

Gradu Amaierako Lana / Trabajo Fin de Grado

Ingeniaritza Elektronikoko Gradua / Grado en Ingeniería Electrónica

# Evolución de la tecnología micro-nanoelectrónica a través de patentes

Egilea/Autora:

**Idoia Ibañez Fernandez**

Zuzendariak/Directoras:

**María Inés Torres**

**María Victoria Martínez**

## Contenido

1 - Introducción .....	3
2 - Conceptos básicos sobre el sistema de patentes .....	4
2.1 - ¿Qué es una patente? .....	4
2.2 - ¿Cómo se solicita una patente?.....	4
2.3 - Partes de una patente .....	7
3 - Patentes y desarrollo tecnológico .....	12
4 - Evolución de la tecnología del memristor .....	20
4.1 - ¿Qué es un memristor? .....	20
4.2 - Aplicaciones .....	22
4.3 - Búsqueda de patentes.....	24
PATENTE 1: Electrically Actuated Switch .....	27
PATENTE 2: Memristor Devices Configured To Control Bubble Formation .....	30
PATENTE 3: Memristor Having A Triangular Shaped Electrode .....	30
PATENTE 4: Memristor With Nanostructure Electrodes.....	31
PATENTE 5: Nanowire-Based Memristor Devices.....	31
PATENTE 6: Graphene Memristor Having Modulated Graphene Interlayer Conduction ...	32
PATENTE 7: Defective Graphene-Based Memristor .....	33
PATENTE 8: Memristor Based On Ferroelectric Tunnel Junction.....	33
4.4 - Evolución.....	34
5 - Conclusiones .....	36
Bibliografía .....	37
Agradecimientos .....	39

## 1 - Introducción

El mundo de las patentes tiene una importancia capital en la industria. El interés suscitado a raíz de la asignatura de Empresa y Proyectos me llevó al planteamiento de un Trabajo de Fin de Grado relacionado con dicho sector. El área que abarcan las patentes es increíblemente extensa y, a la hora de concretar, me decanté por la tecnología micro-nanoelectrónica debido a su lugar puntero en la investigación y a sus muchas áreas de aplicación, tales como los microprocesadores, los materiales inteligentes, la biofarmacología, etc. Nuevamente, el campo de la micro-nanotecnología ofrece un amplio abanico de posibilidades, y por ello escogí un dispositivo concreto para acotar la búsqueda y el análisis. El elegido fue el memristor, por ser un invento relativamente reciente y por las interesantes aplicaciones que conlleva.

El trabajo tiene como objetivos mostrar el uso de las patentes como medio de difusión de conocimiento y encontrar las claves más significativas de la evolución de la tecnología escogida.

En primer lugar se realiza un estudio a partir del análisis de los datos ofrecidos por organismos oficiales. El objetivo es determinar así la relación entre la economía y el avance de la tecnología.

En segundo lugar, se presenta la evolución de una tecnología concreta, la del memristor, a través del estudio de las patentes relacionadas con este dispositivo. Se busca comprender las características fundamentales del dispositivo de cada patente, para poder diferenciarlo de otros inventos anteriores y establecer así una evolución del dispositivo. Se muestra como se hace posible utilizar el sistema de patentes como fuente de conocimiento científico-tecnológico.

El capítulo 2 está dedicado a introducir los conceptos generales para comprender qué es una patente. En el capítulo 3 se analiza la relación entre el avance de la industria y el número de patentes solicitadas y/o aceptadas. La segunda parte del trabajo, que se inicia en el capítulo 4, se centra en la tecnología escogida ofreciendo una descripción de la misma y resumiendo las patentes analizadas para observar la evolución del dispositivo elegido. Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo.

## 2 - Conceptos básicos sobre el sistema de patentes

### 2.1 - ¿Qué es una patente?

Las patentes son un derecho que se otorga al titular de una invención, ya sea ésta un producto o una solución técnica a un problema concreto. Su protección es establecida por la legislación de cada país, tiene una duración de 20 años durante los cuales el titular de la patente tiene la exclusividad de confección, uso, distribución y venta, salvo consentimiento explícito del artículo patentado. Estos derechos son válidos única y exclusivamente en el país o los países en los que la patente haya sido concedida, no teniendo ningún tipo de validez en el resto.

Para que una patente sea concedida debe cumplir tres requisitos. Primero, debe ser una novedad, una invención que no se encuentre en el estado de la técnica. Segundo, debe ser el fruto de un proceso inventivo, no ser una solución evidente. Y tercero, debe poseer un uso potencial para su aplicación industrial.

La referencia histórica más temprana de lo que hoy consideraríamos un sistema de patentes se encuentra en la antigua ciudad griega de Sibaris, hoy destruida. Los gobernantes de la ciudad decretaron que en el caso de que un cocinero crease un nuevo y exitoso plato, durante un año entero sólo dicho cocinero tendría permiso para elaborarlo. Durante ese periodo el inventor recogería las ganancias fruto de su esfuerzo. Los gobernantes pretendían promover la competencia, logrando una mayor calidad de la gastronomía local.

La primera ley referente a las patentes tiene su origen en la República de Venecia, cuando el Estatuto de Venecia de 1474 obligó a informar al gobierno sobre las nuevas invenciones puestas en práctica [1]. De esa manera se obtenía protección jurídica durante 10 años. Dicho decreto recogía algunas de las bases de la actual legislación. Por una parte, las invenciones debían ser nuevas y útiles. Por otra parte, los derechos serían concedidos por un número limitado de tiempo. Y por último, se garantizaba la protección jurídica, generalmente con la destrucción de los dispositivos que transgredieran la exclusividad de un producto.

### 2.2 - ¿Cómo se solicita una patente?

El procedimiento de concesión de una patente se divide en tres etapas. En la primera etapa se presentan una solicitud y la memoria de la patente en la oficina de patentes escogida. Una vez entregada la petición y abonado la tasa correspondiente, la oficina se encarga de verificar si los documentos cumplen la normativa administrativa y tramita la petición. Esta primera fecha de solicitud será considerada la fecha de prioridad. El siguiente paso se lleva a cabo en la oficina de patentes, y consiste en realizar un informe de búsqueda, cuyo objetivo es analizar el estado de la técnica de la patente y comprobar que se trata de una novedad. Al finalizar la búsqueda, la patente se hace pública, pese a no estar otorgada.

En la segunda etapa se lleva a cabo un examen exhaustivo cuyo fin es determinar si la patente cumple los requisitos para ser patentable. Una vez finalizado el examen se da a conocer el veredicto. Si existen reclamaciones respecto a la conclusión, ya sea por parte del titular de la patente o de terceros, será necesaria una tercera etapa, que se resuelve en los tribunales de justicia ordinarios [2].

Hasta la fecha sólo existen las patentes nacionales, aunque ya está en marcha la regulación para crear patentes europeas. Según la manera en la que se solicita la patente, podemos diferenciar tres tipos.

- **Solicitud nacional.** La primera forma de pedir una patente es solicitarla en las Oficinas Nacionales de Patentes. En ese caso, el examen se llevará a cabo en esa misma oficina, y si la patente se otorga, únicamente tendrá validez en dicho estado. Estas patentes incorporan dos letras que hacen referencia al país en el que se ha solicitado la patente. Por ejemplo, una patente solicitada en Estados Unidos se identificará por las letras US, como podemos ver en la figura 1, mientras que una pedida en China se reflejará en las letras CN.



Figura 1. Patente solicitada en una oficina estadounidense

- **Solicitud EPO.** La segunda forma de pedir una patente es presentarla en la Oficina Europea de Patentes, EPO por sus siglas en inglés. Este organismo se encarga de tramitar las solicitudes, examinar y conceder patentes. También es el único organismo que se encarga de examinar recursos de las patentes que analiza. En este caso, al solicitar la concesión de la patente, se ha de especificar los países en los que se desea protección, aunque la concesión no está garantizada en todos ellos. Actualmente, un total de 38 estados forman parte del tratado de la EPO, entre los cuales se encuentran los 27 estados que forman la Unión Europea y otros como Suiza, Islandia y Turquía [3]. La patente es examinada por la EPO y tras aprobarse, se envía a los países indicados, en los que se valida sin necesidad de un segundo examen. Este tipo de patentes se identifican con las letras EP, como podemos ver en la figura 2.



Figura 2. Patente solicitada en la EPO

- **Solicitud PCT.** Por último, están las patentes solicitadas al amparo del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT), lo cual implica una única solicitud en la que se incluyen aquellos países en los que se desea protección de entre los 148 que forman parte del Tratado [4]. Estas patentes pueden pedirse en cualquier oficina, ya sea nacional, parte de la EPO o de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, WIPO por sus siglas en inglés, que es la entidad encargada de armonizar las legislaciones y los procedimientos entre los países. La misma oficina en la que se solicita la patente es la encargada de la distribución de la patente al resto de países, para que sea examinada en cada uno de ellos. En ocasiones puede solicitarse un examen previo en la oficina en la que se pide la patente, y si la oficina cuenta con prestigio, el examen puede darse por bueno en algunos países sin que éstos realicen su propio examen. Este tipo de patente tiene algunas ventajas respecto a las anteriores. El hecho de poseer una única solicitud, evita tener que presentar una petición en cada uno de los países. Otra gran ventaja, es el mayor periodo de tiempo hasta el comienzo de la fase nacional, en la que cada país examina la patente. En el caso de una patente no PCT, hay 12 meses respecto a la fecha de prioridad, mientras que en una patente PCT, ese periodo asciende a 30 meses [5]. Esa diferencia es muy importante para poder decidir en qué países se pide la patente, puesto que todas las nuevas peticiones llevarán la fecha de la primera solicitud. Esto puede suponer una ventaja, en el caso de que existan varias solicitudes de patentes de una misma tecnología. La solicitud que posea una fecha de prioridad más antigua se considerará parte del estado de la técnica para las más recientes, anulando el requisito de novedad de las patentes posteriores. Este tipo de patente es reconocible por las letras WO, como puede observarse en la figura 3.

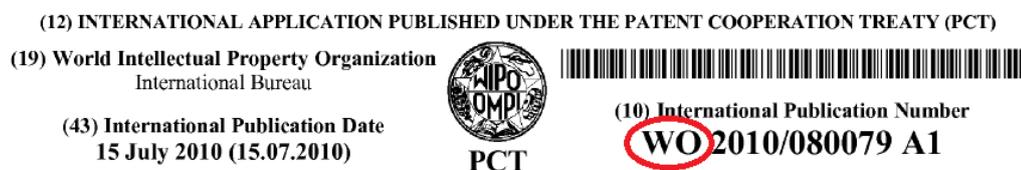


Figura 3. Patente solicitada al amparo del PCT

El precio aproximado desde la solicitud de una patente hasta su concesión varía según la forma de pedirla. En la Oficina Nacional Española cuesta alrededor de 1000 €. En las oficinas de la EPO, este proceso cuesta unos 35.000 €. Hay que destacar que gran parte del coste está destinado a traducir documentos, un mayor número de traducciones conlleva un gasto más elevado. Una patente PCT cuesta 2610 € a los que hay que añadir las tasas de cada país en el que se quiera lograr la concesión [6]. El tiempo necesario para obtener la concesión de una patente varía entre 12 y 18 meses [7].

## 2.3 - Partes de una patente

En las bases de datos de patentes destinadas a realizar búsquedas tecnológicas se archivan todos los documentos relacionados con la petición de una patente: publicación, solicitud en diversas oficinas nacionales, concesión, etc. Así por cada patente se tiene una familia de documentos relacionados. Todos ellos contienen algunos datos comunes como la fechas de prioridad, así como gran parte del contenido. Pero entre el documento de publicación de una patente, que se encuentra solicitada pero aún en proceso de examen, y el documento de concesión puede haber diferencias debido al proceso de examen y concesión por parte de los otorgantes. Para distinguir un documento de otro se utilizan codificaciones internacionales, aunque con algunas variaciones nacionales. Así un documento A indica que se trata de una solicitud.

- **A1.** Incluye la patente y el informe de búsqueda relacionado con la patente que se presenta.
- **A2.** Incorpora únicamente la patente
- **A3.** Incluye únicamente el informe de búsqueda.

Los documentos B indican que se trata de una concesión.

- **B1.** Incorpora la patente y el informe de búsqueda relacionado con la patente que se presenta.
- **B2.** Incluye la patente



US 20110240947A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication** (10) **Pub. No.: US 2011/0240947 A1**  
 Yang et al. (43) **Pub. Date: Oct. 6, 2011**

**Figura 4.** Estado de solicitud A1, refleja una patente no concedida

Cuando finaliza el proceso de concesión todos los documentos se mantienen en las bases de datos.

Lo primero que se cita es la bibliografía que puede ser de dos tipos. Por un lado están los documentos en los que se ha basado la presente patente o los *cited document*. Por otro lado si una patente posterior se ha basado en la presente patente, se menciona a modo de *citing documents*.

Un documento de patente contiene los siguientes apartados:

- Resumen
- Sector de la Técnica
- Estado Anterior de la Técnica
- Descripción de los Dibujos

- Exposición Detallada de la Invención
- Reivindicaciones
- Esquemas o Dibujos

Para comprender mejor las partes de una patente usaremos como ejemplo una patente española de un horno pirolítico. La patente lleva por título “*Horno Pirolítico, Preferentemente Doméstico*” y fue solicitada por Fagor [8].

**Resumen.** En el *Abstract* o *Resumen* se ofrece una breve síntesis de la invención. Esta información es muy útil para conocer el tema sobre el que versa la patente.

⑤7 Resumen:

**Horno pirolítico preferentemente doméstico que comprende una cámara de cocción (2) abierta en la parte frontal y delimitada al menos por una superficie inferior (2b) y unas paredes laterales (2c, 2d), y unos medios calefactores dispuestos exteriores a la cámara de cocción (2) y asociados a una superficie inferior (2b) de la cámara de cocción (2). El horno pirolítico comprende un soporte (8) sobre el cual se disponen fijados los medios calefactores (4) a través de unos medios de fijación, comprendiendo el soporte (8) unas paredes laterales (8b) a través de las cuales se fija dicho soporte (8) a la cámara de cocción (2), alojándose la cámara de cocción (2) entre las paredes laterales (8b).**

Figura 5. Ejemplo de un *Resumen*

**Sector de la Técnica.** En el *Technical Field* o *Sector de la Técnica*, se determina el campo de aplicación de la invención.

#### SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se relaciona con un horno pirolítico, preferentemente doméstico.

Figura 6. Ejemplo de un *Sector de la Técnica*

**Estado Anterior de la Técnica.** En la sección de *Background Art* o *Estado Anterior de la Técnica*, se explica el estado actual de la tecnología.

## 5 ESTADO ANTERIOR DE LA TÉCNICA

- Son conocidos hornos domésticos autolimpiables en los cuales la limpieza del interior de la cámara de cocción se lleva a cabo por medio de un proceso de pirólisis. Los hornos autolimpiables pirolíticos, descritos en DE 10349312 A1, y FR 2801095 A1 comprenden unos medios calefactores dispuestos en la parte superior de la cámara de cocción, y unos medios calefactores asociados a la parte inferior de la cámara de cocción, siendo el calor radiado por los medios calefactores asociados a la parte inferior superior al radiado por los medios calefactores dispuestos en la parte superior.
- En otros documentos como ES 2304828 B1, los medios calefactores asociados a la parte inferior se disponen exteriores a la cámara de cocción, fijados directamente a la superficie inferior de la cámara de cocción.

**Figura 7.** Extracto de un *Estado Anterior de la Técnica*

**Descripción de los Dibujos.** En el apartado de *Brief Description of the Drawings* o *Descripción de los Dibujos*, se explica brevemente el significado de cada ilustración incorporada. Las ilustraciones pueden representar una forma de la invención, una parte de ella o una configuración de sus posibles aplicaciones.

### DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 muestra una vista seccionada del horno pirolítico según la invención.

- 25 La FIG. 2 muestra una vista en perspectiva de un conjunto formado por una cámara de cocción, unos medios calefactores y un soporte de los medios calefactores y comprendido en el horno pirolítico mostrado en la figura 1.

- La FIG. 3 muestra una vista frontal de un conjunto formado por una cámara de cocción, unos medios calefactores, y un soporte de los medios calefactores, y  
30 comprendido en el horno pirolítico mostrado en la figura 1.

La FIG. 4 muestra una vista esquemática de una zona crítica de una cámara de

**Figura 8.** Extracto de una *Descripción de los Dibujos*

**Exposición Detallada de la Invención.** La parte más extensa de las patentes suele ser la *Detailed Description* o la *Exposición Detallada de la Invención*, apartado que define la invención de una manera profunda y concisa, y explica al menos un modo de realización.

## 10 EXPOSICIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En la figura 1 se muestra un horno pirolítico 1, preferentemente doméstico, según la invención que comprende una cámara de cocción 2 abierta en la parte frontal, en cuyo interior se depositan los alimentos a cocinar, una puerta 11 adaptada para cerrar la cámara de cocción 2, unos medios calefactores 10 dispuestos en el interior de la cámara de cocción 2, en particular en una parte superior de dicha cámara de cocción 2, y unos medios calefactores 4 dispuestos exteriores a la cámara de cocción 2 y alojados en el interior de un soporte 8 que, a su vez, se dispone fijado al exterior de la cámara de cocción 2. Tanto los medios calefactores 10 dispuestos en la parte superior de la cámara de cocción 2 como los medios calefactores 4 dispuestos exteriores a la cámara de cocción 2 son medios calefactores radiantes, siendo el calor radiable por los medios calefactores 4 de los medios calefactores dispuestos exteriores a la cámara de cocción 2 superior al radiado por los medios calefactores 10 dispuestos en la parte superior de la cámara de cocción 2, dado que cuando el horno pirolítico 1 opera en modo cocción la temperatura alcanzada en el interior de la cámara de cocción 2 no supera, aproximadamente, los 300° C mientras que cuando opera en modo pirólisis, la cámara de cocción 2 alcanza temperaturas entre, aproximadamente, 400° C y, aproximadamente, 500° C.

Por otra parte, la cámara de cocción 2, mostrada en detalle en las figuras 2 y 3, está delimitada por una superficie inferior 2b, una superficie superior 2a próxima a la cual se disponen los medios calefactores 10 superiores, unas superficies laterales 2c,2d, y una superficie de fondo 2e, mostrada en la figura 3. Por otra parte, la cámara de cocción 2 comprende además una zona de unión 5 entre cada superficie lateral 2c,2d, y la superficie inferior 2b, siendo la zona de unión 5 una superficie curva, continua a la superficie lateral 2c,2d correspondiente y a la superficie inferior 2b.

Figura 9. Extracto de una *Exposición Detallada de la Invención*

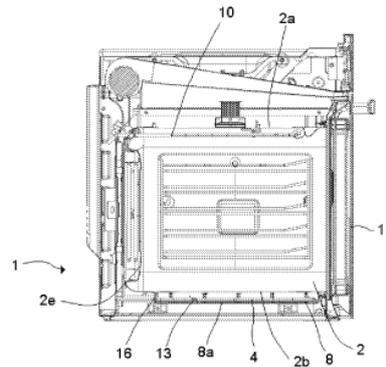
**Reivindicaciones.** Este apartado es el más importante y el único válido a efectos legales. Las *Reivindicaciones o Claims*, argumentan la exclusividad y novedad de la invención, para poder obtener la concesión de la patente y gozar de la protección que ello conlleva.

#### REIVINDICACIONES

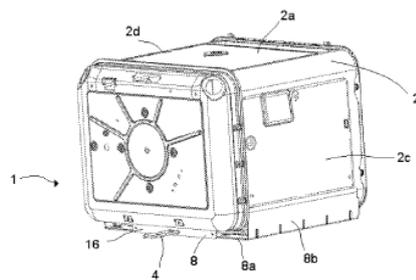
1. Horno pirolítico preferentemente doméstico que comprende una cámara de cocción (2) abierta en la parte frontal y delimitada al menos por una superficie inferior (2b) y unas superficies laterales (2c,2d), y unos medios calefactores (4) dispuestos exteriores a la cámara de cocción (2) y asociados a una superficie inferior (2b) de la cámara de cocción (2), caracterizado porque comprende un soporte (8) sobre el cual se disponen fijados los medios calefactores (4) a través de unos medios de fijación (13), comprendiendo el soporte (8) unas paredes laterales (8b) a través de las cuales se fija dicho soporte (8) a la cámara de cocción (2), fijándose las paredes laterales (8b) a las superficies laterales (2c,2d) de la cámara de cocción (2).
2. Horno pirolítico según la reivindicación anterior, en donde el soporte (8) se extiende bajo unas zonas críticas (5) de la cámara de cocción (2), siendo las zonas críticas (5) unas zonas de unión de la superficie inferior (2b) con la superficie lateral (2c,2d) respectiva de la cámara de cocción (2).

Figura 10. Extracto de unas *Reivindicaciones*

**Esquemas o dibujos.** Los *Drawings* o *Dibujos* son ilustraciones incorporadas para ayudar a una mejor comprensión de la patente.



**FIG. 1**

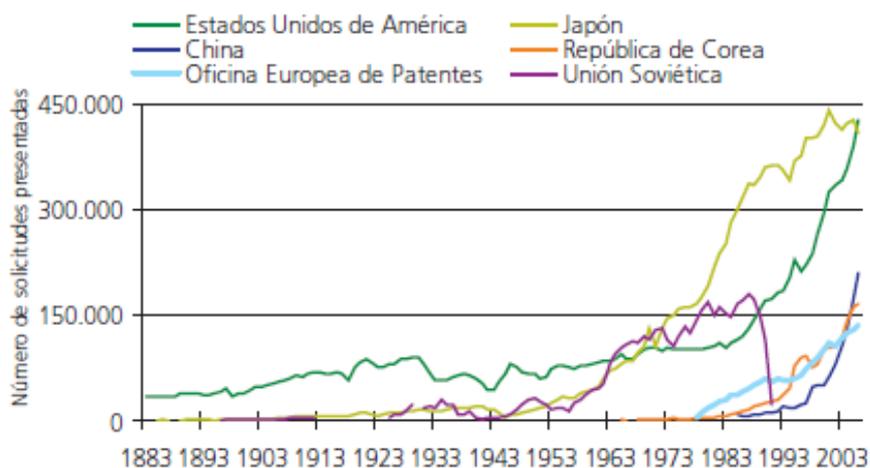


**FIG. 2**

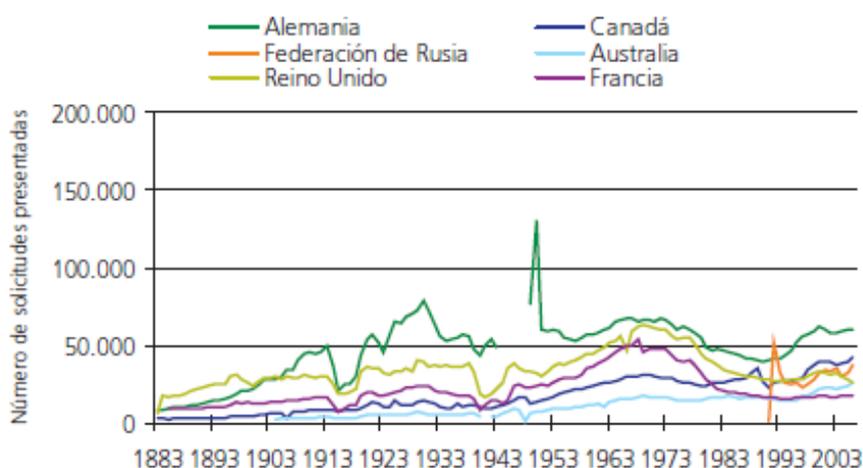
**Figura 11.** Ejemplo de unos *Dibujos*

### 3 - Patentes y desarrollo tecnológico

Haciendo un poco de historia podemos ver la correlación entre el desarrollo económico de un país y el desarrollo de la tecnología. La mencionada relación se refleja en el número de peticiones de patentes, que está estrechamente ligado a la economía ya que en épocas de prosperidad el número de peticiones se incrementa. En las figuras 12 y 13 se observa la evolución del número de solicitudes presentadas en diferentes oficinas nacionales.



**Figura 12.** Evolución del número de solicitudes en diferentes países (I). Fuente: WIPO



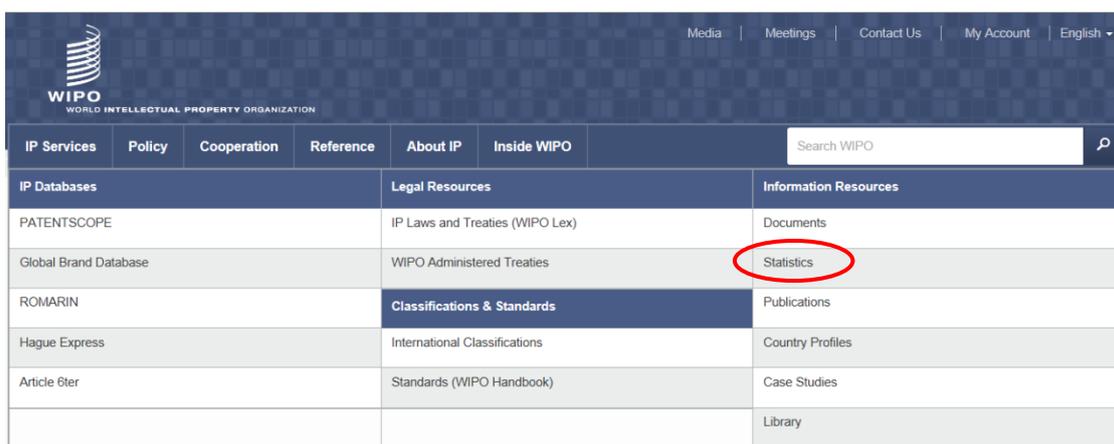
**Figura 13.** Evolución del número de solicitudes en diferentes países (II). Fuente: WIPO

En las figuras 12 y 13 se observa un aumento del número de patentes desde 1883 hasta 2006. En la mayoría de los países existe un incremento considerable de peticiones a partir de la década de los 60. La caída de solicitudes en la antigua Unión Soviética se debió a su desintegración en 1991 y posterior reaparición como Federación de Rusia. Alemania, a su vez, desaparece durante el periodo de la Segunda Guerra Mundial y los años posteriores a su derrota, como puede apreciarse en la figura 13. En épocas de guerra los gobiernos pueden expropiar patentes para poder explotar libremente los recursos, como hizo Estados Unidos

durante la Guerra Fría (1945-1991). En la figura 12 se observa un número casi constante de solicitudes durante la mayor parte del conflicto, lo cual no implica un cese en la investigación sino una reducción del número de peticiones de patentes.

En la figura 12 cabe destacar la vertiginosa subida de China a partir de la década de los 80, que se traduce como el inicio de la producción en masa, aprovechando la mano de obra barata. Esto se debe a que las empresas buscaban protección en el país de manufacturación por excelencia aunque en los últimos años el número de solicitudes nacionales Chinas ha aumentado considerablemente.

Hoy en día el bloque asiático formado por China, Corea y Japón es un competidor al alza en la mayoría de las tecnologías. Podemos comprobar esta afirmación gracias a la base de datos de la WIPO. Desde su página web ([www.wipo.int](http://www.wipo.int)) accedemos a la sección de Estadística para después entrar en la base de datos, tal como se reflejada en la figura 14.



WIPO WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION		
IP Services	Policy	Cooperation
IP Databases		Legal Resources
PATENTSCOPE	IP Laws and Treaties (WIPO Lex)	Documents
Global Brand Database	WIPO Administered Treaties	Statistics
ROMARIN	Classifications & Standards	Publications
Hague Express	International Classifications	Country Profiles
Article 6ter	Standards (WIPO Handbook)	Case Studies
		Library

**Figura 14.** Acceso a la base de datos estadísticos de la WIPO

La página ofrece la posibilidad de ajustar tres parámetros de búsqueda: el indicador, el tipo de informe y el rango de años, mediante los cuales podremos lograr los datos deseados para mostrarlos gráficamente. En este caso, la búsqueda se hizo para el total de las patentes concedidas del ámbito de la tecnología micro-nanoelectrónica entre los años 1980 y 2012, tal como se constata en la figura 15.

Indicator ? 6 - Patent grants by technology

Report Type ? Total count by filing office

Year Range ? 1980  2012

Select Office ?

World (WD)  
 Africa (R1)  
 Asia (R2)  
 Europe (R3)  
 Latin America and the Caribbean (R4)  
 North America (R5)  
 Oceania (R6)  
 High-income (W1)

China (CN)  
 Japan (JP)  
 Republic of Korea (KR)

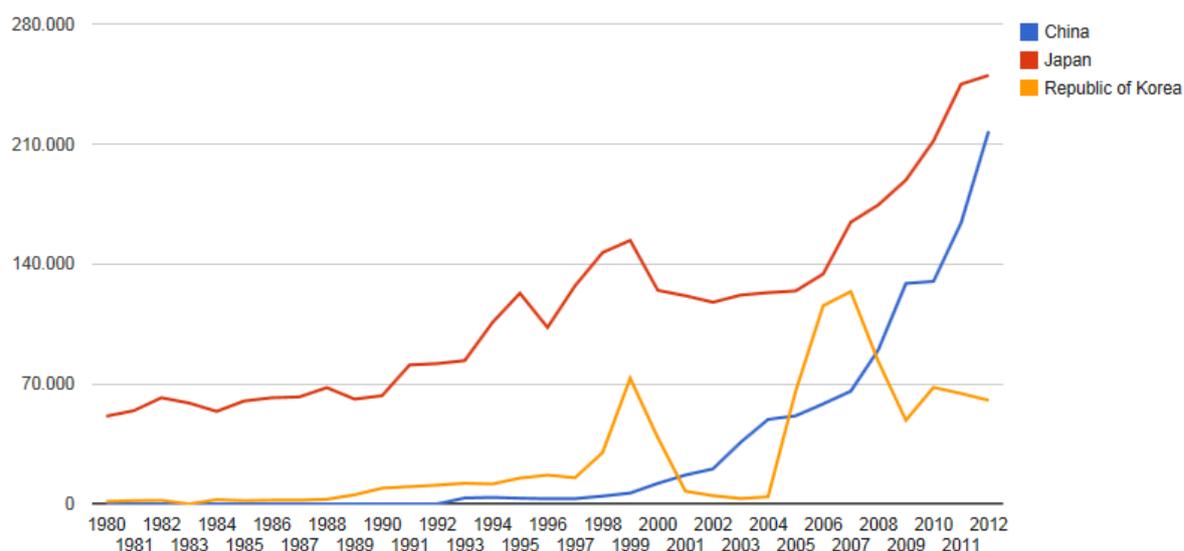
Technology ?

1 - Electrical machinery, apparatus, energy  
 2 - Audio-visual technology  
 3 - Telecommunications  
 4 - Digital communication  
 5 - Basic communication processes  
 6 - Computer technology  
 7 - IT methods for management  
 8 - Semiconductors  
 9 - Optics

22 - Micro-structural and nano-technology

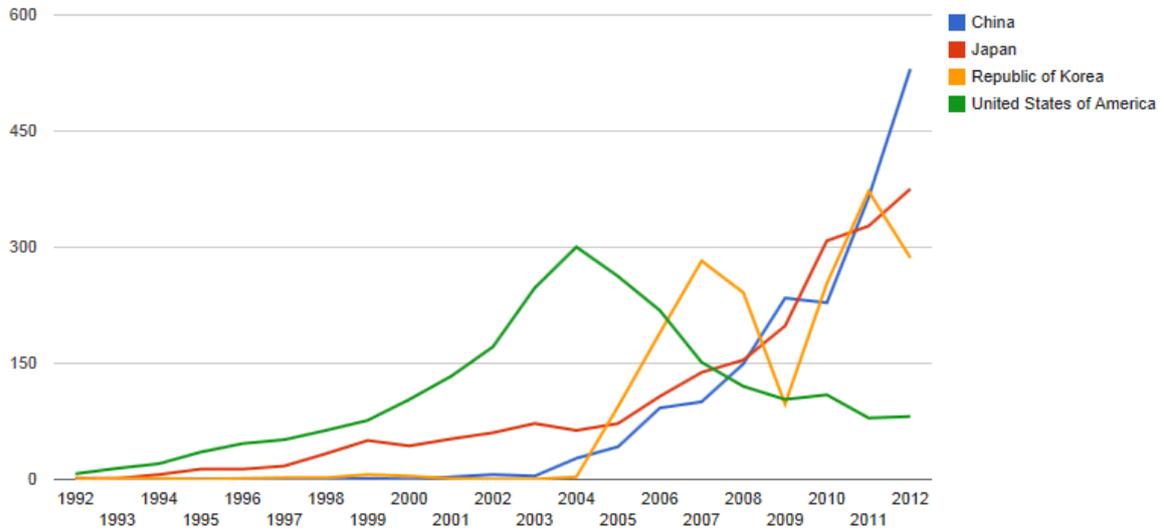
**Figura 15.** Motor de búsqueda de la WIPO y sus diferentes opciones

Y escogiendo la opción de gráfico de línea, se obtuvo la figura 16.



**Figura 16.** Número de patentes otorgadas en micro-nanotecnología en China, Corea y Japón

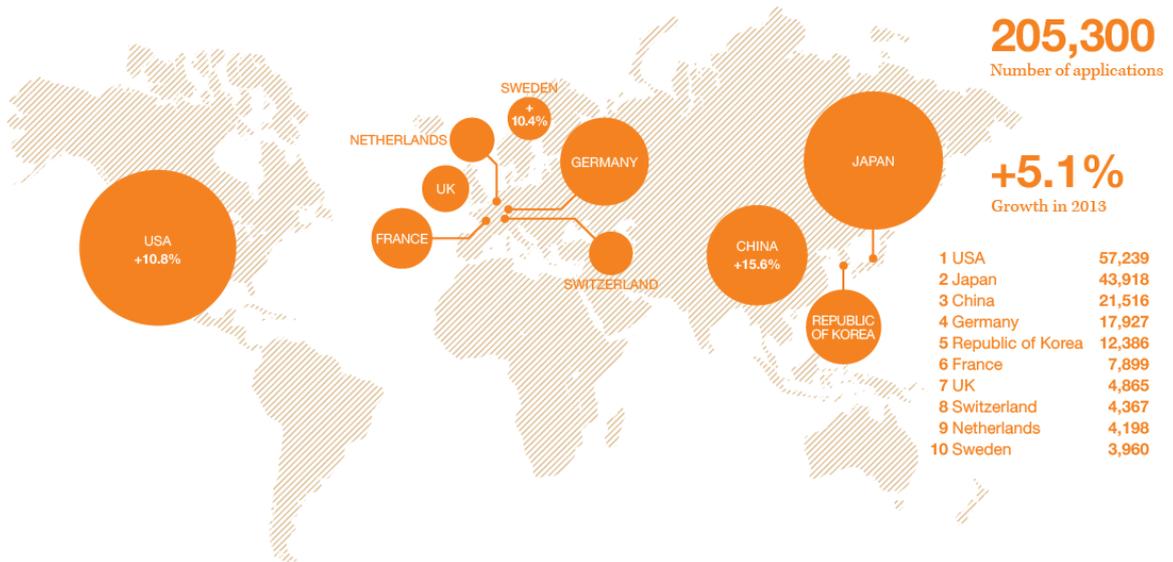
En la figura 16 podemos ver un aumento considerable y estable en el caso de China y Japón. En el caso de Corea, existen vertiginosas subidas en años puntuales. Para poder comparar los números de los tres países asiáticos con los de Estados Unidos basta con agregar este último país al motor de búsqueda y ajustar el marco temporal para una mejor visualización. El resultado es la figura 17.



**Figura 17.** Número de patentes otorgadas en micro-nanotecnología en China, Corea, Japón y Estados Unidos

Según la figura 17 Estados Unidos obtuvo un mayor número de patentes hasta el año 2006, a partir del cual el bloque asiático ha dominado por completo el sector de la micro-nanoelectrónica.

Para comprobar el número de solicitudes a nivel mundial observemos la figura 18, donde se recogen las cifras de los países con mayor cantidad de peticiones PCT durante el año 2013.



**Figura 18.** Número de solicitudes de patentes PCT a nivel mundial en 2013. Fuente: WIPO

Pese a que Estados Unidos es el indiscutible líder, el bloque asiático gana posiciones respecto a los países europeos. Una de las razones del liderazgo estadounidense se debe a la restricción en otros países de patentar software o modelos de negocio, tales como el modelo de Amazon. Para ver la diferencia entre las tecnologías más patentadas a lo largo del año 2013, observemos las figuras 19 y 20. En la figura 19 observamos que la segunda tecnología más patentada a nivel mundial es la referente a ordenadores, mientras que a nivel europeo, ver

figura 20, ésta ocupa un cuarto puesto. Esto se debe a la restricción europea de patentar software, práctica regulada en Estados Unidos.



Figura 19. Campos técnicos con mayor número de solicitudes de patentes PCT en el mundo en 2013. Fuente: WIPO

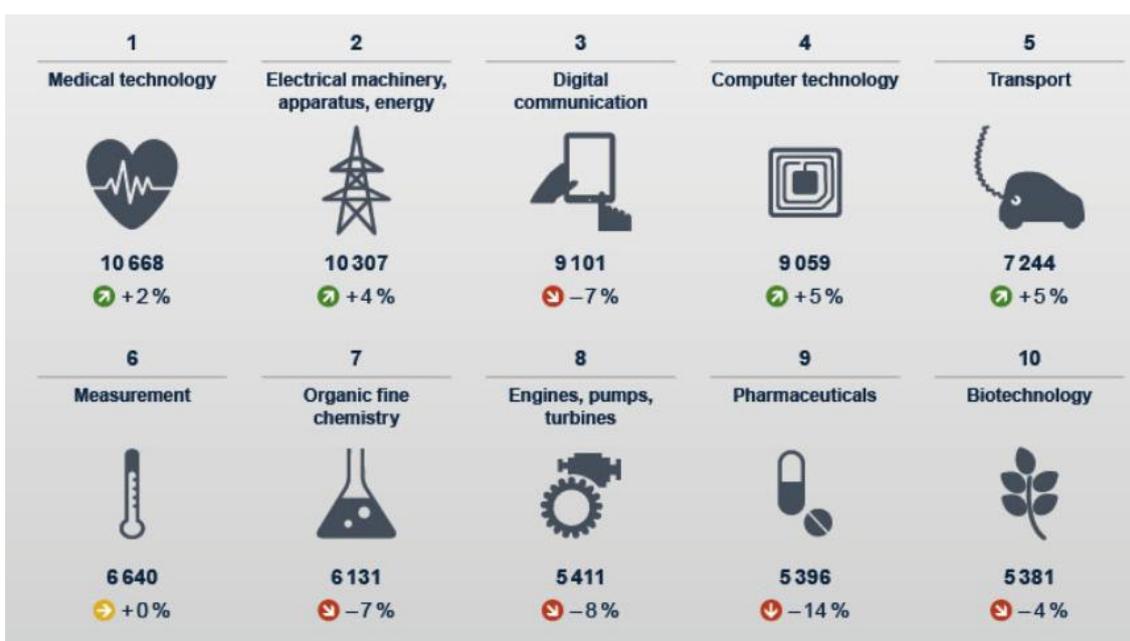
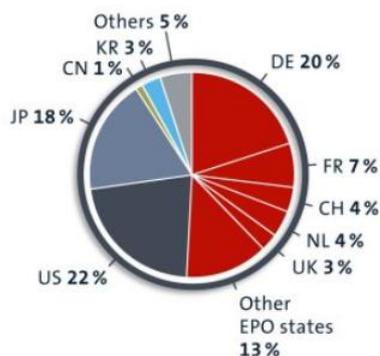
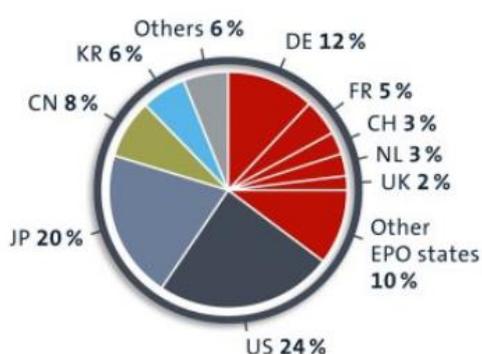


Figura 20. Campos técnicos con mayor número de solicitudes de patentes en Europa en 2013. Fuente: WIPO

Para comprobar el número de patentes que han solicitado protección en la Unión Europea, observemos las figuras 21 y 22. En la figura 21 se recoge el porcentaje de las patentes otorgadas por la Oficina de Patentes Europea en 2013, mientras que la figura 22, reúne el porcentaje de solicitudes de protección en suelo europeo durante el año 2013.



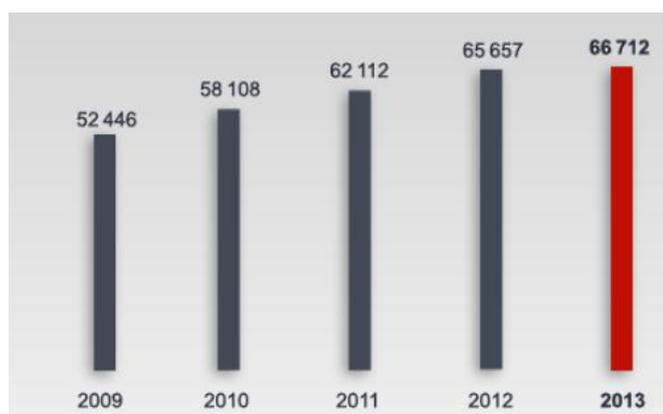
**Figura 21.** Porcentaje de patentes otorgadas en 2013 por la Oficina de Patentes Europea. Fuente: EPO



**Figura 22.** Porcentaje de solicitudes de protección en Europa en 2013. Fuente: EPO

Por un lado, las figuras 21 y 22 muestran que la EPO otorga un número similar de patentes a estados miembros de la Unión Europea y a países extranjeros. Por otro lado, las solicitudes extranjeras piden más veces protección en suelo europeo que las peticiones de países de la UE.

El número de patentes otorgadas por la Oficina de Patentes Europea se ha incrementado año a año en los últimos 5 años, como puede observarse en la figura 23. Dicho crecimiento no ha sido demasiado significativo debido a la crisis económica actual.



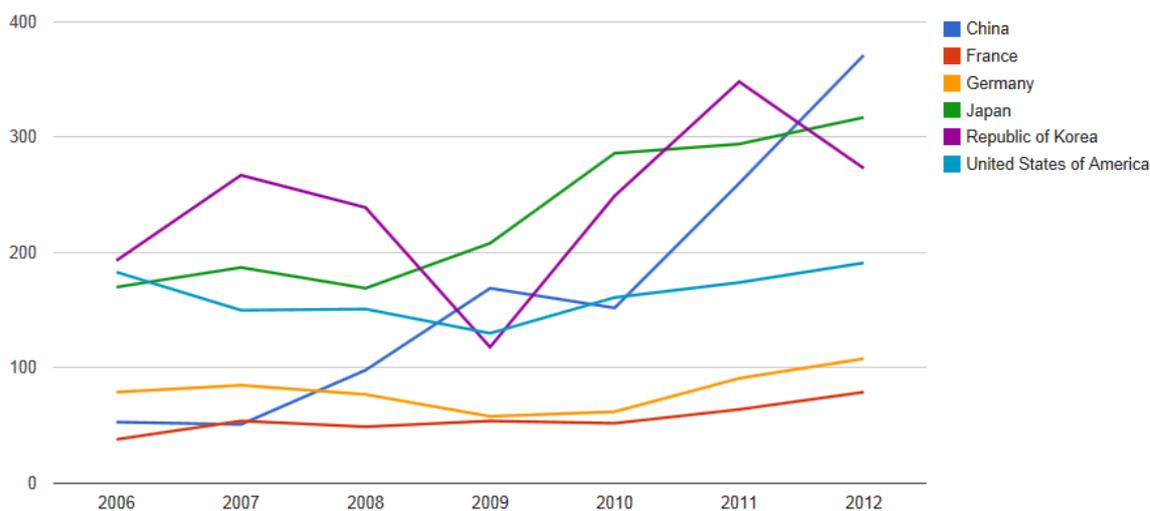
**Figura 23.** Número de patentes otorgadas por la EPO en los últimos 5 años. Fuente: EPO

Las empresas con mayor número de patentes otorgadas en el año 2013, según la Oficina Europea de Patentes, han sido Bosch y Samsung. Tanto la empresa alemana como la coreana han obtenido alrededor de 100 patentes más que su perseguidora más próxima, la también alemana Siemens. Podemos comprobar la lista de las 10 empresas con mayor número de patentes otorgadas en el año 2013 en la figura 24.

1	ROBERT BOSCH	820
2	SAMSUNG	816
3	SIEMENS	718
4	LG	619
5	PANASONIC	568
6	ERICSSON	558
7	SONY	524
8	MITSUBISHI	507
9	BASF	490
10	PHILIPS	467

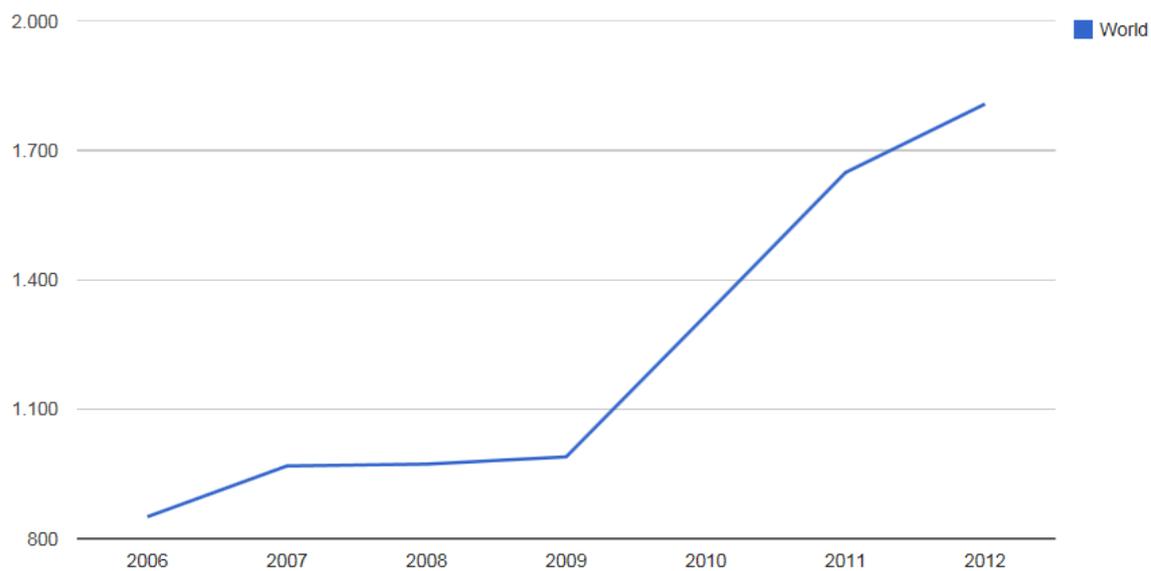
**Figura 24.** Lista de empresas con mayor número de patentes otorgadas en 2013. Fuente: EPO

Puesto que este trabajo se centra en la tecnología micro-nanoelectrónica, se han recogido los datos de patentes otorgadas al sector de la micro-nanotecnología a nivel mundial en los últimos años. Podemos ver los resultados en la figura 25.



**Figura 25.** Número de patentes otorgadas en el campo de la micro-nanotecnología en los últimos años. Fuente: WIPO

Los países más representativos de esta tecnología son Corea, Japón, China y Estados Unidos, todos muy superiores en los últimos años a los dos países europeos más significativos: Alemania y Francia. La creciente importancia de esta tecnología se ve reflejada en el número de patentes concedidas a nivel mundial en los últimos años, como se muestra en la figura 26.



**Figura 26.** Número de patentes otorgadas a nivel mundial en micro-nanotecnología en los últimos años.  
Fuente: WIPO

## 4 - Evolución de la tecnología del memristor

Las patentes también son útiles como fuente de conocimiento, puesto que en ellas se describe la tecnología, sus usos, su método de fabricación,... Para mostrar este aspecto se ha analizado un caso concreto, una tecnología del área del micro-nanoelectrónica: el memristor.

### 4.1 - ¿Qué es un memristor?

El memristor es un componente electrónico no lineal y pasivo, capaz de recordar las corrientes que lo han atravesado, y de modificar el valor de su resistencia para cada una de las corrientes memorizadas. Esta característica lo convierte en una resistencia variable con memoria, de ahí su nombre Memory Resistor o *memristor*.

La ecuación del memristor relaciona la variación de flujo magnético con la variación de carga mediante un parámetro denominado *memristancia*. En el caso lineal, el memristor se comporta como una resistencia ordinaria.

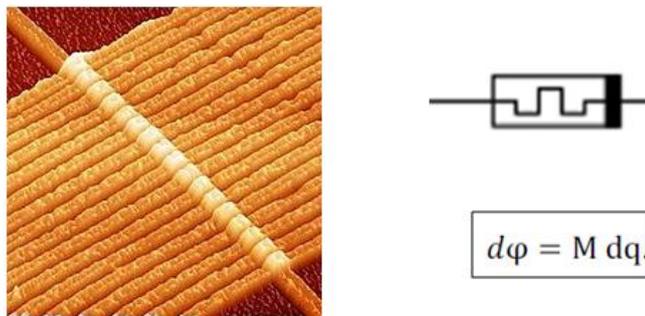


Figura 27. Circuito formado por 17 memristores. Símbolo y ecuación del memristor

El memristor es conocido por ser el componente “perdido” de los elementos básicos, a saber, resistor, inductor y capacitor. Su existencia fue teorizada por León Chua en 1971 pero no fue desarrollado hasta 2006, cuando el equipo de Hewlett-Packard (HP) de Palo Alto liderado por R. Stanley Williams presentó el primer memristor funcional [9].

La necesidad de un cuarto elemento se ve reflejada, por cuestiones de simetría, en la figura 28 y en la tabla 1. La figura 28 refleja la relación entre voltaje y corriente para los cuatro elementos básico de una puerta y la tabla 1 recoge las relaciones entre el voltaje y la corriente de elementos básicos multipuerta.

La relación constitutiva de un elemento de  $m$  puertas, o multipuerta, se expresa mediante ecuaciones de tipo  $h(v_1^\alpha, v_2^\alpha, \dots, v_n^\alpha, i_1^\beta, i_2^\beta, \dots, i_n^\beta) = 0$  con operaciones algebraicas, derivadas e integrales sobre las variables de tensión y corriente de las puertas. Los exponentes  $\alpha$  y  $\beta$  indican el orden de derivadas cuando son enteros positivos; en caso de ser enteros negativos, señalarían el orden de las integrales; y al ser cero, corresponderían a una relación algebraica.

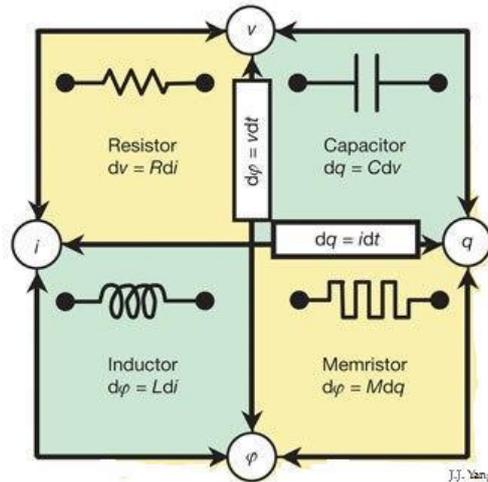


Figura 28. Relación entre voltaje y corriente para elementos de una puerta

	$\alpha$	$\beta$
R	$\langle 0, \dots, 0 \rangle$	$\langle 0, \dots, 0 \rangle$
L	$\langle 0, \dots, 0 \rangle$	$\langle -1, \dots, -1 \rangle$
C	$\langle -1, \dots, -1 \rangle$	$\langle 0, \dots, 0 \rangle$
M	$\langle -1, \dots, -1 \rangle$	$\langle -1, \dots, -1 \rangle$

Tabla 1. Relación de voltaje y corriente en elementos multipuerta

Hoy en día los memristores se fabrican a partir de óxido de grafeno, un material ligero, flexible y más importante aún, de bajo coste. Pero lo que justifica el esfuerzo por investigar y descubrir el potencial de estos dispositivos es el hecho de que los memristores, en comparación con las memorias flash actuales, son 10 veces más rápidos, consumen 10 veces menos energía y son de menor tamaño, 3 nm frente a los 20 nm de una memoria flash [10].

La estructura de los memristores está formada por dos partes principales: los electrodos y la región activa, que contiene elementos dopantes o impurezas. Los electrodos son contactos que favorecen el paso de la corriente al interior del dispositivo. Esta corriente llega en forma de pulsos eléctricos que serán los encargados de modificar la distribución del dopante en el interior del memristor. Variando la cantidad de impurezas, las propiedades eléctricas y la resistencia memristor varían. La segunda parte del memristor es la región activa, que a su vez posee dos partes diferenciadas según su función: la parte activa primaria y la parte activa secundaria. La parte activa primaria almacena las impurezas y las redistribuye al recibir pulsos eléctricos atendiendo a la duración y valor de los mismos. La parte activa secundaria es la encargada de suministrar los dopantes que serán de un tipo u otro dependiendo de los materiales utilizados.

Los memristores pueden llevar a cabo funciones típicas de los transistores, pero en un espacio mucho más reducido; también son aptos para almacenar datos, interpretando su estado de alta impedancia como un 1 lógico y su estado de baja impedancia como un 0. Así, estos dispositivos son capaces de operar como un conmutador o *switch*. Cuando el memristor se encuentra dopado, está en alta impedancia y es equivalente a un circuito abierto; en caso contrario, en baja impedancia, equivaldría a un circuito cerrado como refleja la figura 29. Así

mismo, y dependiendo de la cantidad y duración de la corriente por la que son atravesados, pueden implementar lógica programable.

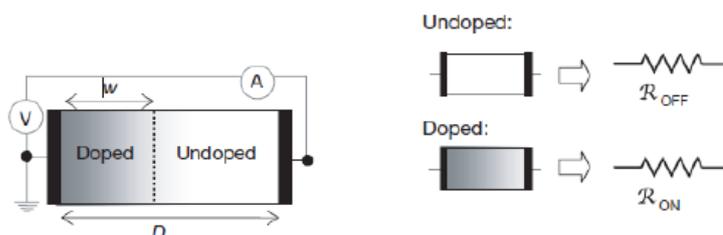


Figura 29. Memristor operando como un switch

## 4.2 - Aplicaciones

Las diferentes funcionalidades del memristor proporcionan un extenso marco de posibles aplicaciones. La posibilidad de guardar datos es uno de los campos más investigados actualmente por las empresas. Las memorias actuales son capaces de almacenar datos sin necesidad de conexión eléctrica, esto es, son no volátiles, pero debido a los Sistemas de Detección de Errores son lentas. En los últimos años, empresas como Elpida, Toshiba y Samsung vienen desarrollando una nueva tecnología basada en memristores aprovechando su función de switch. Estas memorias resistivas o ReRAM permiten un almacenamiento mayor que en los discos duros, un consumo de energía que es virtualmente cero en modo de espera y una mayor velocidad de transferencia de datos.

Otra de las aplicaciones es la implementación de funciones booleanas mediante puertas lógicas construidas con estos dispositivos. Actualmente las puertas lógicas se construyen con silicio, un material abundante y barato sobre el que se ha desarrollado la industria micro-nanoelectrónica. El silicio es capaz de implementar funciones NAND de manera natural, una operación que pueden llevar a cabo tres memristores, como vemos en la figura 30. Por lo tanto, cualquier función booleana puede implementarse con un conjunto de estos elementos [11] [12].

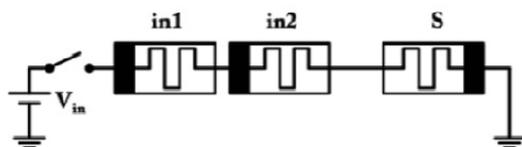
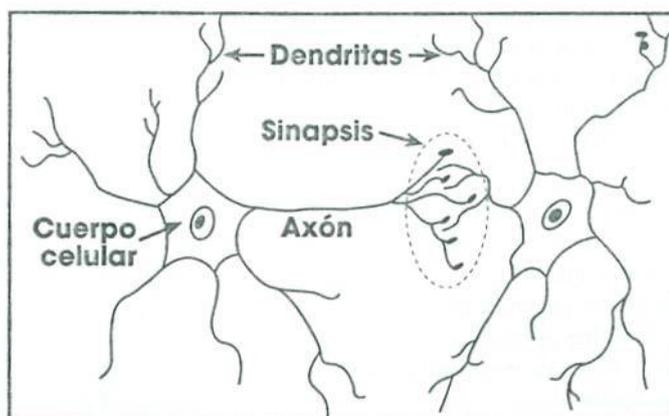


Figura 30. Puerta NAND realizada con memristores

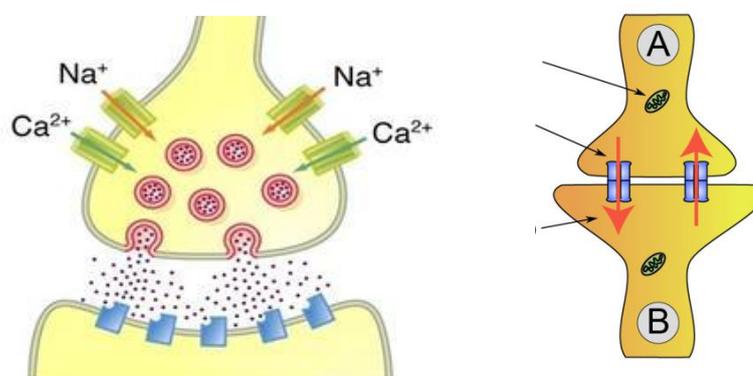
Una de las ramas de investigación más fascinante de los memristores es el llamado proyecto SyNAPSE (*Systems of Neuromorphic Adaptive Plastic Scalable Electronics*), basado en la posibilidad de simular la sinapsis neuronal con elementos electrónicos y poder así implementar funciones cerebrales [13].

La sinapsis es el mecanismo mediante el cual se intercambia información entre dos neuronas con tres objetivos diferentes. Por un lado puede tratarse de una transmisión excitadora de actividad. Por otro, puede ser una transmisión inhibitoria. Y por último, podríamos estar ante una transmisión moduladora, que altera el patrón y/o la frecuencia de la actividad de las neuronas involucradas.



**Figura 31.** Esquema de conexión entre dos neuronas

Existen dos tipos de sinapsis, la eléctrica y la química, como vemos en la figura 32. En la sinapsis química, al llegar un flujo de iones de calcio se liberan neurotransmisores que viajan de la neurona transmisora a la receptora. En la sinapsis eléctrica no se liberan neurotransmisores, sino que la conexión neuronal se lleva a cabo mediante pulsos eléctricos a través de las uniones denominadas GAP que existen entre ellas. Este último tipo de sinapsis es más rápida y bidireccional, pero no permite tanta variación como la química y la información que transmite es menor [14].

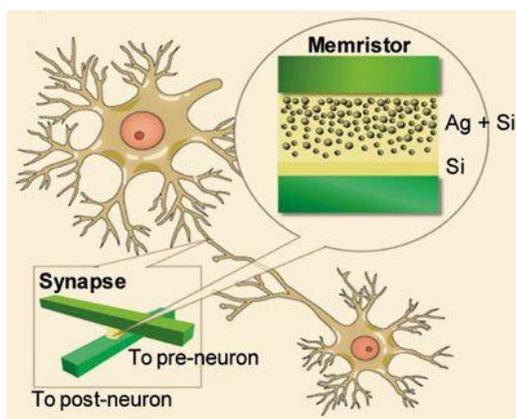


**Figura 32.** Sinapsis química y sinapsis eléctrica

El proyecto SyNAPSE, en el que la agencia DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) estadounidense lleva trabajando desde 2008 junto con IBM, HP y HRL, se basa en que los memristores son capaces de recordar corrientes no sólo de estados binarios, sino también

analógicos, una información más precisa y valiosa que la que ofrecen los bits. Gracias a esta propiedad, la resistencia de un memristor es capaz de adoptar un amplio abanico de valores.

Como en el caso de la sinapsis, en el que las neuronas aprenden de los impulsos anteriores y responden de manera diferente para cada tipo de estímulo, los memristores ajustan el valor de su resistencia para cada una de las corrientes que lo han atravesado, por lo que, cuantas más corrientes diferentes lo atraviesen, más estados será capaz de adoptar. Por tanto, emulan de forma natural el comportamiento de la sinapsis neuronal [15] [16] [17], cuya implementación simplificada puede observarse en la figura 33.



**Figura 33.** Implementación de la sinapsis mediante memristores

Muchas de las aplicaciones basadas en memristores tienen fines comerciales, por ejemplo las ya mencionadas memorias ReRAM, pero aún no han llegado a comercializarse, retraso sin duda atribuible a la dificultad que entraña el buen control de la funcionalidad del memristor debido a su complejidad.

Debe tenerse en cuenta, que debido al insuficiente avance en el campo de la nanotecnología, fueron necesarios 35 años desde la teorización del memristor hasta su construcción y, que aún hoy, se sigue investigando la naturaleza de este dispositivo, puesto que el origen de alguno de los fenómenos observados es todavía incierto.

Su descubrimiento no ha estado exento de polémica, ya que hay quien afirma que el primer dispositivo presentado por HP en 2006 no era realmente un memristor, sino una resistencia variable muy similar a otro dispositivo creado previamente por los laboratorios Samsung [18] [19].

### 4.3 - Búsqueda de patentes

Para analizar la evolución del dispositivo se llevó a cabo una búsqueda de patentes gracias a la cual se observa la optimización del diseño del memristor con el paso de los años. Partiendo de la página web de búsqueda de la Oficina de Patentes Europea ([www.espacenet.com](http://www.espacenet.com)) y con la

herramienta de Búsqueda Avanzada se obtuvo como resultado una lista de 134 patentes para la palabra clave “Memristor”, como se observa en la figura 34. Los resultados de la búsqueda fueron ordenados desde la patente más antigua a la más reciente, por fecha de entrega de solicitud o de prioridad, tal como puede observarse en la figura 35.

**Advanced search**

Select the collection you want to search in    
 Worldwide - collection of published applications from 90+ countries

Enter your search terms - CTRL-ENTER expands the field you are in

Enter keywords in English

Title:  plastic and bicycle  
 MEMRISTOR

Title or abstract:  hair

Enter numbers with or without country code

Publication number:  WO2008014520

Application number:  DE19971031696

Figura 34. Motor de búsqueda

Sort by  Sort order

1.	MEMRISTOR APPARATUS						
★	<table border="0"> <tr> <td><b>Inventor:</b> NUGENT ALEX [US]</td> <td><b>Applicant:</b> KNOWMTECH LLC</td> <td><b>CPC:</b> <a href="#">G06N3/063</a> <a href="#">H03K19/00</a></td> <td><b>IPC:</b> H01L27/24</td> <td><b>Publication info:</b> US2012175583 (A1) 2012-07-12</td> <td><b>Priority date:</b> 2002-03-12</td> </tr> </table>	<b>Inventor:</b> NUGENT ALEX [US]	<b>Applicant:</b> KNOWMTECH LLC	<b>CPC:</b> <a href="#">G06N3/063</a> <a href="#">H03K19/00</a>	<b>IPC:</b> H01L27/24	<b>Publication info:</b> US2012175583 (A1) 2012-07-12	<b>Priority date:</b> 2002-03-12
<b>Inventor:</b> NUGENT ALEX [US]	<b>Applicant:</b> KNOWMTECH LLC	<b>CPC:</b> <a href="#">G06N3/063</a> <a href="#">H03K19/00</a>	<b>IPC:</b> H01L27/24	<b>Publication info:</b> US2012175583 (A1) 2012-07-12	<b>Priority date:</b> 2002-03-12		
2.	Memristor crossbar neural interface						
★	<table border="0"> <tr> <td><b>Inventor:</b> MOUTTET BLAISE LAURENT [US]</td> <td><b>Applicant:</b></td> <td><b>CPC:</b> <a href="#">G11C11/54</a> <a href="#">G11C13/0002</a> <a href="#">H03K19/177</a> (+1)</td> <td><b>IPC:</b> A61B5/0476</td> <td><b>Publication info:</b> US2009163826 (A1) 2009-06-25 US7902867 (B2) 2011-03-08</td> <td><b>Priority date:</b> 2006-04-03</td> </tr> </table>	<b>Inventor:</b> MOUTTET BLAISE LAURENT [US]	<b>Applicant:</b>	<b>CPC:</b> <a href="#">G11C11/54</a> <a href="#">G11C13/0002</a> <a href="#">H03K19/177</a> (+1)	<b>IPC:</b> A61B5/0476	<b>Publication info:</b> US2009163826 (A1) 2009-06-25 US7902867 (B2) 2011-03-08	<b>Priority date:</b> 2006-04-03
<b>Inventor:</b> MOUTTET BLAISE LAURENT [US]	<b>Applicant:</b>	<b>CPC:</b> <a href="#">G11C11/54</a> <a href="#">G11C13/0002</a> <a href="#">H03K19/177</a> (+1)	<b>IPC:</b> A61B5/0476	<b>Publication info:</b> US2009163826 (A1) 2009-06-25 US7902867 (B2) 2011-03-08	<b>Priority date:</b> 2006-04-03		
3.	METHOD FOR FORMING MEMRISTOR MATERIAL AND ELECTRODE STRUCTURE WITH MEMRISTANCE						
★	<table border="0"> <tr> <td><b>Inventor:</b> TANG DANIEL [US] XIAO HONG [US]</td> <td><b>Applicant:</b> HERMES-EPITEK CORP</td> <td><b>CPC:</b> <a href="#">C23C14/06</a> <a href="#">C23C14/48</a> <a href="#">H01L27/101</a> (+3)</td> <td><b>IPC:</b> C23C14/06 C23C14/08 H01L21/329</td> <td><b>Publication info:</b> US2009317958 (A1) 2009-12-24 US7846807 (B2) 2010-12-07</td> <td><b>Priority date:</b> 2008-06-19</td> </tr> </table>	<b>Inventor:</b> TANG DANIEL [US] XIAO HONG [US]	<b>Applicant:</b> HERMES-EPITEK CORP	<b>CPC:</b> <a href="#">C23C14/06</a> <a href="#">C23C14/48</a> <a href="#">H01L27/101</a> (+3)	<b>IPC:</b> C23C14/06 C23C14/08 H01L21/329	<b>Publication info:</b> US2009317958 (A1) 2009-12-24 US7846807 (B2) 2010-12-07	<b>Priority date:</b> 2008-06-19
<b>Inventor:</b> TANG DANIEL [US] XIAO HONG [US]	<b>Applicant:</b> HERMES-EPITEK CORP	<b>CPC:</b> <a href="#">C23C14/06</a> <a href="#">C23C14/48</a> <a href="#">H01L27/101</a> (+3)	<b>IPC:</b> C23C14/06 C23C14/08 H01L21/329	<b>Publication info:</b> US2009317958 (A1) 2009-12-24 US7846807 (B2) 2010-12-07	<b>Priority date:</b> 2008-06-19		
4.	Magnetic Tunnel Junction and Memristor Apparatus						
★	<table border="0"> <tr> <td><b>Inventor:</b> WANG XIAOBIN [US] CHEN YIRAN [US] (+5)</td> <td><b>Applicant:</b> SEAGATE TECHNOLOGY LLC [US]</td> <td><b>CPC:</b> <a href="#">G01R33/098</a> <a href="#">G11C11/18</a> <a href="#">G11C13/003</a> (+4)</td> <td><b>IPC:</b> G01R27/14 G01R33/12 G11C11/00</td> <td><b>Publication info:</b> US2012014175 (A1) 2012-01-19 US8391055 (B2) 2013-03-05</td> <td><b>Priority date:</b> 2008-10-31</td> </tr> </table>	<b>Inventor:</b> WANG XIAOBIN [US] CHEN YIRAN [US] (+5)	<b>Applicant:</b> SEAGATE TECHNOLOGY LLC [US]	<b>CPC:</b> <a href="#">G01R33/098</a> <a href="#">G11C11/18</a> <a href="#">G11C13/003</a> (+4)	<b>IPC:</b> G01R27/14 G01R33/12 G11C11/00	<b>Publication info:</b> US2012014175 (A1) 2012-01-19 US8391055 (B2) 2013-03-05	<b>Priority date:</b> 2008-10-31
<b>Inventor:</b> WANG XIAOBIN [US] CHEN YIRAN [US] (+5)	<b>Applicant:</b> SEAGATE TECHNOLOGY LLC [US]	<b>CPC:</b> <a href="#">G01R33/098</a> <a href="#">G11C11/18</a> <a href="#">G11C13/003</a> (+4)	<b>IPC:</b> G01R27/14 G01R33/12 G11C11/00	<b>Publication info:</b> US2012014175 (A1) 2012-01-19 US8391055 (B2) 2013-03-05	<b>Priority date:</b> 2008-10-31		
5.	MEMRISTOR DEVICES CONFIGURED TO CONTROL BUBBLE FORMATION						
★	<table border="0"> <tr> <td><b>Inventor:</b> LI ZHIYONG [US] BRATKOVSKI ALEXANDRE M [US] (+1)</td> <td><b>Applicant:</b> HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT CO [US] LI ZHIYONG [US] (+2)</td> <td><b>CPC:</b> <a href="#">B82Y10/00</a> <a href="#">H01L27/2472</a> <a href="#">H01L29/0665</a> (+6)</td> <td><b>IPC:</b> H01L21/336 H01L21/8247 H01L27/115</td> <td><b>Publication info:</b> WO2010080079 (A1) 2010-07-15</td> <td><b>Priority date:</b> 2009-01-06</td> </tr> </table>	<b>Inventor:</b> LI ZHIYONG [US] BRATKOVSKI ALEXANDRE M [US] (+1)	<b>Applicant:</b> HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT CO [US] LI ZHIYONG [US] (+2)	<b>CPC:</b> <a href="#">B82Y10/00</a> <a href="#">H01L27/2472</a> <a href="#">H01L29/0665</a> (+6)	<b>IPC:</b> H01L21/336 H01L21/8247 H01L27/115	<b>Publication info:</b> WO2010080079 (A1) 2010-07-15	<b>Priority date:</b> 2009-01-06
<b>Inventor:</b> LI ZHIYONG [US] BRATKOVSKI ALEXANDRE M [US] (+1)	<b>Applicant:</b> HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT CO [US] LI ZHIYONG [US] (+2)	<b>CPC:</b> <a href="#">B82Y10/00</a> <a href="#">H01L27/2472</a> <a href="#">H01L29/0665</a> (+6)	<b>IPC:</b> H01L21/336 H01L21/8247 H01L27/115	<b>Publication info:</b> WO2010080079 (A1) 2010-07-15	<b>Priority date:</b> 2009-01-06		

Figura 35. Extracto de los resultados de la búsqueda

De dicha lista se escogieron patentes referentes al dispositivo memristivo y no a métodos de fabricación o aplicaciones. Tras analizar cada una de ellas, dos de estas patentes fueron descartadas, al tratarse de aplicaciones de la tecnología y no del dispositivo en sí.

En dos de las patentes de la lista se observó una referencia a una misma patente estadounidense con el número de publicación 20080090337, como puede observarse en la figura 36. Puesto que las sucesivas búsquedas de la patente original resultaron infructuosas, se buscó la mencionada patente, cuyo año de solicitud, solicitante y descripción, se asemejaban al primer dispositivo que HP presentó como el “recién descubierto” memristor. Esta patente, *Electrically Actuated Switch* (Patente 1), ha sido tomada en este trabajo como la patente original.

MEMRISTOR WITH NANOSTRUCTURE ELECTRODES

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATION

[0001] The present application has the same Assignee and shares some common subject matter with U.S. Patent Application Publication No. 20080090337 (Attorney Docket No. 200602631-1), filed on October 3, 2006, by R. Stanley Williams, the disclosure of which is hereby incorporated by reference in its entirety.

Figura 36. Extracto de la patente *Memristor With Nanostructure Electrodes* en la que aparece la referencia a la patente *Electrically Actuated Switch*

Por último, se agregó una patente más reciente titulada *Memristor Based On Ferroelectric Tunnel Junction* (Patente 8) para reflejar el estado más actual posible de la tecnología. Merece la pena constatar que la mayoría de las patentes recientes tienen como origen universidades y empresas chinas, tal y como se observa en la figura 37.

<input type="checkbox"/> 1. Single-layer nano-film memristor and manufacturing method thereof	★ Inventor: GUO MEI LI YUXIA (+1)	Applicant: UNIV SHANDONG SCIENCE & TECH	CPC: IPC: B82Y10/00 C23C14/35 G11C13/00 (+1)	Publication info: CN103594620 (A) 2014-02-19	Priority date: 2013-11-05
<input type="checkbox"/> 2. High-power memristor and control method thereof	★ Inventor: QIU DONGYUAN WEI ZHAOHUA (+1)	Applicant: UNIV SOUTH CHINA TECH	CPC: IPC: H03K19/00	Publication info: CN103490761 (A) 2014-01-01	Priority date: 2013-09-16
<input type="checkbox"/> 3. Non-volatile memory unit circuit based on nano-structure switch memristor	★ Inventor: WEN DIANZHONG LI LEI	Applicant: UNIV HEILONGJIANG	CPC: IPC: B82Y10/00 H01L27/24 H01L45/00	Publication info: CN103367638 (A) 2013-10-23	Priority date: 2013-07-23
<input type="checkbox"/> 4. Memristor based on ferroelectric tunnel junction	★ Inventor: WU DI WEN ZHENG (+1)	Applicant: UNIV NANJING	CPC: IPC: H01L45/00	Publication info: CN103346256 (A) 2013-10-09	Priority date: 2013-07-03
<input type="checkbox"/> 5. Realization circuit and realization method for charge control type memristor	★ Inventor: QIU DONGYUAN WEI ZHAOHUA (+1)	Applicant: UNIV SOUTH CHINA TECH	CPC: IPC: H03K19/00	Publication info: CN103595392 (A) 2014-02-19	Priority date: 2013-07-02
<input type="checkbox"/> 6. Memristor equivalent circuit	★ Inventor: LIU GUOHUA WANG GUANGYI	Applicant: UNIV HANGZHOU DIANZI	CPC: IPC: H03K19/00	Publication info: CN203852561 (U) 2013-12-18	Priority date: 2013-06-24

Figura 37. Solicitudes de patentes recientes de memristores de origen chino

La tabla 2 recoge las patentes analizadas para observar la evolución del dispositivo. En la misma se incluye la siguiente información:

- **Titular.** El nombre de la empresa que desarrolló las patentes, en todos los casos HP, a excepción de la más reciente que pertenece a la Universidad de Nanjing.
- **Fecha.** Informa de la fecha de solicitud de la patente, según la cual se han ordenado de manera cronológica todas las patentes.
- **Estado.** El estado actual refleja si las patentes han sido otorgadas (B2) o si por el contrario están sin otorgar (A1). El hecho de que la patente no esté concedida no significa que carezca de valor para ser analizada, puede deberse simplemente a que la regulación del país no permite la concesión.
- **Protección.** El apartado de protección, refleja el país o los países en los que está protegida
- **Tipo.** Especifica la forma de solicitud de la patente, en este caso 5 de las patentes han sido presentadas en oficinas nacionales chinas (CN) o estadounidenses (US) y 3 han sido solicitadas al amparo del PCT (W).

Título de la patente	Titular	Fecha	Estado	Protección	Tipo
Electrically Actuated Switch	R. Stanley Williams, HP	2006-10-03	A1	-	US
Memristor Devices Configured to Control Bubble Formation	HP	2009-01-06	A1	-	W
Memristor Having Triangular Shaped Electrode	HP	2009-01-13	A1	-	W
Memristor with Nanostructure Electrodes	HP	2009-01-15	B2	US	W
Nano-wire Based Memristor Devices	HP	2009-10-27	B2	US	US
Graphene Memristor Having Modulated Graphene Interlayer Conduction	HP	2010-03-30	B2	US	US
Defective Graphene Based Memristor	HP	2010-04-05	B2	US	US
Memristor Based on Ferroelectric Tunnel Junction	Univ. Nanjing	2013-10-09	A1	-	CN

Tabla 2. Resumen de las patentes analizadas

Para poder determinar la evolución del dispositivo se describirán a continuación las 8 patentes escogidas. La primera será analizada de manera más detallada para poder especificar las partes de la patente y la información que se extrae de cada apartado.

#### PATENTE 1: Electrically Actuated Switch [20]

Titular	Fecha de solicitud	Estado	Protección	Patente
HP	2006-10-03	A1	-	US

Esta patente se ha considerado en este trabajo como la patente original del memristor, ya que tanto el año de solicitud (2006) como el titular (R. Stanley Williams) concuerdan con los datos de la aparición del primer memristor funcional, como se indica en la figura 38. Esta patente se

encontró gracias a las referencias de otras dos patentes: *Memristor Having Triangular Shaped Electrode* (Patente 3) y *Memristor with Nanoestructure Electrodes* (Patente 4).



US 20080090337A1

(19) **United States**  
 (12) **Patent Application Publication** (10) **Pub. No.: US 2008/0090337 A1**  
 Williams (43) **Pub. Date: Apr. 17, 2008**

<p>(54) <b>ELECTRICALLY ACTUATED SWITCH</b></p> <p>(76) Inventor: <b>R. Stanley Williams</b>, Palo Alto, CA (US)</p> <p>Correspondence Address:  <b>HEWLETT PACKARD COMPANY</b>  <b>P O BOX 272400, 3404 E. HARMONY ROAD,</b>  <b>INTELLECTUAL PROPERTY ADMINISTRATION</b>  <b>FORT COLLINS, CO 80527-2400</b></p> <p>(21) Appl. No.: <b>11/542,986</b></p> <p>(22) Filed: <b>Oct. 3, 2006</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Publication Classification</b></p> <p>(51) <b>Int. Cl.</b>  <b>H01L 21/332</b> (2006.01)</p> <p>(52) <b>U.S. Cl.</b> ..... <b>438/133; 438/138</b></p> <p>(57) <b>ABSTRACT</b></p> <p>An electrically actuated switch comprises a first electrode, a second electrode, and an active region disposed therebetween. The active region comprises at least one primary active region comprising at least one material that can be doped or undoped to change its electrical conductivity, and a secondary active region comprising at least one material for providing a source/sink of ionic species that act as dopants for the primary active region(s). Methods of operating the switch are also provided.</p>
--	---

**Figura 38.** Extracto de *Electrically Actuated Switch*

En primer lugar, en esta patente, se informa de la ayuda recibida por parte del gobierno de EE.UU. y de la agencia DARPA para llevar a cabo la investigación. Por tanto, los derechos de esta invención corresponden al gobierno de ese país.

En el *Resumen* se describen las partes del dispositivo: los dos electrodos y las dos partes de la región activa, la primaria y la secundaria.

En el apartado de *Sector de la Técnica*, se relaciona el dispositivo presentado con los switches controlados eléctricamente.

En el apartado *Estado Anterior de la Técnica* se describe el interés de construir memristores operando como conmutadores a partir de nanocomponentes capaces de crear dispositivos de dos estados (ON/OFF). Estos dispositivos son una alternativa a la actual tecnología CMOS y propician el avance hacia memorias no volátiles de densidad ultra alta.

En el apartado de *Descripción de los Dibujos*, se lista y explica muy brevemente las once figuras adjuntas a esta patente. El primer dibujo que se describe, y que podemos ver en la figura 39b, es un ejemplo de switch de estado sólido que conecta dos cables cruzados. Otro de los dibujos, la figura 40a, representa el circuito equivalente de un switch y, por comentar otro ejemplo más, en la patente se incluye una representación del inicio del proceso para llevar el dispositivo a una configuración ON, la cual se puede observar en la figura 40b.

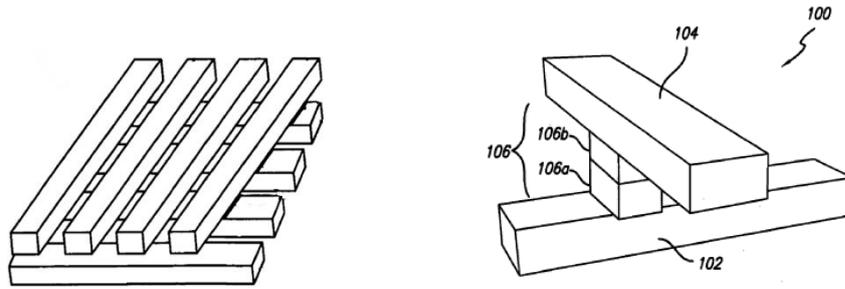


Figura 39. (a) Esquema del memristor. (b) Switch conectando dos cables cruzados

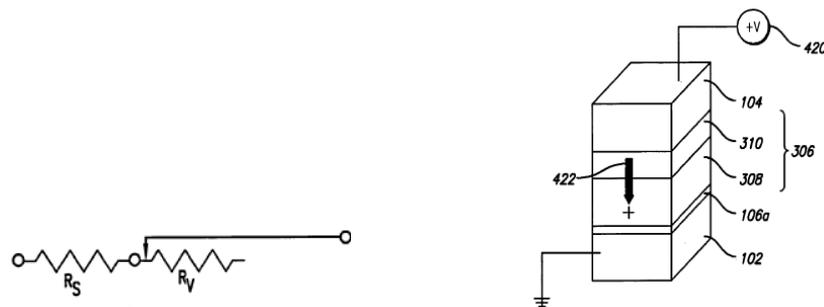


Figura 40. (a) Circuito equivalente. (b) Simplificación del proceso para configurar el dispositivo en estado ON

La sección *Exposición Detallada de la Invención* se divide en diferentes apartados: definiciones, switches controlados eléctricamente, proceso de fabricación y materiales para la región activa.

- En el primer apartado, se definen procesos o términos indispensables para comprender la patente.
- En el segundo apartado se describe el funcionamiento de un switch no volátil, como un mecanismo para conectar dos cables permitiendo o bloqueando el paso de corriente. También detalla el funcionamiento de las regiones activa primaria y secundaria. La primaria almacena el dopante y cuando se le aplica un campo eléctrico sufre una redistribución de dicho dopante que conlleva un cambio de resistencia. Este cambio en el valor de la resistencia hace posible distinguir entre dos estados, ON y OFF. La región activa secundaria se encarga de suministrar dopante a la primaria. En este mismo apartado se describen las dos configuraciones posibles ilustradas con un par de ejemplos y el circuito equivalente del conmutador, constituido por dos resistencias en serie.
- En el tercer apartado se describe la fabricación de los switches controlados eléctricamente. El proceso de fabricación comienza con la formación del primer electrodo. Esto implica un proceso de litografía y una deposición para generar una unión no covalente. Posteriormente para depositar el material de la región activa primaria se utilizan técnicas de *sputtering* y de evaporación. A continuación se deposita el material de la región activa secundaria. El proceso de fabricación termina con la creación del segundo electrodo. Cabe destacar que durante el proceso exige un control riguroso de los niveles de concentración de dopante.

- Para finalizar la *Descripción Detallada*, se listan diferentes materiales posibles para la región activa, puntualizando las características y propiedades de cada uno. Esto facilita la selección del material más apropiado según las necesidades de la aplicación.

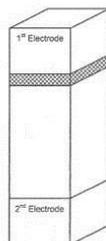
En las *Reivindicaciones* de ésta patente se reclama la concesión para un switch eléctricamente controlado de dos electrodos y dos regiones activas, argumentando que sus características son novedosas respecto a otros switches. Para diferenciar esta invención de otras anteriores incluyen asimismo las diferentes configuraciones del conmutador, ya sea la composición de los electrodos, el espesor de la región activa primaria o los diferentes compuestos de la región activa secundaria.

Por último, se incorporan 19 *Dibujos* que ayudan a comprender mejor la patente.

### **PATENTE 2: Memristor Devices Configured To Control Bubble Formation [21]**

Titular	Fecha de solicitud	Estado	Protección	Patente
HP	2009-01-06	A1	-	W

Uno de los principales problemas en la fabricación de los memristores es la creación de la región activa, proceso en el que se forman burbujas de oxígeno que merman la vida útil del dispositivo. Esta patente ofrece una solución a dicho problema. En ella se propone crear la región activa utilizando materiales específicos que sean capaces de almacenar el oxígeno, consiguiendo así prolongar la vida útil.



**Figura 41.** Memristor con controlador de formación de burbujas

### **PATENTE 3: Memristor Having A Triangular Shaped Electrode [22]**

Titular	Fecha de solicitud	Estado	Protección	Patente
HP	2009-01-13	A1	-	W

La novedad presentada en ésta patente con respecto a las soluciones presentadas en las anteriores es la incorporación de un primer electrodo de sección triangular. Ésta configuración mejora el rendimiento del dispositivo porque facilita la concentración del dopante. En la patente se analizan así mismo otras formas de sección: romboidal, esférica, cuadrada,

rectangular,... especificando como cada una de ellas puede modificar el comportamiento del memristor.

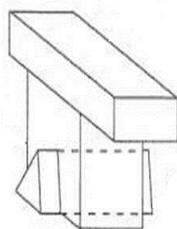


Figura 42. Memristor con electrodo triangular

#### PATENTE 4: Memristor With Nanostructure Electrodes [23]

Titular	Fecha de solicitud	Estado	Protección	Patente
HP	2009-01-15	B2	US	W

En esta patente se incorporan nanotubos, de unos pocos nanómetros de diámetro, para que actúen a modo de electrodos, reduciendo así el tamaño del dispositivo. Cada electrodo puede estar formado por un único nanocable o por un conjunto de ellos, sin necesidad de ser todos los nanocables idénticos, ya que pueden diferir en anchura y forma de sección.

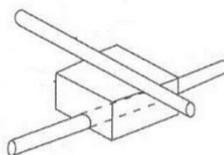


Figura 43. Memristor con nanotubos a modo de electrodos

#### PATENTE 5: Nanowire-Based Memristor Devices [24]

Titular	Fecha de solicitud	Estado	Protección	Patente
HP	2009-10-27	B2	US	W

A medida que la investigación se ha centrado en los nanodispositivos, han surgido novedades interesantes, como muestra esta patente. El memristor descrito aquí está fabricado dentro de un nanotubo dopado, reduciendo drásticamente el tamaño con respecto a las patentes anteriores. El nanotubo está compuesto de dos regiones que se repelen mutuamente para mantener el dopante en la parte interna. La región externa se corresponde con la región activa secundaria mientras que la interna corresponde a la región activa primaria.

Para variar la resistencia del dispositivo es necesario redistribuir el dopante, ya sea mediante pulsos eléctricos como en anteriores patentes o con un aumento de la temperatura. De ésta

manera es posible crear campos eléctricos de dos modos diferentes para lograr una nueva configuración del dopante.

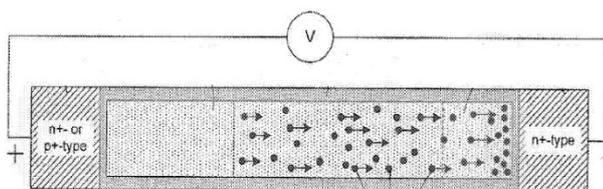


Figura 44. Memristor creado en un nanotubo

**PATENTE 6: Graphene Memristor Having Modulated Graphene Interlayer Conduction**  
[25]

Titular	Fecha de solicitud	Estado	Protección	Patente
HP	2010-03-30	B2	US	US

En las patentes anteriores se utilizan diversos materiales para formar la región activa. En ésta patente se sustituyen los materiales de la región activa por una o varias capas grafeno, abaratando los costes. El grafeno es un material que actúa como un filtro perfecto en ausencia de voltaje, impidiendo la difusión del dopante a través de los anillos hexagonales de su estructura y manteniendo constante el estado del dispositivo. Para configurar un nuevo estado es necesaria una redistribución del dopante que se logra aplicando pulsos eléctricos. De esta manera los iones atraviesan el grafeno y el valor de la resistencia varía.

La patente ofrece diferentes configuraciones posibles. La primera de ellas consiste en usar una única capa de grafeno defectuoso para facilitar la migración de los iones. Las capas de grafeno defectuoso se crean a partir de capas de grafeno ideal en las que se han desplazado átomos de carbono o en las que se han sustituido algunos átomos de carbono de la estructura por impurezas de manera que no actuará como un filtro perfecto y será más fácil de atravesar. En caso de optar por usar varias capas de grafeno, es decir grafito, se ofrecen dos alternativas: rellenar o no de material el espacio entre ellas. Otra posible configuración, incluye dos capas de grafeno, una defectuosa y otra ideal con el espacio entre ambas relleno de un material dieléctrico.

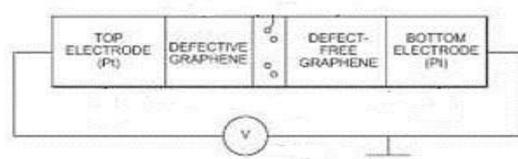


Figura 45. Memristor con capas de grafeno

**PATENTE 7: Defective Graphene-Based Memristor** [26]

Titular	Fecha de solicitud	Estado	Protección	Patente
HP	2010-04-05	B2	US	US

En ésta patente la región activa está formada por capas de grafeno. La novedad que presenta ésta patente con respecto a la Patente 6 es el uso de óxido de titanio, o materiales de propiedades similares, como material de relleno entre capas de grafeno defectuoso. Por un lado, el grafeno se encarga de crear nanoporos por los que se difunden los iones, creando vías a través del material. Por otro lado, el óxido de titanio recuerda dichos caminos aún en ausencia de energía, por lo que se considera un material memristivo. Este dispositivo logra mantener las vías por las que se difunden los dopantes incluso tras desconectar la alimentación, ahorrando la energía necesaria para reconfigurar de nuevo el memristor.

Los defectos de la red cristalina pueden tener un origen natural o haber sido creados voluntariamente. En el caso del grafeno dichos defectos se deben a vacantes correspondientes a átomos de carbono. En el óxido de titanio los defectos provienen de la falta de átomos de oxígeno. Para poder cambiar el estado del dispositivo (ON/OFF), es necesario aplicar un pulso eléctrico que fomenta la formación de canales conductores por los intersticios de la red cristalina.

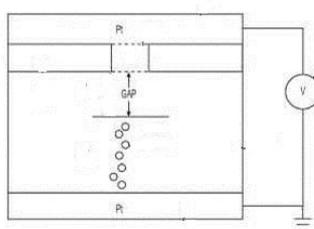


Figura 46. Memristor basado en grafeno defectuoso

**PATENTE 8: Memristor Based On Ferroelectric Tunnel Junction** [27]

Titular	Fecha de solicitud	Estado	Protección	Patente
Univ. Nanjing	2013-10-09	A1	-	CN

La invención presentada en esta patente describe un memristor basado en una unión túnel ferroeléctrica lo que aumenta el rendimiento de la memoria resistiva. La estructura de una unión de túnel ferroeléctrica consiste en un apilamiento de una capa de material ferroeléctrico entre un metal y un material semiconductor. En la estructura de túnel un material semiconductor actúa como electrodo interior. En este dispositivo el efecto de memoria resistiva se basa en la modulación síncrona de la altura y la anchura de barrera de la unión mediante el control de la polarización la capa ferroeléctrica.

Este dispositivo logra evitar algunos problemas de un memristor tradicional, tales como el estado de electrificación aleatorio debido a defectos derivados del proceso de fabricación o la dispersión de tensión en los procesos de lectura/escritura.

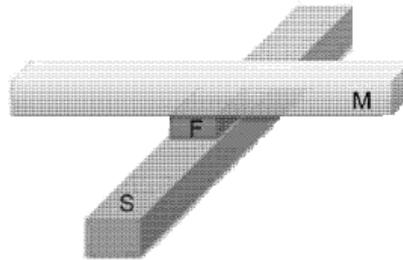


Figura 47. Memristor basado en unión túnel ferroeléctrica

#### 4.4 - Evolución

Una vez analizadas todas las patentes, es posible reconstruir la evolución del memristor desde la configuración original hasta los dispositivos más actuales, como se observa en la figura 48.

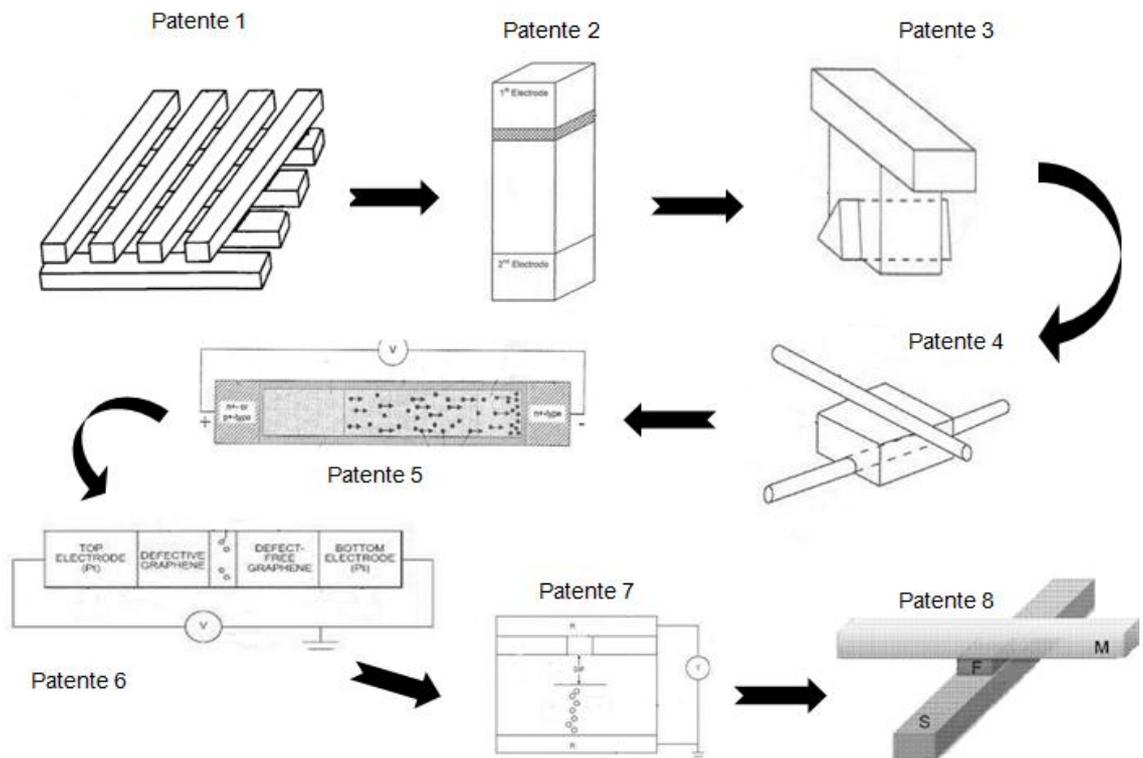


Figura 48. Evolución del memristor

Tomando como punto de partida la Patente 1, la vida útil del dispositivo se alarga con un método para controlar la formación de burbujas tal y como se describe en la Patente 2. A continuación la Patente 3 mejora el rendimiento del dispositivo al incorporar electrodos de

diferente sección. Con la Patente 4 se logra reducir el tamaño del dispositivo al incorporar nanotubos a modo de electrodos. No obstante, la reducción más significativa se consigue con la innovación de la Patente 5, al lograr crear dentro de un nanocable un memristor completo. La Patente 6 introduce el grafeno, material que puede reducir el coste de fabricación. La Patente 7 combina el grafeno con materiales memristivos. Por último, y basándose en efectos cuánticos, la Patente 8 evita algunos problemas de los memristores tradicionales.

## 5 - Conclusiones

El presente trabajo me ha permitido adquirir una mejor comprensión de las patentes y de su importancia en la industria y la investigación. Además, he aumentado mi conocimiento acerca de la tecnología del memristor y sus aplicaciones. Adicionalmente, he realizado tutorías y un seminario que me han ayudado a mejorar la comprensión tanto del sistema de patentes como de la tecnología micro-nanoelectrónica relacionada con el mencionado dispositivo.

Las patentes en su conjunto son una fuente de información al margen del contenido de cada una. Por ejemplo, se ha visto una relación entre la economía y el número de peticiones de patentes, habiendo un mayor número de solicitudes en tiempos de prosperidad económica.

Una patente es fuente de conocimiento de la que puede extraerse información técnica útil referente a fabricación, materiales y técnicas. Estos conocimientos pueden aplicarse en otras investigaciones y contribuir así al avance de la ciencia. Además, son una buena referencia para evitar investigaciones paralelas puesto que informan acerca del estado actual de la técnica.

A través del estudio de una serie patentes del memristor se ha mostrado la posibilidad de observar la evolución del dispositivo. El estudio de la evolución ha permitido constatar el gran interés que suscita este dispositivo debido al gran número de patentes correspondientes al memristor. En la actualidad las universidades y empresas chinas lideran las aportaciones de solicitudes de patentes relacionadas con el mencionado dispositivo situándose a la vanguardia de esta tecnología.

## Bibliografía

- [1] Agentes de la Propiedad Intelectual, «agentes-propiedad-intelectual.es,» [En línea]. Available: <http://www.agentes-propiedad-industrial.es/articulos/articulo-propiedad-industrial-Protectia-Agencia-de-patentes-y-marcas-Abogados-propiedad-intelectual-Historia-de-las-patentes.html?id=112>. [Último acceso: 9 6 2014].
- [2] Oficina Española de Patentes y Marcas, «oepm.es,» [En línea]. Available: <http://www.oepm.es/cs/OEPMSite/contenidos/Folletos/08-la-patente-europea.html>. [Último acceso: 9 6 2014].
- [3] Oficina Europea de Patentes, «epo.org,» [En línea]. Available: <http://www.epo.org/about-us/organisation/member-states.html>. [Último acceso: 10 6 2014].
- [4] Oficina Europea de Patentes, «epo.org,» [En línea]. Available: <http://www.epo.org/about-us/organisation/member-states.html>. [Último acceso: 9 6 2014].
- [5] Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, «wipo.int,» [En línea]. Available: <http://www.wipo.int/pct/es/faqs/faqs.html>. [Último acceso: 9 6 2014].
- [6] Oficina Española de Patentes Y Marcas, «oepm.es,» [En línea]. Available: [http://www.oepm.es/es/propiedad\\_industrial/preguntas\\_frecuentes/FaqInvenciones28.html](http://www.oepm.es/es/propiedad_industrial/preguntas_frecuentes/FaqInvenciones28.html). [Último acceso: 9 6 2014].
- [7] Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, «wipo.int,» [En línea]. Available: [http://www.wipo.int/sme/es/faq/pat\\_faqs\\_q4.html](http://www.wipo.int/sme/es/faq/pat_faqs_q4.html). [Último acceso: 9 6 2014].
- [8] Fagor, «Horno Pirofítico, Preferentemente Doméstico». Patente ES 2393392, 20 12 2012.
- [9] Dimitri B. Strukov, Gregory S. Snider, Duncan R. Stewart & R. Stanley Williams, «The missing memristor found,» *Nature*, vol. 435, nº Mayo, pp. 80-83, 2008.
- [10] Universidad Técnica Federico Santa María, «utfsm.cl,» [En línea]. Available: [http://wiki.inf.utfsm.cl/index.php?title=Memoria\\_RAM\\_Basada\\_en\\_Memristores](http://wiki.inf.utfsm.cl/index.php?title=Memoria_RAM_Basada_en_Memristores). [Último acceso: 25 10 2013].
- [11] Guy Satat, Nimrod Wald & Shahar Kvatinsky, «technion.ac.il,» [En línea]. Available: [http://webee.technion.ac.il/people/skva/Memristor%20Projects/Memristor-%20final%20report\\_Guy\\_Nimrod\\_Winter2012.pdf](http://webee.technion.ac.il/people/skva/Memristor%20Projects/Memristor-%20final%20report_Guy_Nimrod_Winter2012.pdf). [Último acceso: 19 11 2013].
- [12] Willie D. Jones, «ieee.org,» [En línea]. Available: <http://spectrum.ieee.org/semiconductors/nanotechnology/the-logic-behind-the-memristor>. [Último acceso: 20 11 2013].
- [13] Artificial Brains, «artificialbrains.com,» [En línea]. Available: <http://www.artificialbrains.com/darpa-synapse-program>. [Último acceso: 25 11 2013].
- [14] Wikipedia, «wikipedia.org,» [En línea]. Available: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sinapsis>. [Último acceso: 5 6 2014].

- [15] Ciencia Al Día, «cienciaaldia.com,» [En línea]. Available: <http://cienciaaldia.com/2013/02/el-pano-para-un-cerebro-artificial/>. [Último acceso: 5 6 2014].
- [16] José Luis Blanco, «ciencia-explicada.com,» [En línea]. Available: <http://www.ciencia-explicada.com/2010/12/los-cerebros-positronicos-se-haran.html> . [Último acceso: 5 6 2014].
- [17] Kurzweilai, «kurzweilai.net,» [En línea]. Available: <http://www.kurzweilai.net/nanowire-memristor-networks-emulate-brain-functions>. [Último acceso: 20 11 2013].
- [18] C. Garling, «wired.com,» [En línea]. Available: <http://www.wired.com/wiredenterprise/2012/07/memristors/>. [Último acceso: 2 12 2013].
- [19] F. R. Villatoro, «Naukas.com,» [En línea]. Available: <http://francis.naukas.com/2012/08/04/serias-dudas-sobre-si-el-memristor-ha-sido-realmente-fabricado/>. [Último acceso: 2 12 2013].
- [20] R. Stanley Williams & Hewlett-Packard Company, «Electrically Actuated Switch». Patente US 2008/0090337, 3 8 2006.
- [21] Hewlett-Packard Company, «Memristor Devices Configured To Control Bubble Formation». Patente W 2010/080079, 6 1 2009.
- [22] Hewlett-Packard Company, «Memristor Having A Triangular Shaped Electrode». Patente W 2010/082922, 13 1 2009.
- [23] Hewlett-Packard Company, «Memristor With Nanostructure Electrodes». Patente W 2010/082929, 15 1 2009.
- [24] Hewlett-Packard Company, «Nanowire-Based Memristor Devices». Patente W 2011/0096589, 27 10 2009.
- [25] Hewlett-Packard Company, «Graphene Memristor Having Modulated Graphene Interlayer Conduction». Patente US 2011/0240946, 30 3 2010.
- [26] Hewlett-Packard Company, «Defective Graphene-Based Memristor». Patente US 2011/0240947, 5 4 2010.
- [27] Universidad de Nanjing, «Memristor Based On Ferroelectric Tunnel Junction». Patente CN 103346256, 9 10 2013.
- [28] Oficina Española de Patentes y Marcas, «oemp.es,» [En línea]. Available: <http://www.oepm.es/cs/OEPMSite/contenidos/Folletos/08-la-patente-europea.html>. [Último acceso: 11 6 2014].

## Agradecimientos

Quisiera agradecer a mis tutoras, María Inés Torres y María Victoria Martínez, el apoyo y la ayuda en la realización de este Trabajo Fin de Grado. Gracias a sus sugerencias, ideas y correcciones, el trabajo ha ido tomando forma a lo largo del curso.

Me gustaría agradecer tanto a Leyre como a Nerea su apoyo en los momentos de cambio, ya que sin ellas este trabajo no hubiera sido posible.

A Mikel, por su apoyo y su paciencia en los momentos más duros.

A Ibon, por encontrar humor en todas partes.

A Iker, por todo.

A mi ama y a mi aita, por apoyarme cada día.

Eskerrik asko guztioi.