar la señal del generador de barrido a un *wobbulator* que se aplica al circuito a analizar del televisor; o la señal se recoge después de pasar por el circuito analizado y se aplica a la entrada vertical del osciloscopio.

23. Ajuste de receptores de FM

El ajuste de los receptores y sintonizadores de FM se efectúa igual que el de las etapas detectoras y de F.I. de sonido de un televisor, aunque empleando las frecuencias que les son características. En este caso puede utilizarse también el *wobbulator* (generador de señales para TV) o un generador de FM.

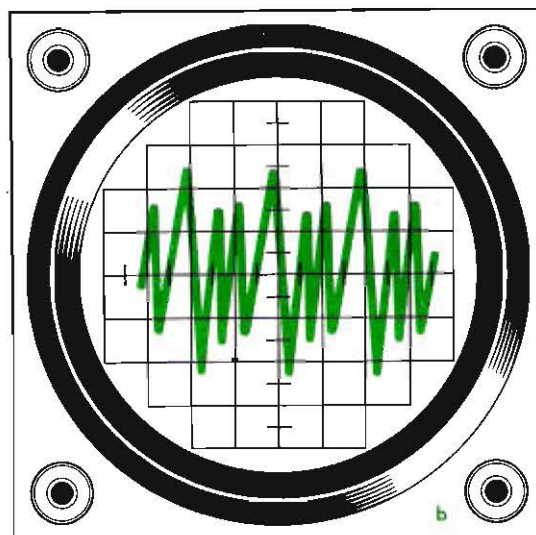
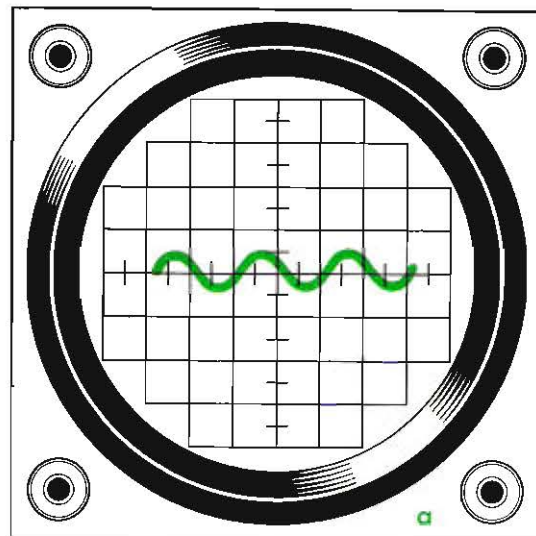
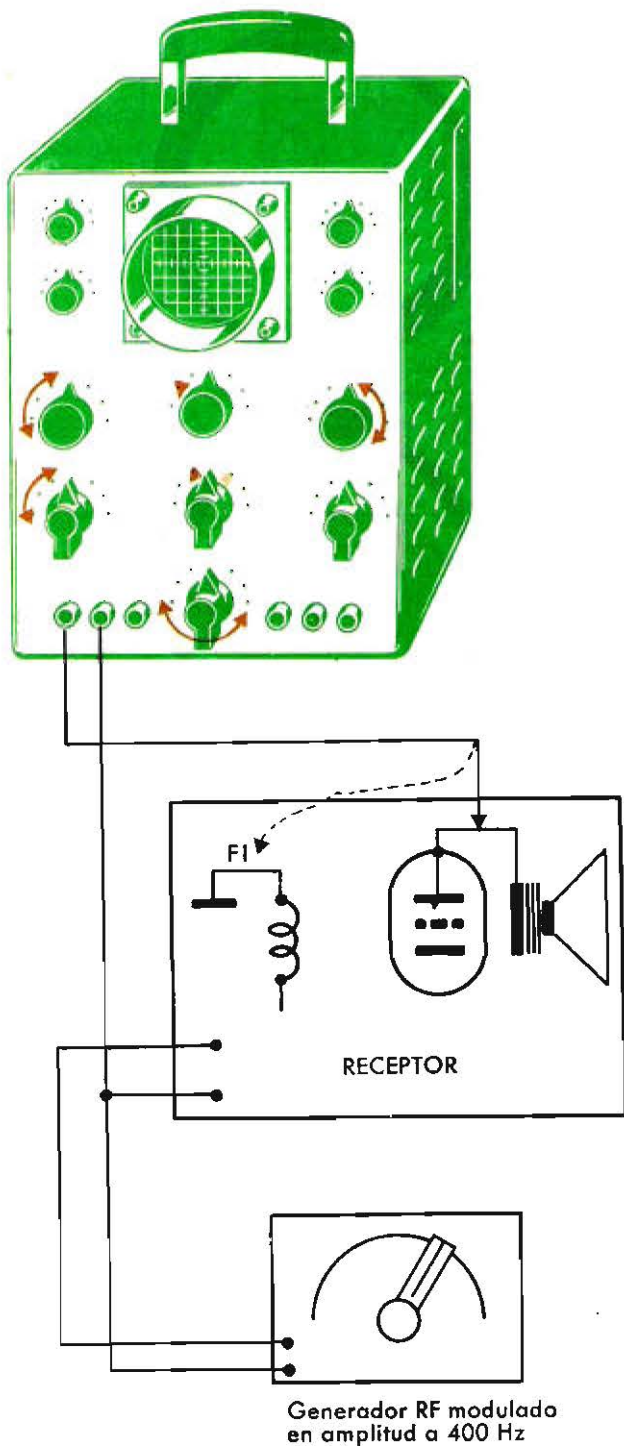


Figura 86. — Ajuste de receptores de radio.

