

CD

MULTIMEDIA

DE SENSORES

DE LUZ

MEMORIA

AUTOR: JENIFER BLANCO ARNAL

DIRECTOR: FRANCISCO JAVIER ARCEGA SOLSONA

ESPECIALIDAD: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

SEPTIEMBRE 2010

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ANTECEDENTES.....	5
3. POSIBLES SOLUCIONES.....	7
4. SOLUCIONES ESCOGIDAS.....	12
5. EQUIPO NECESARIO.....	32
6. ESQUEMA CD INTERACTIVO.....	33
7. DESCRIPCIÓN DE LAS PANTALLAS.....	35
8. DOCUMENTACIÓN SOBRE LOS SENSORES.....	46
9. LISTADO DE CARPETAS DEL CD INTERACTIVO.....	132
10. BIBLIOGRAFÍA.....	133
11. CONCLUSIONES, FECHA Y FIRMA.....	135
ANEXO:CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DE DIRECTOR.....	136

1. INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo se han ido realizando cambios en la forma de desarrollar y distribuir la información, estos métodos han ido variando desde tiempos ancestrales de formas primitivas (ruidos, gestos...), al papel, y en estos momentos a métodos digitales.

El presente proyecto consiste en un CD MULTIMEDIA DE SENSORES DE LUZ en el cual está desarrollada toda la información necesaria sobre los mismos de manera que el usuario pueda acceder a ella de forma interactiva sin que éste necesite conocimientos informáticos avanzados.

El proyecto está dedicado en su totalidad a facilitar la consulta, búsqueda, asimilación y aprendizaje de cuestiones relacionadas con los sensores electrónicos, de esta manera el ordenador sirve al usuario como instrumento para conseguir estos fines.

Para conseguirlo el proyecto se ha apoyado en numerosas imágenes y gráficas que de manera clara y concisa ayudan a que los contenidos se puedan asimilar de forma amena, y haciendo que el aprendizaje sea más sencillo y entretenido.

Esto se consigue mediante el uso de herramientas y aplicaciones multimedia como son Macromedia Director, Adobe Freehand, Photoshop,.. que permiten la interactividad, la edición y creación de imágenes y objetos 3D.

Dada la importancia que actualmente tiene Internet en nuestras vidas, que éste es conocido universalmente, que cuyo acceso está llegando cada vez a más lugares, y que podemos obtener de él infinidad de información, es casi obligatorio que Internet esté integrado totalmente en el CD MULTIMEDIA.

La inclusión de Internet se ha efectuado por medio de enlaces a distintas páginas de las cuales se han recogido imágenes de los distintos sensores y las cuales contienen información sobre los mismos, del mismo modo también se han incluido enlaces a las páginas de los distintos fabricantes de sensores. De este modo podemos hacer un uso simultáneo de ambas herramientas CD e Internet para que el usuario pueda acceder a la información en línea en busca de más conocimientos o apoyo a lo encontrado en el CD. Aunque existe la posibilidad de que dichos enlaces que aparecen en las imágenes o en los logotipos de los fabricantes no permanezcan activos en el momento de la búsqueda.

Con todo lo expuesto lo que realmente se pretende con la realización del CD MULTIMEDIA es conseguir una serie de objetivos entre los que se encuentran:

1. Diseñar contenidos multimedia (sonidos, imágenes...) que resulten atractivos para el espectador.
2. Comprender aspectos básicos sobre el tema del proyecto de manera gráfica.
3. Aprender de forma amena sobre el tema del proyecto.
4. Qué el presente proyecto sirva de método didáctico para completar apuntes.
5. Qué el archivo final tenga un tamaño adecuado para su difusión.

2. ANTECEDENTES

El CD MULTIMEDIA es una herramienta innovadora e impactante que actualmente se destaca en el mercado multimedia, ya que permite navegar a través de un ambiente interactivo que contiene textos, imágenes, gráficos, fotos...De esta manera se brinda una imagen moderna al contenido del mismo.

Esto se consigue gracias a las numerosas características técnicas y didácticas con las que cuenta el CD MULTIMEDIA:

- Gran organización de los contenidos y fácil localización de los mismos a través de menús.
- Alta capacidad de almacenamiento de información, imágenes,... en general (archivos) que ocupan un volumen mínimo.
- Carácter Interactivo (“diálogo entre usuario y ordenador”).
- Facilidad para su adquisición, renovación o actualización.
- Muy bajo coste.
- Facilidad de transporte
- Como dice su nombre “MULTIMEDIA” admite formatos de distintos tipos como pueden ser texto, imagen, fotos, audio...
- Impacto ambiental leve.
- Eliminación de barreras espaciales y temporales (desde su propia casa, en el trabajo, en un viaje a través de dispositivos móviles, etc.).

Debido a esto los CD’S MULTIMEDIA sirven como complemento didáctico óptimo para el aprendizaje, y como elemento de la enseñanza semipresencial o a distancia también denominadas (Blended-Learning y E-Learning) donde el usuario puede manejar los horarios, y trabajar en un medio completamente autónomo y que constituye una propuesta de formación que contempla su implementación predominantemente mediante Internet, haciendo uso de los servicios y herramientas que esta tecnología provee.

Además los CD’S MULTIMEDIA muestran al usuario la información de manera que ésta capte la atención del mismo mediante un contenido llamativo y ameno, de modo que el usuario pueda asimilarlo de forma más sencilla.

Por todo lo anteriormente mencionado el CD debe poder manejarse de forma autónoma por lo que éste debe poder utilizarse en cualquier lugar, con cualquier sistema operativo, y para que esto se lleve a cabo hay que plantearse el tipo de documento que queremos realizar y las herramientas disponibles para la realización del mismo.

Las herramientas disponibles en nuestro caso para la realización del CD MULTIMEDIA se centran en el uso de aplicaciones que permiten a sus usuarios crear sus propios proyectos multimedia con poca o nada de programación, que funcionen con cualquier sistema operativo y sin necesidad de que esté instalada la aplicación principal, y a las que se les denominan en el ámbito informático como “Authoring” o Programas de Autor.

Una vez se decide utilizar un programa de autor, hay que decidir cuál de todos los existentes es el idóneo para la realización del CD MULTIMEDIA, en este caso se ha decidido optar por MACROMEDIA DIRECTOR para la realización del cd.

3. POSIBLES SOLUCIONES

Al comenzar un proyecto una vez se tiene la documentación del mismo solo queda hacer un estudio previo que consiste en saber cuál será la plataforma para desarrollarlo y las imágenes que servirán de apoyo, en este caso se trata de un CD MULTIMEDIA por lo que se debe estudiar con qué programas actuales podemos realizar el cd y con cuales podemos crear o modificar imágenes.

3.1 DISEÑO DEL CD MULTIMEDIA

En el caso del diseño del CD MULTIMEDIA los programas estudiados han sido Flash y Macromedia Director.

3.1.1 FLASH

Adobe Flash es una aplicación multimedia usada para aportar animación, vídeo e interactividad.



Adobe Flash trabaja sobre "fotogramas", está destinado a la producción y entrega de contenido interactivo para las diferentes audiencias alrededor del mundo sin importar la plataforma. Es actualmente desarrollado y distribuido por Adobe Systems, y utiliza gráficos vectoriales e imágenes ráster, sonido, código de programa, flujo de vídeo y audio bidireccional. En sentido estricto, Flash es el entorno y Flash Player es el programa de máquina virtual utilizado para ejecutar los archivos generados con Flash.

Los archivos de Flash, que tienen generalmente la extensión de archivo SWF, pueden aparecer en una página web para ser vista en un navegador, o pueden ser reproducidos independientemente por un reproductor Flash. Los archivos de Flash aparecen muy a menudo como animaciones en páginas Web y sitios Web multimedia, y más recientemente Aplicaciones de Internet Ricas. Son también ampliamente utilizados en anuncios de la web.

Originalmente Flash no fue un desarrollo propio de Adobe, sino de una pequeña empresa de desarrollo de nombre FutureWave Software y su nombre original fue FutureSplash Animator. En diciembre de 1996 Macromedia adquiere FutureWave Software, y con ello su programa de animación vectorial que pasa a ser conocido como Flash 1.0. Fue hasta 2005 perteneciente a la empresa Macromedia conocido hasta entonces como Macromedia Flash y adquirido por Adobe Systems (y desde entonces

conocido como Adobe Flash) ampliando con ello su portafolio de productos dentro del mercado.

3.1.2 MACROMEDIA DIRECTOR

Adobe Director es una aplicación de Desarrollo de Software (o Autoría de Software) Multimedia (que inspiró a Adobe Flash®) destinado para la producción de programas ejecutables ricos en contenido multimedia. Es considerada una de las herramientas más poderosas de integración y programación de medios digitales, debido a su versatilidad de poder incorporar imágenes, audio, vídeo digital, películas flash, y un engine 3D, en una sola aplicación, y manipularlas a través de un lenguaje de programación (Lingo; Javascript).

Desarrollado originalmente por la empresa Macromedia, es actualmente distribuido por Adobe Systems Incorporated.

Las presentaciones multimedia generadas por Director pueden ser distribuidas a través de diversos medios, como discos digitales CD, DVD o cualquier otro soporte de



información binaria pendrives, tarjetas de memoria, discos duros. También permite ser distribuido y ejecutado directamente en plataformas Web gracias al formato Shockwave (creado para esos fines). Con Director también es posible programar una amplia gama de aplicaciones basadas en redes, lo que ha permitido crear innumerables sistemas y juegos multiusuario a través de la red.

Director también permite la manipulación de modelos en 3D, gracias a Shockwave 3D. Es así como diversos programas de modelamiento, como 3D Studio MAX (de la empresa Autodesk), permiten exportar sus modelos (incluyendo las animaciones) en formato Shockwave 3D, el que puede ser importado a Director, y manipulado a través de instrucciones. A través de variados Xtras (como Havok), Director también puede manipular propiedades físicas de modelos 3D (como por ejemplo, gravedad, coeficientes de roce, restitución, etc) que permiten lograr simulaciones más realistas, tanto para software de ingeniería avanzada, como para juegos.

Además del potente lenguaje incorporado (Lingo), una de sus principales ventajas radica en el uso de los llamados xtras. Se trata de “pequeños programas” (plugins) desarrollados en lenguaje C++ por otros usuarios o terceras empresas, que proporcionan al usuario infinidad de utilidades.

Se pueden generar varios tipos de archivos, sin embargo lo más normal es crear un archivo ejecutable para Windows (.exe) o Macintosh (.app). De esta forma puede verse la presentación en cualquier ordenador, sin tener instalado Adobe Director.

Con el lanzamiento de Director 11 y su evolución a la versión 11.5, de la mano de Adobe, se incorporó soporte para DirectX y se extendieron las capacidades en 3D basadas en el engine PhysX de NVIDIA, importación de 3D desde Google SketchUp, así como también filtros de bitmaps, canales de audio 5.1, vídeo en alta definición, soporte para H.264, e integración de Adobe Flash CS3 y Shockwave Player 11.

3.2 DISEÑO DE IMÁGENES

En el caso del diseño de imágenes los programas estudiados son Adobe Photoshop y Macromedia Freehand Mx.

3.2.1 ADOBE PHOTOSHOP

Adobe Photoshop (Taller de Fotos) es una aplicación informática en forma de taller de pintura y fotografía que trabaja sobre un "*lienzo*" y que está destinado para la edición, retoque fotográfico y pintura a base de imágenes de mapa de bits (o *gráficos rasterizados*).

Es un producto elaborado por la compañía de software Adobe Systems, inicialmente para computadores Apple pero posteriormente también para plataformas PC con sistema operativo Windows.



Photoshop en sus versiones iniciales trabajaba en un espacio bitmap formado por una sola capa, donde se podían aplicar toda una serie de efectos, textos, marcas y tratamientos. En cierto modo tenía mucho parecido con las tradicionales ampliadoras. En la actualidad lo hace con múltiples capas.

A medida que ha ido evolucionando el software ha incluido diversas mejoras fundamentales, como la incorporación de un espacio de trabajo multicapa, inclusión de elementos vectoriales, gestión avanzada de color (ICM / ICC), tratamiento extensivo de tipografías, control y retoque de color, efectos creativos, posibilidad de incorporar *plugins* de terceras compañías, exportación para web entre otros.

Photoshop se ha convertido, casi desde sus comienzos, en el estándar *de facto* en retoque fotográfico, pero también se usa extensivamente en multitud de disciplinas del campo del diseño y fotografía, como diseño web, composición de imágenes bitmap, estilismo digital, fotocomposición, edición y grafismos de vídeo y básicamente en cualquier actividad que requiera el tratamiento de imágenes digitales.

Photoshop ha dejado de ser una herramienta únicamente usada por diseñadores / maquettadores, ahora Photoshop es una herramienta muy usada también por fotógrafos profesionales de todo el mundo, que lo usan para realizar el proceso de "positivado y ampliación" digital, no teniendo que pasar ya por un laboratorio más que para la impresión del material.

Con el auge de la fotografía digital en los últimos años, Photoshop se ha ido popularizando cada vez más fuera de los ámbitos profesionales y es quizá, junto a Windows y Flash (de Adobe Systems También) uno de los programas que resulta más familiar (al menos de nombre) a la gente que comienza a usarlo, sobre todo en su versión Photoshop Elements, para el retoque casero fotográfico.

Aunque el propósito principal de Photoshop es la edición fotográfica, este también puede ser usado para crear imágenes, efectos, gráficos y más en muy buena calidad. Aunque para determinados trabajos que requieren el uso de gráficos vectoriales es más aconsejable utilizar Adobe Illustrator.

Entre las alternativas a este programa, existen algunos programas libres como GIMP, orientada a la edición fotográfica en general, o propietarios como PhotoPaint de Corel, capaz de trabajar con cualquier característica de los archivos de Photoshop, y también con sus filtros *plugin*.

3.2.2 MACROMEDIA FREEHAND MX

Macromedia FreeHand (FH) es un programa informático de creación de imágenes mediante la técnica de gráficos vectoriales. Gracias a ella, el tamaño de las imágenes resultantes es escalable sin pérdida de calidad, lo que tiene aplicaciones en casi todos



los ámbitos del diseño gráfico: identidad corporativa, páginas web (incluyendo animaciones Flash), rótulos publicitarios, etc.

La historia de este programa en el mercado ha sido azarosa. El programa fue creado originalmente por la compañía Altsys, y luego licenciado a Aldus. Cuando esta compañía y su cartera de productos fueron adquiridas por Adobe Systems, los nuevos propietarios se vieron

obligados a desprenderse de él: FreeHand se situaba en competencia directa con uno de los productos originales más importantes de la empresa (Adobe Illustrator), algo que incluso podía constituir un indicio de prácticas monopolistas. Después de la intervención de la Comisión Federal de Comercio de los EE.UU., el programa volvió a manos de Altsys, que fue comprada posteriormente por Macromedia. Esta firma continuó desarrollando el programa desde la versión 5.5 hasta la MX. Sin embargo, desde 2003 hasta 2006, Macromedia ha mostrado poco interés en el desarrollo del producto, pese a lo cual ha mantenido su cuota de mercado gracias a su excelente integración con el resto de los productos de la firma (como Flash o Fireworks). De ese modo, FreeHand no ha sido actualizado junto con las demás herramientas de la firma ni en el paquete "MX 2004" ni en el "Studio 8", permaneciendo estancado en la versión "MX". La compra en 2005 de Macromedia por parte de Adobe vuelve a colocar al producto en una posición "incómoda" (de nuevo en competencia con Illustrator).

Cabe destacar su enorme capacidad para la maquetación de texto, que le permite (siempre que no se trate de documentos excesivamente grandes), suplir la utilización de aplicaciones específicas como Quark Xpress o Adobe InDesign.

4. SOLUCIONES ESCOGIDAS

Tras realizar el estudio previo de las posibles herramientas que se podrían utilizar, teniendo en cuenta sus funcionalidades, opciones de diseño, características principales y facilidad de uso se decidió realizar el proyecto con las siguientes herramientas.

4.1 MACROMEDIA DIRECTOR

Macromedia Director MX es un programa multimedia de autor muy difundido a nivel internacional, además de considerarse la herramienta de usuario final más importante para crear medios interactivos para la World Wide Web, CD-ROM, kioscos de información, presentaciones e intranet corporativas. La interfaz de fácil manejo de Director permite combinar texto, gráficos, sonido, vídeo, gráficos vectoriales y otros medios en cualquier orden y, después, añadir características interactivas mediante Lingo, el potente lenguaje de programación del programa.

Por tanto para la realización del CD MULTIMEDIA la herramienta elegida es MACROMEDIA DIRECTOR y estas son las principales razones para utilizarlo:

Compatibilidad con más de 40 formatos de archivo de vídeo, sonido e imagen es posible incorporar contenido en casi todos los formatos principales, incluidos los archivos SWF, DVDVídeo, H.264, y otros formatos de vídeo, así como en la más amplia gama de formatos de sonido y gráficos.

Funciones de audio mejoradas sonido realista gracias a la última tecnología de funciones de audio, que incluye el sonido envolvente de 5.1 canales, la mezcla de sonidos de 16 canales y filtros avanzados.

Potente compatibilidad con 3D

Se puede incorporar el contenido en 3D para ofrecer experiencias más atractivas. Crear rápidamente sofisticados entornos en 3D utilizando millones de modelos en 3D ya definidos y disponibles a través de Google SketchUp y Google 3D Warehouse, y sacar provecho de la compatibilidad con DirectX 9 para la representación tridimensional nativa.

Compatibilidad con Unicode

Localice fácilmente sus aplicaciones para los mercados internacionales gracias a la compatibilidad con Unicode.

Motor físico mejorado

Crear nuevos niveles de movimiento e interacción dinámicos y avanzados en sus juegos y simulaciones con el motor NVIDIA PhysX.

Script Browser mejorado

Se ahorra tiempo con la comodidad de hacer clic para introducir una secuencia de comandos; la facilidad de acceder a información sobre funciones, eventos, palabras clave y comandos; y un diccionario completo de Lingo y JavaScript.

Filtros de mapas de bits

Variedad de sofisticados efectos visuales como desenfoque, sombras paralelas, bisel, brillo y muchos más, con los filtros de mapas de bits que se pueden aplicar a través de la interfaz de usuario o de secuencias de comandos.

Plug-ins Xtra

Se amplía el entorno creativo, así como el motor de reproducción, con un ecosistema en constante crecimiento de Xtras de terceros.

Motor de representación de texto mejorado

Se consiguen textos uniformes y nítidos para las aplicaciones gracias a un motor de texto potente que mejora la representación de la fuente.

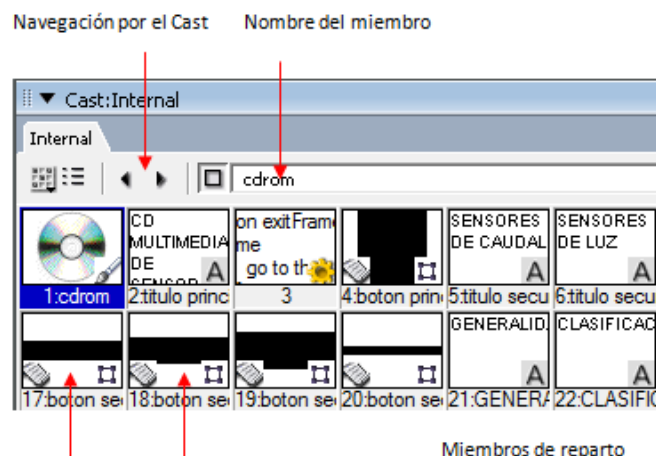
Fácil salida en versiones múltiples

Puede ser publicado en diversas plataformas y tecnologías, con una producción que asegure que la aplicación está lista para los clientes en prácticamente todos los ordenadores, quioscos, DVD, CD y la Web.

COMPONENTES DE MACROMEDIA DIRECTOR

La ventana Cast (Menu->Window->Cast)

En esta ventana es donde almacenamos los elementos importados o creados en el mismo Director, que formarán parte de la película. Este es el "almacén" de nuestro proyecto.



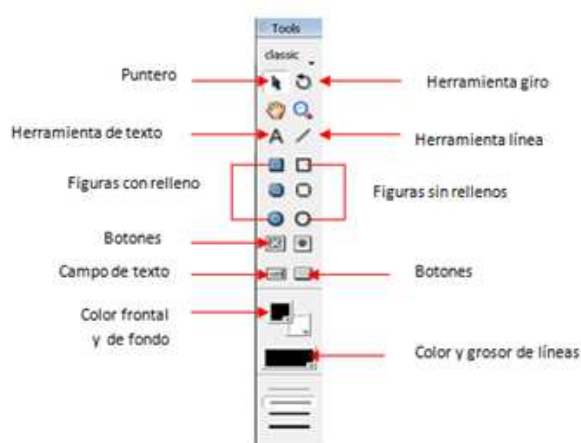
Los diferentes elementos que podemos encontrar en esta ventana son:

- **Navegación por el Cast:** Nos permite avanzar y retroceder a través de los miembros del reparto.
- **Utilidad para mover los miembros del reparto:** Esta es una herramienta muy útil cuando tenemos un gran número de elementos en el cast y queremos mover alguno a otra posición no visible. Para hacerlo, seleccionamos el miembro del cast que queremos mover y luego arrastramos el cuadradito hacia el lugar del Cast a donde queremos mover este miembro seleccionado. Al soltar sobre la casilla que queramos, veremos que el miembro que teníamos seleccionado se coloca en esa casilla.
- **Script e Info del miembro de reparto:** Estos son dos botones fundamentales para trabajar en el Cast.
 - En el primero (script) podemos asignar un Script al miembro seleccionado. De esta forma este miembro, al ser colocado en el escenario se comportará tal y como se le haya asignado en el script de Cast, independientemente de donde este colocado. Por ejemplo, si a un miembro le asignamos el script:

```
on mouseDown  
  beep  
end
```

este personaje siempre reproducirá un sonido de alerta del sistema cada vez que se haga clic sobre él.
 - El segundo botón (info) nos sirve para asignar propiedades particulares al miembro del reparto.

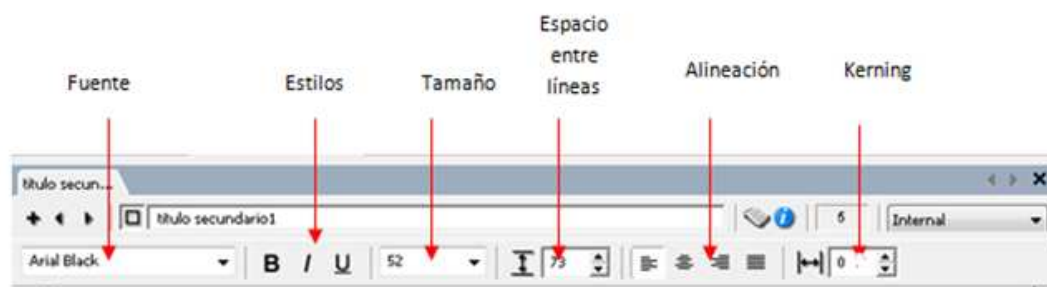
La ventana Tool Palette (Menu->Window->Tool Palette)



Esta es la paleta de herramientas de Director. Las diferentes herramientas que nos encontramos en ella son:

- La primera herramienta es el **puntero**. Sirve para seleccionar y mover objetos por el Stage (escenario).
- La segunda es la **herramienta de giro**. Sirve para girar de forma libre los sprites que hemos colocado en el escenario.
- Luego tenemos las **figuras con relleno y sin relleno**. Estas figuras tiene la particularidad de ocupar muy poca memoria, lo que agilizará nuestra película si se reproduce en internet, por ejemplo, en donde la velocidad de ejecución es un punto crítico.
- Los botones de selección y radio, son los típicos botones que encontramos en aplicaciones y páginas web. Más adelante veremos cómo utilizarlos para recoger información a través de Lingo.
- La herramienta siguiente nos sirve para **asignar un color de fondo y frontal** a nuestras figuras, campos de texto, etc..
- Las últimas herramientas son las de **color y grosor de línea**.

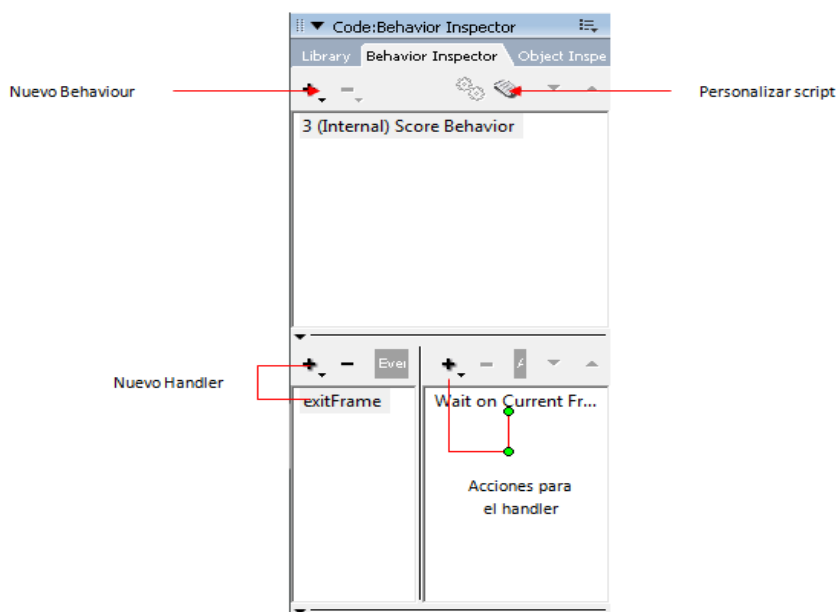
Inspector de Texto (Menu->Window->Inspector->Text)



Aquí asignamos tipos de letra, alineación, espacio entre líneas, etc, para los textos y campos de texto.

La ventana Behaviour (Menu->Window->Inspector->Behaviour)

Es un pequeño asistente que nos permite asignar Scripts de Lingo, sin necesidad de escribir el código, sino seleccionando los handlers y las acciones que queramos ejecutar. Más adelante veremos los conceptos de handler y script con mucho más detalle. Utilizar la ventana Behavior no es la forma más limpia de programar en Director, y siempre que podamos, debemos escribir el código nosotros mismos. Esto no es una simple cuestión de estilo, sino que el abuso de los scripts generados en la ventana behavior puede llegar a saturar proyectos medianamente grandes, provocando comportamientos inesperados. Las indicaciones del gráfico, de momento, son lo suficientemente explicativas. Cuando entremos en temas de Lingo, aprenderemos a utilizar los scripts de forma extensa y pormenorizada.

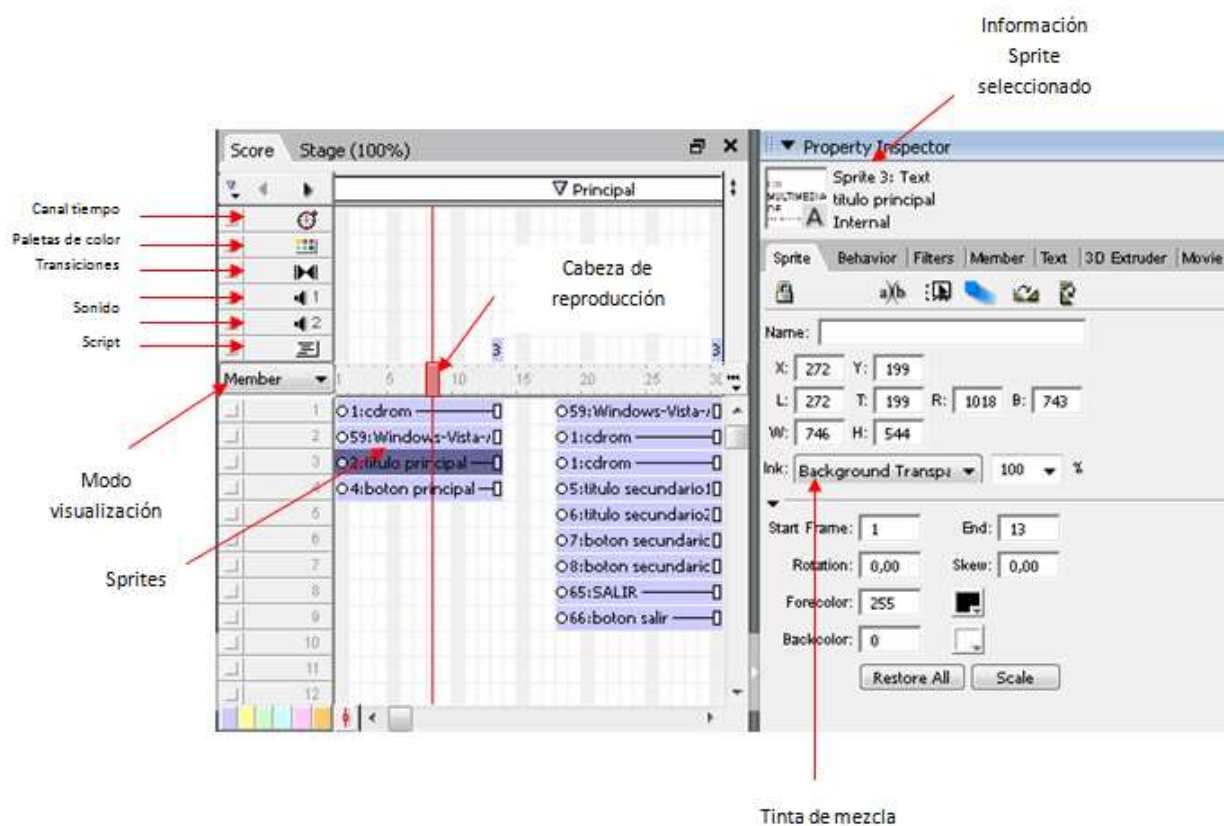


La ventana Score (Menu->Window->Score)

Director. Sin embargo, una vez que comprendemos sus funciones, y empezamos a hacer nuestros primeros juegos en ella, se va transformando simplemente en una herramienta poderosa y versátil.

Debemos entender el Score, como un secuenciador, o una partitura, en donde colocamos todos los elementos de nuestra película. Cuando la cabeza de reproducción comienza, va leyendo todo lo que encuentra, a la velocidad que le hayamos asignado, interpretando y obedeciendo a los scripts que hayamos puesto en su camino y moviendo o mostrando los sprites que hayamos colocado en los canales.

En el gráfico inferior vemos las partes principales de la ventana score.



ACTIVIDADES QUE PODEMOS REALIZAR CON MACROMEDIA DIRECTOR

Incorporar gráficos en la película

En Director podemos importar una serie muy amplia de formatos gráficos, como por ejemplo, GIF, JPEG, PNG, BMP, PICT, etc.

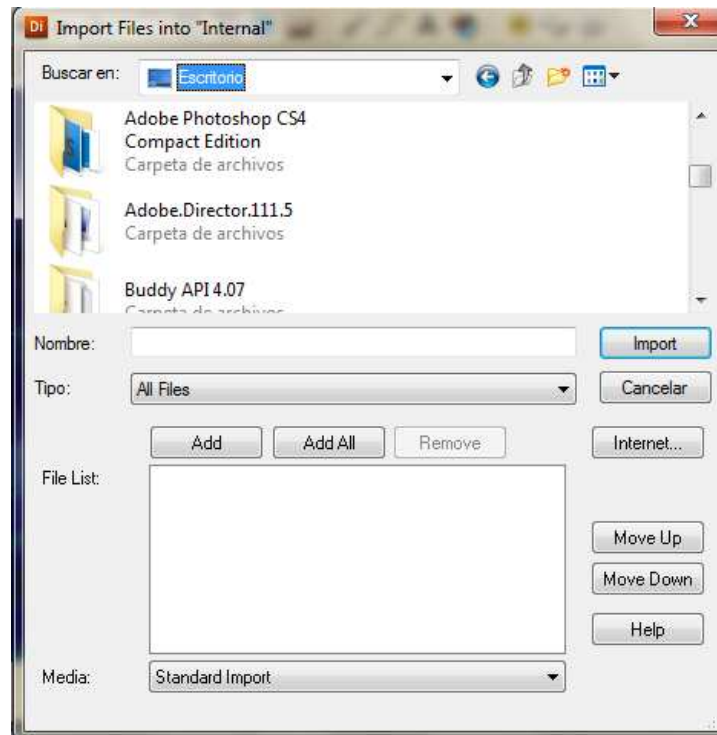
A la hora de importar imágenes en Director es muy importante pensar para qué las vamos utilizar, para decidir el formato correcto. Una pantalla de ordenador funcionando a 256 colores corresponde a 8 bits de profundidad de color, una pantalla a miles de colores corresponde a 16 bits, y una pantalla a millones de colores corresponde a 24-32 bits.

Si queremos mostrar fotografías de gran calidad podemos optar por 16, 24 ó 32 bits, pero si lo que importamos son imágenes para animación será suficiente importarlas a 8 bits de profundidad de color, de este modo nuestra película ocupará menos memoria y funcionará más rápido.

No tiene en absoluto ningún sentido que realicemos una animación con imágenes a 32 bits, porque por un lado nuestra película ocupará demasiado y se arrastrará muy lentamente en un CD-ROM de 4X velocidad, e incluso en CD-ROM de mayor velocidad.

Por eso es conveniente probar las películas directamente en CD antes de distribuirlas para evitarnos sorpresas. Importar gráficos (Menú -> File -> Import).

Supongamos que tenemos los gráficos que vamos a introducir en nuestra película preparados en su carpeta o directorio correspondiente. Seleccionamos la opción del menú File -> Import, y obtendremos una ventana similar a la mostrada en la figura siguiente:

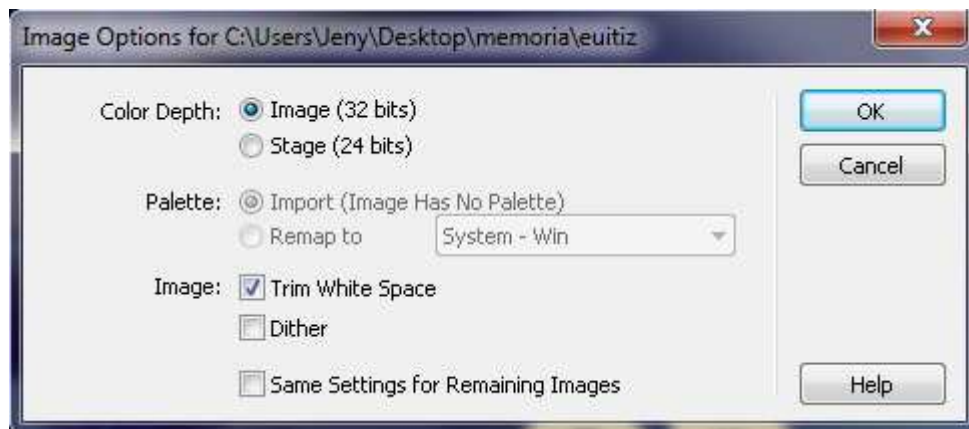


Si queremos importar un solo archivo, seleccionamos en la parte superior el archivo y pulsamos "IMPORT", de este modo pasaremos a la pantalla siguiente en función del tipo de archivo que hayamos importado.

Si queremos importar más de un archivo a la vez, vamos seleccionando los archivos y pulsando el botón "ADD", de este modo los archivos que serán importados se van alineando en la parte inferior, y al pulsar "IMPORT", se importarán todos los archivos que hayan sido pasados a la ventana inferior.

Si queremos eliminar algún archivo de la selección, lo seleccionamos en la parte inferior y pulsamos "REMOVE".

Una vez le hemos dado al botón "IMPORT" y le hemos expresado nuestra conformidad a Director, nos aparece una ventana similar a la siguiente en donde podemos fijar algunos ajustes.



Incorporar sonidos a la película

Por lo general, en un editor de sonido podemos ajustar la resolución del sonido de igual modo que hacemos con los gráficos en un editor de imágenes.

Los principales parámetros que podemos configurar en un sonido son:

- Frecuencia de muestreo (Khz).
- Número de bits utilizado para codificar cada muestra (resolución).
- Mono o estéreo.

En Macintosh podemos importar básicamente sonidos AIFF o System 7 Sound, y en la versión 7 de Director también en Formato Sun .au, que es el formato de sonido utilizado por las applets Java.

Para ambas plataformas Macintosh y PC el formato de sonido recomendado es AIFF. Así mantendremos la máxima compatibilidad entre las dos plataformas. La frecuencia de muestreo recomendada para el sonido (a ajustar en nuestro editor de sonido preferido), es de 22,050 Khz ó 11,025 Khz. Los sonidos con frecuencia superior a esta, pueden bloquear una película ya que hay que tener en cuenta que por lo general cuando ponemos en una película una animación gráfica y un sonido, estamos obligando al procesador a realizar dos operaciones, una actualizar el gráfico y otra leer y reproducir el archivo de sonido.

Cuando desarrollamos una producción multimedia, tenemos que tener en cuenta que este material debe poder reproducirse en sistemas inferiores a aquellos con los que estamos desarrollando la aplicación, como PC's con procesadores más lentos, menor capacidad de memoria, lector de CD/DVD de menor velocidad, etc. Importar sonidos (Menú -> File -> Import).

El proceso de importar sonido es exactamente el mismo que a la hora de importar un gráfico, pero el sonido tiene menos peculiaridades en este proceso que los gráficos.

Incorporar vídeos a la película

A cualquier ordenador le cuesta mucho esfuerzo reproducir video. Con el video digital debemos tener aún más cuidado que con el sonido, ya que aparte de que un vídeo de unos pocos segundos a 320 X 240 pixels ocupa varios megas en el disco duro, la reproducción de este en pantalla es una tarea pesada para cualquier tipo de ordenador.

Si el vídeo además tiene sonido, debemos vigilar que el formato del sonido también sea el adecuado, si no queremos que nuestro video vaya a saltos y pierda fotogramas intentando sincronizar la imagen con el sonido.

Sobra decir que es tarea imposible intentar reproducir a la vez dos videos con sonido en pantalla a un tiempo y esperar un resultado lejanamente aceptable. Aunque podemos hacer video digital al tamaño que queramos en un programa editor de video, como Adobe Premiere, hay algunos formatos estándares que nos convendrá usar, como el estándar QuickTime (320 X 240 pixels). Este formato es el más grande recomendable a la hora de insertar video en nuestra aplicación multimedia. Importar vídeos (Menú → File → Import).

Aquí vemos las propiedades del video a las que podemos acceder en la ventana Cast:

- **Playback:** Este es el principal control de la reproducción de vídeo en Director. Sus diferentes opciones son:
- **Video:** Indicamos si queremos que se vea el vídeo en el escenario, o bien sea invisible, pero conservando las propiedades del sonido.
- **Sound:** Indicamos si nuestro vídeo tendrá sonido o no. Es conveniente desactivar esta opción si el vídeo que hemos importado no tiene sonido, así QuickTime no intentará ajustar la imagen a un sonido hipotético, y el vídeo funcionará más fluidamente.
- **Paused:** Con esta opción definimos si el video, por defecto comienza en pausa. Siempre podemos arrancarlo luego con Lingo.
- **Loop:** Con esta propiedad activada el vídeo se reproducirá de forma continua, volviendo al principio cada vez que haya terminado, a no ser que eliminemos esta característica desde Lingo, o volvamos a la ventana Cast para desactivarla.

Opciones:

- **Direct To Stage:** Es una propiedad por defecto del video. Normalmente el video nunca deja que otro elemento se ponga sobre él, bien sea texto, un gráfico, etc. Si un gráfico pasa por delante del video, el video se pondrá sobre él de forma que no podremos verlo mientras se encuentre en el ámbito del video. Si

desactivamos esta opción, el vídeo dejará pasar sobre él a los demás miembros de la película pero, en contrapartida, funcionará a saltos y de forma poco fluida, por lo que no conviene desactivar esta opción.

- Show Controller: Nos mostrará la barra de progreso de la película QuickTime, mientras funciona en el escenario.
- Video: En este menu tenemos dos opciones:
- Sync to Soundtrack, habilita que QuickTime ajuste el sonido a la imagen, de forma que una no vaya más rápido que la otra.
- Play Every Frame (No Sound), elimina el sonido del video, caso de tenerlo, e inhabilita el intento de QuickTime por sincronizar imagen y sonido, con lo que el video irá más fluido en pantalla.

4.2 MACROMEDIA FREEHAND MX

Macromedia Freehand se utiliza para el diseño gráfico, dibujo de líneas vectoriales en definitiva es perfecto para la creación de imágenes en el caso de nuestro proyecto. Adobe Photoshop está más enfocado a la edición y retoque de imágenes que en nuestro caso no es necesaria.

Por lo tanto la herramienta elegida es **MACROMEDIA FREEHAND MX**.

CARACTERÍSTICAS DE FREEHAND MX

- **Respecto al flujo de trabajo:**

Espacio de trabajo de Macromedia MX

Reduzca el tiempo de aprendizaje y acelere el desarrollo con la nueva interfaz de usuario fácil de usar de Macromedia MX. Diseñe en un espacio de trabajo integrado y flexible que se comparte con todos los productos de Macromedia Studio MX. Los paneles acoplables se pueden agrupar, contraer o expandir según sea necesario, lo cual brinda un flujo de trabajo ininterrumpido y sumamente configurable.

Símbolos gráficos

Los símbolos gráficos le permiten racionalizar la creación y actualización de elementos repetitivos en todos sus diseños. Una vez que haya definido un objeto o un grupo como un símbolo, puede colocar una instancia de ese símbolo en cualquier lugar del documento. Cuando se necesiten hacer modificaciones o actualizaciones, simplemente haga cambios al símbolo y se actualizarán todas las instancias automáticamente. Las

instancias se pueden transformar de forma individual con distintos atributos, tales como efectos, sin romper la relación que tienen con el símbolo principal.

Los símbolos se administran desde el panel Biblioteca. Las bibliotecas de símbolos también se pueden compartir entre varios documentos, lo que permite almacenar elementos de uso frecuente, como logotipos o botones de barras de navegación, para usarlos en todos sus diseños.

Debido a que sólo se almacena una definición de un gráfico, el uso de símbolos en proyectos de Macromedia Flash MX crea archivos SWF más pequeños que se pueden descargar más rápidamente.

Panel Respuestas

Utilice el panel Respuestas, que ahora es una característica estándar en todas las aplicaciones de Macromedia MX, para obtener soporte inmediato, sugerencias y otros valiosos recursos que se encuentran en nuestro sitio web, desde la misma aplicación.

Paneles acoplables

Ahora todos los paneles de FreeHand MX y los cuadros de diálogo no modales comparten un mismo aspecto, funcionamiento y flujo de trabajo que mejora los comportamientos. Los paneles de uso frecuente ahora se pueden acoplar con los conjuntos de paneles estándar para dejarlos abiertos y fuera del área de trabajo, de maneja que sea más fácil personalizar la interfaz y hacer que el espacio de trabajo sea más eficiente.

Vista suavizada

Disfrute de una mejor representación en pantalla predeterminada de objetos vectoriales. FreeHand MX agrega suavizado a los modos de dibujo estándar de Vista previa y Esquema para todos los objetos vectoriales (esta característica no está disponible en Macintosh OS 9.x).

Diseñado para Windows XP

El soporte nativo para Microsoft Windows XP garantiza la compatibilidad con la última versión de la plataforma de Microsoft.

Creado para Mac OS X

FreeHand ha sido una aplicación compatible con OS X desde la versión 10 y está totalmente carbonizada para ofrecer soporte nativo para todas la mejoras a la interfaz de usuario de Macintosh OS X.

- **Respecto al diseño y producción de varias páginas**

Páginas maestras

Las páginas maestras le ayudan a acelerar el flujo de trabajo de composición y producción, mantener la uniformidad de todo un diseño y revisar elementos comunes de composición en todo un proyecto con un solo cambio. Las páginas maestras sirven igualmente bien en los proyectos de impresión de varias páginas que en otras aplicaciones comunes de composición de página, pero también se pueden usar para los fondos de proyectos de Macromedia Flash MX y las presentaciones con navegación mediante clics para la aprobación del cliente.

FreeHand MX le permite definir un número prácticamente ilimitado de páginas maestras en un documento. Las páginas maestras se pueden aplicar o retirar de las páginas en cualquier momento durante el proceso de diseño. Incluso se pueden almacenar en bibliotecas de símbolos y compartir entre varios documentos.

Entorno de varias páginas

El entorno de varias páginas exclusivo de FreeHand MX le permite realizar una mayor cantidad del diseño y la producción en un solo documento. Ya no tendrá que diseñar las distintas partes de un proyecto en varios documentos de una sola página, que no sólo se tienen que administrar sino también abrir uno por uno. Con la posibilidad de tener varias páginas, puede crear varios conceptos de un diseño para un cliente (o diseños de membrete, sobre y tarjeta de presentación) en el mismo archivo, y así sólo tendrá que enviar un archivo a la impresora.

FreeHand MX también ofrece administración de páginas intuitiva, para que pueda racionalizar la producción de cualquier cosa desde guiones para sitios web hasta folletos con gran cantidad de gráficos. Con la herramienta Página, puede trabajar con páginas directamente en el tablero, de la misma manera que lo haría con objetos, y mover, cambiar de tamaño y duplicar páginas sin necesidad de abrir el Inspector de documentos.

Herramienta Líneas de conexión

Utilice la herramienta Líneas de conexión para asignar rápidamente arquitectura de información, flujos de datos y mapas de sitios. Simplemente arrastre la herramienta para asignar relaciones persistentes entre objetos.

Estilos de líneas de conexión

Los estilos de líneas de conexión le permiten personalizar completamente el aspecto de las conexiones, además de aplicar rápidamente varios aspectos para que tengan distintos significados en el mapa. Por ejemplo, una conexión sólida podría representar

el trazado estándar de todo el sitio, mientras que una línea de conexión discontinua podría representar el trazado cuando un usuario no se ha conectado al sitio.

- **Respecto a las herramientas de diseño intuitivas**

Herramienta Extrusión

Cree aspectos 3D fascinantes sin sacrificar la capacidad de edición de la forma original. Con la nueva herramienta Extrusión, puede extender y modificar las extrusiones. Una vez aplicada la extrusión, tendrá control completo de los atributos, incluidos la profundidad de la extrusión, el punto de fuga y la iluminación.

Agregue aún más profundidad y realismo a sus diseños al asignar un punto de fuga compartido a varios objetos extruidos o al agregar un perfil de trazado abierto para darle más forma a una extrusión.

Herramienta Borrador

Utilice la herramienta Borrador para modificar los trazados de manera más orgánica. Elimine porciones de un objeto vectorial pasando la herramienta Borrador de la misma manera que se borran los píxeles en una aplicación de edición de mapas de bits.

Herramienta Fusión

La herramienta Fusión aumenta las ya potentes capacidades de fusión de FreeHand MX al proporcionar funciones de fusión de arrastrar y colocar con comentarios automáticos en pantalla. Simplemente arrastre de un objeto a otro para crear fusiones, o modifique fusiones existentes arrastrando de un punto a otro en un objeto fusionado.

Herramienta Pluma estándar de Macromedia

La herramienta Pluma de FreeHand MX combina los comportamientos estándar de la herramienta Pluma de Macromedia Flash MX y Macromedia Fireworks MX con los comportamientos tradicionales de pluma que conocen los ilustradores con experiencia. La herramienta Pluma ahora también incluye una característica de línea elástica que realiza un vista previa del siguiente segmento de línea a medida que se desplaza la herramienta Pluma dentro del espacio de trabajo.

Herramienta Estilo libre

Trabaje con trazados de manera directa e intuitiva. La herramienta Estilo libre es sobre todo efectiva para crear formas orgánicas al diseñar un objeto sencillo "de forma libre", por ejemplo, un círculo o un rectángulo.

Para los principiantes, la herramienta Estilo libre es una manera más sencilla de aprender acerca de los controles Bezier. La herramienta Estilo libre le permite empujar o tirar de cualquier lugar del trazado para cambiarle de forma o utilizar la opción Remodelar área para tener un control más preciso de la parte que se está cambiando de forma.

Pinceladas y trazos de aerosol basados en símbolos

Logre efectos de ilustración a medida que se puedan actualizar fácilmente. Agregue una instancia o una serie de instancias a lo largo de un trazado y controle su comportamiento. O bien, vaya más allá de un trazado de grosor estándar aplicando un símbolo a un trazado como un solo objeto distorsionado, incluso puede aplicar un aerosol de símbolos al trazado.

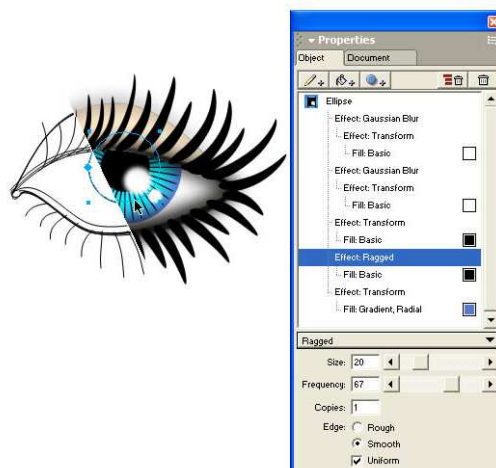
Aplique pinceladas a cualquier trazado de FreeHand MX para distribuir una instancia del símbolo gráfico en el trazado, ya sea repitiendo las pinceladas o expandiéndolas a lo largo del trazado. Puede controlar el comportamiento de las instancias, además de apilar varias instancias en un trazado.

- **Respecto al poder de diseño**

Varios atributos

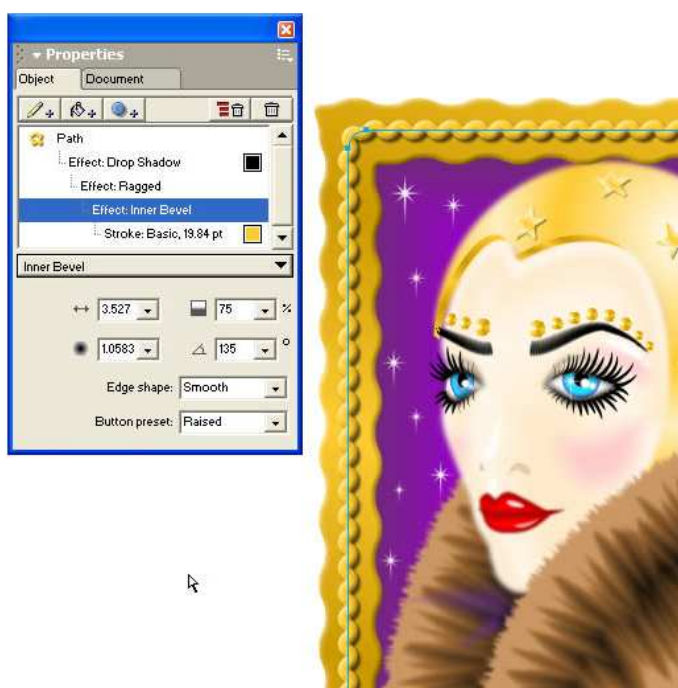
Dele más realce visual a sus diseños e ilustraciones: aplique atributos ilimitados de trazo, relleno y efecto a un solo objeto vectorial o de texto, sin sacrificar la capacidad de edición del objeto base. Con la capacidad de tener varios atributos se elimina la necesidad de apilar duplicados de un objeto para crear un aspecto en particular, lo cual hace que las actualizaciones sean más fáciles y rápidas e incluyan menos objetos.

Incluso se pueden crear atributos sobre grupos y símbolos, y así facilitar y acelerar la aplicación de efectos visuales como desenfocos y sombras en secciones enteras de un diseño a la vez.



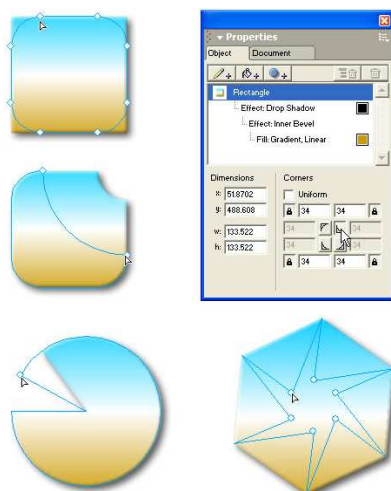
Efectos automáticos

Maximice su expresión creativa con efectos automáticos, que aplican distorsiones complejas y efectos sin modificar el objeto original. FreeHand MX incluye efectos vectoriales como curvar, esbozo y transformar, además de efectos ráster de bisel, sombra y transparencia de degradado. El panel Objeto le da control completo de los efectos, y de todos los atributos de objeto o de atributos seleccionados.



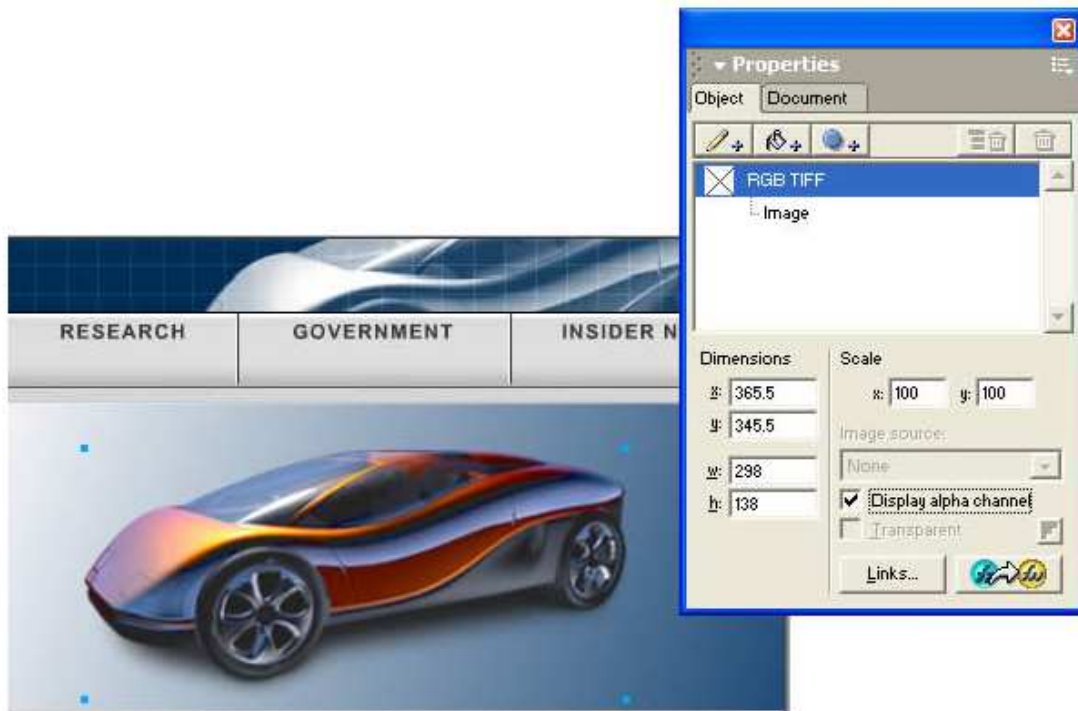
Primitivos gráficos de edición automática

Cambie la forma de rectángulos, elipses y polígonos de manera fácil y rápida sin sacrificar el control y la capacidad de edición de los primitivos gráficos de FreeHand MX. Puede fácilmente redondear las esquinas de los rectángulos o mezclarlas entre cóncavas y convexas, convertir elipses en arcos y cambiar polígonos en estrellas con un número de puntas que se puede editar.



Soporte de canal alfa para la imagen

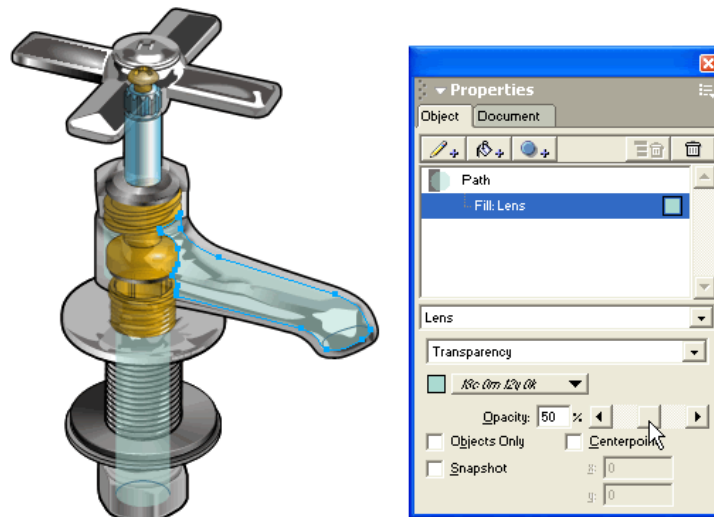
El soporte para canales alfa le permite integrar nítidamente en los diseños imágenes que contienen transparencia. FreeHand MX cuenta con soporte completo para la importación y la presentación de formatos de imagen de 32 bits.



Transparencia de vectores

FreeHand MX fue el primer programa de dibujo de alto nivel basado en PostScript en ofrecer verdaderas capacidades de transparencia dinámicas, y a la vez mantener los documentos en un formato vectorial que se puede editar. Las lentes transparentes son uno de los tipos estándar de relleno que existen en FreeHand MX.

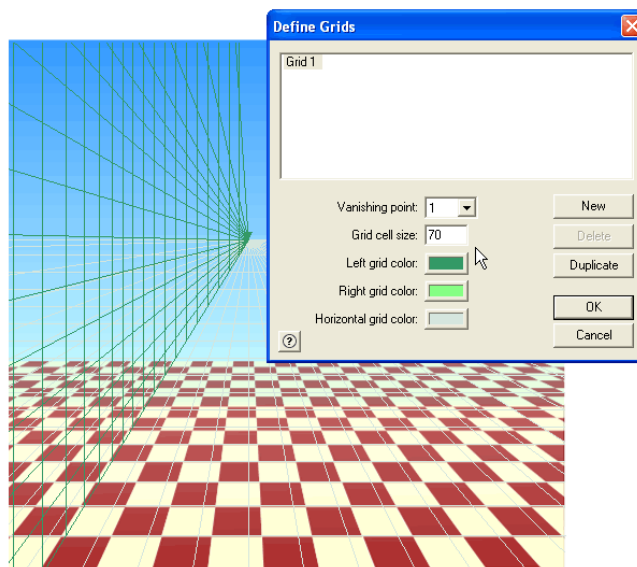
Se pueden definir atributos de transparencia, tales como forma, ubicación, opacidad y color. Cambie dinámicamente el relleno de opacidad y color de un objeto para mostrar los objetos detrás del objeto con relleno de lente. O bien, muestre los efectos de transparencia solamente en las áreas de objeto superpuestas.



Cuadrícula de perspectiva

FreeHand MX proporciona la mejor manera de representar medios tridimensionales en un entorno de dibujo bidimensional. La cuadrícula de perspectiva pone en perspectiva el arte en sólo unos pocos segundos: simplemente defina guías de cuadrícula de perspectiva de fondo con puntos de fuga y líneas de horizonte infinitamente ajustables, para proporcionar efectos 3D en un entorno de ilustración familiar.

Ajuste cualquier objeto vectorial a la cuadrícula, para crear vistas de perspectiva exactas. Los objetos se adaptan automáticamente a escala a medida que se desplazan hacia el punto de fuga, y cambian de perspectiva a medida que se desplazan hacia arriba y hacia abajo en la cuadrícula. Una vez que los objetos están adjuntos a la cuadrícula, se puede cambiar la composición y la perspectiva de la cuadrícula, y actualizar automáticamente los objetos que se encuentran sobre la misma para que coincidan con la nueva perspectiva.



Transformaciones interactivas

Con FreeHand MX, puede usar selectores basados en objetos para girar, adaptar a escala, sesgar y mover los gráficos directamente, sin tener que seleccionar herramientas diferentes para cada transformación. Para activar los selectores de transformación interactiva, simplemente haga doble clic con la herramienta Puntero en un objeto o en una selección de varios objetos. Cuando termine, haga doble clic otra vez para desactivar los selectores de transformación.

- **Respecto a la productividad**

Panel Objeto

Ahora puede inspeccionar y cambiar rápidamente propiedades de objeto y de texto, tales como trazo, relleno, fuente o efecto, en una ubicación centralizada con el panel Objeto de FreeHand MX. Además, el nuevo panel Objeto proporciona control de apilamiento centralizado de varios atributos para crear aspectos visuales únicos e ilimitados.

También puede arrastrar y colocar entre los paneles Objeto y Estilo para crear, editar y redefinir estilos de gráfico y de texto.

Área de impresión

Utilice la herramienta Área de impresión para definir una sola área para la impresión o exportación dentro del espacio de trabajo de un documento. El área de impresión, que es ideal para revisar porciones de un diseño, puede incorporar áreas seleccionadas de páginas existentes, además de áreas seleccionadas del tablero. Después de definir el área de impresión, se le puede cambiar el tamaño o eliminarla, o ver sus dimensiones en el panel Objeto. Al guardar un documento, el área de exportación se guarda como parte de los atributos del documento.

Intercambiar objeto con símbolo

Seleccione un objeto o una instancia de símbolo y sustitúyalo con un símbolo de la biblioteca.

Mejoras al panel Estilo

Ahora es más fácil que antes aplicar y editar estilos de gráficos y de texto, lo cual acelera la producción de diseños y racionaliza el flujo de trabajo. Utilice la nueva vista Sólo previsualizaciones para acceder a más estilos en una área de pantalla más pequeña.

Los estilos existentes pueden editarse en el panel Objeto, de manera que no es necesario abrir un cuadro de diálogo de edición separado. Simplemente haga clic en el estilo en el panel Estilos y haga sus cambios en el panel Objeto: cambie colores o fuentes, agregue efectos o reorganice los atributos para obtener un nuevo aspecto.

Métodos abreviados de teclado personalizados

Acelere el aprendizaje y la producción con métodos abreviados de teclado personalizados. Ya no es necesario recordar distintos métodos abreviados para acciones parecidas en cada una de las aplicaciones que utiliza. Utilice el conjunto estándar de Macromedia para una mejor integración de FreeHand MX en el flujo de trabajo de Macromedia Studio MX, o bien, personalice sus propios métodos abreviados como desee.

- **Respecto a la animación**

Separar por capas

Cree animación sin una línea de tiempo usando las capas como una serie de fotogramas en una animación. La característica Separar por capas desagrupa fusiones u objetos unidos a un trazado y asigna cada objeto desagrupado a una capa en orden consecutivo.

Utilice Separar por capas en grupos, fusiones, texto y objetos, o en texto adjunto a un trazado.

Efectos de animación

Con la característica Separar por capas, se pueden crear rápidamente animaciones para Macromedia Flash, Macromedia Fireworks, Adobe Photoshop y Adobe AfterEffects con efectos de animación de fotograma por fotograma.

Puede elegir la manera de distribuir los objetos en la capas, según el efecto que desee crear. Puede hacer secuencias de objetos para crear una animación estándar, añadir para crear un efecto de adición, soltar para crear un efecto de sustracción y arrastrar para crear un efecto de movimiento.

- **Respecto a los efectos**

Rellenos de degradado mejorados

Los nuevos tipos de relleno de degradado y los controles adicionales de FreeHand MX le permiten crear rellenos de aspecto complejo en degradados sencillos. Ahora puede elegir degradados en forma de rectángulo y cono, además de los tipos lineal, radial, logarítmica y contorno estándar.

Si desea más efectos visuales, puede repetir o reflejar un relleno de degradado un número definido de veces dentro del alcance de los selectores de relleno de degradado. O bien, puede elegir tamaño automático para ajustar rápidamente el degradado al ancho y alto del objeto, y actualizarlo automáticamente mientras edita.

Selectores de relleno de degradado

Edite el aspecto de los rellenos de degradado directamente en el espacio de trabajo. Los selectores de relleno de degradado proporcionan control interactivo preciso del degradado directamente en el objeto.

Mejoras al pincel

Dele a sus trazos de pincel un aspecto más fluido y natural. El nuevo atributo de esquinas redondeadas mejora los métodos de pincel de FreeHand MX al ajustarse a las esquinas y ángulos cerrados.

Trazo caligráfico

Cree caligrafía que se puede modificar de prisa. Asigne trazos angulares y con forma a un trazado con este nuevo atributo, y cree una punta ilustrativa y de estilo caligráfico para trazos definidos.

5. EQUIPO NECESARIO

Este CD-MULTIMEDIA DE SENSORES está pensado para trabajar con el sistema operativo que actualmente es el más utilizado, en este caso es Microsoft Windows, ya que se ha creado y desarrollado con Macromedia Director y este programa es compatible con este sistema operativo.

Los requerimientos mínimos para la visualización óptima del CD-ROM son:

- Procesador Intel Pentium 4 o equivalente a 2GHz (Recomendado 2,4 GHz)
- 0,5 GB de memoria RAM (Recomendada 1GB según versión del SO)
- Microsoft Windows XP con Service Pack 2, Windows Vista o Windows 7
- 300MB de espacio disponible en el disco duro si se va a producir la copia del CD
- Disponibilidad de unidad de CD-ROM/DVD-ROM
- Tarjeta gráfica y monitor con una resolución mínima de 800x600 píxeles y 256 colores.

Se recomienda para una mejor reproducción del CD MULTIMEDIA copiar el contenido del mismo en el disco duro del ordenador, ya que esto facilitará la lectura de la información. Esta lectura pasará a ser más rápida ya que al cd le cuesta más reaccionar a las acciones iniciadas y de este modo el CD MULTIMEDIA se ejecutará de manera efectiva.

6. ESQUEMA CD INTERACTIVO

1. MENU PRINCIPAL

1.1 SENSORES CAUDAL

1.2 SENSORES DE LUZ

1.2.1 GENERALIDADES Y CUESTIONES TÉCNICAS

1.2.1.1 GENERALIDADES

1.2.1.2 CLASIFICACIÓN

1.2.1.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

1.2.2 TIPOS

1.2.2.1 SENSORES FOTÓNICOS

1.2.2.1.1 SENSORES FOTOVOLTAICOS

1.2.2.1.1.1 SENSORES FOTOVOLTAICOS DE SILICIO

1.2.2.1.1.2 SENSORES FOTOVOLTAICOS DE SELENIO

1.2.2.1.1.3 SENSORES FOTOVOLTAICOS DE GERMANIO

1.2.2.1.1.4 SENSORES FOTOVOLTAICOS DE ARSENIURO DE INDIO

1.2.2.1.1.5 SENSOR FOTOVOLTAICO DE TELURIO

1.2.2.1.1.6 SENSOR FOTOVOLTAICO DE TIPO HETEROUNIÓN

1.2.2.1.2 SENSORES FOTOCONDUCTORES

1.2.2.1.2.1 SENSOR FOTOCONDUCTOR DE SULFURO DE CADMIO

1.2.2.1.2.2 SENSOR FOTOCONDUCTOR DE SULFURO DE PLOMO

1.2.2.1.2.3 SENSOR FOTOCONDUCTOR DE GERMANIO DOPADO CON ORO

1.2.2.1.3 SENSORES DE UNIÓN FOTOCONDUCTORA

1.2.2.1.3.1 FOTODIODOS UNIÓN P-N

1.2.2.1.3.2 FOTODIODOS AVALANCHA (APD)

1.2.2.1.3.3 FOTODIODOS P-I-N

1.2.2.1.3.4 FOTOTRANSISTORES

1.2.2.1.4 SENSORES FOTOEMISIVOS

1.2.2.1.4.1 FOTOTUBOS

1.2.2.1.4.2 FOTOMULTIPLICADORES

1.2.2.1.4.2.1 FOTOMULTIPLICADORES SIDE-ON

1.2.2.1.4.2.2 FOTOMULTIPLICADORES HEAD-ON

1.2.2.1.5 SENSORES FOTOELECTROMAGNÉTICOS

1.2.2.2 SENSORES TÉRMICOS

1.2.2.2.1 SENSORES TERMOELÉCTRICOS

1.2.2.2.1.1 TERMOPILAS

1.2.2.2.1.2 TERMOPARES

1.2.2.2.2 SENSORES BOLOMÉTRICOS

1.2.2.2.3 SENSORES PIROELÉCTRICOS

1.2.2.2.4 SENSORES TIPO GOLAY

1.2.3 FABRICANTES

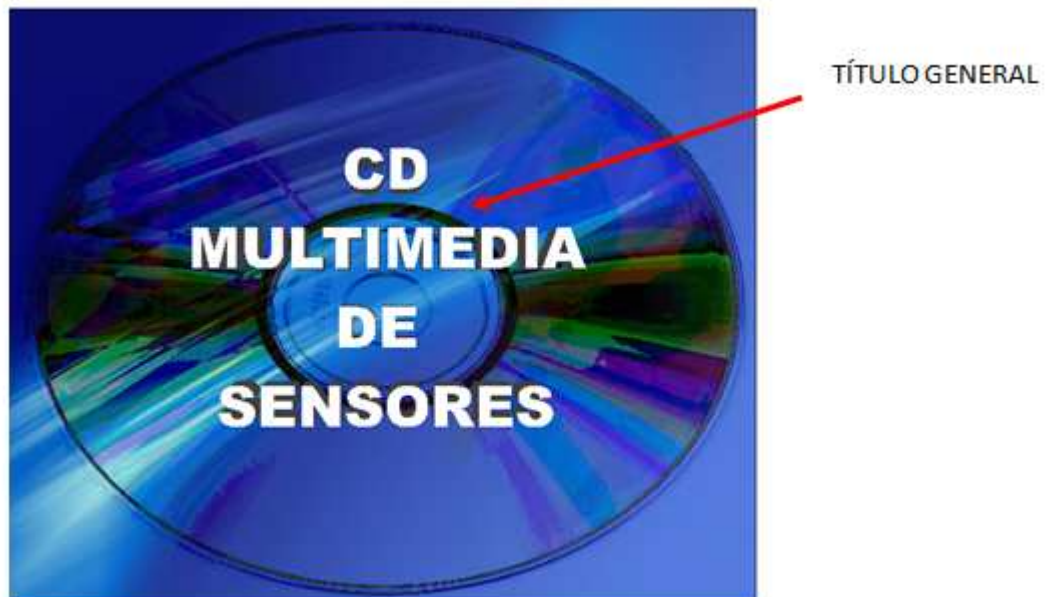
1.2.4 CRÉDITOS

1.2.5 GLOSARIO DE TÉRMINOS

7. DESCRIPCIÓN DE LAS PANTALLAS

7.1 PANTALLA INICIAL:

Pantalla de inicio del CD Multimedia en la que aparece el título general. Al clicar sobre el título se accede a la siguiente pantalla.



7.2 PANTALLA PRINCIPAL DE LOS GRANDES TIPOS DE SENSORES

Pantalla donde se muestran los dos grandes tipos de sensores: SENSORES DE CAUDAL y SENSORES DE LUZ. Al clicar sobre el título de cada uno se accede al menú principal.



7.3 PANTALLA MENÚ PRINCIPAL

Pantalla en la que se muestran los apartados de: Generalidades y Cuestiones técnicas, Tipos, Fabricantes y Créditos. Al clicar sobre los títulos se accede a los menús de cada apartado.



7.4 PANTALLA GENERALIDADES Y CUESTIONES TÉCNICAS

Pantalla en la que se muestran los apartados de: Generalidades, Clasificación y Criterios de selección. Al clicar sobre los títulos se accede al contenido de los mismos.



7.5 PANTALLA GENERALIDADES

Pantalla a la que se accede tras clicar el título GENERALIDADES de la PANTALLA GENERALIDADES Y CUESTIONES TÉCNICAS. En esta pantalla se muestra la documentación general de los Sensores de Luz. En el lateral izquierdo se muestra un menú donde se puede acceder a CLASIFICACIÓN Y CRITERIOS DE SELECCIÓN.



7.6 PANTALLA CLASIFICACIÓN

Pantalla a la que se accede tras clicar en el título CLASIFICACIÓN de la PANTALLA DE GENERALIDADES Y CUESTIONES TÉCNICAS. En esta pantalla se muestra una clasificación total y particular de todos los sensores desarrollados en el proyecto. En el lateral izquierdo se muestra un menú donde se puede acceder a GENERALIDADES Y CRITERIOS DE SELECCIÓN



7.7 PANTALLA CRITERIOS DE SELECCIÓN

Pantalla a la que se accede tras clicar el título CRITERIOS DE SELECCIÓN de la PANTALLA GENERALIDADES Y CUESTIONES TÉCNICAS. En esta pantalla se muestra una tabla en la que se clasifican los sensores y se muestran los distintos parámetros que comparten cada uno de ellos y los hacen diferenciarse. En la parte superior debajo del título se muestra un menú donde se puede acceder a GENERALIDADES Y CLASIFICACIÓN.



7.8 PANTALLA GRANDES TIPOS

Pantalla a la que se accede tras clicar en el título TIPOS de la PANTALLA MENÚ PRINCIPAL. En esta pantalla se muestran los dos grandes grupos de tipos de sensores de luz clicando sobre los títulos.



7.9 PANTALLA MENÚ SENSOR PRINCIPAL

Pantalla a la que se accede en este caso tras clicar en el título SENSORES FOTÓNICOS de la PANTALLA GRANDES TIPOS. En esta pantalla se muestran los diferentes tipos de sensores que componen el grupo de Sensores Fotónicos. (Lo mismo ocurriría si cliqueáramos en el título SENSORES TÉRMICOS, en este caso se mostrarían los diferentes tipos de sensores que componen este grupo).



7.10 PANTALLA SUBGRUPOS SENSORES

Pantalla a la que se accede a través de la PANTALLA MENÚ SENSOR PRINCIPAL. En esta pantalla se muestran la información general del tipo de sensor así como los subgrupos del mismo y a los que se puede acceder cliqueando sobre su título correspondiente. Del mismo modo se puede clicar sobre el título de los sensores principales para ir a la pantalla respectiva de dicho sensor.



7.11 PANTALLA INFORMACIÓN DEL SENSOR

Pantalla a la que se accede a través de la pantalla anterior y en la que se muestran diversas pestañas: Descripción y Características, Ventajas e inconvenientes, Gráfica y Aplicaciones a las que se puede acceder a su información cliqueando sobre ellas. En muchas de estas páginas se pueden ver hipervínculos a páginas web y vínculos en palabras al glosario de términos.



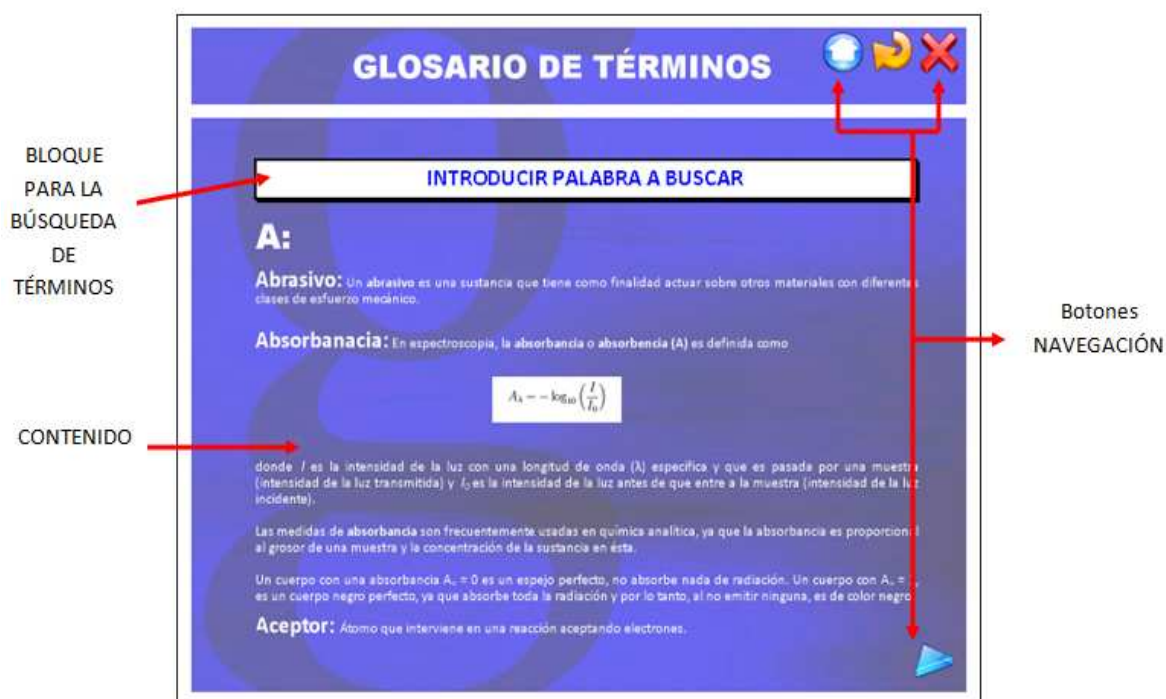
7.12 PANTALLA FABRICANTES

Pantalla a la que se accede tras clicar sobre el título FABRICANTES de la PANTALLA MENÚ PRINCIPAL, que muestra logotipos de diversos fabricantes de sensores que además contienen vínculos a sus páginas en Internet.



7.13 PANTALLA GLOSARIO DE TÉRMINOS

Pantalla a la que se accede tras clicar sobre el botón de búsqueda. Muestra todo el Glosario de Términos pudiendo buscar el término deseado o simplemente desplazándose mediante las flechas de navegación.



7.14 BOTONES DE NAVEGACIÓN

7.14.1 BOTÓN INICIAL

Botón INICIAL de color azul y con forma de casa que aparece en el lado superior derecho de todas las pantallas, y al clicar sobre él te lleva a la PANTALLA PRINCIPAL DE LOS GRANDES TIPOS DE SENSORES.



7.14.2 BOTÓN SALIR

Botón SALIR de color rojo y con forma de cruz, que aparece en el lado superior derecho de todas las pantallas junto al botón inicial y al clicar sobre él se pone fin a la presentación.



7.14.3 BOTÓN ANTERIOR

Botón ANTERIOR de color amarillo y con forma de flecha redondeada, que aparece en el lado superior derecho de todas las pantallas junto al botón inicial y botón salir y al clicar sobre él apareces en la pantalla anterior a la que estes.



7.14.4 BOTÓN DERECHO

Botón DERECHO de color azul y con forma de flecha hacia la derecha, que aparece en el lado inferior derecho de las pantallas cuyas informaciones estén desplegadas en varias de ellas.



7.14.5 BOTÓN IZQUIERDO

Botón IZQUIERDO de color azul y con forma de flecha hacia la izquierda, que aparece en el lado inferior derecho de las pantallas cuyas informaciones estén desplegadas en varias de ellas.



7.14.6 BOTÓN GLOSARIO DE TÉRMINOS

‘ Botón GLOSARIO DE TÉRMINOS muestra el símbolo de una lupa, que aparece en el lado superior izquierdo de las pantallas en las que se encuentra la información general y la información concreta de cada tipo de sensores. Cliqueando sobre él se accede al Glosario de términos en el que se puede realizar la búsqueda del significado de los mismos.



8. DOCUMENTACIÓN SENSORES

8.1 INTRODUCCIÓN

Un sensor es cualquier dispositivo que detecta una determinada acción externa. Los sensores existen desde siempre, y nunca mejor dicho, porque el hombre los tiene incluidos en su cuerpo y de diferentes tipos. El hombre experimenta sensaciones como calor o frío, duro o blando, fuerte o flojo, agradable o desagradable, pesado o no. Y poco a poco le ha ido añadiendo adjetivos a estas sensaciones para cuantificarlas como frígido, fresco, tibio, templado, caliente, tórrido. Es decir, que día a día ha ido necesitando el empleo de magnitudes medibles más exactas entre las que encontramos entre muchas de ellas a:

- LUZ a través de los OJOS
- TEMPERATURA a través del TACTO
- OLOR a través de la NARIZ
- PRESIÓN a través del CUERPO
- SONIDO a través de los OÍDOS

El mayor desarrollo de los sensores se consiguió en el ámbito militar, con una clara aplicación bélica. Durante la Segunda Guerra Mundial el uso de sensores se extendió por primera vez más allá de un laboratorio e incluso se reveló como determinante en la resolución del conflicto, ya que la superioridad técnica de los sistemas británicos y norteamericanos frente a los alemanes fue clave en ciertas victorias del bando aliado.

En la década de los sesenta se mostró un constante crecimiento en el uso de los sensores, muchos de los cuales fueron desarrollados para paliar las necesidades de la industria aeroespacial. Esta tendencia continuó durante los años setenta, el desarrollo de nuevos sensores creó nuevas técnicas de detección y metodologías en la adquisición de datos y la correspondiente visualización. Un nuevo empujón sobre el desarrollo llegó con la concienciación ecológica por parte de los gobiernos, con nuevos sensores para el control de diversos tipos de polución.

8.2 TIPOS DE CLASIFICACIONES DE SENSORES

A pesar de que pueden existir decenas de clasificaciones para los sensores, solo se nombrarán algunas de ellas.

En función de la **magnitud física** que miden se pueden enumerar las siguientes:

- Temperatura
- Humedad
- Presión
- Caudal
- Posición
- Movimiento
- Luz
- Imagen
- Corriente
- Conductividad
- Resistividad
- Biométricos
- Acústicos
- Aceleración
- Velocidad
- Inclinación
- Químicos

Según el **tipo de funcionamiento**.

- Deflexión: la medida se realiza rompiendo una situación de equilibrio.
- Comparación: la medida se realiza alcanzando una situación de equilibrio.

Según la **relación entrada-salida**

- Orden de la función de transferencia (1º, 2º, etc.)

En función del **tipo de señal de entrada**:

Los sensores pueden ser clasificados dependiendo del tipo de señal al cual responden.

- **Mecánica:** Ejemplos: longitud, área, volumen, masa, flujo, fuerza, torque, presión, velocidad, aceleración, posición, acústica, longitud de onda, intensidad acústica.
- **Térmica:** Ejemplos: temperatura, calor, entropía, flujo de calor.
- **Eléctrica:** Ejemplos: voltaje, corriente, carga, resistencia, inductancia, capacitancia, constante dieléctrica, polarización, campo eléctrico, frecuencia, momento dipolar.
- **Magnética:** Ejemplos: intensidad de campo, densidad de flujo, momento magnético, permeabilidad.

- **Radiación:** Ejemplos: intensidad, longitud de onda, polarización, fase, reflectancia, transmitancia, índice de refractancia.
- **Química:** Ejemplos: composición, concentración, oxidación/potencial de reducción, porcentaje de reacción, PH.

Atendiendo al **tipo de señal entregada** por el sensor:

- **Sensores análogos.**

La gran mayoría de sensores entregan su señal de manera continua en el tiempo. Son ejemplo de ellos los sensores generadores de señal y los sensores de parámetros variables.

- **Sensores digitales.**

Son dispositivos cuya salida es de carácter discreto. Son ejemplos de este tipo de sensores: codificadores de posición, codificadores incrementales, codificadores absolutos, los sensores autoresonantes (resonadores de cuarzo, galgas acústicas, cilindros vibrantes, de ondas superficiales (SAW), caudalímetros de vórtices digitales), entre otros.

Atendiendo a la naturaleza de la señal eléctrica generada:

Los sensores dependiendo de la naturaleza de la señal generada pueden ser clasificados en:

- **Sensores pasivos:**

Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir por intermedio de una fuente auxiliar. Ejemplo: sensores de parámetros variables (de resistencia variable, de capacidad variable, de inductancia variable).

- **Sensores activos o generadores de señal:**

Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir en forma autónoma, sin requerir de fuente alguna de alimentación. Ejemplo: sensores piezoeléctricos, fotovoltaicos, termoelectrónicos, electroquímicos, magnetoeléctricos.

8.3 SENSORES DE LUZ

GENERALIDADES

El **Detector Fotoeléctrico** es un detector de **luz**, que se fundamenta en:

- La **Óptica** para el caso de la detección.
- Y la **Electrónica** para el control.

Para el estudio de los sensores de luz nos basaremos en dos teorías:

- Teoría **Ondulatoria**.
- Teoría **Corpuscular**.

TEORÍA ONDULATORIA

La **luz** es una forma de energía radiante, una radiación electromagnética que se propaga por el espacio en línea recta con vibraciones que tienen forma **senoidal**.

Senoide:

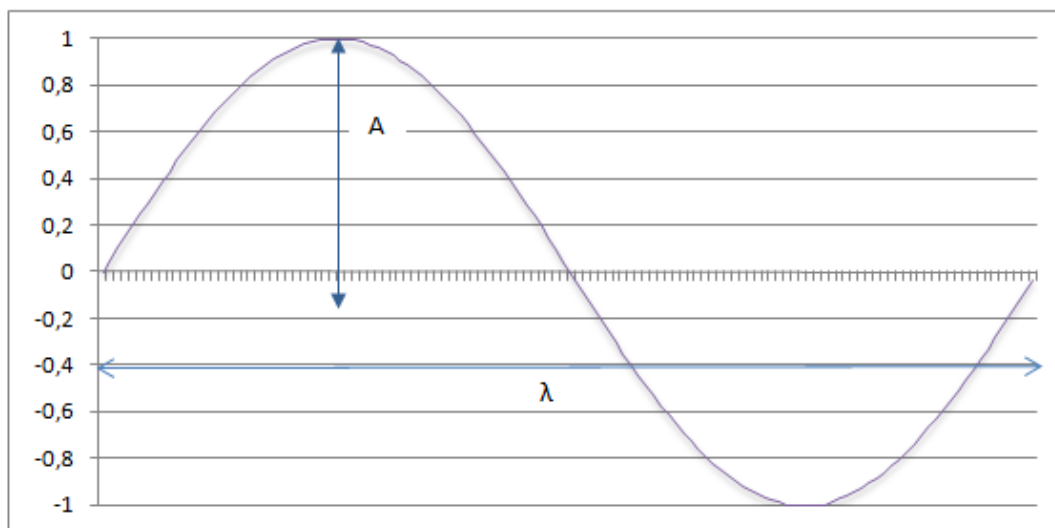


Figura.1

A= Amplitud

λ = Longitud de onda

La frecuencia de la luz se relaciona con la longitud de onda y la velocidad de la luz (3×10^{10} cm/s) en el vacío:

$$v = (3 \times 10^{10}) / \lambda$$

Generalmente se considera como luz aquella porción del espectro electromagnético que se encuentra entre los 10^3 y 10^6 nm, aunque realmente la parte visible sea la comprendida entre los 380nm y 780nm. La banda comprendida entre los 10 y 380nm se denomina radiación ultravioleta (UV), y la banda entre los 780 y 1060nm radiación infrarroja (IR).

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

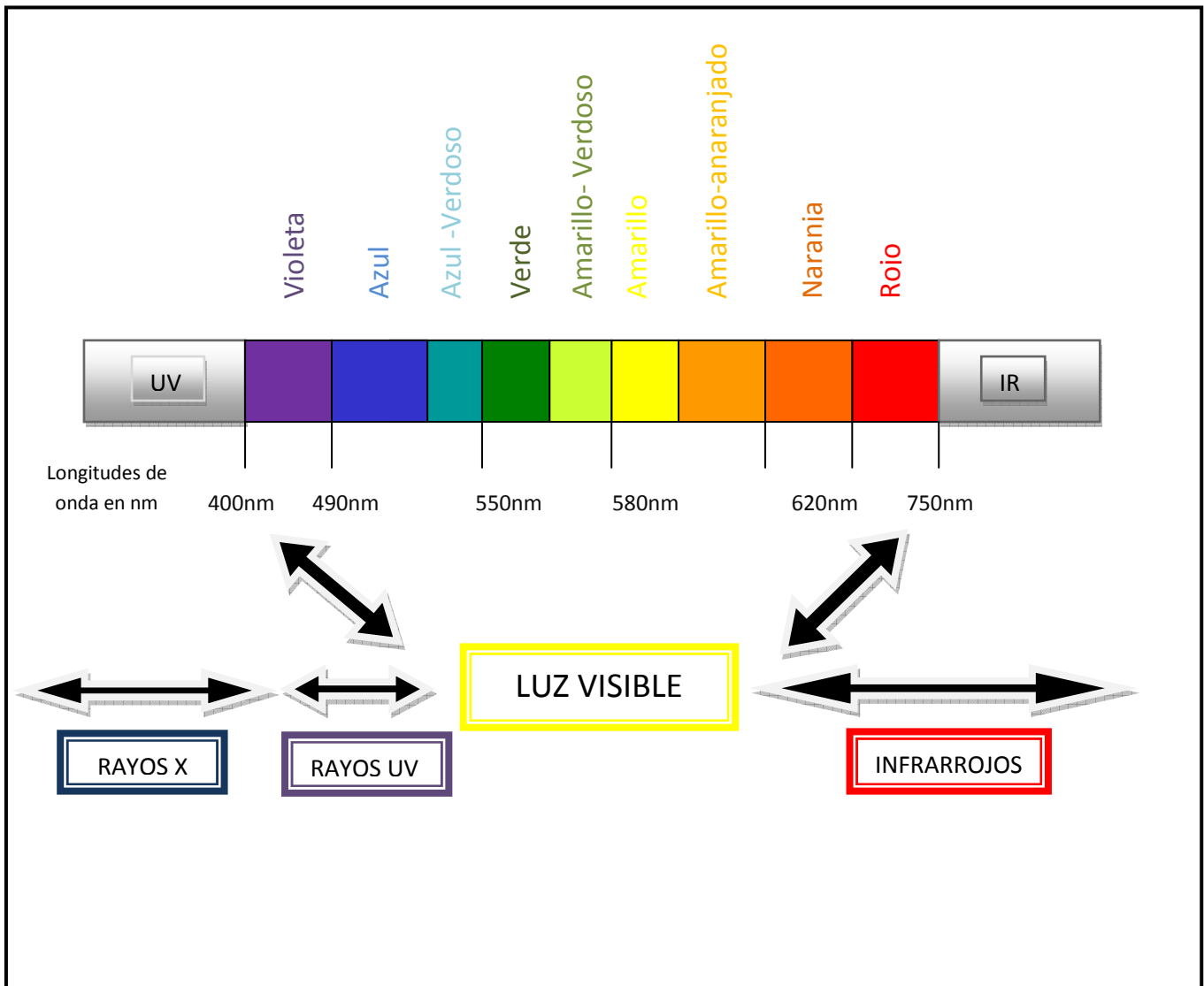


Figura.2

La teoría ondulatoria da respuesta a los fenómenos de:

- Reflexión
- Refracción

LA REFLEXIÓN

Cuando un rayo de luz choca contra un espejo, experimenta un cambio de dirección, es decir **SE REFLEJA**.

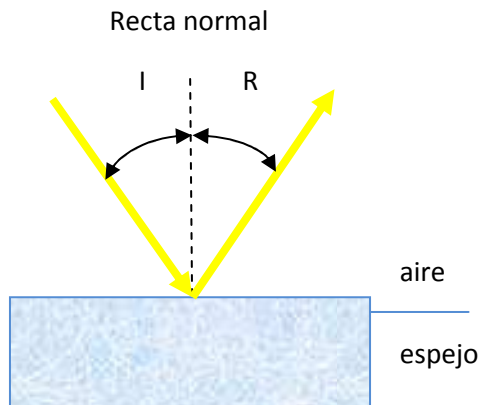


Figura.3

- La reflexión siempre se produce sobre una superficie pulida de apariencia brillante (ej. espejo).
- El rayo incidente, el rayo reflejado y la recta normal, deben estar en el mismo plano (mismo medio).
- El ángulo del rayo incidente **I** es igual al ángulo del rayo reflejado **R**.

LA REFRACCIÓN

Cuando la luz pasa de un medio a otro, experimenta un cambio de dirección, es decir **SE REFRACTA**.

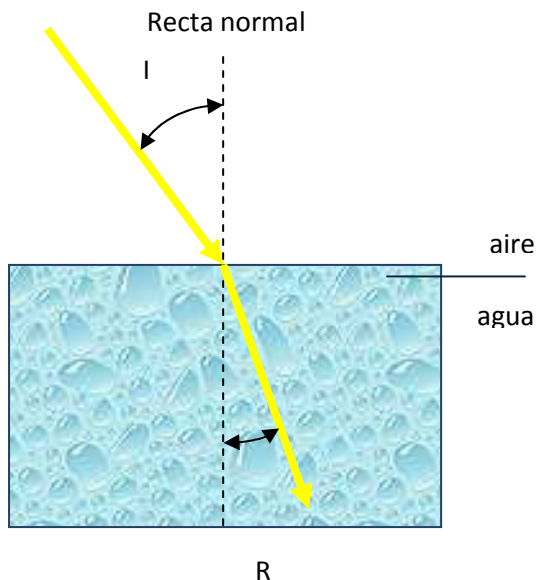


Figura.4

- Sólo se produce cuando la luz pasa de un medio a otro. (ej. Aire a agua)
- El ángulo entre el rayo incidente **I** y la superficie de separación ha de ser diferente de 90° .
- $N_1 \times \sin I = N_2 \times \sin R$ siendo N_1 y N_2 los índices de refracción de las correspondientes sustancias (aire y agua).

TEORÍA CORPUSCULAR

- La luz está compuesta de partículas de energía (**fotones**) que se desplazan por el espacio.
- Esto explica los efectos de intercambio de energía entre las radiaciones luminosas y la materia... el **EFFECTO FOTOELÉCTRICO**.

La energía de un fotón viene dada por la expresión:

$$E = h \times v \quad \text{donde : } E = \text{Energía de un fotón}$$

$$h = \text{Constante de Planck} = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$v = \text{Frecuencia}$$

La mayoría de los objetos los vemos gracias a la luz que reflejan, pero a temperaturas suficientemente elevadas los cuerpos se vuelven **autoluminosos**. Es el caso del filamento de una lámpara de incandescencia (*Figura 5*).



Figura.5 Imagen tomada de <http://www.simiologia.com/del-foco-a-las-estrellas/>

La radiación emitida de esta manera se conoce como **radiación térmica**. El espectro de la radiación térmica de un cuerpo sólido caliente es continuo, siendo mayor la radiación que emite cuanto mayor es su temperatura; además la longitud de onda de aquella radiación emitida más intensamente va descendiendo al aumentar la temperatura. Esto se comprueba al observar el cambio de color de un cuerpo caliente, que pasa del rojo oscuro al amarillo-naranja conforme aumenta su temperatura. Esta característica nos permite calcular la temperatura de un cuerpo caliente a partir de la radiación que emite. El ojo humano ve principalmente el color, que corresponde a la emisión más intensa en la región visible (**Figura.2**).

De todo lo visto anteriormente se llega a la conclusión de que los sensores que más adelante desarrollaremos (sensores de luz) puedan clasificarse en sensores fotónicos y sensores térmicos.

Ahora estudiaremos la parte global de la que forma parte el sensor de luz, el **detector fotoeléctrico**.

DETECTOR FOTOELÉCTRICO

Una vez establecida las dos teorías vamos a tratar al detector Fotoeléctrico, el cual consta de tres partes:

1. Etapa de **DETECCIÓN**
2. Etapa de **TRATAMIENTO DE LA SEÑAL**
3. Etapa de **SALIDA**

1. La **ETAPA DE DETECCIÓN** consta de tres elementos:

- Elemento **EMISOR**
- Elemento **RECEPTOR**
- Elemento **ÓPTICO**

El elemento **EMISOR** transforma una señal eléctrica en una señal luminosa que puede ser visible o no, la cual será emitida hacia el receptor, el reflector o el objeto.

Los emisores de luz más usuales son:

- Lámpara incandescente
- Diodo LED
- Láser

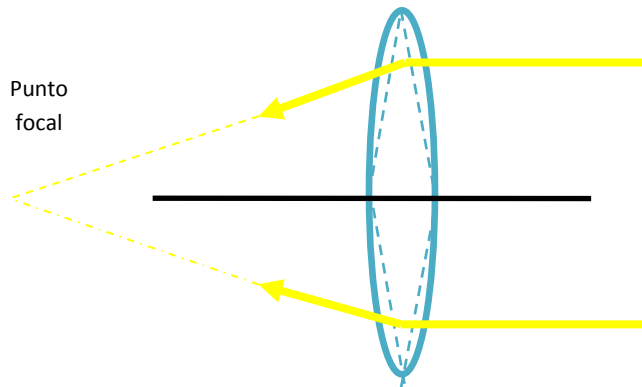
El elemento **RECEPTOR** capta la señal luminosa procedente del elemento emisor y la transmite a la etapa de tratamiento de señal. Los elementos receptores son los **sensores de luz** que se clasifican y se desarrollan en el presente proyecto.

El elemento **ÓPTICO** concentra el haz luminoso procedente del elemento emisor para que este sea aprovechado por el elemento receptor, esto se realiza por medio de **lentes**.

Las lentes son cualquier medio transparente limitado por dos superficies donde una de ellas, como mínimo, NO es plana.

TIPOS DE LENTES

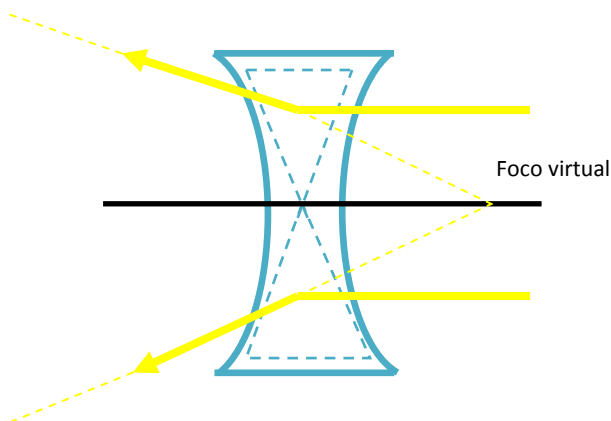
- Lentes Convergentes



- Las lentes convergentes son más gruesas por el centro que por el borde.
- Hacen converger en un punto llamado punto focal todos los rayos de luz.
- Es la más utilizada en optoelectrónica

Figura.6

- Lentes Divergentes



- Las lentes divergentes son más gruesas por los bordes que por el centro.
- Separan los rayos de luz que las atraviesan.
- Si miramos por una lente divergente da la sensación de que los rayos proceden de un punto F (foco virtual).

Figura.7

2. La **ETAPA DE TRATAMIENTO DE LA SEÑAL** reconoce la señal captada por la etapa de detección y la amplifica para que ésta sea tratada por la etapa de salida.
3. La **ETAPA DE SALIDA** se encarga que la señal amplificada que llega de la anterior etapa pueda ser utilizada por el resto de elementos que formen parte del sistema global.

TIPOS DE SALIDA

- Salida por **RELÉ**
- Salida por **TRANSISTOR**
- Salida por **TRIAC**
- Salida **ANALÓGICA**

SISTEMAS DE DETECCIÓN

Una de las numerosas aplicaciones de los detectores fotoeléctricos consiste en formar parte de un sistema de detección de objetos.

Existen diversos tipos de sistemas de detección entre los que se encuentran:

- SISTEMA BARRERA
- SISTEMA REFLEX
- SISTEMA PROXIMIDAD
- SISTEMA REFLEX POLARIZADO
- SISTEMA PROXIMIDAD CON BORRADO DEL PLANO POSTERIOR
- FIBRA ÓPTICA
- Y OTROS EQUIPOS ESPECIALES

El **SISTEMA BARRERA** consiste en:

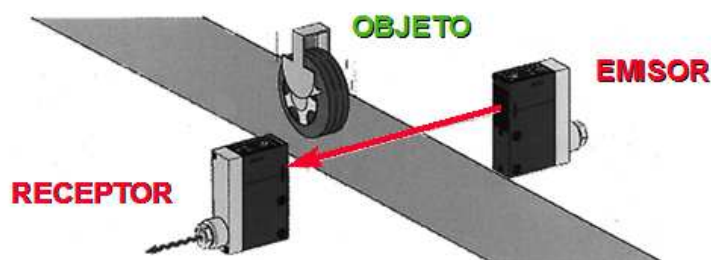


Figura.8

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Es un sistema de gran alcance.
- La detección es precisa.
- Y se puede utilizar en ambientes difíciles.

El **SISTEMA REFLEX** consiste en:

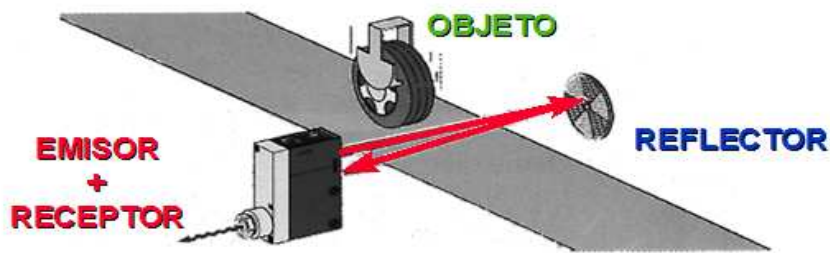


Figura.9

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- La instalación es sencilla.
- La Distancia de Detección media es de ≤ 10 m.
- El sistema es NO apto para objetos reflectantes.

CARACTERÍSTICAS DEL REFLECTOR

- Se utiliza siempre en Sistemas Reflex.
- Su misión consiste en reflejar cualquier rayo luminoso incidente **I**, en la misma dirección. (**Figura.10**)
- α es el ángulo formado entre el rayo incidente **I** y una línea imaginaria perpendicular al triedro. (**Figura.10**)
- Está formado por múltiples triedros trirectángulos que reflejan al 100% la luz. (**Figura.10**)

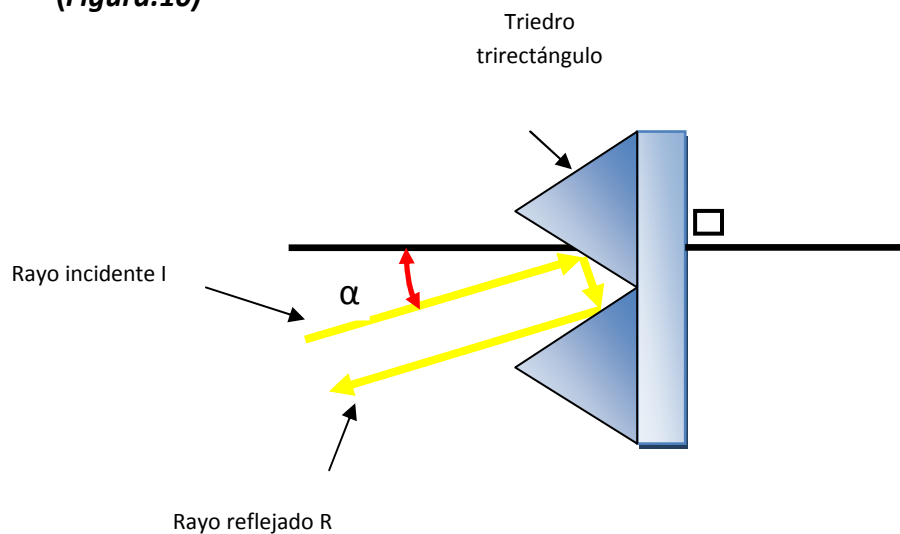


Figura.10

- El reflector ha de ser adecuado al tamaño del objeto. En el caso de la *Figura.11* el objeto es percibido por el detector fotoeléctrico provocando que el rayo de luz procedente del emisor no llegue al reflector, al tratarse de un objeto no reflectante éste no reflejará rayo alguno hacia el receptor del detector fotoeléctrico por lo que se realiza una detección adecuada.

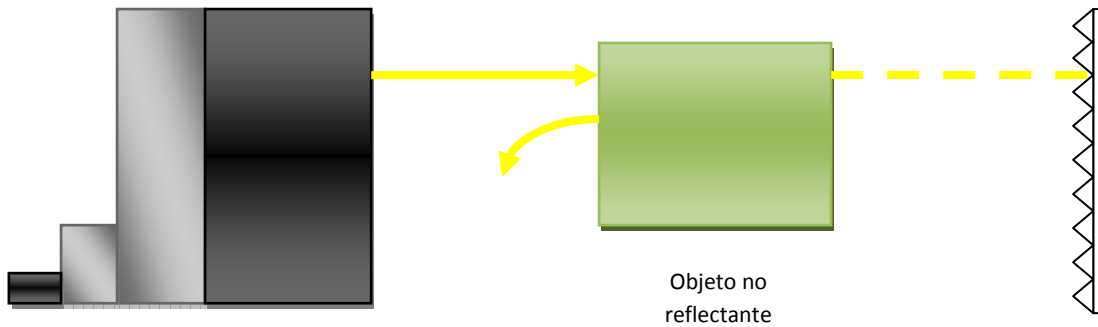


Figura.11

- En el caso de la *Figura.12* el tamaño del objeto no es el adecuado debido a que el rayo emitido consigue llegar al reflector donde será reflejado hacia el receptor y por lo tanto no se producirá detección alguna.

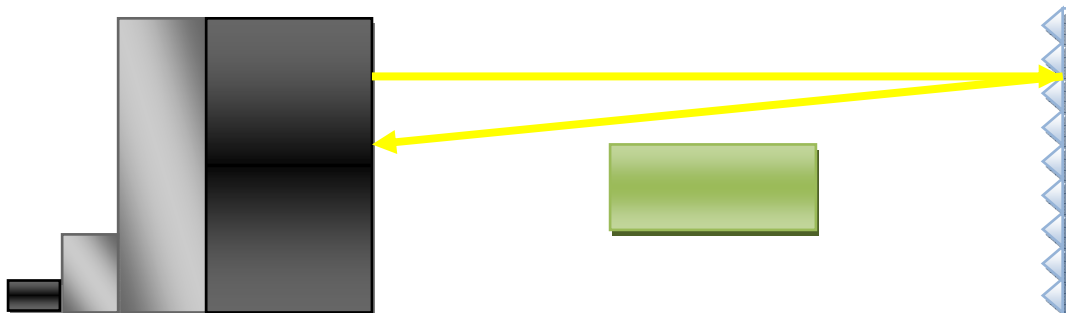


Figura.12

- La elección del reflector ha de estar de acuerdo con el alcance (distancia en metros) necesario para una correcta detección.
- Para distancias cortas el reflector ha de ser de grandes triedros. Como se observa en la *Figura.13* en el detector de la izquierda el rayo emitido será reflejado hacia el receptor debido al gran tamaño de los triedros, lo contrario ocurre en el detector de la derecha en el que el rayo emitido no podrá ser recibido en ningún momento por el receptor.

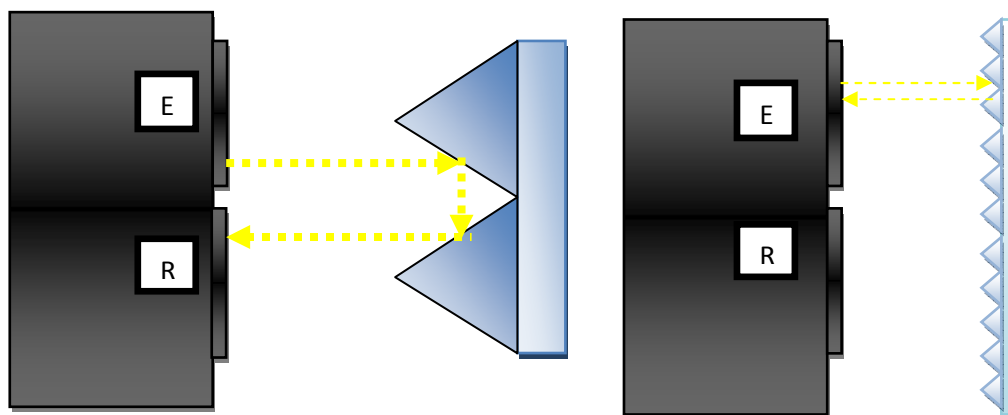


Figura.13

El **SISTEMA DE PROXIMIDAD** consiste en:

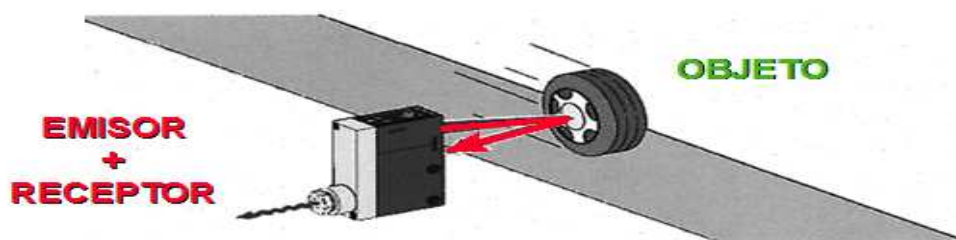


Figura.14

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Se utiliza para la detección de objetos altamente reflectantes.
- Las condiciones de montaje son sencillas.
- Las Distancias de Detección son muy cortas.
- La buena detección depende de la naturaleza y color del objeto a detectar.

El **SISTEMA REFLEX POLARIZADO** consiste en:

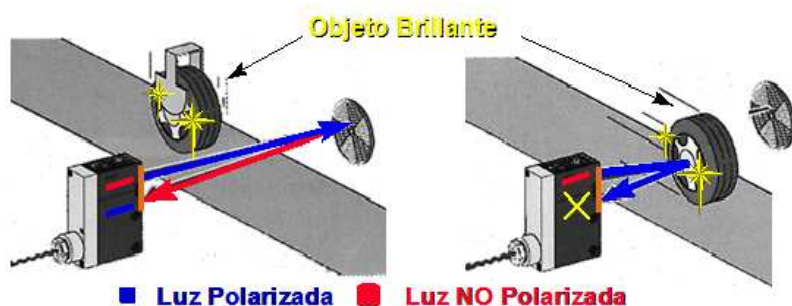


Figura.15

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Los reflectores despolarizan la luz.
- Se utiliza para detección de objetos altamente reflectantes.
- La instalación es simple.

El **SISTEMA DE PROXIMIDAD CON BORRADO DE PLANO POSTERIOR** consiste en:

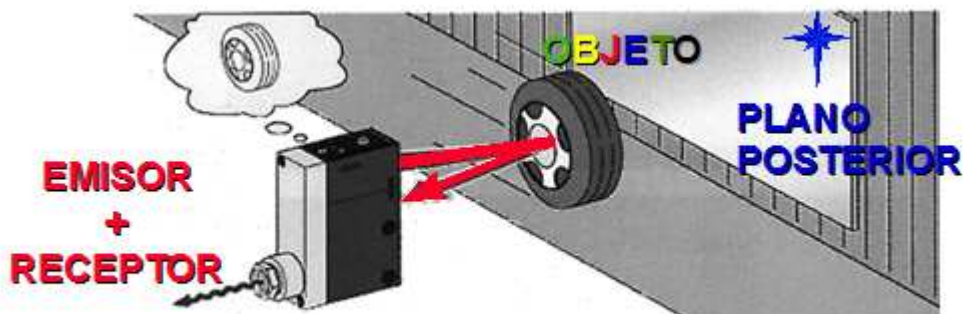


Figura.16

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- En la detección del objeto se ignora el plano posterior.
- La detección se produce hasta una distancia sin importar su color.

La **FIBRA ÓPTICA** consiste en:



Figura.17

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Es una fibra con índice de refracción alto que se emplea para transmitir luz.
- Un cable de diez fibras tiene un diámetro aproximado de 8 a 10mm.
- El peso es inferior a los de los cables metálicos.
- Presenta un funcionamiento uniforme de -550 °C a 125 °C.
- Se utilizan para transmitir luz a lugares difíciles, para transmitir imágenes (instrumentos médicos)...
- La señal puede recorrer grandes distancias antes de necesitar un repetidor para recuperar su intensidad.
- Los amplificadores de fibra óptica pueden aumentar todavía más la distancia.
- Tienen protección anti inflamable por lo que se utilizan en lugares con riesgos de explosión.

Otros **EQUIPOS ESPECIALES:**

- Lector de Marcas.
- Detector de Cuerpos Transparentes.
- Detector de Cabeza Convergente.

CARACTERÍSTICAS Y PRESTACIONES DE LOS SENSORES DE LUZ

A continuación se describen las principales características de los sensores de luz aunque dependiendo del tipo podremos encontrar otra serie de características, que se desarrollarán en el glosario de términos.

- **Eficiencia cuántica (quantum efficiency):** la eficiencia cuántica, η , se define como la relación entre el número de pares electrón-hueco efectivos (es decir, que contribuyen a la fotocorriente) y el de fotones incidentes:

$$\eta = \frac{\text{Nº de pares electrón – hueco efectivos}}{\text{Nº de fotones incidentes}}$$

También se puede expresar como la relación entre el número de electrones efectivos por segundo y el número de fotones incidentes por segundo con la ventaja de que estas magnitudes son fáciles de medir. Así el número de

electrones efectivos por segundo es la corriente I_f (fotocorriente), dividida entre la carga de un electrón q ; mientras que el número de fotones incidentes es la potencia de la luz P_0 , dividida entre la energía de un fotón $h\nu$, es decir:

$$\eta = \frac{\text{Nº de electrones efectivos por segundo}}{\text{Nº de fotones incidentes por segundo}} = \frac{I_f/q}{P_0/h\nu}$$

La eficiencia cuántica siempre es <1 ya que no todos los fotones incidentes dan lugar a un par electrón-hueco efectivo.

- **Sensibilidad (photosensitivity):** es un parámetro directamente relacionado con la eficiencia cuántica, que se define como la relación entre la fotocorriente generada y la potencia de la luz incidente:

$$S = \frac{\text{Fotocorriente(A)}}{\text{Potencia de la luz incidente(W)}} = \frac{I_f}{P_0}$$

Teniendo en cuenta las dos expresiones anteriores se obtiene:

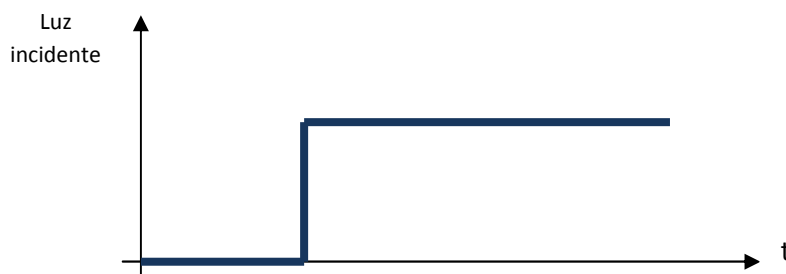
$$S = \eta \frac{q\lambda}{hc} = \eta \frac{\lambda(\text{nm})}{1240}$$

Expresión que indica que la sensibilidad aumenta con la longitud de onda λ (aunque siempre con el límite de longitud de onda de corte λ_h).

A la representación de la sensibilidad en función de la longitud de onda se le denomina **respuesta espectral** (spectral reponse) y es una de las características más significativas para seleccionar los sensores de luz.

- **Longitud de onda de corte (λ_h):** Es el valor de la longitud de onda al cual la capacidad de respuesta del sensor se reduce al 30% de la capacidad de respuesta máxima o de pico. Generalmente se expresa en μm .
- **Capacidad de respuesta:** Es la relación entre la amplitud de la salida del sensor y el flujo radiante incidente a una longitud de onda determinada. Para calcularla, se dividirá la magnitud eléctrica de salida del sensor (A, V o W) entre la iluminancia E_v o la irradiancia E_e .

- **Capacidad (terminal capacitance):** la capacidad C es la suma de la capacidad de transición más la capacidad parásita entre los terminales debida al encapsulado, aunque es la primera la que determina la capacidad total. Se trata de un término muy importante para determinar la velocidad de respuesta. Los valores típicos van desde algún pF hasta nF.
- **Superficie activa (active area):** la superficie activa es el área del semiconductor expuesta a la luz. Los valores habituales van desde $0,1\text{mm}^2$ hasta 100mm^2 . Una superficie grande facilita la recogida de la luz y puede evitar o simplificar la óptica para enfocar la luz incidente. Sin embargo, la mayor parte de las características del sensor empeoran con la superficie por lo que conviene ajustarse al valor más pequeño necesario.
- **Campo de vista:** Es el ángulo sólido o el ángulo en un plano especificado sobre el cual incide la luz sobre un área receptora.
- **Corriente de oscuridad (dark current):** la corriente de oscuridad es la corriente que circula al aplicar una tensión inversa sin que incida luz. Aumenta con la tensión inversa aplicada y con la superficie. Además depende mucho de la temperatura y, aproximadamente, dobla su valor por cada 10°C trabajando en zona inversa. Los valores típicos suelen estar comprendidos entre varios pA y algunas decenas de nA a 25°C , dependiendo de las características del sensor. En términos equivalentes, aplicado en algunos sensores fotoconductivos es la **resistencia oscura**.
- **Tiempo de subida (rise time):** se define como el tiempo necesario para que la fotocorriente medida en el circuito externo al sensor pase del 10% al 90% del valor final ante un escalón de luz incidente.



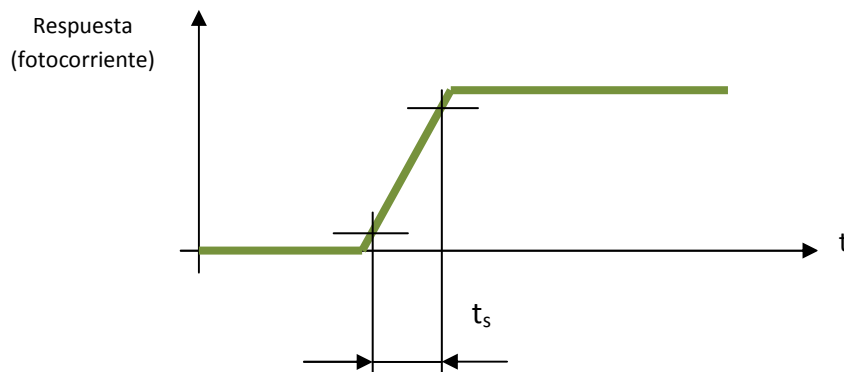


Figura.18

Las tres características siguientes se especifican principalmente para los sensores de energía radiante (IR):

- **Irradiación de ruido equivalente:** es la densidad de flujo radiante mínima necesaria para proporcionar una relación señal-ruido de 1, cuando el ruido se normaliza a un ancho de banda unidad. Sus unidades son $W/Hz^{1/2}cm^2$.
- **Potencia de ruido equivalente (Noise Equivalent Power, NEP):** a la longitud de onda determinada, es el flujo radiante mínimo necesario para proporcionar una relación señal ruido de 1, cuando el ruido está normalizado a un ancho de banda unidad. Sus unidades son $W/Hz^{1/2}$.

$$NEP = \frac{\sigma(W)}{\frac{S}{N} \sqrt{\Delta f}}$$

$$\frac{S}{N} = 1 \text{ y } \Delta f = 1 \text{ Hz}$$

donde S/N es la relación entre la magnitud de la señal y la del ruido y Δf es el ancho de banda equivalente. Su inversa se conoce como detectividad (D).

La sensibilidad de un detector está limitada por el ruido propio de ese dispositivo. El NEP indica aquella potencia radiante mínima que se puede detectar con el dispositivo, de modo que la relación señal-ruido sea igual a la unidad.

- **Capacidad de detección o detectividad (D^*):** Anteriormente se utilizaba para indicar la dependencia del NEP con el área sensible a la radiación del dispositivo sensor. Actualmente esta medida se encuentra normalizada a un ancho de banda unidad y un área unidad. D^* viene dada por:

$$D^* = \frac{S/N (A \times \Delta f)^{\frac{1}{2}}}{W}$$

A = Área sensible del dispositivo sensor, cm²

W= valor eficaz de la potencia radiante incidente en el área sensible, w.

Se expresa normalmente como $D^*(\lambda, f_c, \Delta f) = \text{_____ cm.Hz}^{1/2}.W^{-1}$, es decir el valor de D^* viene dado a una longitud de onda especificada (λ), frecuencia de troceado de test (f_c) y ancho de banda de ruido equivalente (Δf).

CLASIFICACIÓN MÁS GENERAL DE LOS SENSORES DE LUZ

Los sensores de luz que proporcionan una salida eléctrica en respuesta a una radiación electromagnética incidente se pueden clasificar en dos categorías que estudiaremos con mayor profundidad en el presente proyecto:

- **Sensores fotónicos:** cuya respuesta depende de los efectos producidos cuando un fotón de radiación incidente actúa sobre los electrones de material sensor.
- **Sensores térmicos:** cuya respuesta depende de la energía radiante total y que se utilizan principalmente como sensores IR.

8.3.1 SENSORES FOTÓNICOS

8.3.1.1 SENSORES FOTOVOLTAICOS

INTRODUCCIÓN

Los sensores fotovoltaicos son autogeneradores; no necesitan una excitación exterior. Su tensión de salida es una función de la intensidad luminosa que incide sobre la superficie de una unión PN. Existen diferentes tipos de sensores fotovoltaicos entre los que se encuentran los de silicio, selenio..., con una unión p-n como barrera de potencial y cuya respuesta espectral corresponde a la región visible y de infrarrojo cercano. Para la región de infrarrojo lejano se fabrican con otro tipo de materiales.

Los sensores fotovoltaicos se desarrollan mediante la unión de un semiconductor tipo **N**, excedentario de electrones, con un semiconductor de tipo **P**, excedentario en huecos, que provoca la aparición de una corriente de difusión de portadores. Donde:

n_{no} = nivel de electrones en la zona N en condiciones de equilibrio (elect/cm³)

p_{no} = nivel de huecos en la zona N en condiciones de equilibrio (elect/cm³)

n_{po} = nivel de electrones en la zona P en condiciones de equilibrio (elect/cm³)

p_{po} = nivel de huecos en la zona P en condiciones de equilibrio (elect/cm³)

n_i = concentración intrínseca de portadores por cm³

Para un semiconductor en equilibrio se cumple:

$$n_{no} p_{no} = n_i^2 \quad n_{po} p_{po} = n_i^2$$

$$p_{po} > p_{no} \quad n_{no} > n_{po}$$

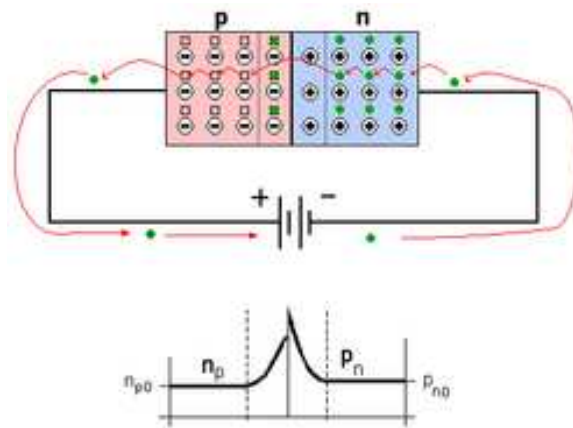


Figura.1 Unión PN en equilibrio

Esta diferencia entre concentraciones de portadores conlleva la creación de una corriente de difusión en la zona de transición, los portadores mayoritarios de cada región se difunden hacia la otra. Como consecuencia de la redistribución de carga, aparece un campo eléctrico en la zona de transición (capa de carga espacial) cuyo sentido es de **N** a **P**, provocando una corriente de arrastre que equilibra la corriente de difusión. Si esta unión la polarizamos en directa, aplicamos mayor potencial en **P** que en **N**, aumentamos los efectos de difusión.

La ecuación V-I para la unión PN es la siguiente:

$$I = I_s \left(e^{\frac{q.V}{n.k.T}} - 1 \right)$$

donde:

q = Valor absoluto de la carga del electrón ($1,6 \cdot 10^{-19}$)

= Factor corrector

T = Temperatura absoluta

V = Tensión aplicada en la unión

K = Constante de Boltzmann ($1.3806 \cdot 10^{-23}$ J/K)

I_s = Intensidad de saturación

La forma más común de operación de la unión pn es el funcionamiento como **célula**, en este caso se cortocircuitan los extremos de la unión PN, o se conecta entre sus extremos una pequeña carga (**Figura.2**). De este modo se provoca una circulación de corriente debido al campo eléctrico existente en la zona de transición, de huecos de la zona **N** hacia la zona **P** y viceversa. La unión pn actúa así como un generador de corriente, transformando la energía radiante (hv) en energía eléctrica. La expresión de la intensidad será:

$$I = I_s \left(e^{\frac{q \cdot V}{n \cdot K \cdot T} [V - (R_s + R_L)I]} - 1 \right) + \frac{V}{R_p} - I_f$$

donde:

R_L = carga conectada en serie

R_p y **R_s** = resistencias internas

I_f = fotocorriente

$$I_f = q \cdot E_v \cdot S \left[1 - \frac{e^{-\alpha_y \cdot W}}{1 + \alpha_y \cdot L_p} \right]$$

donde:

q = valor absoluto de la carga del electrón ($1.6 \cdot 10^{-19}$ C)

E_v = iluminancia ($\text{lm/m}^2 = \text{lx}$)

S = Superficie sensible del fotodiodo

w = anchura de la zona de transición

L_p = distancia de difusión de los huecos en la zona N

α_y = absorbancia espectral

Si $R_L = 0$, $R_s \approx 0$, entonces $V = 0$ por lo tanto $I_{cc} = -I_f$

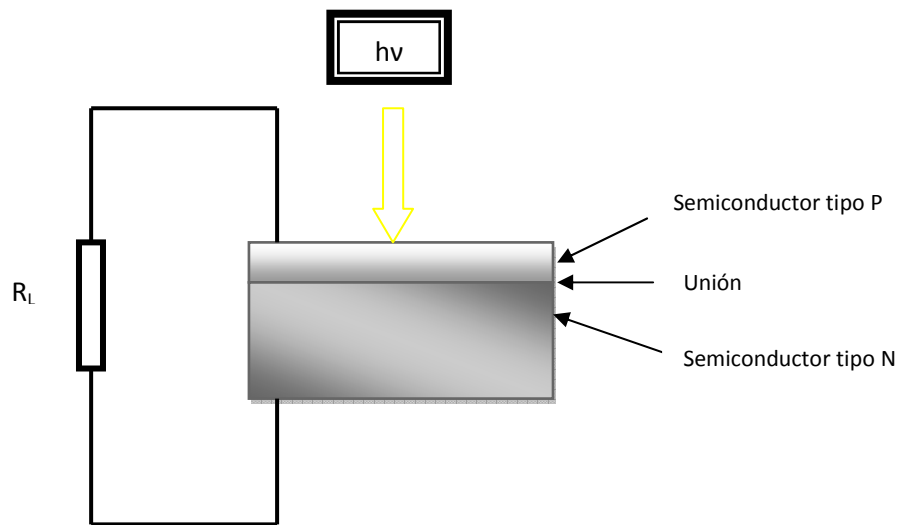


Figura.2 Operación como célula

En muchas ocasiones estas células que suelen proveer unos 0,5 volt cada una pueden conectarse formando lo que se denomina paneles tanto en serie como en paralelo.

Si la conexión se produce en serie incrementan el voltaje ya que se suma el voltaje individual de cada una de las fotocélulas.

Si se conectan en paralelo el voltaje se mantendrá constante al de una célula pero incrementará el amperaje.

8.3.1.1.1 SENSORES FOTOVOLTAICOS DE SILICIO

También denominado *célula de silicio* utiliza la unión entre un cristal de silicio tipo **p** y uno de tipo **n**, produciendo una corriente a la salida proporcional a la iluminación incidente.

Un diseño típico de una célula de silicio consiste en una rebanada de silicio (tipo **n**) dopada con arsenio y de 0,5mm de espesor, con boro difundido sobre su superficie superior para crear una capa, transparente a la luz, de silicio tipo **p**.

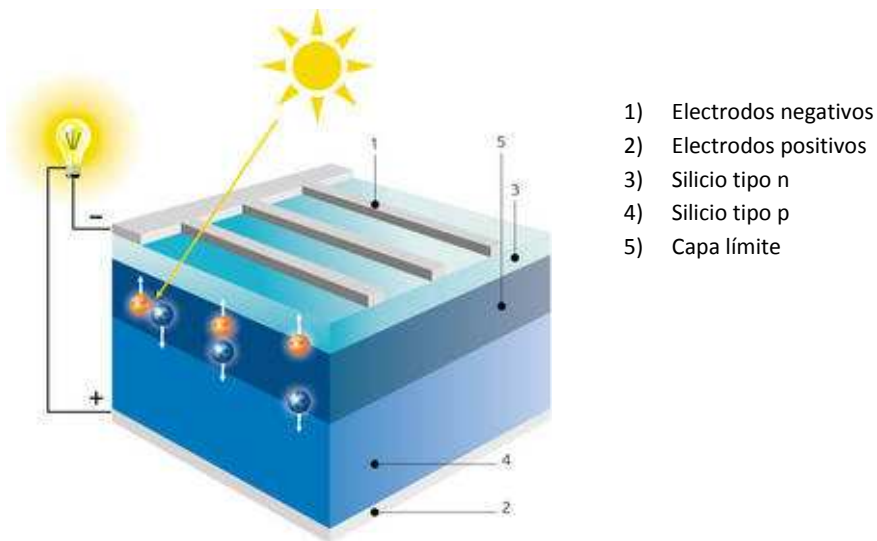


Figura.1 Imagen tomada de <http://www.renewables-made-in-germany.com/index.php?id=18&L=2>

En función del material utilizado para su fabricación, podemos hablar de distintos tipos de células. Según esto se dividen en tres tipos principalmente:

- **Células Monocristalinas:** las cuales se componen de secciones de un único cristal de silicio. **(Figura.2)**

Ventajas:

- Buen rendimiento de 14% al 16%
- Número de fabricantes elevado.

Inconvenientes:

- Coste elevado

- **Células Policristalinas:** están formadas por pequeñas partículas cristalizadas, se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Visualmente son reconocibles por tener su superficie un aspecto granulado. **(Figura.3)**

Ventajas:

- Células cuadradas (con bordes redondeados en el caso de Si monocristalino) que permite un mejor funcionamiento en un módulo.
- Eficiencia de conversión óptima, alrededor de 100 Wp/m², pero un poco menor que en el monocristalino.

- Lingote más barato de producir que el monocristalino.

Inconvenientes:

- Bajo rendimiento en condiciones de iluminación baja.
- **Células amorfas:** El silicio durante su transformación, produce un gas que se proyecta sobre una lámina de vidrio. La celda es gris muy oscuro. Es la célula de las calculadoras y relojes llamados «solares». Estas células fueron las primeras en ser manufacturadas, ya que se podían emplear los mismos métodos de fabricación de diodos. **(Figura.4)**

Ventajas:

- Funciona con una luz difusa baja (incluso en días nublados).
- Un poco menos costosa que otras tecnologías.
- Integración sobre soporte flexible o rígido.

Inconvenientes:

- Rendimiento a pleno sol bajo, del 5% al 7%.
- Rendimiento decreciente con el tiempo (~7%).

Otra diferencia entre ellas es su **rendimiento**, es decir, que porcentaje de radiación solar es transformado en energía eléctrica. En el caso de las células monocristalinas y policristalinas no existe gran diferencia de rendimiento entre ellas, siendo mayor el rendimiento cuanto mayores son los cristales, por el contrario al tener mayor tamaño la célula, también es mayor su grosor, su peso, y por añadidura, su coste. **Sin embargo el rendimiento de las células cristalizadas es mayor que las de silicio amorfo.**



Figura. 2 Célula de silicio monocristalino. Imagen tomada de <http://www.directindustry.es/prod/bosch-solar-energy-ag/celda-solar-fotovoltaica-monocristalina-54351-353990.html>

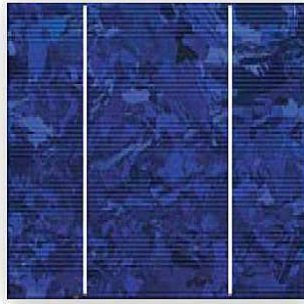


Figura.3 Célula de silicio policristalino. Imagen tomada de <http://www.directindustry.es/prod/bosch-solar-energy-aq/celda-solar-fotovoltaica-policristalina-54351-354510.html>

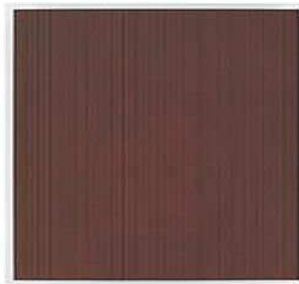


Figura.4 Célula de silicio amorfo. Imagen tomada de <http://www.directindustry.es/prod/bosch-solar-energy-aq/modulo-fotovoltaico-de-capas-delgadas-de-silicio-54351-411506.html>

Otro concepto importante en la estructura de una célula fotovoltaica ya se trate de una célula de silicio como de otro elemento, es el concepto que hace referencia a lo que llamamos **malla de metalización** frontal. Los contactos metálicos (*electrodos*) superficiales son necesarios para extraer la corriente eléctrica de la célula. El metal es un material opaco a la luz, en consecuencia, al menos el contacto frontal (el del lado de la célula expuesta directamente al Sol) no puede recubrir completamente la superficie de la célula. (**Figura.1**) Puede pensarse entonces que el contacto frontal debe ser lo más pequeño (en superficie) posible, pero si se hace excesivamente pequeño la **resistencia serie R_s** , aumenta y esto significa una pérdida de eficiencia de la célula. Así pues ha de llegarse a una solución de compromiso para que la superficie del contacto frontal sea lo suficientemente baja para permitir el paso de la luz del Sol y lo suficientemente alta para que la resistencia serie de la célula sea tolerable.

Gráfica (Sensibilidad relativa (%), longitud de onda (λ))

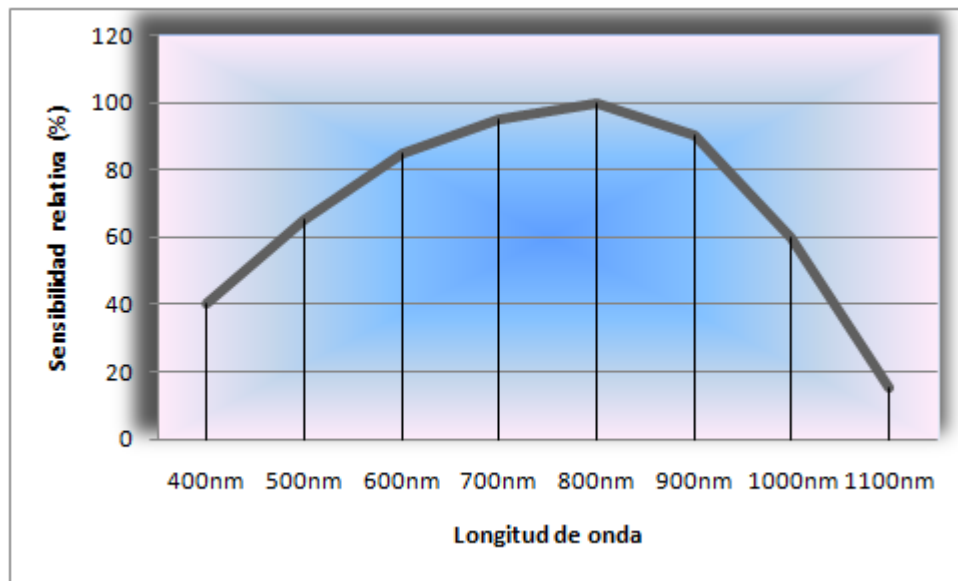


Figura.5

Aplicaciones: (comunes a los demás tipos de sensores fotovoltaicos)

Telecomunicaciones: Repetidores de televisión, equipos de radio, antenas de telefonía móvil, etc.

Señalización: La señalización marítima y terrestre es una de las grandes aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos. Así son numerosos los ejemplos en balizamiento de aeropuertos, señalización de carreteras y puertos, etc.

Zonas protegidas: En parajes naturales, donde por motivos de protección ambiental se recomienda no instalar tendidos eléctricos aéreos, en ocasiones, resulta más rentable utilizar sistemas fotovoltaicos en lugar de tendidos subterráneos o grupos electrógenos que utilizan combustibles fósiles.

Electrificación de viviendas aisladas: La distancia del punto de consumo a la red eléctrica puede hacer, en muchos casos, más rentable esta aplicación debido al coste de instalar el tendido eléctrico.

Alumbrado de calles y carreteras: La posibilidad de utilizar sistemas de iluminación autónomos de fácil instalación y mínima obra civil hace que sea una solución adecuada en muchas ocasiones.

Otras aplicaciones: (también comunes a los demás tipos de sensores fotovoltaicos)

Centrales conectadas a red con subvención a la producción

Instalaciones médicas en áreas rurales.

Corriente eléctrica para casas de campo.

Sistemas de comunicaciones de emergencia.

Sistemas de vigilancia de datos ambientales y de calidad del agua.

Bombeo para sistemas de riego, agua potable en áreas rurales y abrevaderos para el ganado.

Sistemas de protección catódica.

Sistemas de desalinización.

Vehículos de recreo.

Señalización ferroviaria.

Sistemas para cargar los acumuladores de barcos.

Fuente de energía para naves espaciales.

Postes SOS (Teléfonos de emergencia de carretera).

Parquímetros.

Recarga de Scooters Eléctricos

8.3.1.1.2 SENSORES FOTOVOLTAICOS DE SELENIO

También denominado *célula de selenio* utiliza la unión entre un cristal de selenio tipo **p** y óxido de cadmio de tipo **n**, produciendo una corriente a la salida proporcional a la iluminación incidente. Un diseño típico consiste en una capa **policristalina** de selenio de alrededor de 75 μm de espesor que se deposita sobre una armadura de base metálica (por ejemplo hierro). Se deposita al vacío una capa de cadmio sobre el selenio, de manera que el cadmio en contacto con el selenio se encuentra oxidado. Entonces se provoca el crecimiento de la región de unión, consistente en una capa gradiente de seleniuro de cadmio y óxido de cadmio. La película de cadmio así como la unión son casi transparentes a la luz. A baja temperatura se deposita una aleación de alta conductividad (por ejemplo plata) en forma de línea o anillo sobre la superficie activa utilizándose como electrodo.

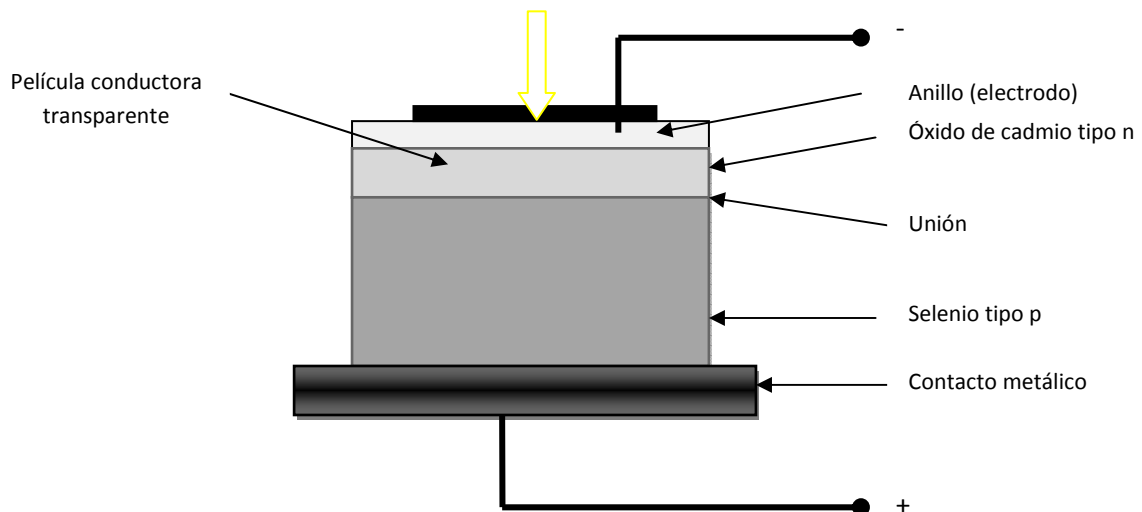


Figura.1

La corriente de salida depende de la resistencia de carga, así como de la iluminación, sin embargo, la dependencia con la resistencia de carga no es tan grande en estos diseños como lo es para la mayoría de los otros diseños.

En algunos diseños especiales la relación de respuesta espectral entre el azul y el rojo queda aumentada, con un costo de eficiencia global, mediante la evaporación de un electrodo transparente de oro sobre la unión.

Gráfica (Sensibilidad relativa (%), longitud de onda (λ))

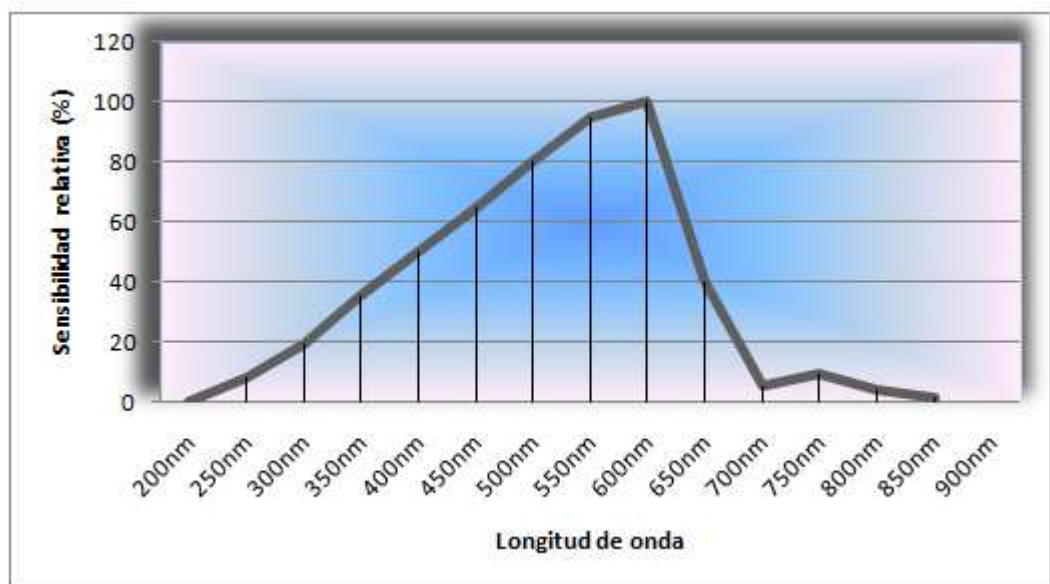


Figura.2

8.3.1.1.3 sensores fotovoltaicos de germanio

Los sensores fotovoltaicos de germanio son similares a los de silicio tanto en construcción como en operativa, sin embargo su ancho de banda de absorción es menor, resultando apropiado para la absorción de longitudes de onda mayores, como la luz infrarroja cercana. Además su rango de temperatura operativo es significativamente estrecho.

Las células de germanio se utilizan por su potencia de salida, su mayor eficacia y una mejor tasa de conversión. La eficacia de las células comerciales de silicio gira en torno al 19% y el 21%, mientras que la eficacia de las células de germanio es de aproximadamente un 30% a un 35%.

Gráfica (Sensibilidad relativa (%), longitud de onda (λ))

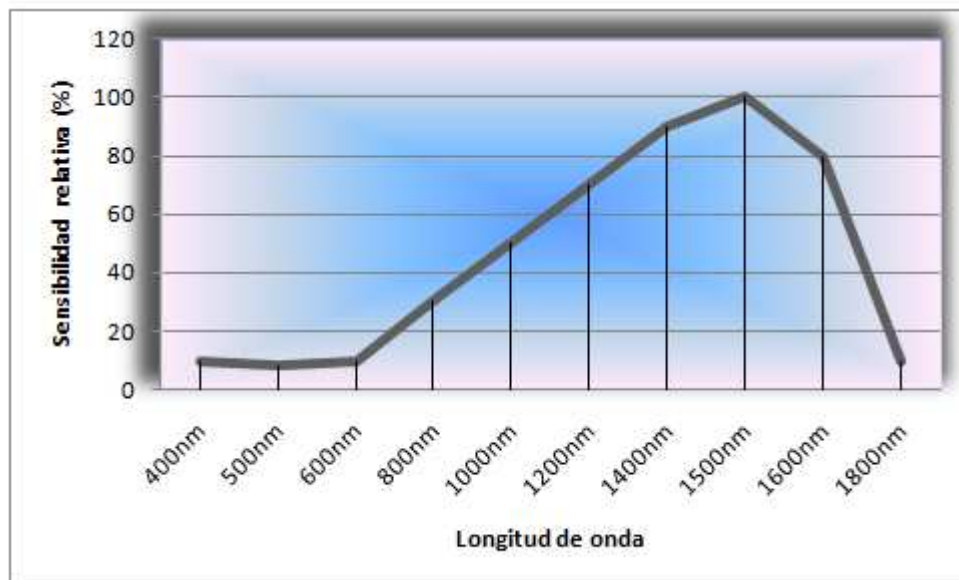


Figura.1

8.3.1.1.4 SENSORES FOTOVOLTAICOS DE ARSENIURO DE INDIO

Los sensores fotovoltaicos de **infrarrojos** como su nombre indica, son los utilizados para detectar radiación infrarroja en la región espectral entre 1000 y 15000nm es decir 1 y 15 μ m que es como normalmente se expresan las longitudes de onda pertenecientes a la región IR, existen diversos tipos diferenciados por el material semiconductor utilizado y entre los que podemos encontrar el sensor fotovoltaico de arseniuro de indio.

Estos sensores consisten en una pequeña oblea de cristal de arseniuro de indio (**InAs**) en el que se ha difundido una unión **p-n** de área relativamente pequeña. Dependiendo de las temperaturas del medio en que está orientado a operar se configurará de distinta manera, por ejemplo, para operar a temperaturas ambientales (300⁰K) se configura en una cápsula TO-18 (tipo transistor), al vacío y sellado con una ventana de cuarzo y zafiro, para operaciones en el hielo seco (196⁰K) o en nitrógeno líquido (77⁰K) se encapsula integralmente con una pequeña cápsula cuyo tiempo de mantenimiento se encuentra entre 8 y 12 horas en nitrógeno líquido.

Gráfica (Sensibilidad relativa (%), longitud de onda (λ) a 300 °K)

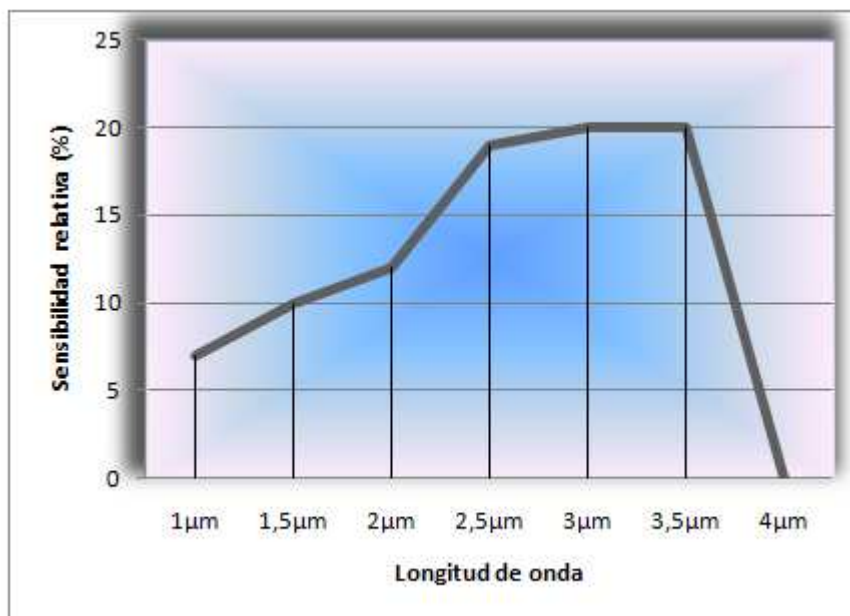


Figura.1

Gráfica (Sensibilidad relativa (%), longitud de onda (λ) a 196 °K)

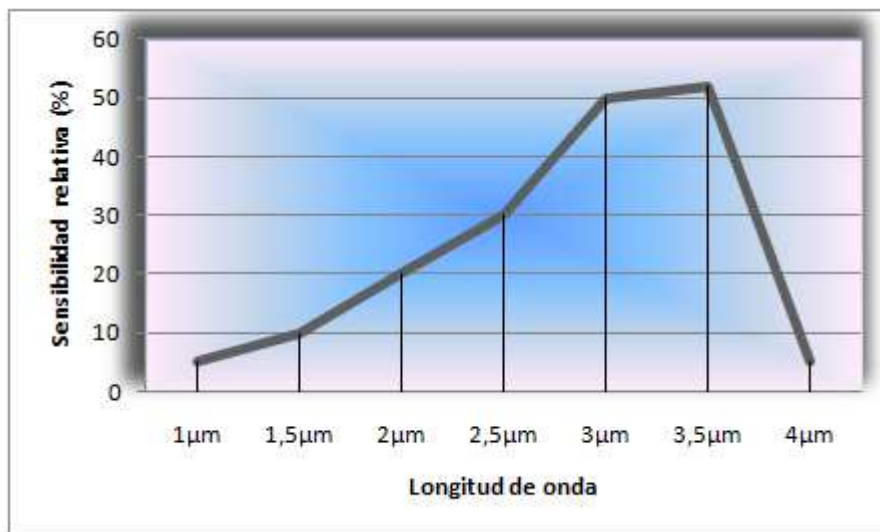


Figura.2

Gráfica (Sensibilidad relativa (%), longitud de onda (λ) a 77 °K)

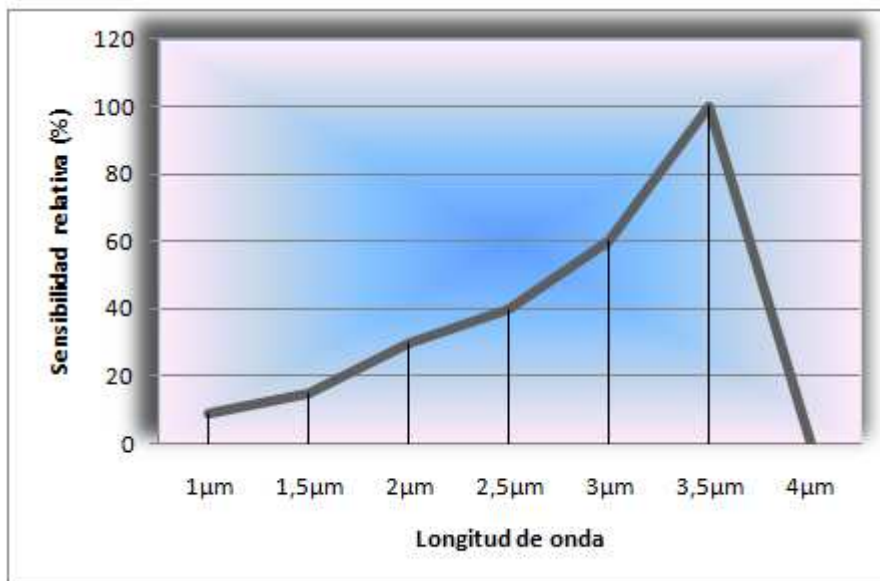


Figura.3

Como podemos apreciar en las gráficas, los sensores fotovoltaicos de arseniuro de indio trabajan en el espectro infrarrojo cercano y cuanto menor es la temperatura a la que trabajan mayor es la sensibilidad relativa.

8.3.1.1.5 SENSORES FOTOVOLTAICOS DE TELURIO

Los sensores de telurio se encuentran con diversos diseños y combinaciones de materiales semiconductores entre los que se encuentran:

- Los sensores fotovoltaicos de telurio, plomo y estaño (PbSnTe)
- Los sensores fotovoltaicos de telurio, cadmio y mercurio (HgCdTe)

SENSORES FOTOVOLTAICOS DE TELIURO, PLOMO Y ESTAÑO

Son sensores fotovoltaicos trimetal que utilizan la fotoconductividad intrínseca de un cristal de material PbSnTe, pero que operan en el modo fotovoltaico. Están orientados para trabajar a temperaturas de 77⁰K y normalmente están encapsulados integralmente en un pequeño depósito relleno con nitrógeno líquido.

Gráfica (Sensibilidad relativa (%), longitud de onda (λ) a 77 °K))



Figura.1

SENSORES FOTOVOLTAICOS DE TELIURO, CADMIO Y MERCURIO

Son sensores fotovoltaicos contruidos de losas muy finas (10 a 15 μm). Están orientados para trabajar a 77⁰K, pero pueden operar a temperaturas superiores. Una de sus características más importantes es que si variamos las proporciones de los tres materiales de la aleación podemos ajustar la curva de respuesta espectral a cualquier banda dentro de las longitudes de onda entre 2 y 14 μm .

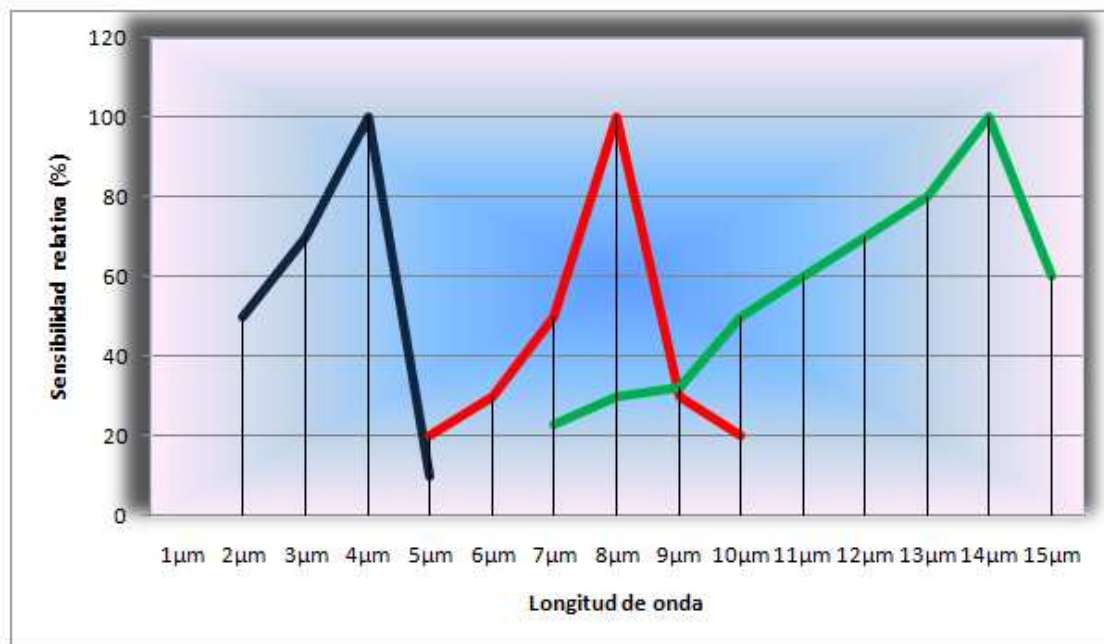


Figura.2 NOTA: Las curvas de HgCdTe son típicas para tres proporciones diferentes de los tres materiales.

8.3.1.1.6 SENSORES FOTOVOLTAICOS DE TIPO HETEROUNIÓN

Una **heterounión** es una unión formada por dos semiconductores diferentes o un metal y un semiconductor mientras que la **homounión**, es una unión formada por porciones del mismo material dopado diferentemente. Dentro de las heterouniones cuando los dos semiconductores tienen la misma conductividad por ejemplo (nGe-nSi), se habla de **heterounión isotipo**. Cuando el tipo de conductividad es diferente, hablamos de **heterounión anisotipo**.

En las heterouniones isotipo es posible tener características deseables, como sensibilidad dentro de una cierta región espectral y para aplicaciones especiales un cambio de polaridad dependiente de la longitud de onda.

Actualmente la mayoría de las investigaciones en el área de las heterouniones están orientadas al desarrollo de convertidores de energía solar eficientes, ligeros y baratos.

8.3.1.2 SENSORES FOTOCONDUCTORES

INTRODUCCIÓN

Al añadir suficiente energía a un material los electrones de valencia se separan de sus átomos y se convierten en electrones libres. Por definición por cada electrón libre se crea un hueco libre. La energía para ello es del orden de 0,2 y 0,3 eV, dependiendo del material, por lo tanto una radiación de longitud de onda entre 400 y 6000nm es adecuada para proporcionar dicha energía. Este fenómeno es la base del funcionamiento de todos los fotoconductores, también denominados **fotorresistencias** (**LDR-Light Dependent Resistor**).

Los sensores fotoconductores están compuestos por una capa de material fotoconductor, cuya **resistencia** decrece (o cuya conductividad aumenta) al aumentar la iluminación donde la **resistencia** de un dispositivo es la medida de la oposición que este ofrece a ser atravesado por una corriente eléctrica. La resistencia es dependiente de la longitud (**l**), la sección (**S**) y la conductividad (**σ**) o resistividad (**ρ**) del material.

$$R = \sigma \frac{l}{S} = \frac{l}{\rho S}$$

El valor de dicha resistencia depende además de la geometría del material, geometría de los electrodos, composición espectral de la luz incidente, nivel de iluminación, temperatura de operación y la diferencia entre los niveles de luz presente y previa, así como los tiempos de exposición a estos niveles.

Por lo tanto la idea básica de los sensores fotoconductores es convertir la luz en una señal eléctrica y para conseguir esto el sensor debe construirse de un material prácticamente transparente a las longitudes de onda que nos interese. El dispositivo está fabricado depositando, por evaporación, el material fotoconductor sobre un sustrato de cerámica. Para completar el dispositivo se añaden electrodos metálicos y se encierra en una cápsula con una ventana transparente.

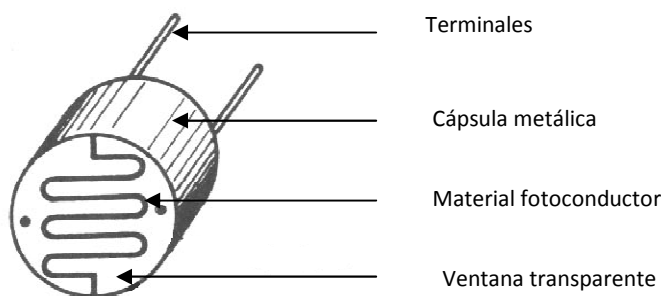


Figura.1 Imagen tomada de <http://personales.upv.es/joagomez/fai/tema08.html>

Como se ha explicado anteriormente la resistencia de un fotoconductor disminuye con la luz, de ahí la apariencia contraria en la figura entre los tiempos de subida y de caída. El tiempo de caída es considerablemente más largo porque lleva más tiempo a los electrones en volver a la banda de valencia, debido a las imperfecciones cristalinas. Los tiempos de subida y de caída son una de las características que producen más desventajas en el funcionamiento del fotoconductor.

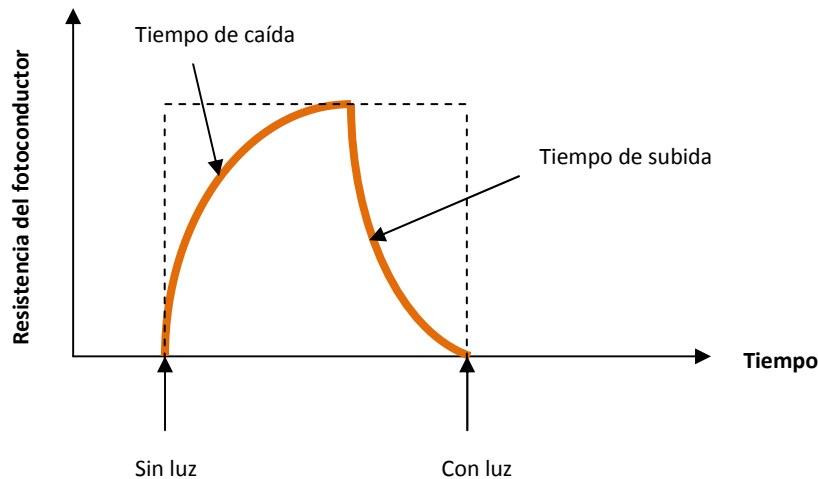


Figura.2 Velocidad de respuesta de un fotoconductor

Los sensores fotoconductores resistivos tienen diversas **ventajas**:

- Alta sensibilidad (debido a la gran superficie).
- Fácil empleo.
- Bajo costo.
- No hay potencial de unión.
- Alta relación resistencia luz-oscuridad.

Sus **inconvenientes** son:

- Respuesta espectral estrecha.
- Efectos de histéresis.
- Estabilidad por temperatura baja para los materiales más rápidos.
- Respuesta lenta en materiales estables.
- Falta de linealidad entre resistencia e iluminación.

Los materiales utilizados como elemento fotoconductor son:

- **En el espectro visible.**
 - Sulfuro de Cadmio CdS.
 - Seleniuro de Cadmio CdSe.
- **En el espectro infrarrojo.**
 - Silicio Si.
 - Sulfuro de Plomo PbS.
 - Seleniuro de Plomo PbSe.
 - Germanio dopado con oro Ge (Au).

8.3.1.2.1 SENSOR FOTOCONDUCTOR DE SULFURO DE CADMIO Y SELENIURO DE CADMIO



Los sensores fotoconductores de *Sulfuro de Cadmio (CdS)* y *Seleniuro de Cadmio (CdSe)* son los más populares debido a que su respuesta espectral se encuentra centrada en la región de luz visible, y por su alta sensibilidad a cambios de nivel de iluminación. Su agudo pico de respuesta espectral realza su utilización en colorimetría. La gama de resistencias de este tipo de fotoconductores es muy amplia variando entre cientos de Ω con luz brillante hasta $M\Omega$ en la oscuridad. La relación entre la iluminación y la resistencia generalmente no es lineal y esta no linealidad se acentúa al aumentar la iluminación (**Figura.2**).

Figura.1 Imagen tomada de <http://www.hardmodding.net/smf/electronicaaplicada/fotorresistencia-by-zo1qr3z/>

El **coeficiente de temperatura** de la resistencia es mayor en los CdSe que en los CdS y la polaridad de los coeficientes es usualmente negativa para los CdS y positiva para los CdSe. Los coeficientes varían también con una función inversa del nivel de luz.

Los tiempos de respuesta son nuevamente más cortos para el CdSe que para el CdS y decrecen al aumentar los niveles de iluminación. Para una iluminación de 10 lx (**lux**) los tiempos de subida típicos están entre 35 y 150ms para el CdS y entre 25 y 90ms para el

CdSe. La geometría del área activa en algunos casos es rectangular, aunque es más usual que tengan formas redondeadas especiales obtenidas mediante técnicas de evaporación, que proporcionan un área activa mucho mayor para un mismo tamaño de sensor.

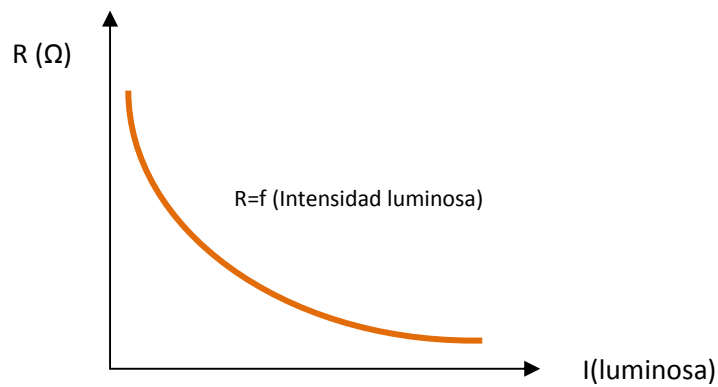


Figura.2 Variación de la resistencia en función de la intensidad luminosa

Gráfica (Sensibilidad relativa (%), longitud de onda (λ))

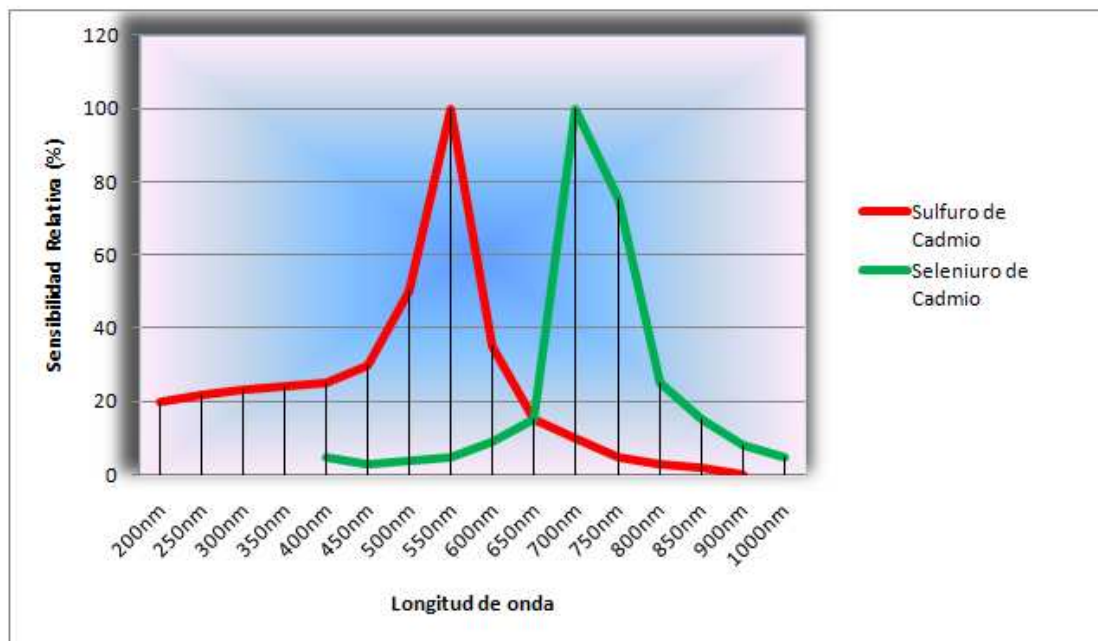


Figura.3

Aplicaciones:

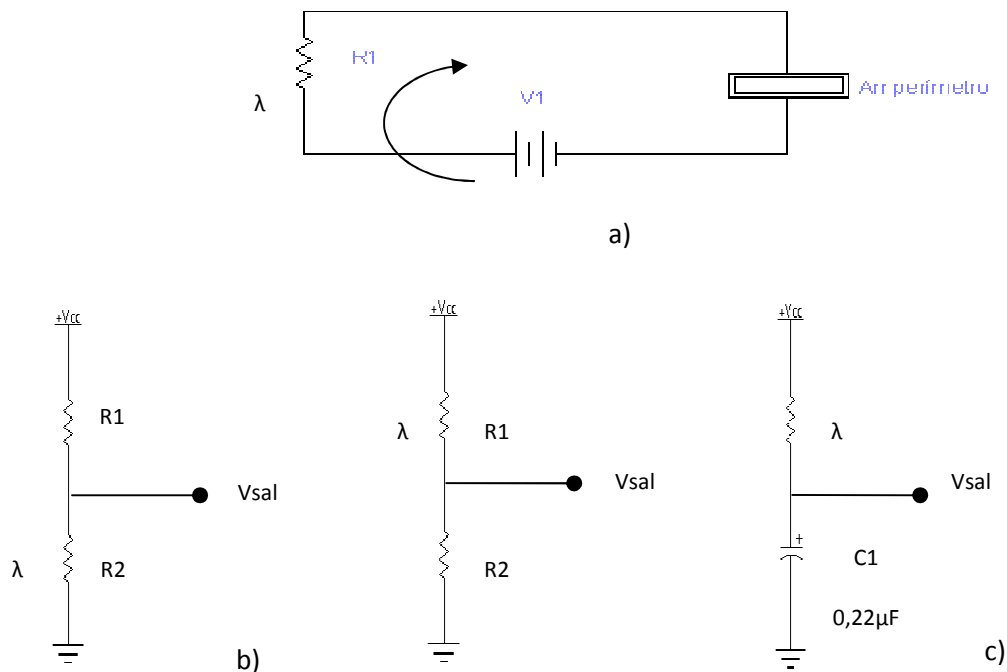


Figura.4 a) Medidor de luz usando un fotoconductor; b) Circuitos divisores de tensión fotosensibles; c) Circuito conversión luz-tiempo.

En la **Figura 4** se muestran dos aplicaciones de las más simples de un fotorresistor. Seleccionando la tensión apropiada de la batería (**V1**), el fotorresistor, el instrumento de medida, y los shunt, puede medirse un amplio margen de nivel de luz. Reemplazando un extremo de un simple divisor de tensión por un fotorresistor se obtiene una tensión dependiente de la luz, como muestra la **Figura.4 aptdo b)**. Como ejemplo de la sensibilidad de estos fotorresistores, considérese el circuito de la izquierda de la **Figura.4 aptdo b)** con $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ y un fotorresistor. Si se sustituye el resistor fijo por un condensador, como muestra la **Figura.4 aptdo c)** su promedio de carga será proporcional a la radiación incidente. Por ejemplo, si se suponen el mismo fotorresistor y las mismas condiciones de luz del caso anterior, la constante de tiempo RC variará dependiendo de la luz incidente.

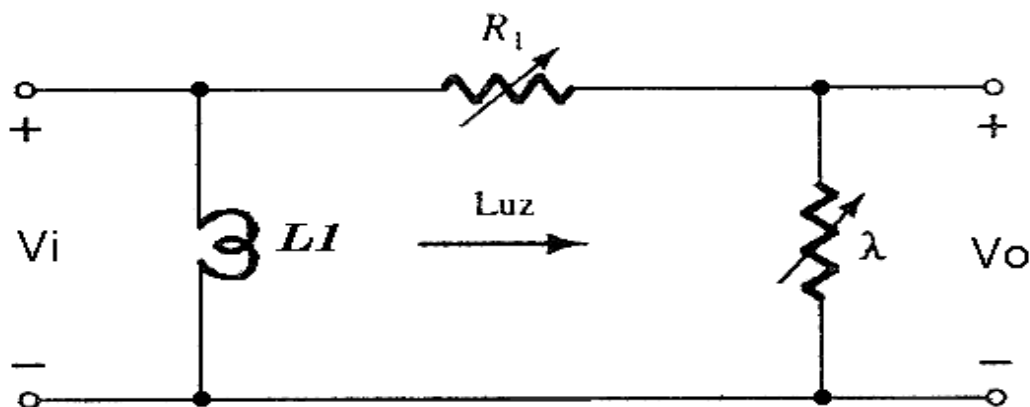


Figura.5 Regulador de voltaje Imagen tomada de:

http://www.itlalaquna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/opteca/OPTOPDF2_archivos/UNIDAD2_TEMA2.PDF

La **Figura.5** nos muestra un regulador de voltaje en el cual al disminuir **Vi** baja la intensidad de la lámpara L1 aumentando con esto el valor de la fotorresistencia, incrementándose el valor de **Vo** compensándose la disminución de Vi. Si aumenta Vi baja el valor de la fotorresistencia disminuyendo **Vo**.

$$V_0 = V_i \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

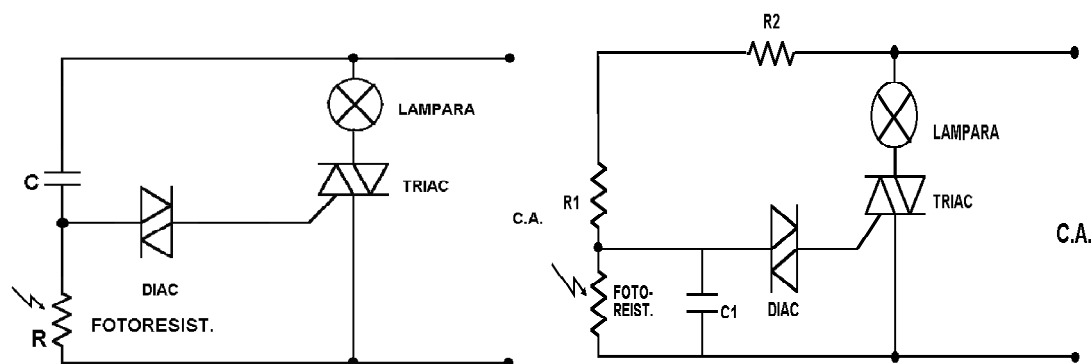


Figura.6 Interruptores de crepúsculo Imagen tomada de:

http://www.itlalaquna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/opteca/OPTOPDF2_archivos/UNIDAD2_TEMA2.PDF

La **Figura.6** muestra dos circuitos de interruptor de crepúsculo (control de iluminación), Cuando la radiación luminosa es intensa el valor de la fotorresistencia es pequeño de tal modo que el DIAC está apagado y por lo tanto el TRIAC y la lámpara también lo están, al oscurecer el valor de la fotorresistencia va incrementando la tensión en extremos del DIAC haciendo que se ponga a ON el DIAC disparándose así el TRIAC pasando corriente por él y encendiéndose la lámpara.

8.3.1.2.2 SENSOR FOTOCONDUCTOR DE SULFURO DE PLOMO Y SELENIURO DE PLOMO

Los sensores fotoconductores de *Sulfuro de Plomo* (PbS) y *Seleniuro de Plomo* (PbSe) son los más utilizados para trabajar en la región espectral del infrarrojo cercano. El PbS trabaja entre 1 y 3 μm y el PbSe entre 1 y 4,5 μm a temperatura ambiente. Si nos encontramos a (77 °K) la respuesta espectral cambia, para el PbS se encuentra entre 1 y 4,5 μm y para el PbSe entre 1 y 5,5 μm .

Otras diferencias entre el PbS y el PbSe son la capacidad de detección, las constantes de tiempo y la resistencia que presenta cada uno; en el caso del PbS éste tiene una mejor capacidad de detección pero en cambio las constantes de tiempo son sustancialmente más cortas para el material PbSe (entre 1 y 5 μs para el PbSe y entre 40 y 1000 μs para el PbS, a temperatura ambiente). Las constantes de tiempo aumentan al disminuir la temperatura del elemento sensor por lo tanto para una temperatura de 77°K las constantes de tiempo aumentarán a 5000 μs para el PbS y a 80 μs para el PbSe. La resistencia que presenta el PbS varía de 0,1 a 10M Ω en la oscuridad.

Gráfica (Sensibilidad relativa Sulfuro de plomo (%), longitud de onda (λ))

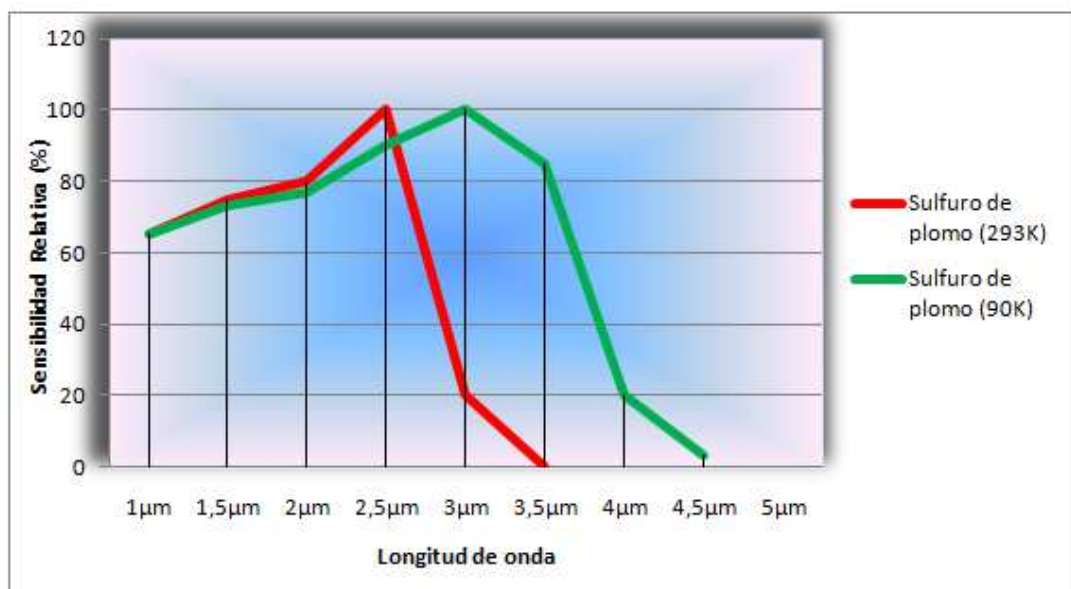


Figura.1

Gráfica (Sensibilidad relativa Seleniuro de plomo (%), longitud de onda (λ))

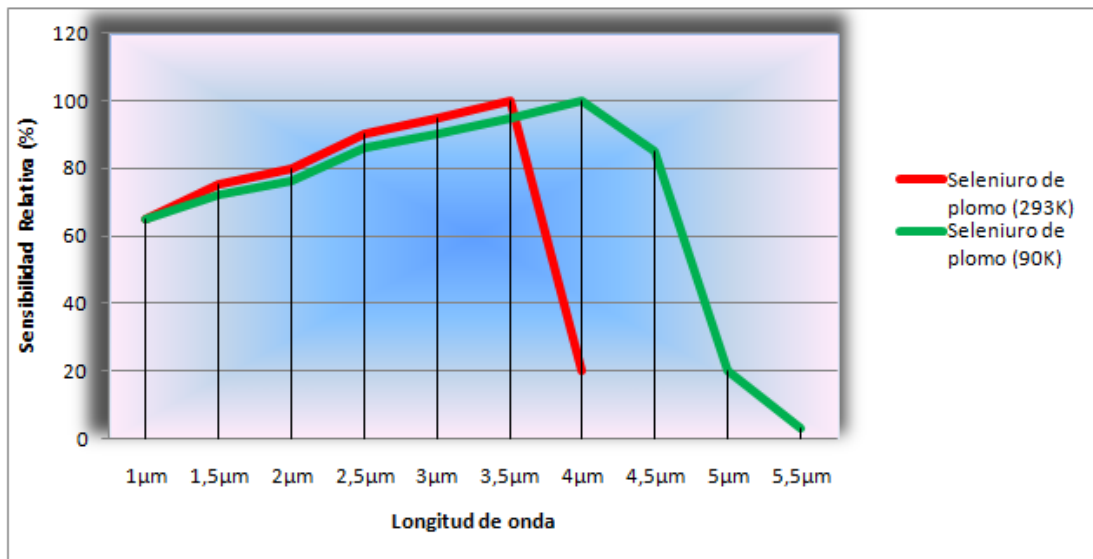


Figura.2

Aplicaciones:

Control de contraste en televisores y monitores.

Control automático de la iluminación en juguetes y juegos electrónicos.

Controles industriales.

Interruptores crepusculares.

Boyas y balizas de encendido automático.

Auto-flash.

Espectroscopia .

En misiles dirigidos por rayos u objetivos que emiten este tipo de radiación infrarroja.

8.3.1.2.3 SENSOR FOTOCONDUCTOR DE GERMANIO DOPADO CON ORO

Los sensores fotoconductores de *Germanio dopado con Oro* Ge(Au) se utilizan como sensores del infrarrojo cercano, con una respuesta espectral entre 1 y 9 μm . En esta área se incluyen en los desarrollos otros dopantes de germanio diferentes, como el cadmio, cobre y cinc obteniéndose respuestas espectrales de hasta 40 μm .

8.3.1.3 SENSORES DE UNIÓN-FOTOCONDUCTORA

INTRODUCCIÓN

En estas versiones de sensores **fotoconductivos** la resistencia a través de la unión de un material semiconductor **p** y **n** cambia en función de la luz incidente. La **fotocorriente** de la unión aumenta con el aumento del flujo de fotones incidentes.

Los sensores de unión fotoconductora están compuestos por un semiconductor de tipo **n** (excedentario de electrones procedentes de impurezas donadoras) y otro semiconductor de tipo **p** (excedentario en huecos procedentes de impurezas aceptoras) donde su lado **p** (ó **n**) es muy corto, y su extremo metalizado no opaco, permitiendo el paso de fotones. (**Figura.1**)

En el momento en que los fotones incidan con una energía mayor que la correspondiente a la banda prohibida del semiconductor ($E_f > E_h$), sobre la región **p**, sobre la **zona de transición** o sobre la zona **n** (la profundidad que esos fotones alcancen dependerá de las características de la luz incidente (λ) y de la constitución del propio sensor), generarán **pares electrón-hueco**.

Si el **par electrón-hueco es generado en la zona de transición**, el campo eléctrico los separa rápidamente de manera que el hueco es trasladado a la zona p y el electrón a la zona n.

Si el **par electrón-hueco es generado en la zona P**, implicará un aumento en la concentración de portadores minoritarios, en este caso electrones, (suponemos que la concentración de mayoritarios no se verá afectada) y por lo tanto la corriente de difusión en el interior de dicha zona; algunos de los electrones podrán recombinarse antes de alcanzar la zona de transición.

Lo mismo ocurrirá en el caso de que los **pares electrón-hueco se generan en la zona N**, al ser la primera mucho más estrecha que la segunda; en la zona P predominarán los efectos de generación sobre los de recombinación.

Al aplicar una tensión inversa en los extremos del diodo, se crea una fotocorriente I_f que es en general independiente de la tensión inversa aplicada y dependerá de la iluminancia aunque puede ser también función de la tensión aplicada, ya que la anchura de la zona de transición depende del valor de esta tensión inversa, y la fotocorriente es función a su vez de la anchura de la zona de transición.

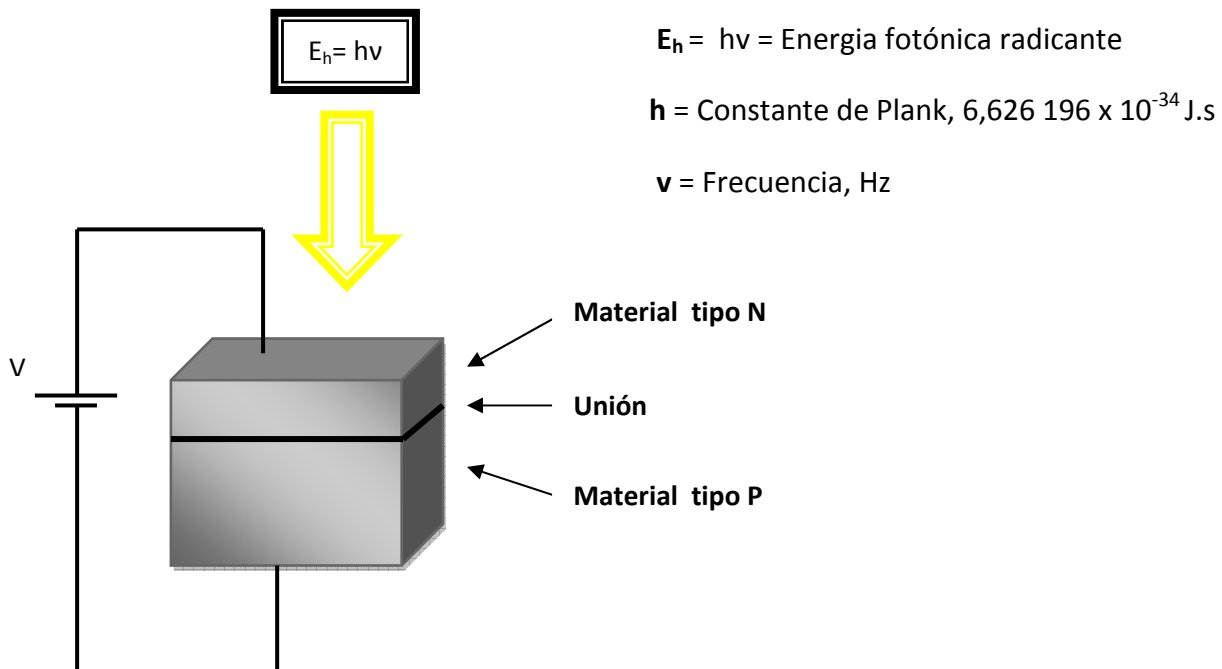


Figura.1

8.3.1.3.1 FOTODIODOS DE UNIÓN P-N

Un fotodiodo unión p-n es un semiconductor construido con una unión **PN**, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Los fotodiodos de unión p-n tienen una estructura interna que les permite operar en el **modo fotovoltaico** es decir **polarizado directamente**, en ausencia de luz exterior, generan una tensión muy pequeña entre ánodo y cátodo, pero tienen mejores prestaciones al utilizarlos en el **modo fotoconductor (inversamente polarizado)**.

En **modo fotoconductor** cuando la luz de longitud de onda apropiada es dirigida hacia la unión, se crean pares electrón-hueco que se desplazan a través de la unión debido al campo generado en la región de transición. Como resultado de la creación de los pares electrón-hueco se crea una corriente denominada fotocorriente (I_f), en el circuito externo, que es proporcional a la luz irradiada efectiva en el dispositivo. El fotodiodo se comporta básicamente como un generador de corriente constante hasta que se alcanza la tensión de avalancha. **(Figura.1)**

La superficie sensible a la luz en un fotodiodo de unión p-n puede estar en la región n, en la región p o en la región de transición. **(Figura.2)**

Grafica (V, I) en función de la luz (L).

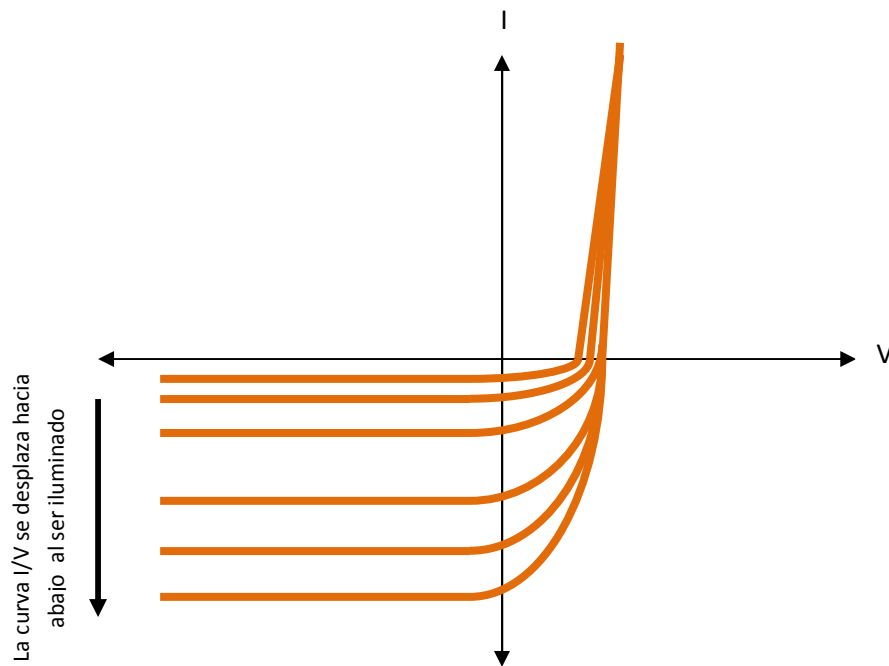


Figura.1

Dibujo estructura interna fotodiodo unión p-n.

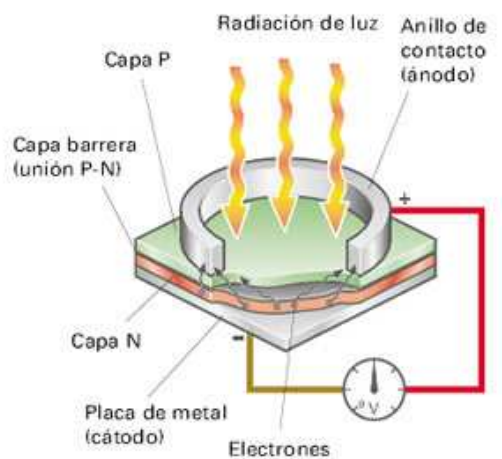


Figura.2 Imagen tomada de www.mecanicavirtual.org/can-most-bus.htm

Grafica (Sensibilidad espectral relativa, longitud de onda)

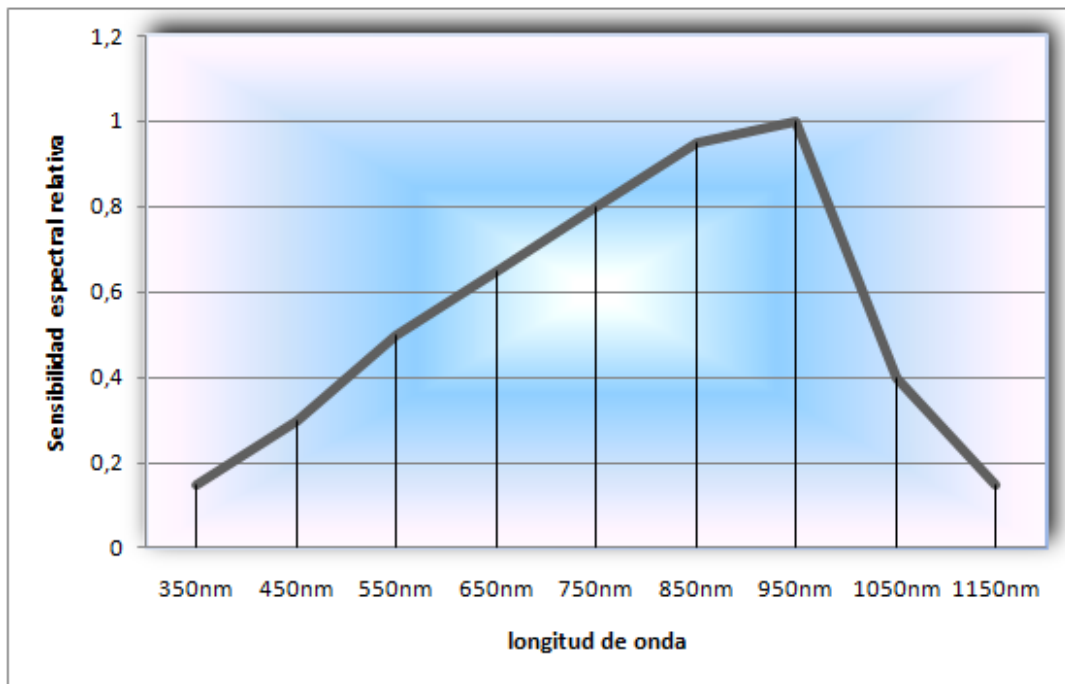


Figura.3

Aplicaciones:

Fotómetros

Control de iluminación y brillo

Control remoto por infrarrojos

Monitorización de llamas de gas y de petróleo (radiación ultravioleta centrada en la banda de 310nm)

Enfoque automático y control de exposición en cámaras

Cuando son combinados con alguna fuente de luz:

Codificadores de posición

Medidas de distancia

Medidas de espesor

Transparencia

Detectores de proximidad y de presencia

Sensado de color para inspección y control de calidad

8.3.1.3.2 FOTODIODOS DE AVALANCHA (APD)

Los fotodiodos de avalancha tienen una estructura de materiales semiconductores, ordenados en forma **p-i-p-n**. (*Figura.1, aptdo.a*)

La luz entra al diodo y es absorbida por la capa **n**, haciendo que ciertos electrones pasen de la banda de valencia a la banda de conducción.

Debido al gran campo eléctrico generado por la polarización inversa, los electrones adquieren velocidades muy altas y al chocar con otros electrones de otros átomos, hacen que éstos se ionicen. Los átomos ionizados ionizan a su vez otros átomos, **desencadenando un efecto de avalancha de corriente fotoeléctrica**. (*Figura.1, aptdo.c*)

La operativa de los fotodiodos de avalancha es similar a la de los tubos fotomultiplicadores y muchas veces se denominan fotomultiplicadores de avalancha de silicio. Los **factores de amplificación** son del orden de **doscientas veces o superiores**, lográndose estos valores sin dificultades.

En general, cuanto mayor es el voltaje en inversa, mayor es la amplificación. Entre las distintas expresiones para el **factor de multiplicación de los APD (M)**, una expresión instructiva viene dada por la fórmula:

$$M = \frac{1}{1 - \int_0^L \alpha(x) dx}$$

donde **L** es el límite del espacio de carga para los electrones y **α** es el coeficiente de multiplicación de los electrones. Este coeficiente tiene una fuerte dependencia de la intensidad del campo eléctrico aplicado, de la temperatura, y del dopaje.

Puesto que la ganancia de los APD varía fuertemente con la tensión en inversa aplicada y con la temperatura, es necesario controlar esta tensión en inversa para obtener un valor estable de ganancia. Los fotodiodos de avalancha son, por lo tanto, **más sensibles** que otros fotodiodos semiconductores.

Los fotodiodos de avalancha suelen ir encapsulados integralmente con sus módulos de amplificación y control.

(a) Esquema de la estructura de un fotodiodo de avalancha. (b) Densidad de carga espacial en el fotodiodo. (c) Campo eléctrico a través del diodo.

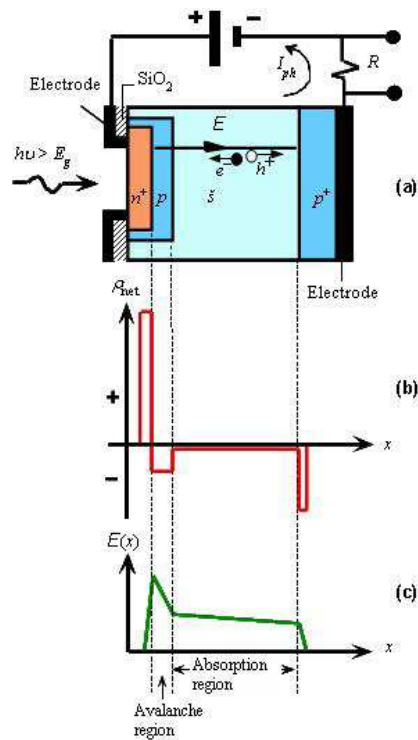


Figura.1 Imagen tomada de http://laimbio08.escet.urjc.es/docencia/FOTONICA/figuras_fotodiodo.pdf

Gráfica (Responsividad Espectral, Longitud de onda)

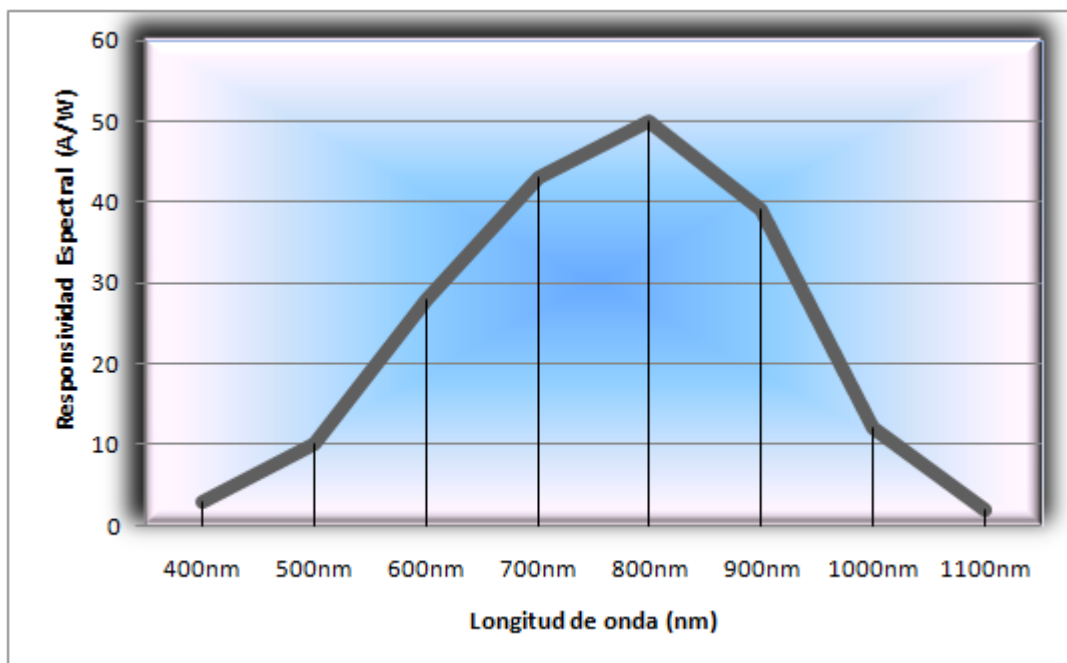


Figura.2

Aplicaciones:

Telémetro laser .

Telecomunicación de larga distancia por fibra óptica.

Nuevas aplicaciones incluyen:

La tomografía por emisión de positrones.

La física de partículas y la física de astropartículas.

Recuento de fotones.

Instrumentación y aplicaciones aeroespaciales.

8.3.1.3.3 FOTODIODOS P-I-N

Los fotodiodos p-i-n como su nombre indica tienen una estructura de materiales semiconductores, ordenados en forma **p-i-n**.

La presencia del material intrínseco mantiene un **campo eléctrico más amplio** que la capa normal de agotamiento (capa de carga espacial) en el fotodiodo. Puesto que las concentraciones del material donador y aceptor son bajas en los materiales PIN, la resistividad es alta. Por consiguiente, solo se requiere de una pequeña polarización inversa para incrementar el ancho de la capa de agotamiento, hasta abarcar la distancia entre terminales. A este comportamiento se le llama de **agotamiento total (Figura.1)**. El fotodiodo PIN tiene una rápida respuesta, mucho más que el fotodiodo PN, por lo que está comenzando a sustituir al fotodiodo PN en la mayoría de las aplicaciones de uso general.

Los fotodiodos **p-i-n** se caracterizan por su fácil fabricación, su alta fiabilidad, bajo ruido y además su ancho de banda es muy elevado.

Estructura básica de un fotodiodo pin

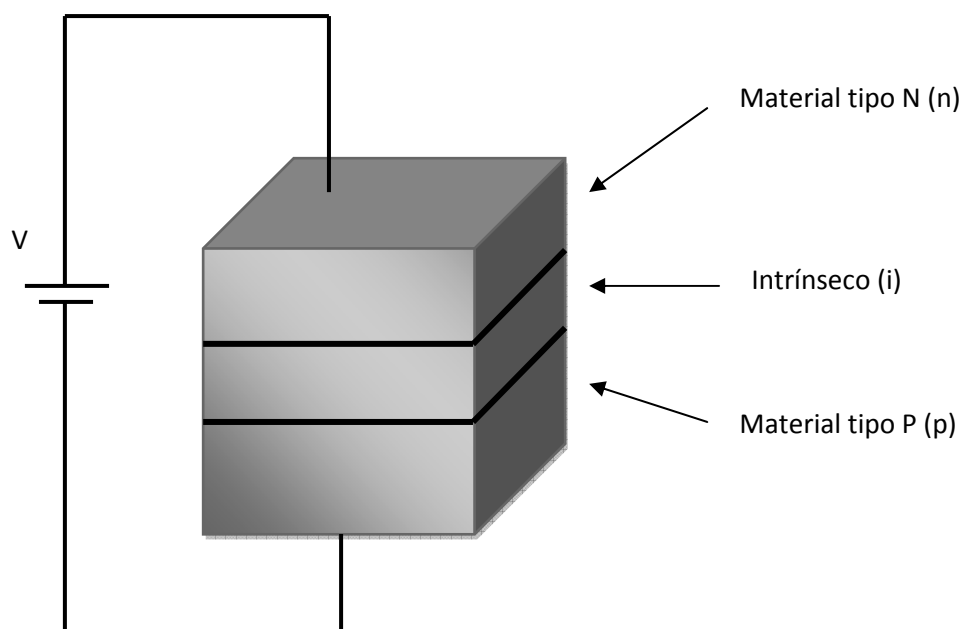


Figura.1

Gráfica (Sensibilidad espectral relativa, longitud de onda)

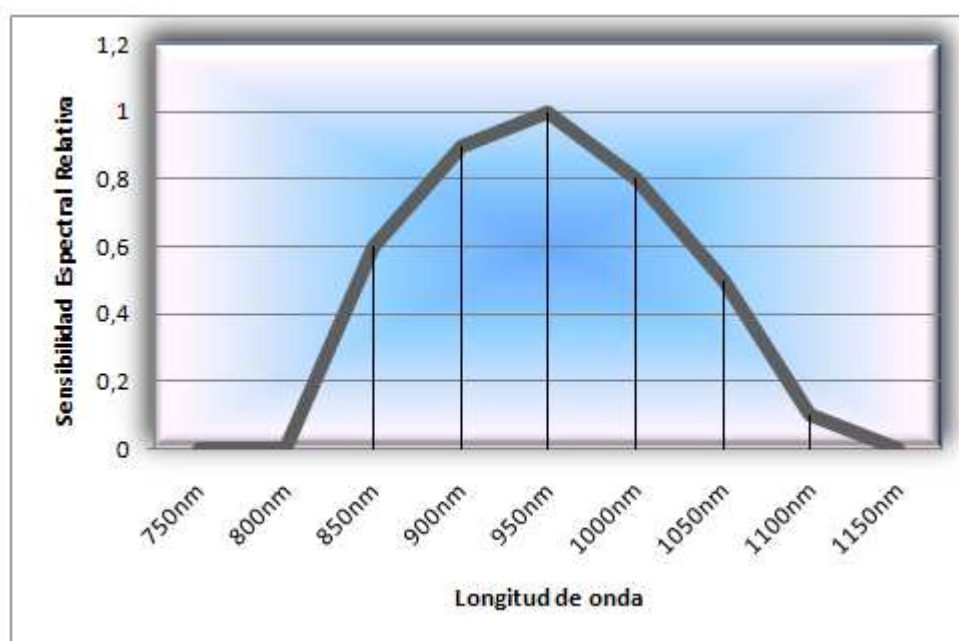


Figura.2

Aplicaciones:

Detectores de proximidad.

Detectores de color.

Detectores de humo.

Turbidímetros.

Instrumentación analítica (fluorescencia, absorbancia, colorimetría, bioluminiscencia).

Detectores de lluvia para automóviles.

Sistemas de comunicación para fibra óptica.

Optoacopladores de alta velocidad.

8.3.1.3.4 FOTOTRANSISTORES

Un fototransistor es, en esencia, lo mismo que un transistor normal cuya estructura de materiales semiconductores pueden estar ordenados de la forma **p-n-p** ó **n-p-n**, solo que puede trabajar de 2 maneras diferentes:

- Como un transistor normal con la corriente de base (**I_B**) (modo común)
- Como **fototransistor**, cuando la luz que incide en este elemento hace las veces de corriente de base. (**I_f**) (modo de iluminación).

Se pueden utilizar las dos en forma simultánea, aunque el **fototransistor** se utiliza principalmente con la patita de la base sin conectar (**$I_B = 0$**)

La corriente de base total es igual a corriente de base (modo común) + corriente de base (por iluminación): **$I_{BT} = I_B + I_f$**

Si se desea aumentar la sensibilidad del **fototransistor**, debido a la baja iluminación, se puede incrementar la corriente de base (**I_B**), con ayuda de polarización externa. El circuito equivalente de un **fototransistor**, es un transistor común con un fotodiodo conectado entre la base y el colector, con el cátodo del fotodiodo conectado al colector del transistor y el ánodo a la base.

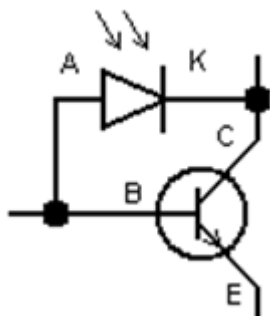


Figura.1. Imagen tomada de www.electronica2000.info/.../05/fototransistor/

La corriente que entrega el fotodiodo (circula hacia la base del transistor) se amplifica β veces, y es la corriente que puede entregar el fototransistor, donde β es la ganancia de corriente del fototransistor.

Gráfica (Sensibilidad relativa (%), longitud de onda(λ))

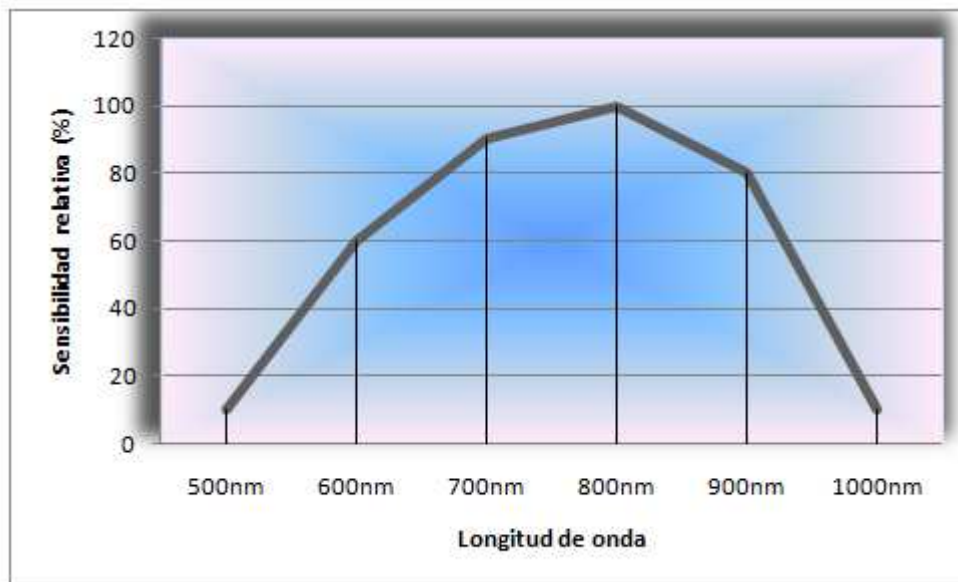


Figura.2

Aplicaciones:

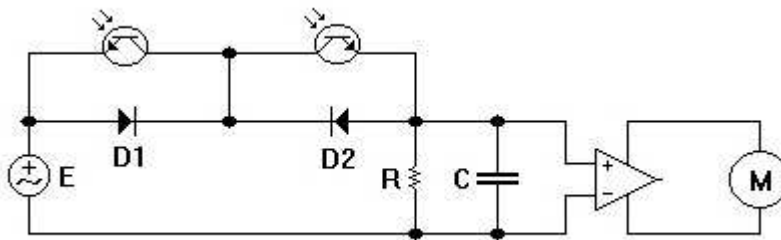


Figura.3 Imagen tomada de <http://profesormolina2.iespana.es/electronica/componentes/optoelect/optot.htm>

Este circuito muestra el control de posición mediante el uso de dos fototransistores. Si la radiación de luz que incide sobre los dos transistores es la misma, el condensador C se carga durante los semiciclos positivos y negativos a través de los transistores, con la misma carga pero polaridad opuesta. Por lo tanto el voltaje resultante será cero. La radiación de luz sea diferente en los fototransistores, la señal diferencial es amplificada con el amplificador operacional, con el fin de energizar una carga. En el semiciclo positivo de la onda de entrada, la corriente viaja por el diodo D1, por el fototransistor derecho, y por lo tanto aparece una carga neta positiva en el condensador C. En el semiciclo negativo de la onda, el diodo D2 conduce, la corriente viaja por el transistor de la izquierda y aparece un voltaje negativo en el condensador. Este cambio de polaridad se puede utilizar para controlar la dirección de giro de un motor, controlando la radiación incidente sobre los fototransistores.

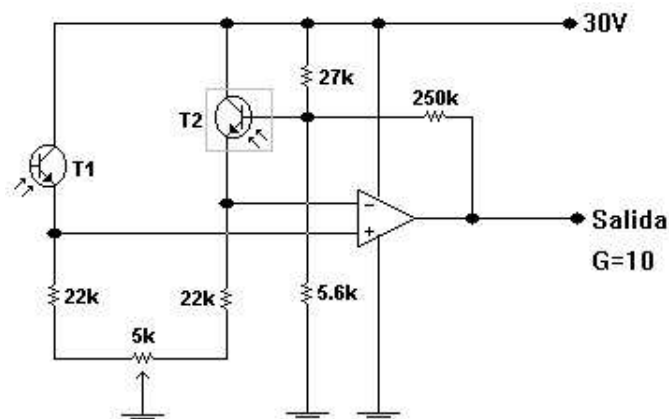


Figura.4 Imagen tomada de <http://profesormolina2.iespana.es/electronica/componentes/optoelect/optot.htm>

Este circuito muestra un amplificador DC utilizando fototransistores, y con compensación de temperatura. El circuito contiene el fototransistor T1 empleado como fotodetector, y el fototransistor T2 oscurecido, empleado como referencia. En

los dispositivos semiconductores la temperatura origina también que se generen corrientes en el fototransistor, por lo que se pueden obtener respuestas que no sólo dependen de la luz. Para corregir este efecto, y que el circuito entregue una salida dependiente sólo de la radiación que incida sobre él, se incluye el fototransistor T2 oscurecido, de manera que el operacional es el encargado de eliminar la parte de corriente creada debido a la temperatura. La compensación se realiza por medio del potenciómetro de 5k. Este circuito se emplea como amplificador de escaneo y como detector en acopladores optoelectrónicos.

8.3.1.4 SENSORES FOTOEMISIVOS

INTRODUCCIÓN

Los sensores fotoemisivos emiten electrones desde un cátodo cuando los fotones chocan contra él. Los electrones son lanzados fuera de la superficie del cátodo cuando la energía de la radiación es mayor que la función de trabajo del material catódico. Este efecto se utiliza en los diodos fototubo (al vacío o rellenos de gas) así como en los tubos fotomultiplicadores. En los diodos fototubo, algunos electrones son recolectados por algún ánodo que se encuentra a algún potencial positivo con respecto al cátodo (**Figura.1**). Esto ocasiona un flujo de corriente que puede ser utilizado para proporcionar una tensión de salida a través de una resistencia de carga en serie con el ánodo. En el tubo fotomultiplicador (**Figura.2**) se utilizan electrodos adicionales (**dínodos**), con potenciales crecientes secuencialmente, localizados entre el cátodo y el ánodo de manera que amplifican la corriente de electrones por medio de la emisión secundaria de los dínodos.

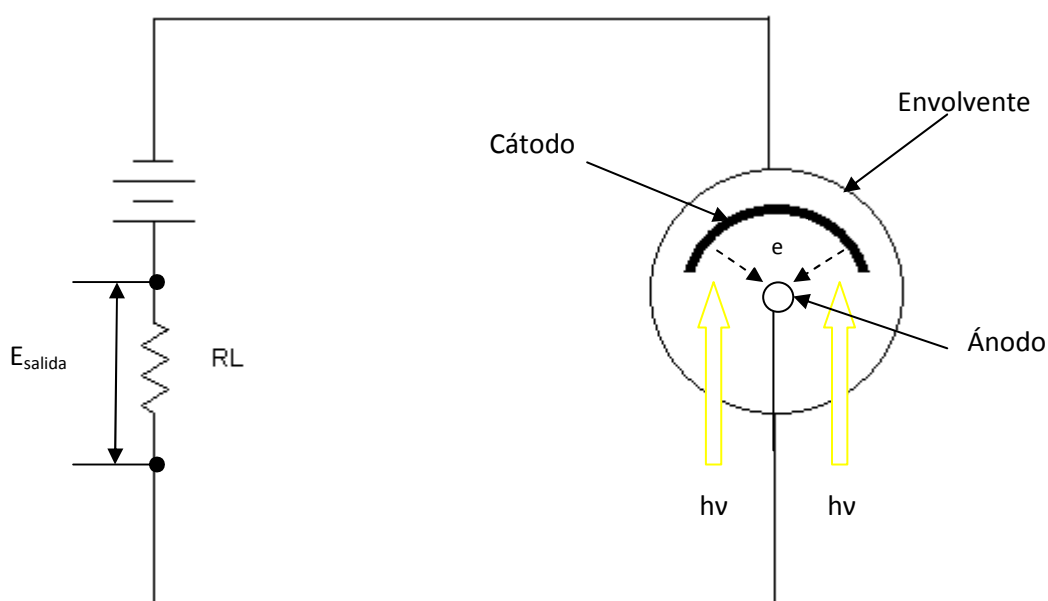


Figura.1 Diodo Fototubo.

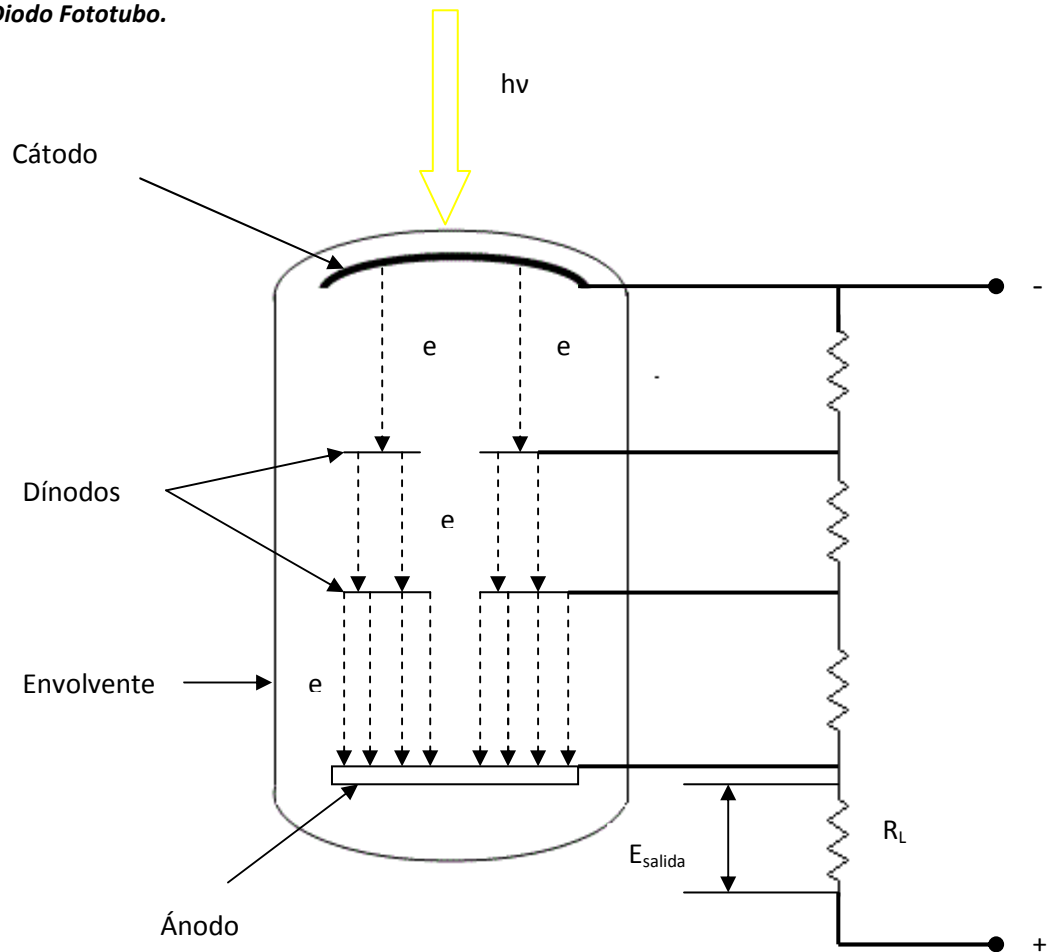


Figura.2 Fotomultiplicador.

Los sensores fotoemisivos tienen diversas **ventajas**:

- Pueden ser utilizados cuando la fuente de iluminación es débil.
- Pueden ser utilizados cuando solo se dispone de unos cuantos microwatts de potencia óptica.
- Ofrecen mayor área fotosensible.
- No muestran apenas fluctuaciones con los cambios de temperatura.
- Su alta sensibilidad y alta estabilidad permiten su uso en aparatos médicos y químicos.
- En cuanto a los tubos fotomultiplicadores proporcionan una sensibilidad extremadamente alta a la luz y el nivel de ruido es excepcionalmente bajo en comparación con otros dispositivos fotosensibles.
- La alta ganancia se logra sin sacrificar el ancho de banda.

Sus **inconvenientes** son:

- Son voluminosos.
- Frágiles.

- Requieren fuente de alimentación de alto voltaje que aumenta el coste de utilización de estos sensores.
- La ganancia y el rendimiento de la corriente oscura de fotomultiplicadores individuales de la misma serie de producción puede variar ampliamente, a menudo por un factor de 2 a 5 en un diseño en particular.
- En el caso de los fotomultiplicadores, a menudo requieren tiempos de recuperación muy largos (algunos nunca se recuperan de iluminación de alta intensidad).

8.3.1.4.1 FOTOTUBOS

Un fototubo es un sensor cuyo funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico descubierto por Albert Einstein. Cuando un fotón con suficiente energía llega a un metal, arranca un electrón de dicho metal. La construcción de un fototubo es la siguiente: en el interior de un tubo de vidrio que se encuentra al vacío o relleno de algún gas inerte (argón o similar) se coloca un metal de forma semicilíndrica y enfrente se coloca un electrodo metálico. Se conecta una fuente de corriente continua al fototubo tal que el polo negativo se conecta al metal cilíndrico (**cátodo**) y el positivo se conecta a una resistencia en serie con el otro electrodo (**ánodo**). Cuando incide la luz sobre el metal cilíndrico, desprende electrones que son atraídos por el electrodo positivo. Así se genera una corriente por el circuito exterior al fototubo y se crea una **ddp** (diferencia de potencial) entre los bornes de la resistencia que es proporcional a la intensidad de la luz incidente sobre la célula fotoeléctrica. Cuando la intensidad de la luz incidente es muy pequeña y el fototubo genera una corriente demasiado pequeña, se emplea el fotomultiplicador que produce mayor amplificación.

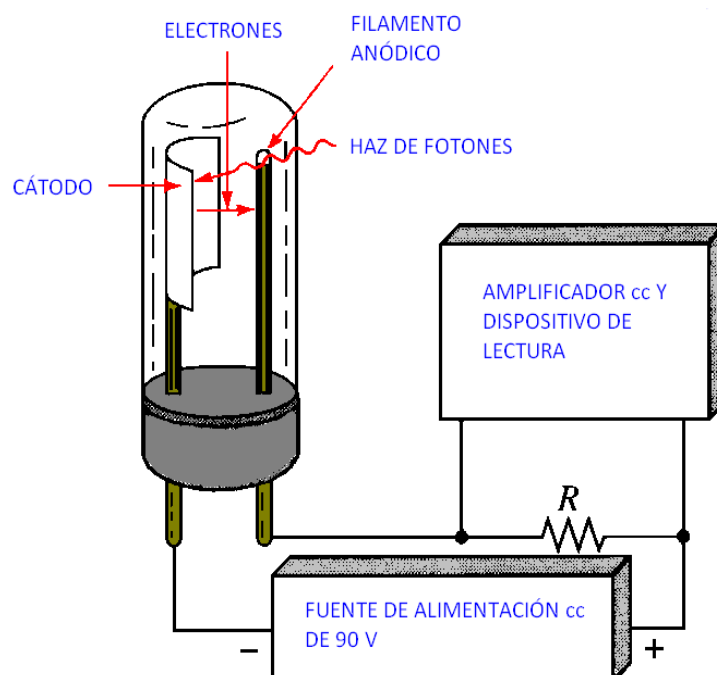


Figura.1 Imagen tomada de: <http://eskuelahipi.com/KEMLUX/Fototubo.html>

Los fototubos son **más sensibles** que las células fotovoltaicas, debido principalmente a la posibilidad de una buena amplificación externa. La señal del fototubo que es pequeña, del orden de 10 pA (producida a niveles de iluminación bajos) como hemos citado anteriormente puede ser amplificada.

Los **tiempos de subida** se encuentran entre 1 μ s y menos de 1 ns. Los fototubos rellenos con gas proporcionan una sensibilidad mayor debido a que el plasma iónico de este gas proporciona una corriente mayor que en un fototubo de vacío en un diseño equivalente; sin embargo, las características de fotocorriente en función del flujo luminoso en el caso del tipo relleno de gas es menos lineal.

La **sensibilidad espectral** del fototubo depende de la naturaleza de la sustancia que recubre el cátodo y puede variarse usando diferentes metales alcalinos o variando el método de recubrimiento del cátodo. La composición del material que recubre el cátodo, en la mayor parte de los fototubos comerciales, consiste en una mezcla de un metal alcalino, un óxido de metal alcalino, plata metálica y óxido de plata.

Gráfica (Sensibilidad relativa (%), longitud de onda (λ))

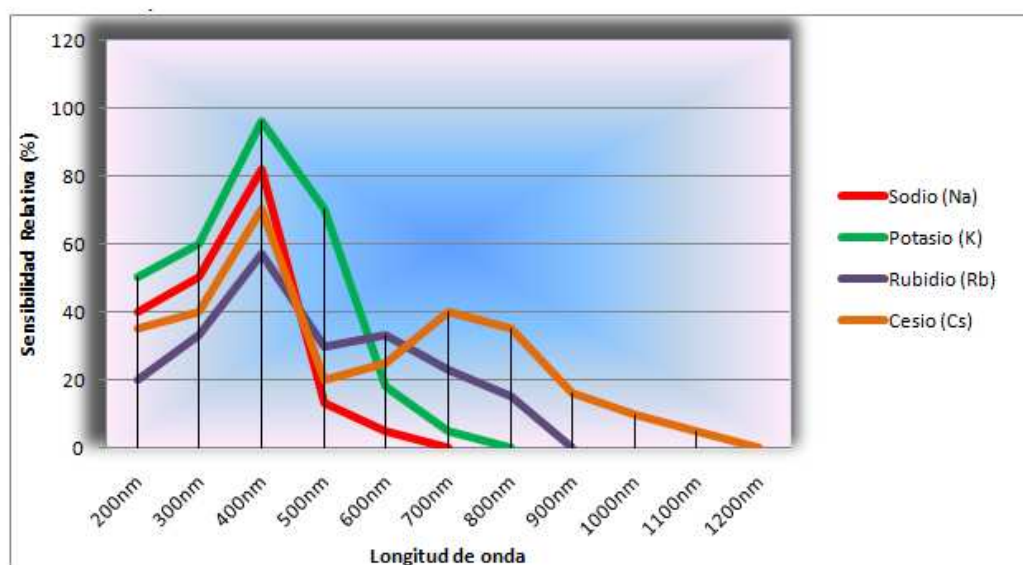


Figura.2

En la **(Figura.2)** se representan las curvas de respuesta espectral para distintos fototubos preparados con distintos metales alcalinos. El metal alcalino más fácilmente ionizable, el más pesado, emite electrones de longitud de onda más larga que el más ligero, y, al pasar del sodio al cesio la respuesta relativa tiende a disminuir y la amplitud de la respuesta espectral aumenta. En los fototubos de la **(Figura.2)**, las envolturas usadas para aislar los electrodos son de vidrio, y en consecuencia, todos los fototubos tienen su respuesta máxima a unos 400nm. Si se usan ventanas de cuarzo o

de sílice fundido la zona de trabajo de estos fototubos puede extenderse a través del ultravioleta próximo y hasta el ultravioleta lejano.

Aplicaciones:

Las aplicaciones de los fototubos son muy variadas y genéricamente puede decirse que tienen su campo de utilización en todos aquellos dispositivos que de una forma u otra necesitan convertir una intensidad luminosa en una corriente eléctrica, bien para medir aquélla simplemente o para conseguir, a partir de sus variaciones, acciones de otro tipo, como mecánicas, p. ej.

Entre algunas de las aplicaciones tenemos:

- **Detección de energía radiada:** Los fototubos de vacío se utilizan para la detección de energía con longitudes de onda entre 200 y 1100 nm. La corriente fotoeléctrica es directamente proporcional a la intensidad de la radiación, lo que hace a los fototubos adecuados como transductores para medir valores físicos. Debido a ello, estos tubos se usan en **radiómetros**, **fotómetros** y **colorímetros**. Gracias a su buena respuesta ante pulsos cortos, se utilizan también para medir la intensidad de pulsos muy cortos generados por el láser o por la radiación nuclear visible.
- **Lectura de bandas sonoras:** Una aplicación de los fototubos era la lectura de las bandas sonoras de las películas de cine. En este caso, se utilizan los fototubos rellenos de gas. En dichas películas, el sonido estaba registrado en una banda paralela a la película. Para leer dicha banda, se iluminaba por una cara y en la otra se colocaba el fototubo, que leía la señal sonora. La respuesta de los fototubos en este caso está limitada a 15 kHz.

En la siguiente figura se muestran diferentes tipos de fototubos y sus aplicaciones:

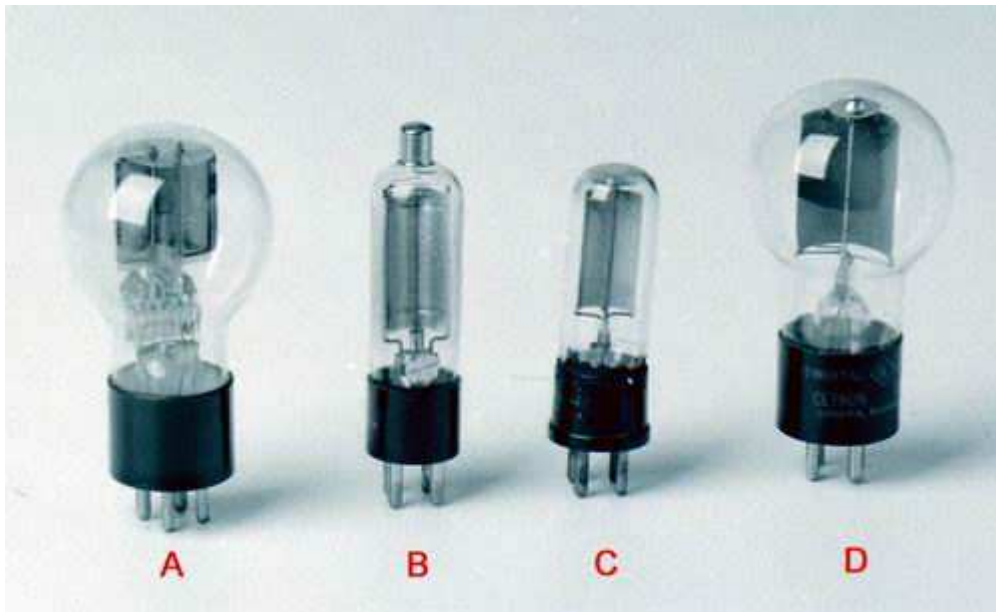


Figura.3 Imagen tomada de: <http://www.fazano.pro.br/port50.html>

- El fototubo **tipo A** esta constituido por dos ánodos y su sensibilidad es de $10 \mu\text{A}/\text{lumen}$ donde lumen es la medida del flujo luminoso.
- El fototubo **tipo B** es el que generalmente se usa en fotómetros.
- El fototubo **tipo C** es un fototubo de gas usado en proyectores y su sensibilidad es de $10 \mu\text{A}/\text{lumen}$.
- El fototubo **tipo D** es un fototubo de gas usado en equipamientos de reproducción sonora.

8.3.1.4.2 FOTOMULTIPLICADORES

INTRODUCCIÓN

Los tubos fotomultiplicadores (**PMT**) son dispositivos fotoemisores que difieren de los fototubos en que se han situado electrodos adicionales (**dínodos**) entre el fotocátodo y el ánodo. Los dínodos están conectados a una red divisoria de tensión de manera que el dínodo más cercano al fotocátodo tiene una tensión ligeramente superior, de manera que el potencial aumenta en los dínodos sucesivos. El dínodo más cercano al ánodo tiene un potencial muy similar al potencial aplicado en dicho ánodo. Cuando los fotones chocan con el cátodo, se liberan electrones libres que se dirigen hacia el primer dínodo (baja tensión) debido a que su potencial es positivo respecto al cátodo. Por cada electrón emitido por el cátodo se liberan varios electrones en el primer dínodo. Esta emisión secundaria de electrones se dirige hacia el siguiente

dínodo debido a que su potencial es positivo, respecto al dínodo anterior. Por cada electrón emitido por el primer dínodo se liberan varios electrones en el segundo dínodo. Este proceso se multiplica en cada dínodo sucesivo (de ahí el término fotomultiplicador) (**Ver Figura.2 Sensores fotoemisivos**). Todos los electrones resultantes de esta multiplicación se recogen en el ánodo.

La amplificación de la fotocorriente catódica debido al proceso de multiplicación, se encuentra típicamente entre 10^5 y 10^8 (**ganancia de corriente**). La ganancia de un fotomultiplicador puede estimarse mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ganancia} = \mu = \delta^n$$

donde μ es la amplificación de corriente (ganancia), δ es la relación de emisión secundaria para los dínodos, y n es el número de etapas de dínodos dependiendo del número de dínodos del tubo fotomultiplicador.

Se utilizan tres estructuras básicas de dínodos: la **jaula circular**, la **jaula tipo persiana**, la **jaula en línea**, y la **jaula de tipo caja y rejilla**.

- **Jaula circular:** Usada generalmente en los fotomultiplicadores laterales (**side on**), se caracteriza por optimizar el espacio, respuesta rápida y alta ganancia obtenida con un suministro de voltaje relativamente bajo.

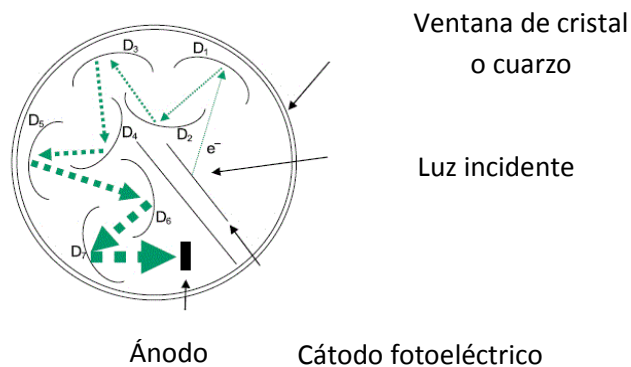


Figura.1 Imagen tomada de: <http://spie.org/x32388.xml>

- **Jaula tipo persiana veneciana:** Cada dinodo está formado por láminas paralelas inclinadas 45° con respecto al eje del tubo. Usado en tubos con áreas fotocatódicas grandes y cuando no es prioridad la respuesta en tiempo del tubo fotomultiplicador.

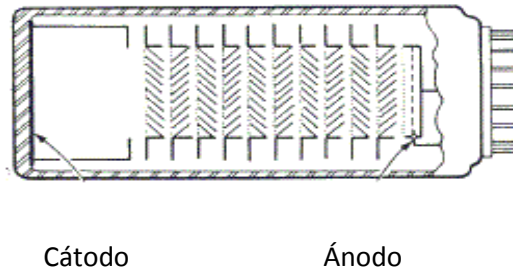


Figura.2 Imagen tomada de: <http://www.physics.upenn.edu/balloon/phototube.html>

- **Jaula en línea:** Lo caracteriza su respuesta rápida en tiempo y la linealidad de pulso, además de ofrecer una corriente de salida grande.

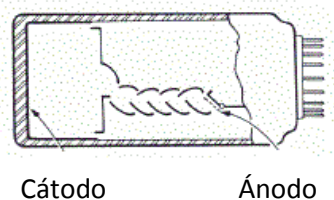


Figura.3 Imagen tomada de: <http://www.physics.upenn.edu/balloon/phototube.html>

- **Jaula tipo caja y rejilla:** Es una sucesión de cuartos partes de dinodos cilíndricos. Se usa en fotomultiplicadores frontales (**head on**) debido a la eficiencia en la recolección de electrones y a su uniformidad.



Figura.4 Imagen tomada de: <http://www.physics.upenn.edu/balloon/phototube.html>

Existen además diversos **tipos** de fotomultiplicadores:

- **Fotomultiplicador de tipo frontal (head-on).**
- **Fotomultiplicador de tipo lateral (side-on).**
- **Detectores de campo transversal.**

Estos últimos son una versión especial de fotomultiplicadores en los que se obtiene un tiempo de respuesta muy rápido mediante la adición de un imán de manera que los campos eléctricos y magnéticos son transversales mutuamente.

8.3.1.4.2.1 FOTOMULTIPLICADORES SIDE-ON

Los tubos fotomultiplicadores (**PMT**) de tipo lateral (**Side-on**) tienen una estructura en la cual el elemento sensible (fotocátodo) se sitúa en un lateral del tubo de vacío de ahí su nombre. La luz incidente se detecta en el lado curvo, en el lateral del fotomultiplicador. Debido a su alto rendimiento y bajo costo los fotomultiplicadores side-on son los más utilizados para aplicaciones generales fotométricas, como la espectrofotometría, fluorimetría, y a microscopía confocal. Este tipo de fotomultiplicador contiene un fotocátodo opaco y relativamente grueso rodeado de una jaula circular como su cadena de díodos. Los fotoelectrones incidentes no pasan a través del fotocátodo del fotomultiplicador, sino que son expulsados de la cara frontal y en ángulo hacia el primer dínodo.

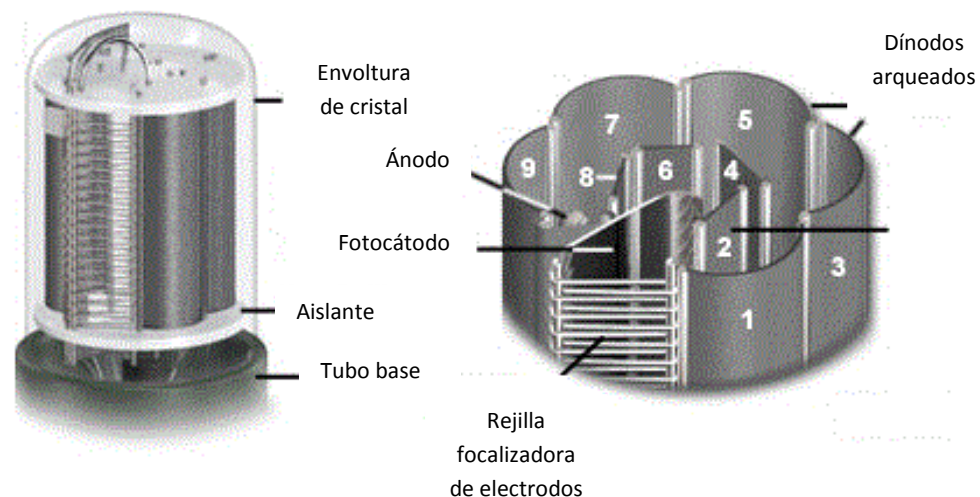


Figura.1 Imagen tomada de: <http://www.olympusfluoview.com/theory/pmtintro.html>

Gráfica (Sensibilidad Catódica a la Radiación (mA/W), longitud de onda (λ))

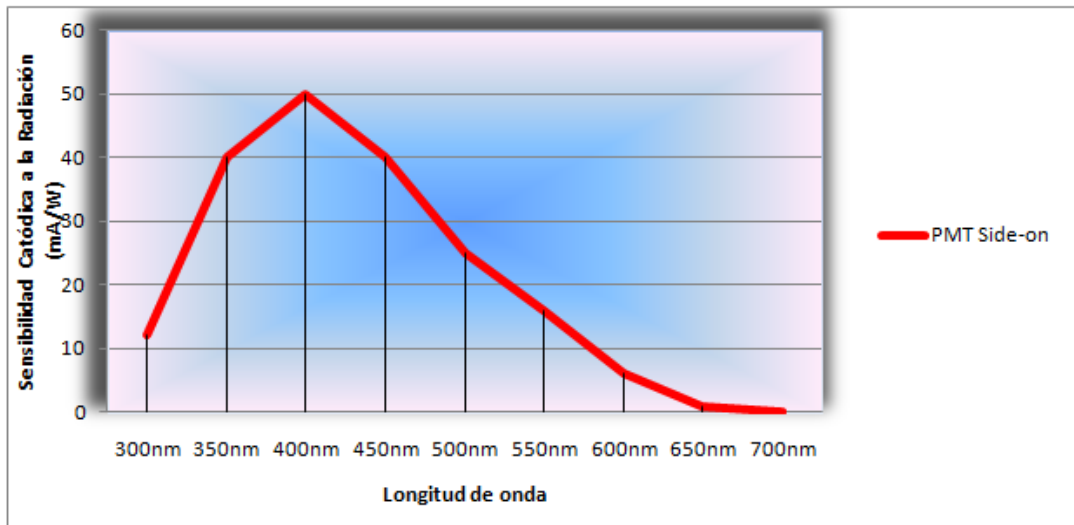


Figura.2

Los fotomultiplicadores de tipo side-on tienen diversas **ventajas** frente a otro tipo de fotomultiplicadores entre las que se encuentran:

- Alto rendimiento.
- Bajo coste.
- Tiempos de subida más rápidos.
- Su configuración vertical ocupa menos espacio que los PMT head-on.

Su principal **desventaja**:

- Su sensibilidad no es uniforme.

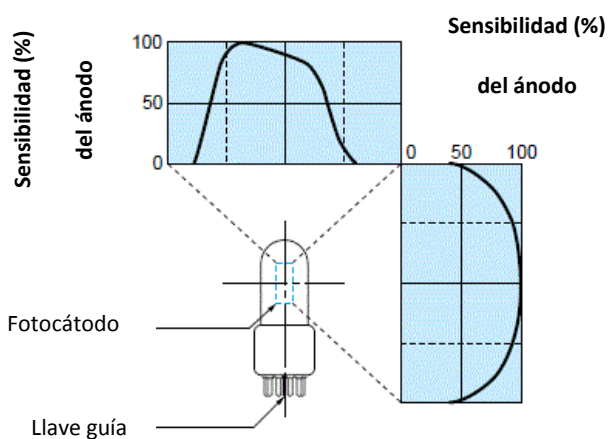


Figura.3 Imagen tomada de: <http://physik.uibk.ac.at/hephy/muon/pmtcnste.pdf>

Aplicaciones:

- Espectrofotometría.
- Fluorimetría.
- Microscopía confocal.
- Fotometría.

8.3.1.4.2 FOTOMULTIPLICADORES HEAD-ON

Los tubos fotomultiplicadores (**PMT**) de tipo frontal (**Head-on**) también denominados en ocasiones de tipo (**end-on**) tienen una estructura en la cual la luz incidente es detectada a través de una ventana en lo alto del cristal envolvente. Por el contrario a los pmt de tipo side-on, el fotocátodo en el fotomultiplicador de tipo head-on debe ser de espesor preciso, así como su composición, y además debe de ser semitransparente. El material fotoemisor se deposita en la superficie de una ventana óptica para que los electrones sean emitidos por el lado del fotocátodo enfrente de la radiación incidente. Si el fotocátodo es demasiado grueso, más fotones serán absorbidos, pero menos fotoelectrones serán emitidos desde la superficie trasera. Alternativamente, si el fotocátodo es demasiado delgado, los fotones pueden pasar directamente a través sin ser absorbidos.

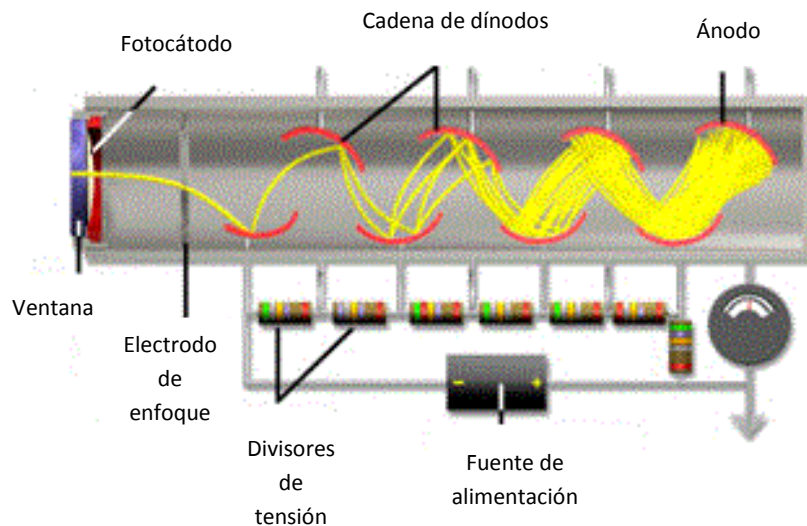


Figura.1 Imagen tomada de: <http://www.olympusfluoview.com/theory/pmtintro.html>

Gráfica (Sensibilidad Catódica a la Radiación (mA/W), longitud de onda (λ))

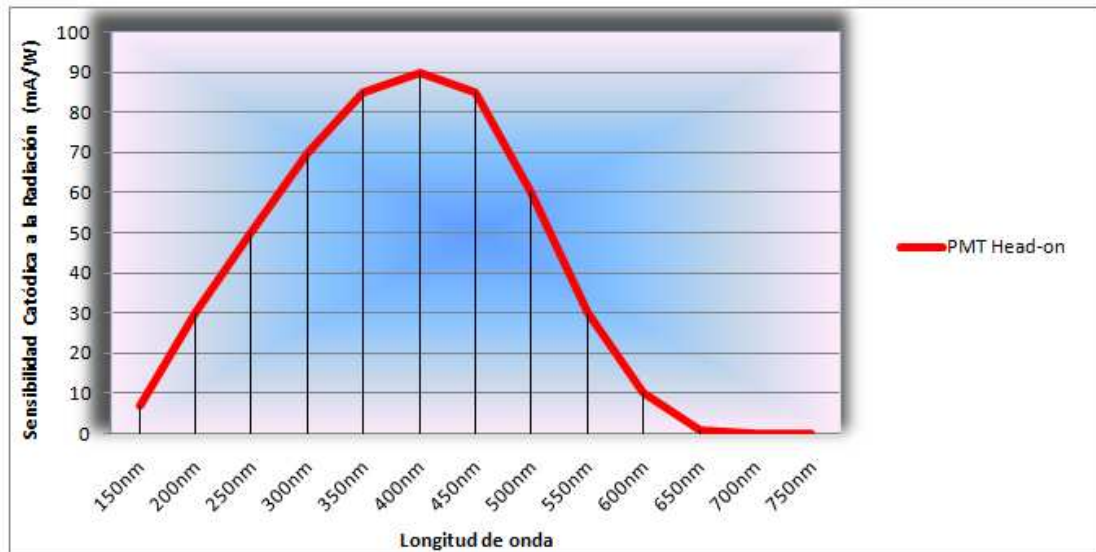


Figura.2

Los fotomultiplicadores de tipo head-on tienen diversas **ventajas** frente a otro tipo de fotomultiplicadores entre las que se encuentran:

- Tienen una importante región fotosensible en comparación a otros tipos de fotomultiplicadores.
- Buena uniformidad.

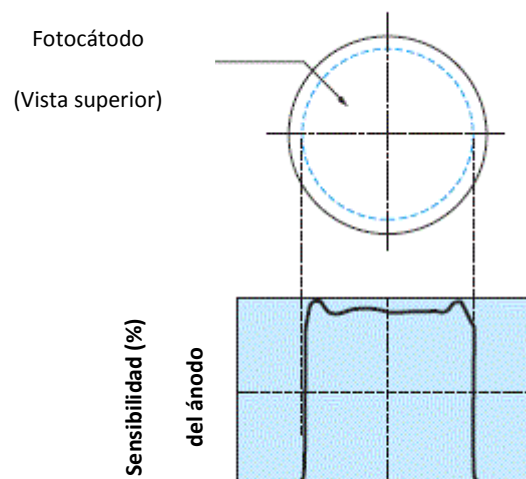


Figura.3 Imagen tomada de: <http://physik.uibk.ac.at/hephy/muon/pmtcnste.pdf>

8.3.1.5 SENSORES FOTOELECTROMAGNÉTICOS

Los sensores de luz **Fotoelectromagnéticos** están basados en el efecto que lleva el mismo nombre. El efecto Fotoelectromagnético ha sido tradicionalmente usado para detectores de temperatura en la banda del infrarrojo medio y lejano. La refrigeración de los sensores fotoelectromagnéticos plantea problemas asociados con el uso de un imán y traen como consecuencia pequeñas mejoras en la función del dispositivo.

Los primeros experimentos sobre el efecto fotoelectromagnético fueron realizados con el Cu_2O por Kikoin y Noskov en 1934 y Groetzinger en 1935. La primera explicación teórica fue dada por Frenkel. Más adelante el efecto fue redescubierto en el germanio por Aigrain y Bulliard. La teoría del efecto fotoelectromagnético fue desarrollada por Kurnick y Zitter. Este efecto ha sido aplicado en un detector de radiación de InSb (antimoniuro de indio) con longitudes de onda más cortas que $7\mu\text{m}$. Un tiempo después, la teoría fue generalizada incluyendo la generación de portadores en grandes cantidades, para muestras de grosor finito y variaciones de campo magnético.

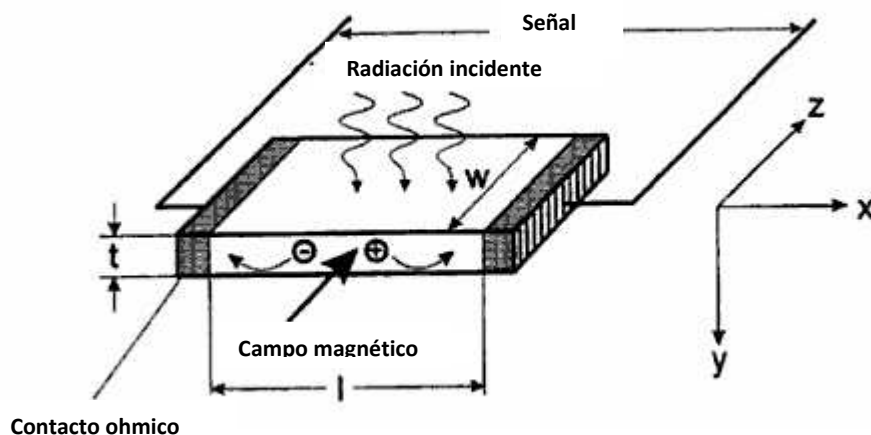


Figura.1 Esquema del efecto fotoelectromagnético. Imagen tomada de: *Infrared detectors* (A. Rogalski)

El efecto fotoelectromagnético es causado por la difusión y fotogeneración debida al gradiente de portadores fotoinducidos y a la desviación de las trayectorias de los electrones y huecos en direcciones opuestas por el campo magnético. La fuerza debida a la aplicación de un campo magnético transversal direcciona los huecos hacia un extremo del semiconductor y a los electrones hacia el otro extremo proporcionando así una **fem** desarrollada entre los dos terminales extremos, la ventaja de este efecto es la reducción del ruido térmico generado internamente.

Si el final de la muestra está en circuito abierto en la dirección x , se incrementa la carga aumentando el campo eléctrico a lo largo del eje x . Si el final de la muestra está cortocircuitada en la dirección x , una corriente fluirá a través del cortocircuito (corriente de cortocircuito).

Algunos detectores fotoelectromagnéticos han sido desarrollados para medidas en la porción infrarroja del espectro. Este tipo de sensores pueden medir radiación entre 2 y 6,5 μm sin refrigeración artificial. Para el material sensor fotovoltaico de antimoniuro de indio (InSb) se utiliza un imán permanente para establecer el campo magnético requerido. La constante de tiempo es menor que 1 μs .



Figura.2 Imagen tomada de: http://www.dorotek.de/cms/upload/pdf/infrarot/pv_ungekuehlt/pem.pdf

Los sensores fotoelectromagnéticos tienen diversas **ventajas**:

- Pueden trabajar a temperatura ambiente.
- No requiere polarización.
- Los tiempos de respuesta son de 1ns o menores.
- Son resistentes, ligeros y fiables.
- Bajo coste.
- Su baja resistencia permite su uso para circuitos electrónicos rápidos.

8.3.2 SENSORES TÉRMICOS

8.3.2.1 SENSORES TERMOELÉCTRICOS

INTRODUCCIÓN

Esta categoría de sensores térmicos comprende las **termopilas** y **termopares** que se basan en el **efecto termoeléctrico**, el cual vamos a desarrollar a continuación.

El efecto termoeléctrico está basado a su vez en otros tres efectos: **Efecto Seebeck**, **Efecto Peltier** y **Efecto Thompson**.

- **Efecto Seebeck:** Descubierta en 1821 por el físico estonio Thomas Johann Seebeck. Consiste en la generación de una diferencia de potencial eléctrico al someter a una diferencia de temperatura dos metales o semiconductores diferentes. Se produce cuando un flujo de calor atraviesa dos metales que están conectados entre sí mediante uniones. (Se crea un voltaje en presencia de una diferencia de temperatura entre dos metales o semiconductores diferentes. Una diferencia de temperaturas **T₁** y **T₂** en las juntas entre los metales **A** y **B** induce una diferencia de potencial V .) (*Figura.1*)

En el circuito:

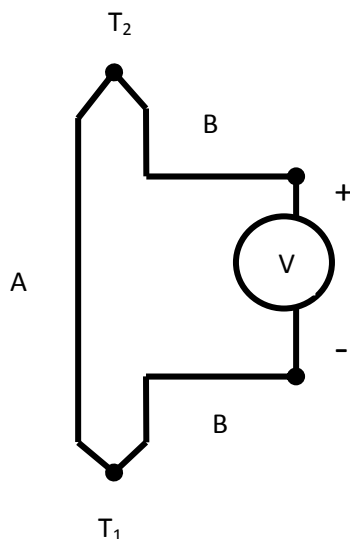


Figura.1 Efecto Seebeck

- **Efecto Peltier:** la circulación de corriente a través de un circuito conformado por dos metales distintos puede emitir o absorber calor en la juntura de los mismos, dependiendo de la dirección de la corriente. La cantidad de calor absorbida o emitida en la juntura resulta proporcional a la corriente eléctrica mediante el coeficiente Peltier.

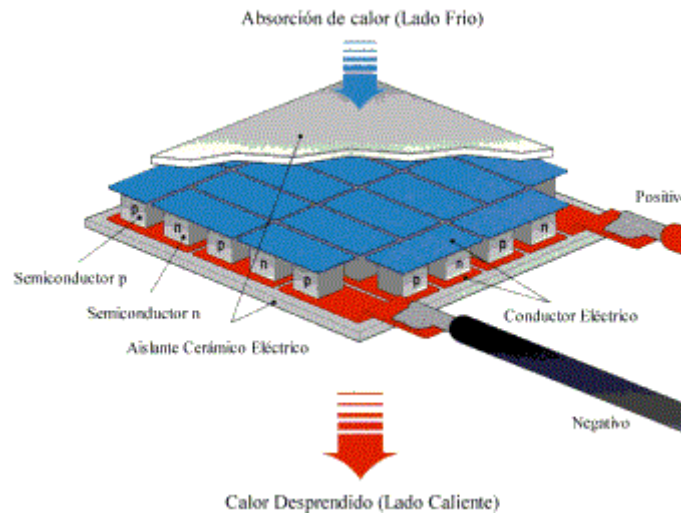


Figura.2 Efecto Peltier Imagen tomada de: <http://www.hardside.com.ar/utis/peltier.htm>

La **potencia calorífica** intercambiada en la unión entre A y B es:

$$\dot{Q}_P = \pm \pi_{AB} J = \pm J T (\alpha_B - \alpha_A)$$

donde π_{AB} es el llamado **coeficiente Peltier**, que se define como el calor intercambiado en la unión por unidad de tiempo y de corriente que circula a través de la misma:

$$\pi_{AB} \equiv \frac{\dot{Q}_P}{\int_S J \cdot dS} = T (\alpha_B - \alpha_A)$$

J: Flujo de corriente eléctrica

S: Superficie

T: Temperatura absoluta (K)

α_A , α_B : Coeficiente Seebeck de los materiales A y B respectivamente

- **Efecto Thomson:** En el cual se absorbe o emite calor cuando una corriente recorre un material en el que existe un gradiente de temperaturas. En este caso la cantidad de calor asociada es proporcional a ambos, el gradiente térmico y la corriente circulante, a través del coeficiente Thomson.

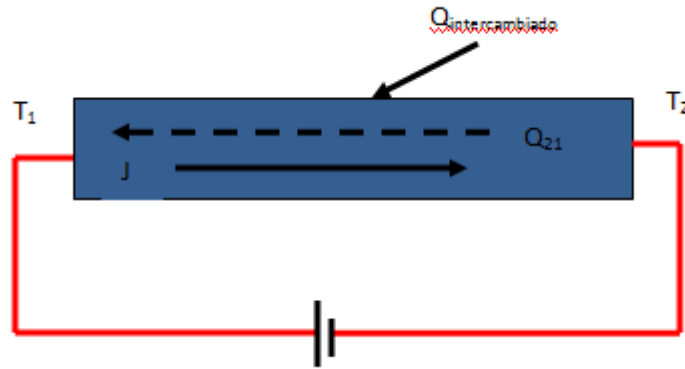


Figura.3 Efecto Thomson

El flujo neto de potencia calorífica por unidad de volumen, en un conductor de resistividad ρ , con un gradiente longitudinal de temperatura, por el que circula una densidad de corriente J será:

$$\dot{q} = \frac{J^2}{\rho} + \sigma \nabla T \cdot J$$

donde σ es el **coeficiente Thomson**. El primer término corresponde al efecto Joule, irreversible, mientras que el segundo expresa el efecto Thomson, reversible.

Desarrollando esta expresión para obtener la relación entre el coeficiente Thomson y Seebeck y teniendo en cuenta las ecuaciones que rigen los efectos Peltier y Seebeck, se llega a:

$$\sigma \equiv \frac{\dot{q}_\sigma}{\nabla T \cdot J} = T \frac{\partial \alpha}{\partial T}$$

Quedando para la unión:

$$\sigma_A - \sigma_B = T \frac{\partial \alpha_A}{\partial T} - T \frac{\partial \alpha_B}{\partial T} = T \frac{\partial}{\partial T} (\alpha_A - \alpha_B)$$

En conclusión los sensores termoelectricos se configuran de manera que producen una tensión de salida (autogeneradores) en respuesta a un flujo de radiación incidente.

Aplicaciones:

Aplicaciones en las que la **temperatura debe ser regulada de forma muy precisa** y fiable, como por ejemplo en los contenedores empleados en el transporte de órganos para trasplantes o en aquellas en las que las vibraciones son un inconveniente grave, como por ejemplo: los sistemas de guía que emplean láser, o los circuitos integrados. Además, la posibilidad de crear un flujo térmico a partir de una corriente eléctrica de manera directa hace inútil el empleo de gases como el freón, que resultan perjudiciales para la capa de ozono.

Aplicaciones de **generación eléctrica** mediante efecto termoelectrico, sobre todo a partir de fuentes de calor residual como los tubos de escape de los automóviles, las chimeneas de los incineradores, los circuitos de refrigeración de las centrales nucleares. El uso de esta tecnología supondría en estos casos una mejora en el rendimiento energético del sistema completo de manera «limpia». El calor residual es aprovechado para obtener un mayor aprovechamiento de la energía. Por ejemplo: el empleo de la termoelectricidad en los automóviles permitiría suplir parcialmente el trabajo del alternador, reduciendo así aproximadamente en un 10% el consumo de combustible.

Además, la gran fiabilidad y durabilidad de estos sistemas (gracias a la ausencia de partes móviles) ha motivado su **empleo en la alimentación eléctrica de sondas espaciales**, como ocurre en la sonda espacial Voyager, lanzada al espacio en 1977. En ella el flujo de calor establecido entre el material fisible PuO₂ (el PuO₂ es radiactivo y se desintegra, constituyendo entonces una fuente de calor) y el exterior atraviesa un sistema de conversión termoelectrica a base de SiGe (un termopar de silicio y germanio), permitiendo de esta manera la alimentación eléctrica de la sonda (las sondas espaciales no pueden alimentarse mediante paneles solares más allá de Marte, ya que el flujo solar es demasiado débil).

8.3.2.1.1 TERMOPILAS

La termopila se utiliza para medir la radiación térmica. Una termopila está compuesta por termopares conectados eléctricamente en serie. La absorción de la radiación térmica por una de las uniones de termopar (unión activa) aumenta su temperatura, la temperatura diferencial entre el unión activa y una unión de referencia que se mantiene a una temperatura fija genera una fuerza electromotriz directamente proporcional a la temperatura diferencial creada. Este efecto se denomina efecto termoeléctrico.



Figura.1 Termopilas

El funcionamiento del termopar se basa en el efecto termoeléctrico (Seebeck), por lo que la cantidad de potencial eléctrico producido se puede interpolar como una medida de diferencia de temperatura. Pero ¿cuál es la relación hay entre la fem producida en el circuito abierto y la diferencia de temperatura entre las dos uniones? Todo depende de la pareja de termoelementos utilizados: algunos termopares dan un voltaje Seebeck que varía de forma anticipada con la temperatura. Algunos termopares de uso común tienen características fem-temperatura casi lineales. Una vez que la curva de calibración del termopar se obtiene, mediante el mantenimiento de uno de los nudos en una conocida temperatura fija, la otra unión se utiliza como la unión de medición. La unión mantenida a una temperatura conocida se llama la unión de referencia mientras que la otra unión se denomina unión activa. Para un termopar ideal, la tensión en circuito abierto obtenida es proporcional a la diferencia de temperatura entre las uniones de conductores construidos A y B,

$$\Delta V = S_{AB}(T) \Delta T,$$

donde S_{AB} es el coeficiente relativo de Seebeck, expresado en $\mu\text{V/K}$. Este coeficiente no depende sólo de la temperatura, sino también de la elección de los dos materiales utilizados en el termopar. El signo del coeficiente Seebeck es asignado de acuerdo con el signo de la diferencia de potencial relacionada con la diferencia de temperatura. Sin embargo, es mucho más conveniente trabajar con valores absolutos: la magnitud del coeficiente Seebeck de una unión se calcula como el valor absoluto de la diferencia entre el coeficiente de Seebeck de cada metal, es decir:

$$S_{AB} = |S_A - S_B|$$

Debido a que una se produce cuando una existe una diferencia de temperatura entre las dos uniones del termopar (**Figura.2**) el termopar se puede utilizar como un detector de radiación incidente. En circuito abierto la fem producida suele ser baja, del orden de una décima de microvoltios por grado centígrado de diferencia de temperatura para un solo par de uniones. A fin de aumentar la tensión de salida, la salida de varios pares se pueden conectar en serie.

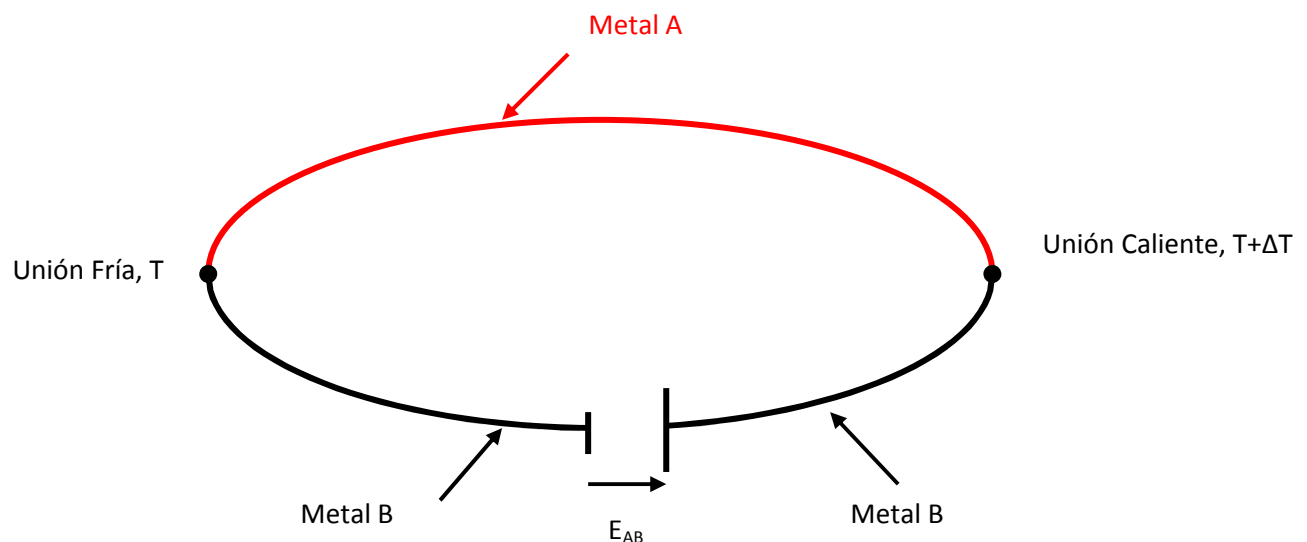


Figura.2 Efecto Seebeck

La responsividad se aumenta por la unión del termopar **n** si **n pares** se colocan en serie, es decir:

$$\Delta V = nS(T)\Delta T$$

A tal dispositivo se le denomina termopila. Como se muestra en la **Figura 3**, basada en la descripción de Dereniak [1984], los elementos de una serie de termopares de materiales alternativos A y B se colocan entre una fuente de calor y un disipador de calor. La unión caliente entra en equilibrio térmico con la alta temperatura de alrededor produciendo una fem en los cables. Si se produce un flujo de corriente, la energía térmica se convierte en energía eléctrica. La restante energía absorbida en la unión caliente es rechazada hacia al disipador de calor en la unión fría.

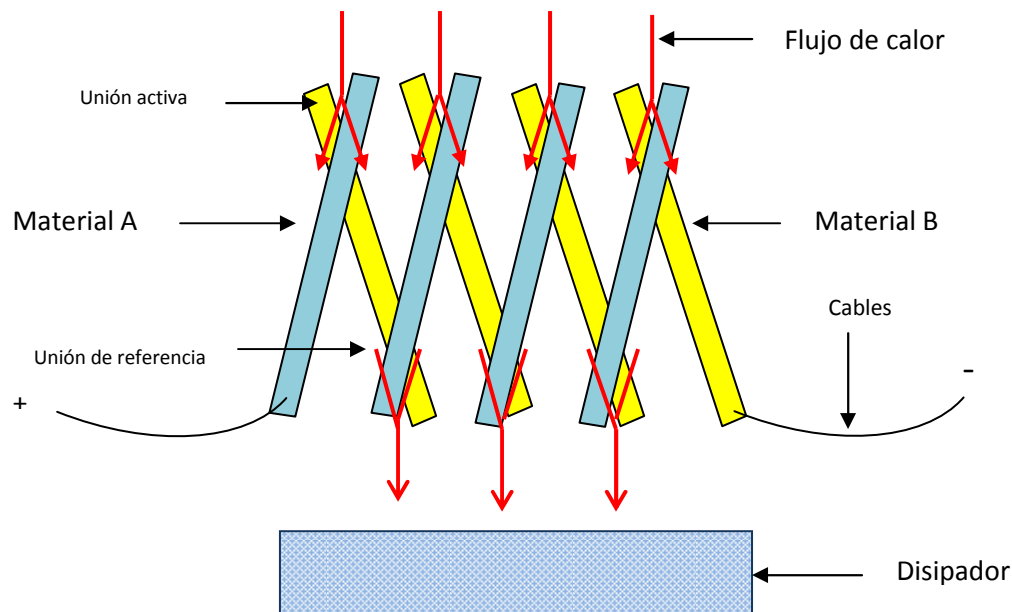


Figura.3 Ejemplo de termopila

Ahora dirigimos nuestra atención a los detectores de radiación térmica. Cuando una termopila se utiliza, la energía radiante es absorbida por una capa de revestimiento en la unión activa que actúa como fuente de calor, y la diferencia de temperatura entre la unión activa y la unión de referencia se traduce en una tensión de salida a través del efecto Seebeck. En la mayoría de implementaciones prácticas podemos despreciar el efecto Joule, Thomson y Peltier porque la impedancia de entrada del circuito acondicionado de señal es lo suficientemente elevada como para garantizar que una insignificante corriente fluya a través de la termopila.

Las termopilas ofrecen una serie de **ventajas**:

- Miden las diferencias de temperatura directamente, sin cualquier compensación, si no hay radiación incidente en el detector, la tensión de salida es cero.
- La termopila también ofrece un rápido tiempo de respuesta en potencia.
- Volumen reducido.
- Capacidad térmica mínima.

Aplicaciones

- Termómetros para el oído, termómetros clínicos.
- Termómetros infrarrojos.
- Aplicaciones de consumo: secador de pelo, microondas, aire acondicionado, refrigerador.
- Sistema de seguridad
- Medidas de absorción para el análisis de gas
- Convertidores termoeléctricos
- Caudalímetro de flujo de calor.

8.3.2.1.2 TERMOPARES

Un termopar se basa en el efecto Seebeck, donde la circulación de una corriente en un circuito formado por dos metales diferentes cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantienen a distinta temperatura.

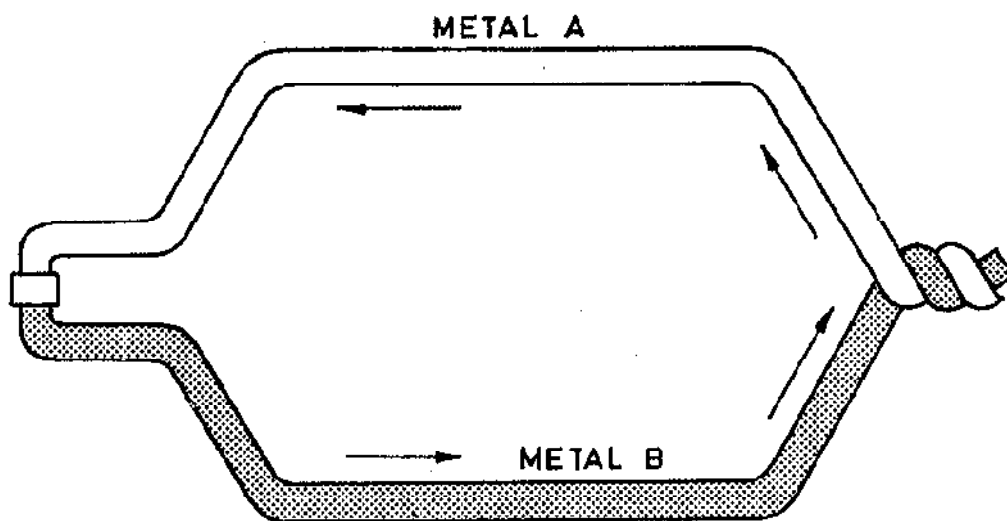


Figura.1 Termopar Imagen tomada de: Instrumentación Industrial (Antonio Creus)

Esta circulación de corriente obedece a dos efectos termoeléctricos combinados, el efecto Peltier que provoca la liberación o absorción de calor en la unión de los dos metales distintos cuando una corriente circula a través de la unión y el efecto Thomson que consiste en la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperaturas. La combinación de los dos efectos, es la causa de la circulación de corriente al cerrar el circuito del termopar. Esta corriente puede calentar el termopar y afectar a la

precisión en la medida de temperatura, por lo que durante la medición debe hacerse mínimo su valor.

Se han realizado numerosos estudios sobre el comportamiento de termopares que han permitido establecer tres leyes fundamentales:

- **Ley del circuito homogéneo:** En un conductor metálico homogéneo no puede sostenerse la circulación de una corriente eléctrica por la aplicación exclusiva de calor.
- **Ley de los metales intermedios:** Si en un circuito de varios conductores la temperatura es uniforme desde un punto de soldadura A a otro punto B, la suma algebraica de todas las fuerzas electromotrices es totalmente independiente de los conductores metálicos intermedios y es la misma que si se pusieran en contacto directo A y B.

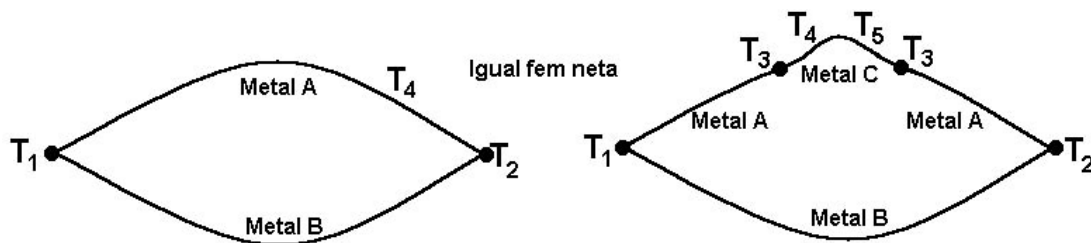


Figura.2 Imagen tomada de: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lscm/termocuplas01.pdf>

- **Ley de las temperaturas intermedias:** La f.e.m generada por un termopar con sus uniones a las temperaturas T_1 y T_2 es independiente de las temperaturas intermedias en los conductores A y B.

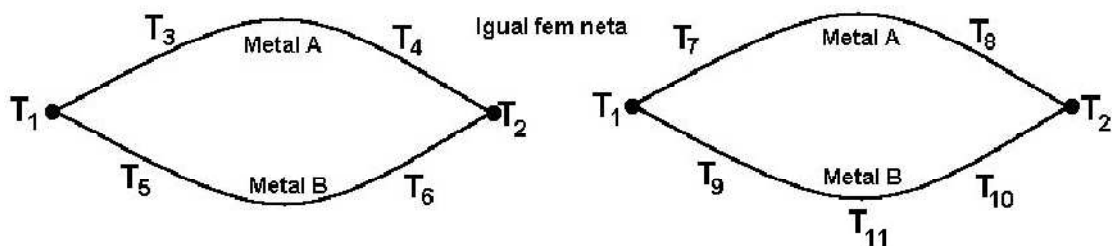


Figura.3 Imagen tomada de: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lscm/termocuplas01.pdf>

- **Ley de las temperaturas sucesivas:** La fem generada por una termocupla con sus juntas a las temperaturas T_1 y T_3 es la suma algebraica de la fem de dicha termocupla con sus juntas T_1 T_2 más la fem de la misma termocupla con sus juntas a la temperatura T_2 T_3 .

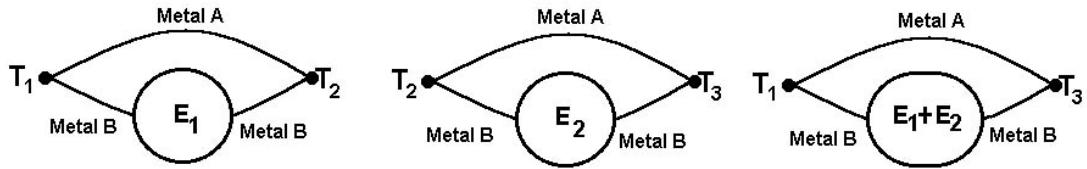


Figura.4 Imagen tomada de: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lscm/termocuplas01.pdf>

Por estas leyes se hace evidente que en el circuito se desarrolla una pequeña tensión continua proporcional a la temperatura de la unión medida, siempre que haya una diferencia de temperaturas con la unión de referencia. Los valores de esta f.e.m están tabulados en tablas de conversión con la unión de referencia a 0°C .

Existen diversos **tipos** de termopares entre los que se encuentran:

- **Tipo K:** (Cromo (Ni-Cr) Chromel / Aluminio (aleación de Ni -Al) Alumel): con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de -200°C a $+1.372^\circ\text{C}$ y una sensibilidad $41\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox. Posee buena resistencia a la oxidación por lo que se recomienda para uso en atmósferas oxidantes. No debe ser utilizado en atmósferas reductoras ni sulfurosas a menos que esté protegido con un tubo de protección.
- **Tipo E:** (Cromo / Constantán (aleación de Cu-Ni)): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de $68\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Este termopar posee la fem más alta por variación de temperatura, y puede usarse para las temperaturas entre -200 a $+900^\circ\text{C}$.
- **Tipo J:** (Hierro / Constantán): debido a su limitado rango, el tipo J es menos popular que el K. Son ideales para usar en viejos equipos que no aceptan el uso de termopares más modernos. El tipo J no puede usarse a temperaturas superiores a 760°C ya que una abrupta transformación magnética causa una descalibración permanente. Tienen un rango de -40°C a $+750^\circ\text{C}$ y una sensibilidad de $\sim 52\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Es afectado por la corrosión.

- **Tipo N:** (Nicrosil (Ni-Cr-Si) / Nisil (Ni-Si)): es adecuado para mediciones de alta temperatura gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del platino utilizado en los tipos B, R y S que son más caros. Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a 300°C).
- **Tipo B:** (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a 1.800°C . Los del tipo B presentan el mismo resultado a 0°C y 42°C debido a su curva de temperatura/voltaje, limitando así su uso a temperaturas por encima de 50°C .
- **Tipo R:** (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): adecuados para la medición de temperaturas de hasta 1.300°C . Su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado precio quitan su atractivo. Pero puede ser utilizado en atmósferas oxidantes.
- **Tipo S:** (Platino / Rodio): ideales para mediciones de altas temperaturas hasta los 1.300°C , pero su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado precio lo convierten en un instrumento no adecuado para el uso general. Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro ($1064,43^\circ\text{C}$).

En la **(Figura.5)** se muestran las temperaturas en $^\circ\text{C}$ que alcanzan los diferentes tipos de termopares y la fem producida en μV .

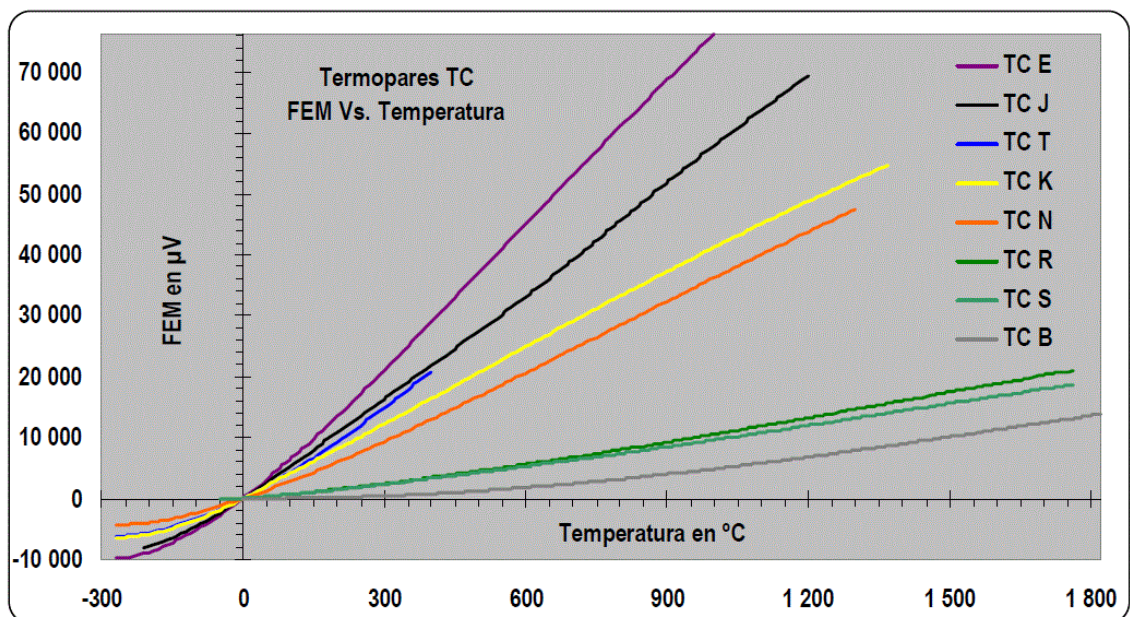


Figura.5 Imagen tomada de: www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-02-07-TC.pdf

Los termopares tienen diversas **ventajas**:

- Bajo costo.
- No hay piezas móviles, menos probabilidad de romperse.
- Amplia gama de temperaturas.
- Tiempo de respuesta razonablemente corto.

A su vez cuenta con diversas **desventajas**:

- La sensibilidad es baja, generalmente de unos $50\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ o menor.
- Requiere una temperatura de referencia.

Aplicaciones:

- **Industria del acero:** Los termopares tipo B, S, R y K se utilizan ampliamente en las industrias del acero y del hierro. Desechables y sumergibles los termopares tipo S se utilizan regularmente en el proceso de arco eléctrico de los hornos para medir con precisión la temperatura del acero antes del contacto. La curva de enfriamiento de una muestra pequeña de acero puede ser analizada y utilizada para estimar el contenido de carbono del acero fundido.
- **Aparatos de calefacción:** Muchos aparatos de gas como hornos y calentadores de agua hacen uso de una llama piloto para encender el quemador principal de gas cuando sea necesario. Si hubiera un escape de gas podría existir riesgo de incendio. Para evitar esto algunos aparatos utilizan un termopar como medida de protección. La punta del termopar se coloca en la llama del piloto, lo que genera una tensión que deja operar la válvula de suministro que alimenta de gas al piloto. Mientras la llama del piloto permanece encendida, el termopar se mantiene caliente, y la válvula de gas se mantiene abierta. Si la luz del piloto se apaga, la temperatura del termopar cae, haciendo que el voltaje a través del termopar disminuya y cierre la válvula.

8.3.2.2 SENSORES BOLOMÉTRICOS

Los sensores **bolométricos** son detectores de temperatura resistivos en miniatura (**RTDs**) o **termistores** (su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura). La operación principal está basada en la relación fundamental entre la señal electromagnética absorbida y la potencia disipada.

Los pasos de la conversión en un bolómetro son los siguientes:

- El detector resistivo es expuesto a la radiación electromagnética. La radiación es absorbida por la resistencia y convertida en calor.
- El calor eleva la temperatura del detector por encima de la temperatura ambiente.
- Al aumentar la temperatura se reduce la resistencia óhmica del bolómetro.

La temperatura se eleva a causa de la potencia electromagnética. Naturalmente, esta temperatura diferencial debe ser medida mediante los métodos adecuados.

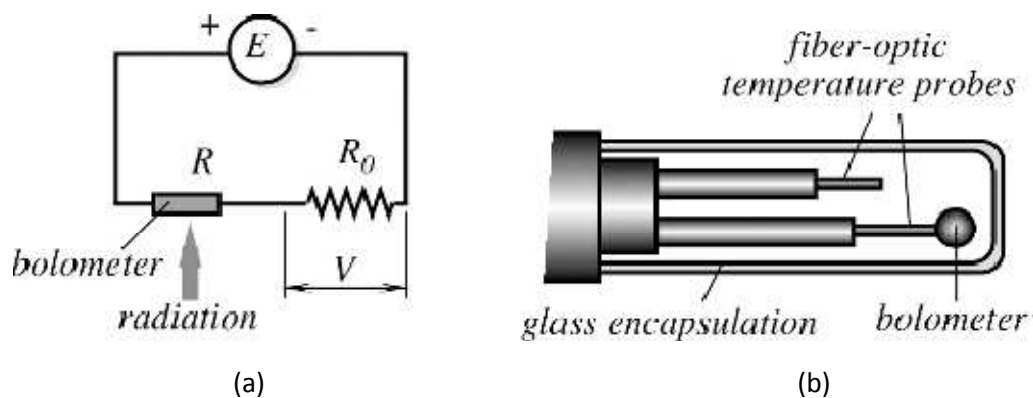


Figura.1 Circuito para aplicación del bolómetro (a), Diseño de un bolómetro óptico (b) Imagen tomada de: *Handbook of modern sensors: physics, designs and applications* (Jacob Fraden)

Un circuito básico para voltaje con la aplicación del bolómetro se muestra en la (**Figura.1**). Este consiste en un bolómetro (resistencia sensible a la temperatura) que tiene un resistencia R , una resistencia de referencia R_0 en serie, y una fuente de voltaje E . El voltaje V que cae en R_0 es la señal de salida del circuito. La sensibilidad del bolómetro a la radiación electromagnética puede ser definida como:

$$\beta_v = \frac{\alpha \epsilon Z_T E}{4\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}}$$

donde $\alpha=(dR/dT)/R$ es el TCR (Temperature Coefficient of Resistance) del bolómetro, ε emisividad de la superficie, Z_T es la resistencia térmica del bolómetro, la cual depende del diseño y del soporte de la estructura, τ es la constante de tiempo térmica, la cual depende de Z_T y de la capacidad térmica del bolómetro, y ω es la frecuencia.

La variación de temperatura en el bolómetro, ΔT es:

$$\Delta T = T - T_0 \approx P_E Z_T = \frac{E^2}{4R} Z_T$$

Y la resistencia de un bolómetro RTD puede ser representada por una simplificación equivalente:

$$R = R_0(1 + \alpha_0 \Delta T)$$

Por lo tanto la fórmula de la sensibilidad del bolómetro anteriormente nombrada, utilizando las fórmulas anteriores sería:

$$\beta_v = \frac{1}{2} \varepsilon \alpha \sqrt{\frac{R_0 Z_T \Delta T}{(1 + \alpha_0 \Delta T)[1 + (\omega \tau)^2]}}$$

Por lo tanto, para mejorar la responsividad del bolómetro, su resistencia eléctrica y su impedancia térmica deberían aumentar.

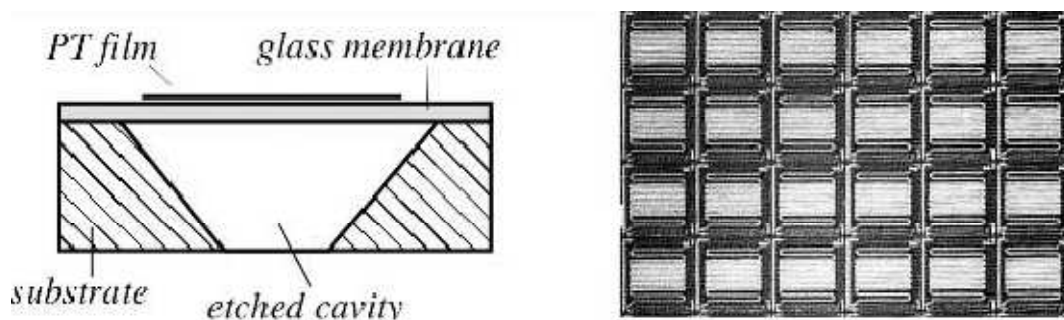


Figura.2 Bolómetro de película de platino: a) Membrana de cristal sobre cavidad grabada, b) Matriz de bolómetros. Imagen tomada de: *Handbook of modern sensors: physics, designs and applications* (Jacob Fraden).

Los bolómetros están tradicionalmente fabricados como termistores en miniatura, suspendidos por unos minúsculos cables. Otro método popular para la fabricación es el uso de deposiciones de películas de metal, usualmente de nicrom (aleación de níquel, cromo y hierro). En numerosos bolómetros modernos, una pequeña película de material termoresistivo es depositado sobre una superficie de silicio micromecanizado o sobre una membrana de cristal la cual es soportada por un armazón de silicio. Estas propuestas adquieren popularidad con el incremento de

demanda de los sensores FPA (focal-plane-array) que son requeridos para la toma de imágenes térmicas. **(Figura.2 (a))** Cuando una aplicación no necesita una alta sensibilidad y donde el coste de fabricación es un factor crítico, un bolómetro de película de platino es una atractiva elección. El platino tiene un pequeño pero predictivo coeficiente de temperatura resistivo.

Además del platino, muchos otros materiales puede ser utilizados como resistencias sensibles a la temperatura (por ejemplo el polisilicio, germanio, TaNO, y otros). Una importante cuestión a tener en cuenta para seleccionar un material en particular es la compatibilidad con un proceso típico CMOS de modo que un dispositivo monolítico pueda ser fabricado en un simple chip de silicio, incluyendo el circuito electrónico de interfaz. De este modo el polisilicio es una atractiva elección. **(Figura.3)**

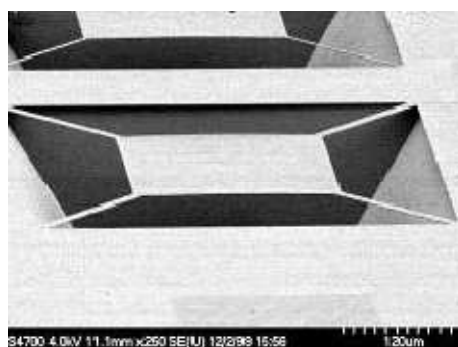


Figura.3 Bolómetro de película de germanio flotando sobre la cavidad de silicio.

Una de las cuestiones críticas que siempre se debería resolver cuando se diseña un bolómetro (u otro sensor de temperatura) es asegurar un buen aislamiento térmico para el elemento sensor. De lo contrario la pérdida de calor por parte del elemento sensor podría acarrear grandes errores y reducir la sensibilidad. Un método para lograr esto es eliminar completamente cualquier metal conductor y medir la temperatura del bolómetro por medio de fibra óptica **(Figura.2 (b))**, donde un bolómetro es suspendido al final de una sonda óptica y su temperatura es medida por un sensor de temperatura fluoróptico mientras otro sensor óptico similar mide la temperatura ambiente para calcular finalmente la ΔT .

Aplicaciones:

- Detección de temperatura e imágenes térmicas.
- Medias de campos locales de alta potencia.
- Testado de dispositivos de microondas.
- Testado de armas de microondas de alta potencia.
- Se usan también en astronomía (telescopios, en estos casos trabajan a temperaturas criogénicas).
- Se utilizan para la construcción de FPA (Focal Plane Array) por su facilidad para integrarlos en una matriz.

8.3.2.3 SENSORES PIROELÉCTRICOS

Los sensores piroeléctricos como su nombre indica se basan en el **efecto piroeléctrico**, el cual vamos a desarrollar a continuación.

El **efecto piroeléctrico** consiste en la aparición de cargas superficiales en una dirección determinada cuando el material experimenta un cambio de temperatura. Estas cargas son debidas al cambio de su polarización espontánea al variar la temperatura. Recibió este nombre de D.Brewster en 1824, pero es conocido desde hace más de 2000 años.

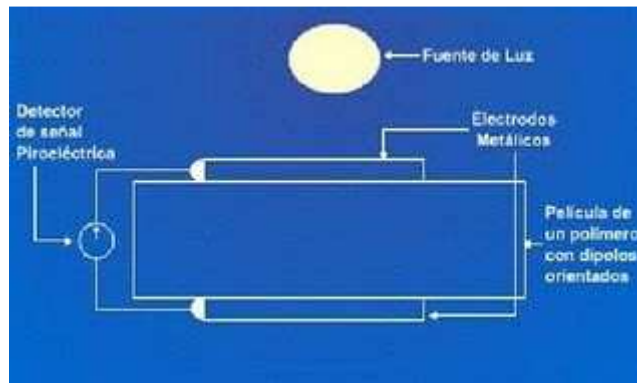


Figura.1 Efecto piroeléctrico Imagen tomada de:

<http://antoniofloresensoresgeneradores.blogspot.com/2009/02/sensores-piroelectricos.html>

Si el cambio de temperatura, ΔT , es uniforme en todo el material, el efecto piroeléctrico se describe mediante el coeficiente piroeléctrico \bar{p} , que es un vector, de la forma:

$$\Delta \bar{P} = \bar{p} \Delta T$$

donde \bar{P} es la polarización espontánea.

Este efecto se aplica sobre todo a la detección de radiación térmica a temperatura ambiente. Para ello se dispone de dos electrodos metálicos en dirección perpendicular a la de polarización, formándose un condensador que actúa como sensor térmico (**Figura.1**). Cuando el detector absorbe radiación cambia su temperatura y con ella su polarización, produciendo una carga superficial en las placas del condensador.

Si el área donde incide la radiación es A y el grosor del detector b , es suficientemente pequeño para poder suponer que los gradientes de temperatura en él son despreciables, la carga inducida será:

$$\Delta Q = A \Delta P = p A \Delta T$$

donde ΔT es el incremento de temperatura experimentado por el detector.

La tensión obtenida será:

$$V_0 = \frac{\Delta Q}{C} = \Delta Q \frac{b}{\varepsilon A} = \frac{pb}{\varepsilon} \Delta T$$

Cuando la radiación incidente es pulsante y tiene una potencia P_i , la tensión obtenida en el condensador es:

$$V_0 = R_v P_i$$

donde R_v es la denominada responsividad o sensibilidad en tensión y viene dada por:

$$R_v = \frac{\alpha p}{C_E \varepsilon A} \frac{\tau}{(1 + \omega^2 \tau^2)^{1/2}} V/W$$

Donde

- α es la fracción de la potencia incidente que se convierte en calor
- p es el coeficiente piroeléctrico del material
- τ es la constante de tiempo térmica
- C_E es el calor específico volumétrico
- ε es la constante dieléctrica
- ω es la pulsación de la radiación incidente

La dependencia frecuencial de R_v es, pues, de tipo paso bajo. Para sensores comerciales decrece a frecuencias del orden de 0,1 Hz.

Sus características principales dependen principalmente del material del sensor, de la preparación y geometría de los electrodos, y de la utilización de revestimientos absorbentes.

En cuanto al material del sensor existen **dos grupos de sensores piroeléctricos**: los **lineales** y los **ferroeléctricos**. En los primeros, la polarización no se puede cambiar a base de invertir el sentido del campo eléctrico. Están en este grupo, entre otros, la turmalina, el sulfato de litio, los sulfuros de cadmio y el selenio. Entre los ferroeléctricos están el tantalato de litio que tiene un punto de Curie mucho más elevado (610°C), el niobato de estroncio y bario, el titanato-circonato de plomo y el sulfato de triglicina (TGS) con capacidad de respuesta muy buena es difícil de fabricar, es higroscópico y tiene un punto de Curie muy bajo (49°C), temperatura a la cual ocurre una despolarización y se pierden las propiedades piroeléctricas. Aparte están los polímeros como el polivinilideno (PVF₂ o PVDF) cuya ventaja significativa es su producción a un costo relativamente bajo.

La **respuesta espectral** de los sensores piroeléctricos se extiende desde por debajo del ultravioleta lejano hasta el infrarrojo lejano, pero a veces se limita la banda de longitudes de onda en la región infrarroja por medio de una ventana.

Los **tiempos de subida** suelen ser de 1ns a 200ns. La capacidad de detección es del orden de $10^8 \text{ cmHz}^{1/2}/\text{W}$.



Figura.2 Sensores piroeléctricos Imagen tomada de: <http://www.directindustry.es/prod/dias-infrared/sensor-infrarrojo-piro-electrico-35299-226112.html>

Características:

- Alta sensibilidad
- Versátil selección de filtros de longitud de onda de infrarrojos
- Bajo coste
- Robusto bajo condiciones ambientales severas
- Estable a temperatura ambiente y bajo cambios atmosféricos
- Estable frente a las interferencias electromagnéticas
- Por su pequeño tamaño y alta sensibilidad a cambios de temperatura, su respuesta es más rápida que la de otros detectores térmicos (termopares), pues no es necesario que alcancen el equilibrio térmico con la fuente de radiación.

Aplicaciones:

- Medida de temperatura a distancia en hornos, vidrio o metal fundido, o simplemente para determinar pérdidas de calor en edificios).
- Analizadores de IR
- Detectores de CO₂ y otros gases que absorben radiación IR
- Detección de radiación IR emitida por el cuerpo humano (para detección de intrusos y de presencia en sistemas de encendido automático de la iluminación o calefacción en viviendas, apertura de puertas, reclamos publicitarios)
- Detección de llamas

- Termómetros de alta resolución
- Detección de pulsos láser de alta potencia
- Medidas de potencia generadas por una fuente de radiación

8.3.2.4 SENSORES TIPO GOLAY

Los sensores tipo Golay (detector Golay, célula Golay) emplean el método de transducción de energía radiante, principalmente en la porción infrarroja del espectro, del tipo fotoeléctrico actuado por presión de ahí que en ocasiones sean llamados detectores termoneumáticos.

El sistema sensor consiste en una cámara rellena de gas de baja conductividad térmica (por ejemplo, xenón) en el interior de un cilindro tapada por una membrana ennegrecida sobre un extremo y un diafragma revestido de espejo en otro extremo. La radiación incidente IR actúa sobre la membrana ennegrecida provoca que el gas se expanda y deforme el diafragma y consecuentemente la superficie del espejo. El diafragma se coloca en el camino óptico entre una fuente de luz (diodo emisor de luz) y un sensor de luz (por ejemplo un fotodiodo) de manera que la deformación del diafragma ocasiona que la luz reflejada actúe sobre este sensor de luz al aumentar la presión. La salida del sensor de luz es por consiguiente proporcional a la radiación IR incidente.

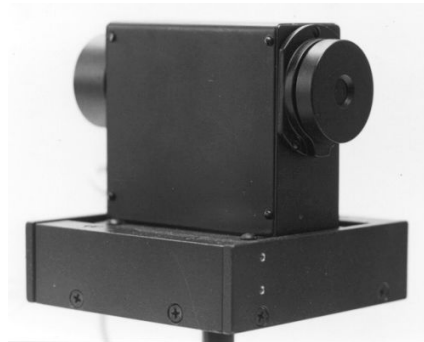


Figura.1 Cuerpo del sensor completo Imagen tomada de: http://www.pi1.uni-stuttgart.de/research/Methoden/Submm5_e.php

En la **Figura.2** se muestra el sistema sensor junto con el sistema de transducción (fotoeléctrico).

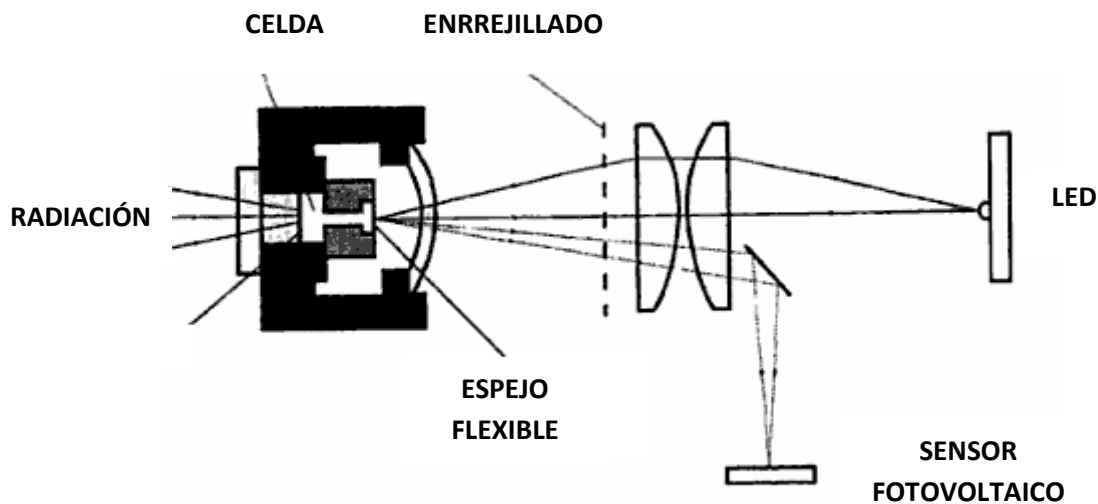


Figura.2 Sistema sensor Imagen tomada de: Infrared detectors (A.Rogalski)

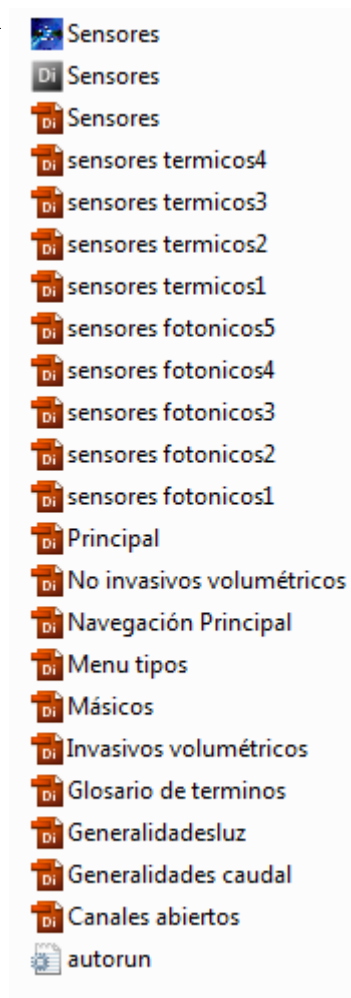
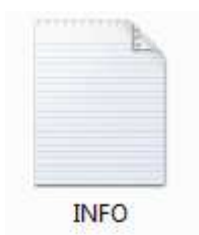
Características:

- La respuesta espectral del sensor es esencialmente plana entre 0,5 y 1000 μm .
- La selección de las ventanas determina la respuesta espectral específica de un sensor dentro de su banda ancha de longitudes de onda.
- También afecta la sensibilidad debido a que diferentes ventanas tienen diferentes valores de transmitancia.
- Las sensibilidades de los detectores típicos son de $3 \times 10^6 \text{ V/W}$ con ventanas del tipo KBr, KRS-5 o CsI (respuesta espectral por debajo de 50 μm) y $1,5 \times 10^6 \text{ V/W}$ con ventanas de diamante, cuarzo o silicio (respuesta espectral por encima de 50 μm , entre 350 y 900nm).
- El tiempo de respuesta al 90% es del orden de 20ms, seguido de un tiempo de recuperación mayor.

Aplicaciones:

Seguimiento y control de la radiación THz donde terahercios se refiere a las ondas electromagnéticas enviadas en las frecuencias en el rango de THz. Es también conocida como radiación submilimétrica, ondas terahertz, luz terahertz, los rayos T, T-luz, T-lux y THz. El término se utiliza normalmente para la región del espectro electromagnético entre los 300 gigahercios ($3 \times 10^{11} \text{ Hz}$) y 3 terahertz ($3 \times 10^{12} \text{ Hz}$), correspondiente a la submilimétricas de longitud de onda entre 1 milímetro y 100 micrómetros (longitud de onda de borde largo del infrarrojo lejano de luz).

9. LISTADO DE CARPETAS



10. BIBLIOGRAFÍA

10.1 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

- “Sensores y analizadores” Harry N. Norton (Editorial Gustavo Gili,S.A)
- “Instrumentación Industrial” Antonio Creus (Marcombo Boixareu Editores)
- “Handbook of modern sensors” Jacob Fraden
- “Métodos ópticos de análisis” Eugene D.Olsen (Editorial Reverté)
- “Sensores acondicionadores de señal” Ramón Pallás Areny (Marcomobo)
- “Transducers Theory & Applications” John A.Allocca (Reston Publishing Company)
- “Presentación Power Point sobre Sensores Fotoeléctricos” que fue aportada por el tutor del proyecto.
- “Director Mx y Lingo” Phil Gros (Anaya) junto con otros tutoriales de Director.

10.2 PÁGINAS WEB CONSULTADAS

- <http://www.laseroptics.com.ar/sensores.htm>
- http://www.ifm-electronic.com/ifmmx/web/padv0!1_40_10_10.html
- http://wapedia.mobi/es/Célula_fotoeléctrica
- <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/entrada-salida-fibras-opticas-547/sensor-fotoelectrico-62108.html>
- <http://eskuelahipi.com/KEMPLUX/Fototubo.html>
- <http://sales.hamamatsu.com/en/products/electron-tube-division/detectors/photomultiplier-tubes.php>
- <http://www.scribd.com/doc/7936757/SENSORES-FOTOELECTRICOS>
- http://www.ifm.com/ifmes/news/news_7plhx.htm
- <http://www.fazano.pro.br/port50.html>
- <http://www.mitecnologico.com/Main/ClasificacionSensoresDeLuz>
- <http://www.olympusfluoview.com/theory/pmtintro.html>
- <http://www.infrarros.net/lecciones/pir.html>
- <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-8497-205315/unrestricted/chap2.pdf>
- <http://www.vishay.com/>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>
- <http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Tutorial/TECNO4.pdf>
- http://axxon.com.ar/rob/Sensores_fotovoltaias.htm
- http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSER/2002-03/Sensores_Luz/fotoconductores.htm
- http://ocw.uc3m.es/tecnologia-electronica/instrumentacion-electronica-i/material-de-clase-1/tema8_MOD.pdf
- <http://www.alldatasheet.com/>
- <http://www.datasheetcatalog.com/>
- <http://sales.hamamatsu.com/en/products/electron-tube-division/detectors/photomultiplier-tubes.php>
- http://psec.uchicago.edu/links/Photomultiplier_Handbook.pdf

<http://www.physics.upenn.edu/balloon/phototube.html>
<http://www.archiexpo.es/fabricante-arquitectura-design/celula-fotovoltaica-1635.html>
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040003/lecciones/cap3lecc7.htm>
<http://piroelectrico.blogspot.com/>
<http://www.answers.com/topic/bolometer>
http://www.uv.es/ramirez/Docencia/LO/Notas_termopares.pdf
<http://www.epsea.org/esp/pdf2/Capit03.pdf>
http://ocw.uc3m.es/tecnologia-electronica/instrumentacion-electronica-i/material-de-clase-1/tema8_MOD.pdf
http://www.unicrom.com/Tut_ldr.asp
<http://pdf.directindustry.com/pdf/vigo-system/photoelectromagnetic-infrared-detectors/38567-22982.html>

11. CONCLUSIONES, FECHA Y FIRMA

Con todo lo anteriormente expuesto, se espera que el presente proyecto contenga la suficiente información con la mayor claridad y extensión para permitir al usuario un perfecto aprendizaje del funcionamiento de los sensores de luz de una forma amena y sencilla.

Queda a disposición de la autoridad competente para cualquier duda, sugerencia o modificación a verificar.

Fecha

Firma

--

JENIFER BLANCO ARNAL

ANEXO: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DE DIRECTOR

Lingo es el lenguaje de programación que lleva incorporado Macromedia Director. Permite integrar con relativa facilidad texto, imágenes, sonidos y video digital, siendo una alternativa a lenguajes más tradicionales, como el C/C++, porque el desarrollo de la aplicación es mucho más rápido y flexible. El soporte para publicar suele ser el CD y desde hace algún tiempo, con la ayuda de Adobe Shockwave, también la WWW. Ahora mostraremos algunos de los códigos de programación utilizados para la realización del CD MULTIMEDIA.

COMANDO PARA DESPLAZARSE A LAS MARCAS DENTRO DE UNA PELÍCULA

```
on mouseUp
  go to frame "Principal"
end
```

COMANDO PARA DESPLAZARSE A LA MARCA SIGUIENTE SIN IMPORTAR SU NOMBRE.

```
on mouseUp
  go to next
end
```

COMANDO PARA DESPLAZARSE A LA MARCA ANTERIOR SIN IMPORTAR SU NOMBRE.

```
on mouseUp
  go to previous
end
```

COMPANDO PARA DESPLAZARSE A LA MARCA QUE SE SITUA EN OTRO ARCHIVO

```
on mouseUp
  go to frame "Principal" of movie "proyecto1.dir"
end
```

SALIR DEL PROYECTO

```
on mouseUp
  halt
end
```

COMANDO PARA HACER UNA PAUSA EN LA PELÍCULA MANTENIENDO ACTIVADO TODO LO REFERENTE A ELLA, ESTO INCLUYE PRINCIPALMENTE LAS ACCIONES Y ESTADOS DE LOS BOTONES Y OTRAS AREAS INTERACTIVAS.

```
on mouseUp
  go to the frame
end
```

COMANDO PARA QUE LA PRESENTACIÓN APAREZCA EN PANTALLA COMPLETA

```
on exitFrame me
go the frame
deskRect=(the desktopRectList)[1]
(the stage).rect= deskRect
(the stage).drawRect= deskRect
end exitFrame
```

COMANDO PARA CREAR UN LINK A LA PÁGINA WEB DESEADA

```
on mouseUp
  go to the Net "http://www. ..."
end
```

COMANDO PARA CAMBIAR DE COLOR LOS TÍTULOS CON EL FIN DE FACILITAR LA NAVEGACIÓN

```
on mouseUp
  go to frame "fotovoltaicos"
end
on mouseenter
  member(74).color = rgb(28,242,41)
end

on mouseleave
  member(74).color = rgb(255,255,255)
end
on mouseDown
  member(74).color = rgb(255,255,255)
end
```

COMANDO PARA CREAR LA BÚSQUEDA DEL GLOSARIO DE TÉRMINOS

```
on keyUP me
  if field "panel" = "absorbancia" then
    go to frame "1"

  end if
  if field "panel" = "abrasivo" then
    go to frame "1"

  end if
  if field "panel" = "aceptor" then
    go to frame "1"
  end if
  if field "panel" = "aguas arriba" then
    go to frame "2"
```

```

end if
if field "panel" = "aguas abajo" then
    go to frame "2"

end if
if field "panel" = "aleación" then
    go to frame "2"

end if
if field "panel" = "ámbito criogénico" then
    go to frame "2"

end if

if field "panel" = "amplificador operacional" then
    go to frame "3"

end if
if field "panel" = "analógico" then
    go to frame "4"

end if
if field "panel" = "ancho de banda" then
    go to frame "4"

end if
if field "panel" = "ánodo" then
    go to frame "4"

end if
if field "panel" = "astropartículas" then
    go to frame "4"

end if
if field "panel" = "atmósferas reductoras" then
    go to frame "5"

end if
if field "panel" = "átomo" then
    go to frame "5"

end if
if field "panel" = "banda de conducción" then
    go to frame "6"

end if
if field "panel" = "banda de valencia" then
    go to frame "7"

end if
if field "panel" = "bioluminiscencia" then

```

```

    go to frame "7"

end if
if field "panel" = "calor residual" then
    go to frame "7"

end if
if field "panel" = "campo eléctrico" then
    go to frame "8"

end if

if field "panel" = "campo magnético" then
    go to frame "9"

end if

if field "panel" = "capacidad térmica" then
    go to frame "10"

end if
if field "panel" = "capacidad calorífica" then
    go to frame "10"

end if
if field "panel" = "capacitor" then
    go to frame "11"

end if
if field "panel" = "condensador" then
    go to frame "11"

end if
if field "panel" = "capa de carga espacial" then
    go to frame "12"

end if
if field "panel" = "caudal" then
    go to frame "12"

end if
if field "panel" = "caudalímetro" then
    go to frame "12"

end if
if field "panel" = "circuito integrado" then
    go to frame "12"

end if
if field "panel" = "cátodo" then
    go to frame "12"

```

```

end if
if field "panel" = "circuito contador" then
    go to frame "13"

end if
if field "panel" = "circuito eléctrico" then
    go to frame "13"

end if
if field "panel" = "circuito integrado" then
    go to frame "13"

end if
if field "panel" = "coeficiente de temperatura" then
    go to frame "14"

end if
if field "panel" = "colorimetría" then
    go to frame "15"

end if
if field "panel" = "combustible fósil" then
    go to frame "15"

end if
if field "panel" = "compensación de la unión fría" then
    go to frame "15"

end if
if field "panel" = "conductividad eléctrica" then
    go to frame "16"

end if
if field "panel" = "conductividad térmica" then
    go to frame "16"

end if
if field "panel" = "constante de tiempo" then
    go to frame "16"

end if
if field "panel" = "convertidor" then
    go to frame "17"

end if
if field "panel" = "corriente de arrastre" then
    go to frame "17"

end if
if field "panel" = "corriente de difusión" then

```

```

    go to frame "17"

end if
if field "panel" = "corriente eléctrica" then
    go to frame "17"

end if
if field "panel" = "corriente oscura" then
    go to frame "18"

end if
if field "panel" = "corrosión" then
    go to frame "18"

end if
if field "panel" = "coste relativo" then
    go to frame "18"

end if
if field "panel" = "cristal" then
    go to frame "18"

end if
if field "panel" = "densidad" then
    go to frame "19"

end if
if field "panel" = "densidad de carga" then
    go to frame "19"

end if
if field "panel" = "diac" then
    go to frame "20"

end if
if field "panel" = "diafragma" then
    go to frame "20"

end if
if field "panel" = "difracción" then
    go to frame "21"

end if
if field "panel" = "difusor" then
    go to frame "21"

end if
if field "panel" = "dínodo" then
    go to frame "21"

end if

```

```

if field "panel" = "disipador" then
    go to frame "21"

end if
if field "panel" = "donador" then
    go to frame "21"

end if
if field "panel" = "dopado" then
    go to frame "21"

end if
if field "panel" = "efecto avalancha" then
    go to frame "22"

end if
if field "panel" = "efecto joule" then
    go to frame "22"

end if
if field "panel" = "efluente" then
    go to frame "22"

end if
if field "panel" = "electrodo" then
    go to frame "22"
end if
if field "panel" = "electrón" then
    go to frame "23"
end if
if field "panel" = "electronvoltio" then
    go to frame "23"
end if
if field "panel" = "energía cinética" then
    go to frame "23"
end if
if field "panel" = "equilibrio térmico" then
    go to frame "24"
end if
if field "panel" = "espectroscopia" then
    go to frame "24"
end if
if field "panel" = "exactitud" then
    go to frame "25"
end if
if field "panel" = "exactitud electrónica" then
    go to frame "25"
end if
if field "panel" = "exactitud de un sensor" then
    go to frame "25"
end if

```

```

if field "panel" = "extrínseco" then
    go to frame "25"
end if
if field "panel" = "flujo luminoso" then
    go to frame "26"
end if
if field "panel" = "flujo térmico" then
    go to frame "26"
end if
if field "panel" = "fluorescencia" then
    go to frame "27"
end if
if field "panel" = "fotoconductividad" then
    go to frame "27"
end if
if field "panel" = "fotocorriente" then
    go to frame "27"
end if
if field "panel" = "fotómetro" then
    go to frame "28"
end if
if field "panel" = "fotón" then
    go to frame "28"
end if
if field "panel" = "fuerza centrífuga" then
    go to frame "29"
end if
if field "panel" = "fuerza electromotriz" then
    go to frame "29"
end if
if field "panel" = "ganancia" then
    go to frame "30"
end if
if field "panel" = "generador tacométrico" then
    go to frame "31"
end if
if field "panel" = "grupo electrógeno" then
    go to frame "31"
end if
if field "panel" = "histéresis" then
    go to frame "32"
end if
if field "panel" = "hueco" then
    go to frame "34"
end if
if field "panel" = "intensidad luminosa" then
    go to frame "34"
end if
if field "panel" = "intrínseco" then
    go to frame "35"
end if

```



```

if field "panel" = "linealidad" then
    go to frame "36"
end if
if field "panel" = "longitud de onda" then
    go to frame "37"
end if
if field "panel" = "luz infrarroja" then
    go to frame "38"
end if
if field "panel" = "luz ultravioleta" then
    go to frame "39"
end if
if field "panel" = "malla de metalización" then
    go to frame "39"
end if
if field "panel" = "membrana" then
    go to frame "40"
end if
if field "panel" = "microprocesador" then
    go to frame "40"
end if
if field "panel" = "microscopio confocal" then
    go to frame "40"
end if
if field "panel" = "optoacoplador" then
    go to frame "40"
end if
if field "panel" = "pérdida de carga" then
    go to frame "41"
end if
if field "panel" = "peso específico" then
    go to frame "41"
end if
if field "panel" = "piezoelectricidad" then
    go to frame "41"
end if
if field "panel" = "polaridad" then
    go to frame "41"
end if
if field "panel" = "portador de carga" then
    go to frame "41"
end if
if field "panel" = "positrones" then
    go to frame "42"
end if
if field "panel" = "potencia calorífica" then
    go to frame "42"
end if
if field "panel" = "potencial eléctrico" then
    go to frame "42"
end if

```

```

if field "panel" = "potencia óptica" then
    go to frame "43"
end if
if field "panel" = "precisión" then
    go to frame "44"
end if
if field "panel" = "presión" then
    go to frame "44"
end if
if field "panel" = "presion absoluta" then
    go to frame "44"
end if
if field "panel" = "presión atmosférica" then
    go to frame "44"
end if
if field "panel" = "presión relativa" then
    go to frame "44"
end if
if field "panel" = "presión estática" then
    go to frame "44"
end if
if field "panel" = "presión diferencial" then
    go to frame "44"
end if
if field "panel" = "presión dinámica" then
    go to frame "45"
end if
if field "panel" = "puente de wheatstone" then
    go to frame "45"
end if
if field "panel" = "radiación" then
    go to frame "45"
end if
if field "panel" = "radioisótopo" then
    go to frame "45"
end if
if field "panel" = "radiómetro" then
    go to frame "46"
end if
if field "panel" = "rayos x" then
    go to frame "46"
end if
if field "panel" = "refrigeración" then
    go to frame "47"
end if
if field "panel" = "relé" then
    go to frame "47"
end if
if field "panel" = "repetitibilidad" then
    go to frame "47"
end if

```

```

if field "panel" = "reproducibilidad" then
    go to frame "47"
end if
if field "panel" = "resistividad" then
    go to frame "48"
end if
if field "panel" = "responsividad" then
    go to frame "48"
end if
if field "panel" = "rotor" then
    go to frame "48"
end if
if field "panel" = "ruido" then
    go to frame "48"
end if
if field "panel" = "semiconductor" then
    go to frame "49"
end if
if field "panel" = "sensibilidad" then
    go to frame "49"
end if
if field "panel" = "sensor" then
    go to frame "49"
end if
if field "panel" = "shunt" then
    go to frame "49"
end if
if field "panel" = "sonda" then
    go to frame "49"
end if
if field "panel" = "telémetro" then
    go to frame "50"
end if
if field "panel" = "temperatura" then
    go to frame "51"
end if
if field "panel" = "tolerancia" then
    go to frame "51"
end if
if field "panel" = "tomografía" then
    go to frame "51"
end if
if field "panel" = "transductor" then
    go to frame "52"
end if
if field "panel" = "transistor" then
    go to frame "52"
end if
if field "panel" = "transmisor" then
    go to frame "52"
end if

```

```
if field "panel" = "triac" then
    go to frame "52"
end if
if field "panel" = "turbidímetro" then
    go to frame "53"
end if
if field "panel" = "unión pn" then
    go to frame "53"
end if
if field "panel" = "velocidad angular" then
    go to frame "53"
end if
if field "panel" = "velocidad lineal" then
    go to frame "54"
end if
    if field "panel" = "vena contracta" then
        go to frame "54"
    end if
end if
```