

Transistor

Transistor	
	
El tamaño de un transistor guarda relación con la potencia que es capaz de manejar.	
Tipo	Semiconductor
Fecha de invención	John Bardeen, Walter Houser Brattain y William Bradford Shockley (1947)
Símbolo electrónico	
	
Configuración	Emisor, base y colector

El **transistor** es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. El término «transistor» es la contracción en inglés de *transfer resistor* («resistencia de transferencia»). Actualmente se encuentran prácticamente en todos los aparatos electrónicos de uso diario: radios, televisores, reproductores de audio y video, relojes de cuarzo, computadoras, lámparas fluorescentes, tomógrafos, teléfonos celulares, etc.

Historia

El transistor bipolar fue inventado en los Laboratorios Bell de EE. UU. en diciembre de 1947 por John Bardeen, Walter Houser Brattain y William Bradford Shockley, quienes fueron galardonados con el Premio Nobel de Física en 1956. Fue el sustituto de la válvula termoiónica de tres electrodos, o triodo.

El transistor de efecto de campo fue descubierto antes que el transistor (1930), pero no se encontró una aplicación útil ni se disponía de la tecnología necesaria para fabricarlos masivamente.

Es por ello que al principio se usaron transistores bipolares y luego los denominados transistores de efecto de campo (FET). En los últimos, la corriente entre el surtidor o fuente (source) y el drenaje (drain) se controla mediante el campo eléctrico establecido en el canal. Por último, apareció el MOSFET (transistor FET de tipo Metal-Óxido-Semiconductor). Los MOSFET permitieron un diseño extremadamente compacto, necesario para los circuitos altamente integrados (CI).

Hoy la mayoría de los circuitos se construyen con tecnología CMOS. La tecnología CMOS (Complementary MOS ó MOS Complementario) es un diseño con dos diferentes MOSFET (MOSFET de canal n y p), que se complementan mutuamente y consumen muy poca corriente en un funcionamiento sin carga.

El transistor consta de un sustrato (usualmente silicio) y tres partes dopadas artificialmente (contaminadas con materiales específicos en cantidades específicas) que forman dos uniones bipolares, el emisor que emite portadores, el colector que los recibe o recolecta y la tercera, que está intercalada entre las dos primeras, modula el paso de dichos portadores (base). A diferencia de las válvulas, el transistor es un dispositivo controlado por corriente y del que se obtiene corriente amplificada. En el diseño de circuitos a los transistores se les considera un elemento activo, a diferencia de los resistores, condensadores e inductores que son elementos pasivos. Su funcionamiento sólo puede explicarse mediante mecánica cuántica.

De manera simplificada, la corriente que circula por el *colector* es función amplificada de la que se inyecta en el *emisor*, pero el transistor sólo gradúa la corriente que circula a través de sí mismo, si desde una fuente de corriente continua se alimenta la *base* para que circule la carga por el *colector*, según el tipo de circuito que se utilice. El factor de amplificación o ganancia logrado entre corriente de colector y corriente de base, se denomina Beta del transistor. Otros parámetros a tener en cuenta y que son particulares de cada tipo de transistor son: Tensiones de ruptura de Colector Emisor, de Base Emisor, de Colector Base, Potencia Máxima, disipación de calor, frecuencia de trabajo, y varias tablas donde se grafican los distintos parámetros tales como corriente de base, tensión Colector Emisor, tensión Base Emisor, corriente de Emisor, etc. Los tres tipos de esquemas (configuraciones) básicos para utilización analógica de los transistores son emisor común, colector común y base común.

Modelos posteriores al transistor descrito, el transistor bipolar (transistores FET, MOSFET, JFET, CMOS, VMOS, etc.) no utilizan la corriente que se inyecta en el terminal de *base* para modular la corriente de emisor o colector, sino la tensión presente en el terminal de puerta o reja de control (graduador) y gradúa la conductancia del canal entre los terminales de Fuente y Drenaje. Cuando la conductancia es nula y el canal se encuentra estrangulado, por efecto de la tensión aplicada entre Compuerta y Fuente, es el campo eléctrico presente en el canal el responsable de impulsar los electrones desde la fuente al drenaje. De este modo, la corriente de salida en la carga conectada al Drenaje (D) será función amplificada de la Tensión presente entre la Compuerta (Gate) y Fuente (Source). Su funcionamiento es análogo al del triodo, con la salvedad que en el triodo los equivalentes a Compuerta, Drenador y Fuente son Reja (o Grilla Control), Placa y Cátodo.

Los transistores de efecto de campo son los que han permitido la integración a gran escala disponible hoy en día; para tener una idea aproximada pueden fabricarse varios cientos de miles de transistores interconectados, por centímetro cuadrado y en varias capas superpuestas.

Tipos de transistor

Transistor de contacto puntual

Llamado también *transistor de punta de contacto*, fue el primer transistor capaz de obtener ganancia, inventado en 1947 por John Bardeen y Walter Brattain. Consta de una base de germanio, semiconductor para entonces mejor conocido que la combinación cobre-óxido de cobre, sobre la que se apoyan, muy juntas, dos puntas metálicas que constituyen el emisor y el colector. La corriente de base es capaz de modular la resistencia que se «ve» en el colector, de ahí el

nombre de «*transfer resistor*». Se basa en efectos de superficie, poco conocidos en su día. Es difícil de fabricar (las puntas se ajustaban a mano), frágil (un golpe podía desplazar las puntas) y ruidoso. Sin embargo convivió con el transistor de unión (W. Shockley, 1948) debido a su mayor ancho de banda. En la actualidad ha desaparecido.



Distintos encapsulados de transistores.

Transistor de unión bipolar

El transistor de unión bipolar, o BJT por sus siglas en inglés, se fabrica básicamente sobre un monocristal de Germanio, Silicio o Arseniuro de galio, que tienen cualidades de semiconductores, estado intermedio entre conductores como los metales y los aislantes como el diamante. Sobre el sustrato de cristal, se contaminan en forma muy controlada tres zonas, dos de las cuales son del mismo tipo, NPN o PNP, quedando formadas dos uniones NP.

La zona N con elementos donantes de electrones (cargas negativas) y la zona P de aceptadores o «huecos» (cargas positivas). Normalmente se utilizan como elementos aceptadores P al Indio (In), Aluminio (Al) o Galio (Ga) y donantes N al Arsénico (As) o Fósforo (P).

La configuración de uniones PN, dan como resultado transistores PNP o NPN, donde la letra intermedia siempre corresponde a la característica de la base, y las otras dos al emisor y al colector que, si bien son del mismo tipo y de signo contrario a la base, tienen diferente contaminación entre ellas (por lo general, el emisor está mucho más contaminado que el colector).

El mecanismo que representa el comportamiento semiconductor dependerá de dichas contaminaciones, de la geometría asociada y del tipo de tecnología de contaminación (difusión gaseosa, epitaxial, etc.) y del comportamiento cuántico de la unión.

Transistor de efecto de campo

El transistor de efecto de campo de unión (JFET), fue el primer transistor de efecto de campo en la práctica. Lo forma una barra de material semiconductor de silicio de tipo N o P. En los terminales de la barra se establece un contacto óhmico, tenemos así un transistor de efecto de campo tipo N de la forma más básica. Si se difunden dos regiones P en una barra de material N y se conectan externamente entre sí, se producirá una puerta. A uno de estos contactos le llamaremos surtidor y al otro drenador. Aplicando tensión positiva entre el drenador y el surtidor y conectando la puerta al surtidor, estableceremos una corriente, a la que llamaremos corriente de drenador con polarización cero. Con un potencial negativo de puerta al que llamamos tensión de estrangulamiento, cesa la conducción en el canal.

El transistor de efecto de campo, o FET por sus siglas en inglés, que controla la corriente en función de una tensión; tienen alta impedancia de entrada.

- Transistor de efecto de campo de unión, JFET, construido mediante una unión PN.
- Transistor de efecto de campo de compuerta aislada, IGFET, en el que la compuerta se aísla del canal mediante un dieléctrico.
- Transistor de efecto de campo MOS, MOSFET, donde *MOS* significa Metal-Óxido-Semiconductor, en este caso la compuerta es metálica y está separada del canal semiconductor por una capa de óxido.

Fototransistor

Los fototransistores son sensibles a la radiación electromagnética en frecuencias cercanas a la de la luz visible; debido a esto su flujo de corriente puede ser regulado por medio de la luz incidente. Un fototransistor es, en esencia, lo mismo que un transistor normal, sólo que puede trabajar de 2 maneras diferentes:

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

Transistores y electrónica de potencia

Con el desarrollo tecnológico y evolución de la electrónica, la capacidad de los dispositivos semiconductores para soportar cada vez mayores niveles de tensión y corriente ha permitido su uso en aplicaciones de potencia. Es así como actualmente los transistores son empleados en convertidores estáticos de potencia, controles para motores y llaves de alta potencia (principalmente inversores), aunque su principal uso está basado en la amplificación de corriente dentro de un circuito cerrado.

El transistor bipolar como amplificador

El comportamiento del transistor se puede ver como dos diodos (Modelo de Ebers-Moll), uno entre base y emisor, polarizado en directo y otro diodo entre base y colector, polarizado en inverso. Esto quiere decir que entre base y emisor tendremos una tensión igual a la tensión directa de un diodo, es decir 0,6 a 0,8 V para un transistor de silicio y unos 0,4 para el germanio.

Lo interesante del dispositivo es que en el colector tendremos una corriente proporcional a la corriente de base: $I_C = \beta I_B$, es decir, ganancia de corriente cuando $\beta > 1$. Para transistores normales de señal, β varía entre 100 y 300.

Entonces, existen tres configuraciones para el amplificador:

Emisor común

La señal se aplica a la base del transistor y se extrae por el colector. El emisor se conecta a las masas tanto de la señal de entrada como a la de salida. En esta configuración se tiene ganancia tanto de tensión como de corriente y alta impedancia de entrada. En caso de tener resistencia de emisor, $R_E > 50 \Omega$, y para frecuencias bajas, la ganancia en tensión se aproxima bastante bien por la siguiente expresión: $G_V = -\frac{R_C}{R_E}$; y la impedancia de salida, por R_C

Como la base está conectada al emisor por un diodo en directo, entre ellos podemos suponer una tensión constante, V_g . También supondremos que β es constante. Entonces tenemos que la tensión de emisor es: $V_E = V_B - V_g$

Y la corriente de emisor: $I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{V_B - V_g}{R_E}$.

La corriente de emisor es igual a la de colector más la de base: $I_E = I_C + I_B = I_B(\beta + 1) = I_C(1 + \frac{1}{\beta})$.

Despejando $I_C = \frac{I_E}{1 + \frac{1}{\beta}}$

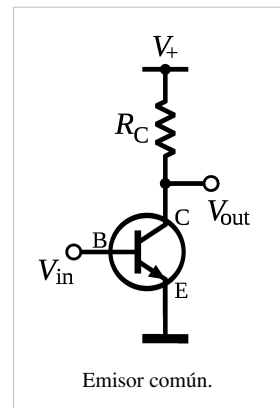
La tensión de salida, que es la de colector se calcula como: $V_C = V_{cc} - I_C R_C = V_{cc} - R_C \frac{I_E}{1 + \frac{1}{\beta}}$

Como $\beta \gg 1$, se puede aproximar: $1 + \frac{1}{\beta} = 1$ y, entonces, $V_C = V_{cc} - R_C I_E = V_{cc} - R_C \frac{V_B - V_g}{R_E}$

Que podemos escribir como $V_C = (V_{cc} + R_C \frac{V_g}{R_E}) - R_C \frac{V_B}{R_E}$

Vemos que la parte $(V_{cc} + R_C \frac{V_g}{R_E})$ es constante (no depende de la señal de entrada), y la parte $-R_C \frac{V_B}{R_E}$ nos da la señal de salida. El signo negativo indica que la señal de salida está desfasada 180° respecto a la de entrada.

Finalmente, la ganancia queda: $G_V = \frac{V_C}{V_B} = -\frac{R_C}{R_E}$



La corriente de entrada, $I_B = \frac{I_E}{1 + \beta}$, que aproximamos por $I_B = \frac{I_E}{\beta} = \frac{V_E}{R_E \beta} = \frac{V_B - V_g}{R_E \beta}$.

Suponiendo que $V_B \gg V_g$, podemos escribir: $I_B = \frac{V_B}{R_E \beta}$

y la impedancia de entrada: $Z_{in} = \frac{V_B}{I_B} = \frac{V_B}{\frac{V_B}{R_E \beta}} = R_E \beta$

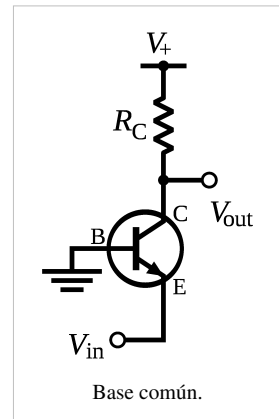
Para tener en cuenta la influencia de frecuencia se deben utilizar modelos de transistor más elaborados. Es muy frecuente usar el modelo en pi.

Base común

La señal se aplica al emisor del transistor y se extrae por el colector. la base se conecta a las masas tanto de la señal de entrada como a la de salida. En esta configuración se tiene ganancia sólo de tensión. La impedancia de entrada es baja y la ganancia de corriente algo menor que uno, debido a que parte de la corriente de emisor sale por la base. Si añadimos una resistencia de emisor, que puede ser la propia impedancia de salida de la fuente de señal, un análisis similar al realizado en el caso de emisor común, nos da la ganancia aproximada siguiente: $G_V = \frac{R_C}{R_E}$.

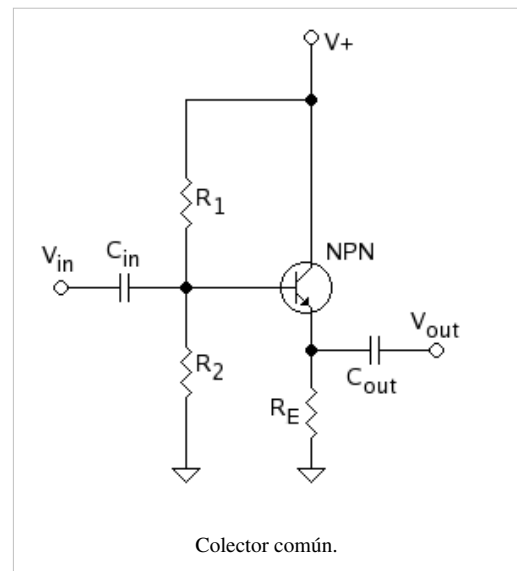
$$G_V = \frac{R_C}{R_E}$$

La base común se suele utilizar para adaptar fuentes de señal de baja impedancia de salida como, por ejemplo, micrófonos dinámicos.



Colector común

La señal se aplica a la base del transistor y se extrae por el emisor. El colector se conecta a las masas tanto de la señal de entrada como a la de salida. En esta configuración se tiene ganancia de corriente, pero no de tensión que es ligeramente inferior a la unidad. La impedancia de entrada es alta, aproximadamente $\beta + 1$ veces la impedancia de carga. Además, la impedancia de salida es baja, aproximadamente β veces menor que la de la fuente de señal.



El transistor bipolar frente a la válvula termoiónica

Véanse también: Válvula termoiónica y Transistor bipolar

Antes de la aparición del transistor los ingenieros utilizaban elementos activos llamados válvulas termoiónicas. Las válvulas tienen características eléctricas similares a la de los transistores de efecto campo (FET): la corriente que los atraviesa depende de la tensión en el borne de comando, llamado rejilla. Las razones por las que el transistor reemplazó a la válvula termoiónica son varias:

- Las válvulas necesitan tensiones muy altas, del orden de las centenas de voltios, que son peligrosas para el ser humano.
- Las válvulas consumen mucha energía, lo que las vuelve particularmente poco útiles para el uso con baterías.
- Probablemente, uno de los problemas más importantes haya sido el peso. El chasis necesario para alojar las válvulas y los transformadores requeridos para su funcionamiento sumaban un peso importante, que iba desde

algunos kilos a decenas de kilos.



- El tiempo medio entre fallas de las válvulas termoiónicas es muy corto comparado con el de los transistores, sobre todo a causa del calor generado.
- Las válvulas presentan una cierta demora en comenzar a funcionar, ya que necesitan estar calientes para establecer la conducción.
- El transistor es intrínsecamente insensible al efecto microfónico, muy frecuente en las válvulas.
- Los transistores son más pequeños que las válvulas, incluso que los nuyistores. Aunque existe unanimidad sobre este punto, conviene hacer una salvedad: en el caso de dispositivos de potencia, estos deben llevar un disipador, de modo que el tamaño que se ha de considerar es el del dispositivo (válvula o transistor) más el del disipador. Como las válvulas pueden funcionar a temperaturas más elevadas, la eficiencia del disipador es mayor en ellas que en los transistores, con lo que basta un disipador mucho más pequeño.
- Los transistores trabajan con impedancias bajas, o sea con tensiones reducidas y corrientes altas; mientras que las válvulas presentan impedancias elevadas y por lo tanto trabajan con altas tensiones pequeñas corrientes.
- Finalmente, el costo de los transistores no solamente era muy inferior, sino que contaba con la promesa de que continuaría bajando (como de hecho ocurrió) con suficiente investigación y desarrollo.

Como ejemplo de todos estos inconvenientes se puede citar a la primera computadora digital, llamada ENIAC. Era un equipo que pesaba más de treinta toneladas y consumía 200 kilovatios, suficientes para alimentar una pequeña ciudad. Tenía alrededor de 18.000 válvulas, de las cuales algunas se quemaban cada día, necesitando una logística y una organización importantes.

Cuando el transistor bipolar fue inventado en 1947, fue considerado una revolución. Pequeño, rápido, fiable, poco costoso, sobrio en sus necesidades de energía, reemplazó progresivamente a la válvula termoiónica durante la década de 1950, pero no del todo. En efecto, durante los años 1960, algunos fabricantes siguieron utilizando válvulas termoiónicas en equipos de radio de gama alta, como Collins y Drake; luego el transistor desplazó a la válvula de los transmisores pero no del todo de los amplificadores de radiofrecuencia. Otros fabricantes, de equipo de audio esta vez, como Fender, siguieron utilizando válvulas en amplificadores de audio para guitarras. Las razones de la supervivencia de las válvulas termoiónicas son varias:

- El transistor no tiene las características de linealidad a alta potencia de la válvula termoiónica, por lo que no pudo reemplazarla en los amplificadores de transmisión de radio profesionales y de radioaficionados sino hasta varios años después.^[*cita requerida*]
- Los armónicos introducidos por la no-linealidad de las válvulas resultan agradables al oído humano (véase psicoacústica), por lo que son preferidos por los audiófilos.
- El transistor es muy sensible a los efectos electromagnéticos de las explosiones nucleares, por lo que se siguieron utilizando válvulas termoiónicas en algunos sistemas de control-comando de aviones caza de fabricación soviética.^[*cita requerida*]
- Las válvulas son capaces de manejar potencias muy grandes, impensables para los transistores en sus comienzos; sin embargo a través de los años se desarrollaron etapas de potencia con múltiples transistores en paralelo capaces de conseguirlo.

Enlaces externos

-  Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Transistor**. Commons
-  Wikcionario tiene definiciones para **transistor**. Wikcionario
- Transistores Vs. Válvulas para aplicaciones en audio de alta fidelidad^[1], Oscar Bonello, fundador de la compañía Solidyne y miembro de Audio Engineering Society (AES), propone una interpretación posible sobre la rivalidad entre entusiastas de una u otra tecnología.
- Como funcionan realmente los transistores^[2] Versión original en Inglés^[3]
- Símbolos de transistores^[4]

Referencias

- [1] <http://hifi.suite101.net/article.cfm/amplificadores-transistorizados-vs-amplificadores-valvulares/>
 - [2] <http://otro-geek-mas.blogspot.com/2008/08/como-funcionan-realmente-los.html>
 - [3] <http://www.amasci.com/amateur/transis.html>
 - [4] http://www.simbologia-electronica.com/simbolos_electronicos/simbolos_transistores.htm
-

Fuentes y contribuyentes del artículo

Transistor *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=57777308> *Contribuyentes:* 1297, Abho, AgD, Airunp, Albertofallas100, AldanaN, Alejandrosilvestri, Alhen, Andreasperu, Angel GN, Antonio Páramo, Antonorsi, Antur, Antón Franco, Aparejador, Armin76, Ascánder, Axxgreazz, BL, Banfield, Biasoli, Bvgfjdhg, Camilo, Carcam, CarlitosRosarino, Carlosmonzon, Cinabrium, Cookie, Csoliverez, Ctrl Z, Daconta, Daguero, David0811, DerHexer, Derlis py, Dianai, Dieguesjaimés, Dionisio, Dodo, Donner, Eduardosalg, Edub, El Moska, El mago de la Wiki, Endermuabdbib, Enen, Ener6, Ernesto Graf, Esoya, Fbristot, Felipealvarez, Ferbrunnen, Fernando Estel, Frutoseco, Gaius iulius caesar, Galandil, Galaxy4, Gallegos, Gelpgim22, GermanX, Ggenellina, Googolplack, Gothmog, Greek, Gusgus, Gustronico, HUB, Hprmedina, Humanoc, Humberto, I8eg5, Icvav, Ileana n, Isha, Ivanics, Jarisleif, JaviMad, Javierito92, Jcprietoc, Jkbw, Jmcalderon, Jondel, Jorceus, JorgeGG, Jorgechp, Jorgelrm, Jredmond, Jromgarcia, KErosEnE, Klystrode, Kotxe, Kved, Landertxu, Leonpolanco, Leugim1972, Linesor, Lucien leGrey, MadriCR, Mahadeva, Maldoror, Maleiva, ManuelGR, Manuelt15, Maose, MarcoAurelio, Marcosroza, Mastelevision, Matdroses, Matiasasb, Moraleh, Moriel, Mpeinadopa, Muro de Aguas, Murphy era un optimista, Máximo de Montemar, Netito777, Nicop, Nopalbeat, Ortiisa, Ostentator, PACO, Pabloab, Palica, Pepepex, Petronas, Phirosiberia, Platonides, Pompilio Zigrino, Pólux, Queninosta, Qwertytrewq qwerty, Retama, Rodri.yque-, Rodrigoillo, RoyFocker, Rumpelstiltskin, Ruy Pugliesi, SPQRes, Sanbec, Savh, Seanver, Ser ara, Sergio Andres Segovia, Shooke, Snakeyes, Socram8888, Sonett72, SuperBraulio13, Superzerocool, Switcher6746, Tano4595, Technopat, Thingg, TrebleChaser, Triku, UA31, Villamota, Vitamine, Will vm, Xavigivax, Xuankar, Youssefsan, 702 ediciones anónimas

Fuentes de imagen, Licencias y contribuyentes

Archivo:Transistorer (cropped).jpg *Fuente:* [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Transistorer_\(cropped\).jpg](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Transistorer_(cropped).jpg) *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Transisto en en.wikipedia

Archivo:Base controlled transistor 450.jpg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Base_controlled_transistor_450.jpg *Licencia:* Creative Commons Attribution-Share Alike *Contribuyentes:* User:Circuit-fantasist

Archivo:Transistor-photo.JPG *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Transistor-photo.JPG> *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* AKA MBG, BethOHara, EugeneZelenko, Glenn, Paddy, Severino666

Archivo:NPN common emitter.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:NPN_common_emitter.svg *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Omegatron

Archivo:NPN common base.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:NPN_common_base.svg *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Omegatron

Archivo:Common collector.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Common_collector.png *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* FDominec, Glenn, Omegatron, Paddy

Archivo:Commons-logo.svg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Commons-logo.svg> *Licencia:* logo *Contribuyentes:* SVG version was created by User:Grunt and cleaned up by 3247, based on the earlier PNG version, created by Reidab.

Archivo:Wiktionary-logo-es.png *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Wiktionary-logo-es.png> *Licencia:* logo *Contribuyentes:* es:Usuario:Pybalo

Licencia

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported
 //creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/