



ik4 research alliance

Ikerlan S.Coop

P^o J.M. Arizmendiarieta, 2
20500 ARRASATE - MONDRAGÓN
GIPUZKOA
Fernando Martínez
943 71 24 00 - fmartinez@ikerlan.es



Maier Technology Center-MTC
Polígono Industrial Arabieta
Apartado 51
48300 GERNIKA - BIZKAIA
Mario Ordóñez
94 625 92 65 - marord@mtc.maier.es



Fundación Cidetec
Parque Tecnológico de Miramón
Paseo Miramón, 196
20009 Donostia - GIPUZKOA
Josetxo Pomposo
943 30 90 22 - jpomposo@cidetec.es



Inasmets
Mikelegi Pasealekua, 2
Parque Tecnológico / Teknologi Parkea
20009 Donostia - GIPUZKOA
Javier Coletto
943 00 37 04 - jcoletto@inasmets.es



Grupo de Investigación en Metalurgia Física
UPV/EHU - Facultad de Ciencia y Tecnología LEJOA - BIZKAIA
Apartado 644, 48080 BILBAO
Jose M^o San Juan
94 601 24 78 - wmpsanuj@lg.ehu.es



Grupo de Magnetismo y Materiales Magnéticos
UPV/EHU - Facultad de Ciencia y Tecnología LEJOA - BIZKAIA
Apartado 644, 48080 BILBAO
Jon Gutiérrez
94 601 25 53 - jon@we.lc.ehu.es



Laboratorio de Química Macromolecular
UPV/EHU - Facultad de Ciencia y Tecnología LEJOA - BIZKAIA
Apartado 644, 48080 BILBAO
Jose Luis Vilas
94 601 59 67 - gfpvivil@lg.ehu.es



Robotiker
Parque Tecnológico, Edif. 202
48170 Zamudio - BIZKAIA
Arantxa Rentería
94 600 22 66 - arantxa@robotiker.es



Mondragón Unibertsitatea -
Goi Eskola Politeknikoa
Loramendi 4, Aptdo. 23
20500 Mondragón - GIPUZKOA
Iñaki Hurtado
943 79 47 00 -
ihurtado@eps.mondragon.edu



ABRIL 2005

Adimendun

MATERIA LA K



Boletín externo ACTIMAT n^o 7

- 1 PRESENTACIÓN
- 2 MATERIALES INTELIGENTES: ELECTRO Y MAGNETOACTIVOS
- 3 ACTIVIDADES
- 4 NOVEDADES
- 5 PUBLICACIONES Y CONGRESOS

Información



Para solicitar información acerca de estos artículos y publicaciones, contactar con

JOSE RAMÓN DIOS
GAIKER
CENTRO TECNOLÓGICO

Parque Tecnológico, Edificio 202
48170 Zamudio BIZKAIA SPAIN
Tel.: 34 94 600 23 23
Fax: 34 94 600 23 24
e-mail: dios@gaiker.es

EUSKO JAURLARITZA

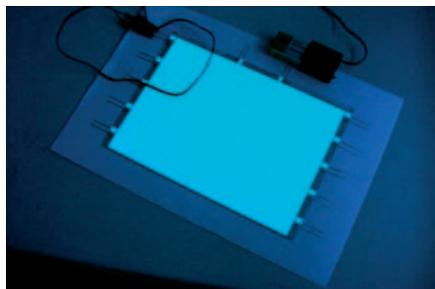


GOBIERNO VASCO

INDUSTRIA MERKATARITZA ETA
TURISMO SAILA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIA
COMERCIO Y TURISMO

PRESENTACIÓN



Dedicamos el presente número del Boletín a los materiales magneto y electro-activos, mostrando una panorámica de los materiales que existen actualmente, abarcando tanto sus características principales como sus aplicaciones más novedosas en diversos sectores industriales.

En esta ocasión el CIDETEC – Centro Tecnológico (Donostia), y miembro de ACTIMAT, presenta en el tema principal sus conocimientos y su experiencia en el área de los materiales magneto y electro-activos.

Este tipo de materiales actúan o reaccionan ante cambios eléctricos o magnéticos. Se trata de materiales que pueden permitir el desarrollo de sensores y actuadores. CIDETEC a través de su reconocida experiencia investigadora en polímeros conductores, ha desarrollado en los últimos años polímeros electroactivos (Electro Active Polymers, EAPs), con diferentes funciones.

Como en anteriores ocasiones, espero que este tema y el resto de contenidos sean una vez más de su interés, finalmente no duden en hacernos llegar los comentarios e inquietudes que tengan a bien considerar,

D. José Ramón Dios
Coord. del Consorcio ACTIMAT

Miembros del Consorcio



MATERIALES INTELIGENTES: ELECTRO Y MAGNETO-ACTIVOS

Entre los grandes desafíos científico-tecnológicos del siglo XXI podemos incluir el diseño y desarrollo de materiales inteligentes o "smart materials". Una de las definiciones que mejor delimita la naturaleza y características de estos materiales es la dada por Gordon G. Wallace: "un material inteligente es aquel capaz de reconocer adecuadamente un estímulo de su entorno, procesar la información proveniente del estímulo y responder de forma adecuada y en tiempo real". Complementariamente, se puede decir que un material inteligente es un material hecho por el hombre que mimetiza la habilidad de la naturaleza para reaccionar ante estímulos externos.

Las clasificaciones existentes sobre materiales inteligentes son muchas y variadas, basándose en su fundamento físico, químico, de funcionamiento, etc. Intentaremos dar una clasificación lo más amplia posible en base al fundamento físico por el que se procesa la información del estímulo y la respuesta. En la tabla 1 se muestran horizontalmente los principios físicos que origina la respuesta del material, mientras que, verticalmente se enuncian los estímulos.



Figura 1: Principio de funcionamiento de los materiales inteligentes

Tabla 1 - Clasificación de los materiales inteligentes en base a la función física involucrada en el par Estimulo/Respuesta:

RESPUESTA ESTIMULO	ELÉCTRICA	MAGNÉTICA	ÓPTICA	TÉRMICA	MECÁNICA
ELÉCTRICA			Electrocromico Electro-luminiscente Electro-óptico	Termoeléctrico	Piezoeléctrico Electrostrictivo Fluidos Electroreológicos
MAGNÉTICA			Magneto-óptico		Fluidos Magnetoreológicos Magnetostrictivo Elastomagnético Memoria de Forma magnética
ÓPTICA	Fotoconductor	Fotocromico			Aleaciones con memoria de forma
TÉRMICA			Termocromico Termo-luminiscente		
MECÁNICA	Electrostrictivo Piezoeléctrico	Magnetostrictivo Elastomagnético Memoria de Forma magnética	Mecánico-cromico		

MATERIALES INTELIGENTES:
ELECTRO Y MAGNETO-ACTIVOS

➔ **Materiales Electrocrómicos**

Los materiales electrocrómicos se definen como aquellos materiales que cambian de coloración bajo la acción de un campo eléctrico y lo hacen de forma reversible, volviendo a su coloración inicial al invertir el potencial. Estas variaciones de coloración son debidas a cambios estructurales experimentados por el material al ser sometido a procesos de oxidación y/o reducción. Los materiales electrocrómicos tienen una amplia diversidad de aplicaciones entre las que podemos citar displays, gafas de sol, ventanas inteligentes, paneles informativos o espejos retrovisores anti-deslumbramiento.

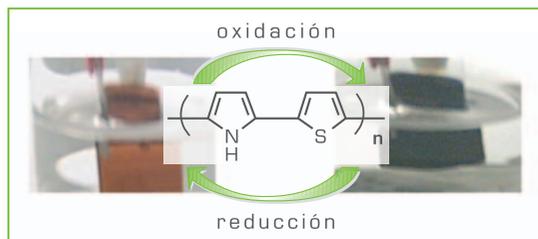


Figura 2: Cambio de coloración (naranja-negro) entre el estado oxidado y reducido de un polímero conductor derivado de un nuevo monómero pirrol-tiofeno.

Fluidos Magnetoreológicos y Ferrofluidos

Los fluidos magnetoreológicos son una clase de líquidos cuyas propiedades se pueden controlar mediante la aplicación de un campo externo. Entre estos fluidos activos mediante campo se encuentran los fluidos electroreológicos (ER), los ferrofluidos y los fluidos magnetoreológicos (MR). En la mayoría de los casos son dispersiones de partículas en un líquido portador, si bien, en algún caso pueden ser semi-sólidos. Sus propiedades reológicas varían y pueden ser controladas mediante la aplicación de un campo externo eléctrico o magnético.

Los primeros fluidos magnetoreológicos fueron desarrollados por Rabinow en 1948. Un año después, 1949, Winslow presentaba el primer fluido electroreológico. Actualmente, existen fluidos magnetoreológicos comerciales compuestos de suspensiones coloidales de micropartículas magnéticas (1-10µm) en fluidos portadores como aceite natural o sintético, agua o glicol. Los últimos en ser desarrollados fueron los ferrofluidos, los primeros trabajos científicos se publicaron en 1985 por Rosensweig. A diferencia de los fluidos magnetoreológicos, los ferrofluidos están formados por una dispersión de nanopartículas magnéticas con carácter superparamagnético y monodominio. Esto permite la inversión de las nanopartículas a campos magnéticos aplicados menores.

Actualmente, se está trabajando en CIDETEC en la síntesis de nanopartículas magnéticas de tamaño y composición controlados para diseñar las propiedades magnéticas del material. En la figura 3, se representa el funcionamiento de un ferrofluido sin campo aplicado -izquierda- y con campo aplicado -derecha-. En el recuadro superior se muestra una imagen tomada por microscopía electró-



Figura 3: Comportamiento frente al campo magnético de un ferrofluido

nica de transmisión de las partículas sintetizadas por vía química. El tamaño promedio de estas partículas es de 4 nm.

Materiales Orgánicos Electroluminiscentes

Una pantalla electroluminiscente basada en materiales orgánicos (OLED – Organic Light Emitting Displays) está compuesta, en su configuración más básica, por una capa de material orgánico electroluminiscente ensamblada entre dos electrodos, ver figura 4. La función del ánodo es proporcionar huecos cargados positivamente. Un material muy utilizado para el ánodo es el óxido de titanio indio (ITO) debido a su transparencia. El cátodo proporciona los electrones necesarios a la capa orgánica emisora de luz.

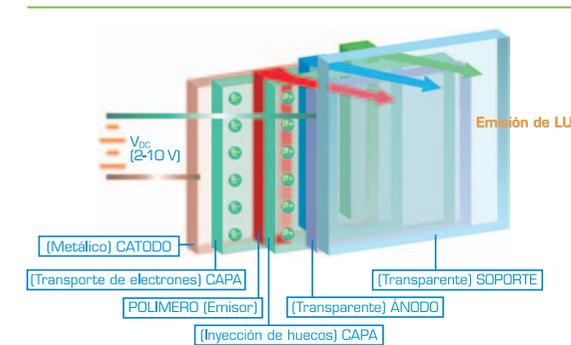


Figura 4: Representación esquemática de un dispositivo OLED

El origen de la electroluminiscencia en estos compuestos orgánicos es debido a la recombinación de los huecos y los electrones en su estado excitado, ver figura 5. Los electrones son inyectados desde el cátodo al orbital molecular de menor ocupación (LUMO). Mientras que, en el ánodo se extraen electrones de los orbitales moleculares de mayor ocupación (HOMO), es decir, se generan huecos en los orbitales HOMO del polímero o material orgánico. Bajo la influencia de un campo eléctrico externo, los electrones y los huecos migran hacia el film orgánico o polimérico, donde se recombinan para emitir luz cuando vuelven a su estado fundamental.

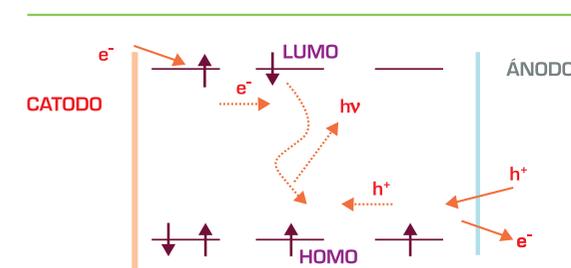


Figura 5: Transiciones energéticas producidas durante el proceso de electroluminiscencia

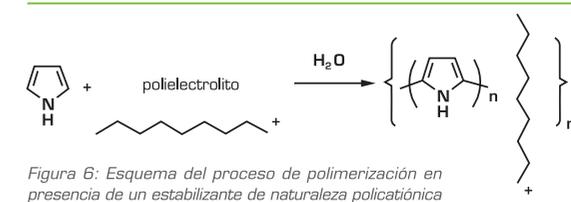


Figura 6: Esquema del proceso de polimerización en presencia de un estabilizante de naturaleza policatiónica

Estos dispositivos se plantean como una alternativa a las pantallas de cristales líquidos debido a su mayor eficiencia y su facilidad de producción. Actualmente, CIDETEC está trabajando en la formulación de dispersiones hidrofóbicas basadas en polímeros conductores que mejoren los fenómenos de transporte en los huecos positivos entre el ánodo y el polímero emisor de luz. Se ha desarrollado una estrategia para el desarrollo de dispersiones de polímeros conductores de pirrol en medios orgánicos de metanol, tetrahidro-

➔ **Materiales Termocrómicos**

Otros de los materiales inteligentes, que se han mencionado en la tabla 1, son los compuestos termocrómicos. El estímulo físico que reciben estos materiales para su activación es el cambio de temperatura y la respuesta a dicho estímulo es el cambio de color. Recientemente, CIDETEC ha diseñado un gel termocrómico que cambio de color de transparente a rosa a temperaturas cercanas a los 80° C, ver figura 7.

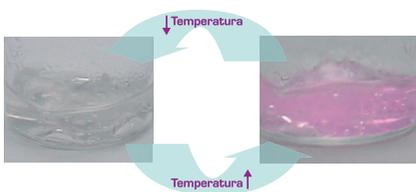


Figura 7: Gel termocrómico diseñado por CIDETEC

Materiales magnetostrictivos

La magnetostricción expresa la variación de las dimensiones de un sólido ferromagnético debido a la acción de un campo magnético aplicado y viceversa, ver figura 8. El coeficiente de magnetostricción se toma con signo positivo cuando existe un alargamiento de las

dimensiones del sólido por la acción de un campo magnético externo o deformación mecánica que inducen la reorientación de los momentos magnéticos y, por el contrario, con signo negativo si el campo aplicado o la deformación mecánica inducen una reducción de las dimensiones del material.

Desde el punto de vista de las aplicaciones, y en función del valor de la magnetostricción, se pueden clasificar estos materiales en:

- altamente magnetostrictivos ($\approx 10^{-5}$), como por ejemplo las aleaciones ricas en Fe,
- no magnetostrictivos ($\approx 10^{-7}$), aleaciones con una proporción Co/Fe ≈ 20
- y de magnetostricción negativa ($\approx -10^{-6}$), muestras que contienen Co como único metal de transición.

Los esfuerzos actuales para la mejora de los materiales magnetostrictivos van enfocados al aumento de los valores de magnetostricción. En este sentido, CIDETEC está trabajando en el diseño y síntesis de composites magnetopoliméricos con gran magnetoelasticidad (nanopartículas de Niquel-matriz elástica) (ver figura 9).

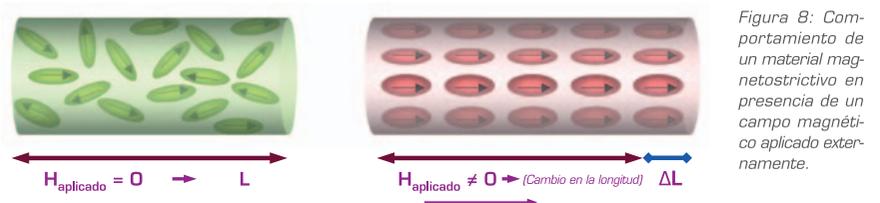


Figura 8: Comportamiento de un material magnetostrictivo en presencia de un campo magnético aplicado externamente.

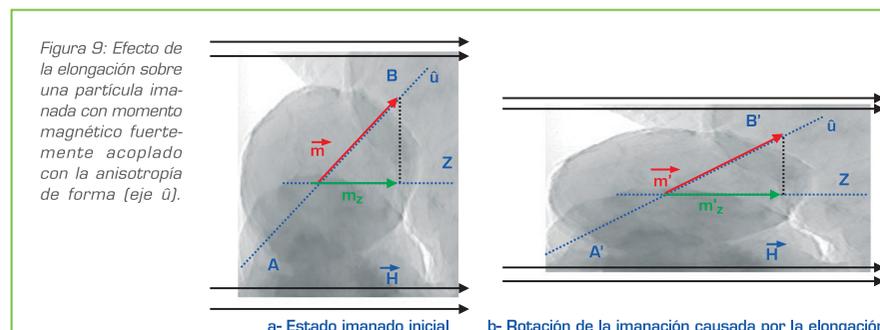


Figura 9: Efecto de la elongación sobre una partícula imanada con momento magnético fuertemente acoplado con la anisotropía de forma (eje \hat{u}).

■■■ **LABORATORIO DE QUÍMICA MACROMOLECULAR**

UPV/EHU Facultad de Ciencia y Tecnología – Leioa (Bizkaia)

La actividad del Laboratorio de Química Macromolecular en el Proyecto ACTIMAT se centra en el diseño y síntesis de materiales orgánicos con propiedades susceptibles de ser útiles como sensores y/o actuadores.

Los objetivos básicos que se pretenden podrían resumirse en los siguientes aspectos:

1. Desarrollo y mejora de métodos de síntesis de polímeros, especialmente aquellos que permiten obtener polímeros de topología controlada.
2. Desarrollo de sistemas microemulsionados para la síntesis de nanopartículas orgánicas y metálicas.
3. Modificación de polímeros para mejorar sus propiedades sensoras y/o actuadoras.

Bajo este conjunto de objetivos básicos se están realizando diferentes aportaciones, siempre desde la cercanía del conocimiento básico, al desarrollo de materiales que presenten propiedades específicas, como son propiedades piezoeléctricas, memoria de forma, propiedades magnéticas...

Concretamente, los esfuerzos del Laboratorio de Química Macromolecular se están centrando en las siguientes líneas de investigación:

Polímeros piezoeléctricos

La piezoelectricidad es una propiedad muy demandada por los diseñadores de elementos sensores y actuadores, especialmente si estos elementos están fabricados a partir de materiales plásticos por las ventajas comparativas que podrían aportar (facilidad de transformación, ligereza, resistencia a medios agresivos...). Uno de los pocos materiales plásticos útiles desde este punto de vista es el PVDF y alguno de sus copolímeros, si bien su rango de utilización está limitado a temperaturas menores a 100°C. En esta línea de investigación se pretende sintetizar nuevos monómeros precursores de polímeros con propiedades piezoeléctricas. Para ello se está trabajando con polímeros obtenidos a partir de diaminas con sustitutos de levadura polaridad, siendo estos últimos los determinantes de la actividad piezoeléctrica.

Polímeros memoria de forma – SMP.

El efecto de memoria de forma en materiales poliméricos podría posibilitar un elevado número de aplicaciones tecnológicas, tanto en el campo de la sensorica, como en otros aspectos.



Laboratorio de Química Macromolecular UPV/EHU

→ Si bien sus mecanismos para el caso de aleaciones metálicas han sido ampliamente estudiados (ADIMENDUN Materialak, nº 6), no podemos decir lo mismo en el caso de



Sensor piezoeléctrico polimérico

materiales poliméricos, en los cuales el efecto puede ser obtenido por diferentes vías, dificultando el análisis y control de dicho efecto.

En esta línea de investigación se están desarrollando nuevos sistemas poliméricos que presentan memoria de forma inducida térmicamente, si bien el objetivo final podría resumirse en la comprensión de fenómeno que da lugar al efecto de memoria de forma al objeto de poder inducirlo mediante diferentes estímulos (radiación electromagnética, concentración de sustancias químicas...). El trabajo se está realizando con diferentes cicloalquenos a través de polimerización por metatesis, la cual permite un preciso control de la topología del material.

Materiales Magnetopoliméricos

El aporte de propiedades magnéticas a compuestos orgánicos mediante la incorporación de partículas metálicas permite la obtención de una nueva familia de sensores/actuadores difícil de pensar con material polimérico únicamente. En esta línea de investigación se han abordado dos posibles caminos en la obtención de este tipo de materiales híbridos: por una parte se han preparado materiales híbridos polímero/micro-nanopartículas magnéticas, en los cuales se ha utilizado el poliuretano como polímero y Terfenol como micropartícula, buscando propiedades magnéticas, es decir, un cambio en el tamaño del elemento como consecuencia de variaciones en la imanación; y por otro lado se están desarrollando sistemas híbridos polímero/nanopartículas metálicas que nos permitirán realizar elementos sensores de tamaño nanométrico. En este caso se está procediendo tanto a la obtención de diferentes sistemas poliméricos, como de diferentes nanopartículas metálicas, lo que nos permitirá obtener un amplio rango de sistemas, y por tanto de propiedades.

ROBOTIKER CENTRO TECNOLÓGICO Zamudio (Bizkaia)

Dentro de las actividades de ROBOTIKER en ACTIMAT en el campo de los procesos inteligentes, se encuentra la inferencia de parámetros.

Para controlar un proceso es necesario conocer la información de ciertas variables fundamentales en su ejecución. La manera habitual de obtener dichos datos es la sensorización, pero existen situaciones en las que el sensor adecuado no existe o es excesivamente caro, por lo que se opta por estimar la información de esa variable a partir de los datos que sí se pueden medir. Es lo que se conoce como inferencia de parámetros.

En el área de los procesos industriales, las variables implicadas en la realización de un proceso siempre están relacionadas de algún modo. Muchas veces esa interrelación es compleja y altamente no lineal, lo que lleva a la necesidad de utilizar modelos inteligentes para determinarla. Las redes neuronales proporcionan uno de los métodos más eficaces para realizar la inferencia, ya que han demostrado su capacidad de aprender a determinar parámetros a partir del conocimiento de otros y a base de la realización de un aprendizaje adecuado.

La red neuronal es un sistema de procesamiento de información que consiste en muchas unidades de procesamiento simples con un alto grado de interconexión entre ellas. Las unidades de procesamiento trabajan en cooperación las unas con las otras realizando muchos procesamientos distribuidos en paralelo, lo que proporciona un manejo de la información rápido y eficaz.

ROBOTIKER ha realizado la inferencia de parámetros en ciertos procesos industriales. En uno de ellos se pretendía conocer ciertas características de materiales que no se pueden medir. En concreto, se quería conocer el "color" de un vidrio. Dato que nos aporta información sobre la composición del mismo.

Dicho color es algo que no se puede medir. Sí se pueden medir, sin embargo, otras cosas. Para determinar, por lo tanto, ese dato, se optó por la técnica de inferencia de parámetros con redes neuronales.

Se tomaron imágenes de los vidrios de los que se extrajeron varios parámetros gracias a la utilización de programas de visión. Estos parámetros son, entre otros, la media del tono, la varianza del tono, la varianza de la saturación y la media de la intensidad; todos ellos en formato HSL y RGB.

Se creó una red neuronal backpropagation de tres capas y se comenzó el aprendizaje aportándole muestras de entrenamiento, verificación y test.

En principio se le proporcionó a la red la información sobre 20 vidrios, de los cuales 10 eran claros y 10 oscuros.

Se llegó a la conclusión de que el número de entradas a la red era excesivo. A esta conclusión se llega ya que al igual que el cerebro, las redes neuronales realizan simplificaciones para averiguar cuáles son los elementos más relevantes del sistema, bien porque la cantidad de información de que se dispone es excesiva, o bien porque es redundante.

Se obtuvieron varias configuraciones de red posibles para solucionar el problema de reconocimiento de vidrios. Cada una utilizaba un número concreto de entradas y neuronas



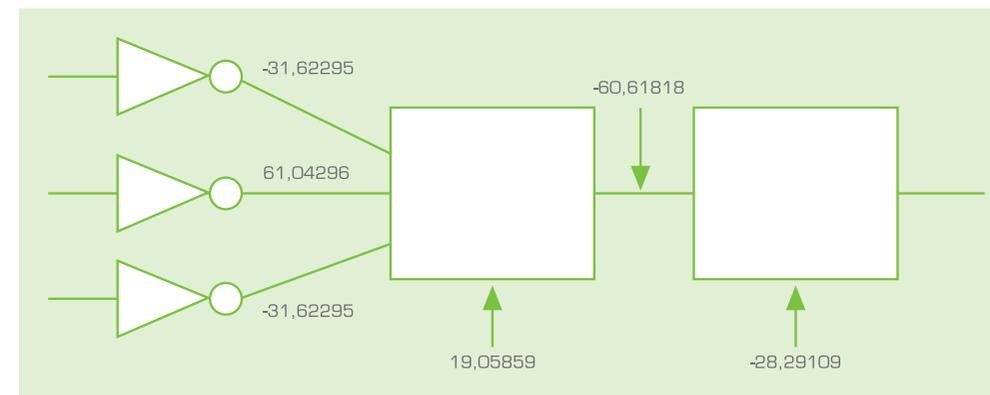
en cada capa, y daba lugar a un determinado error de entrenamiento, verificación y test, así como a un tanto por cierto de aciertos en entrenamiento, verificación y test. Se optó por la solución que presentaba los menores errores. Con todo esto, se concretó el tipo de red, el número de entradas y el de neuronas que se utilizan en cada capa.

El número de entradas se redujo a tres: la varianza del tono en formato HSL, la media del tono en formato RGB y la varianza de la saturación en formato RGB.

Se ajustó el valor de los pesos y vías de la red para minimizar aún más el error.

A continuación se cargaron como entradas a la red nuevos parámetros correspondientes a nuevos vidrios de los que se conocía el "color", esperando que la respuesta que proporcionase la red fuera la correcta y así poder dar por buena la red solución adoptada.

Gracias a este método de estimación de parámetros se consiguió conocer el valor del inmensurable parámetro "color" del vidrio a partir de otros datos que sí pueden medirse.



Red Neuronal para inferencia del parámetro "color" del vidrio

Medias inteligentes para pies fríos

Una empresa de Nueva Zelanda inventó un par de medias que pueden mantener los pies calientes toda una noche, con ayuda de baterías. La compañía, Canesis Network, desarrolló las medias en colaboración con una empresa australiana especializada en lana, Australian Wool Innovation. Es el primero de una serie de productos similares que tienen previsto poner en el mercado en los próximos meses. Los inventores utilizaron una "lana inteligente", que mezcla lana normal y una fibra conductora, creando fibras interconectadas con suficiente resistencia para calentarlas.

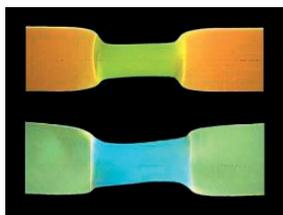


Para más información:

<http://www.laflecha.net/canales/ciencia/200405272/>

Materiales que cambian de color al deformarse podrían utilizarse en productos alimentarios

Investigadores de la Universidad de Cleveland (Case Western Reserve University) han desarrollado unos materiales inteligentes que cambian de color si sufren deformaciones. Estos materiales pueden tener su aplicación en los envases de productos alimentarios, sirviendo para detectar los daños en la integridad de los envases de los mismos, que pueden alterar el producto.



Se trata de una mezcla de polímeros convencionales con pigmentos fluorescentes que actúan como sensores naturales, cambiando de color si la pieza se deforma. La cantidad de pigmento fluorescente necesario es mínima y el sistema funciona con plásticos tan corrientes como el polipropileno o el polietileno.

Para más información:

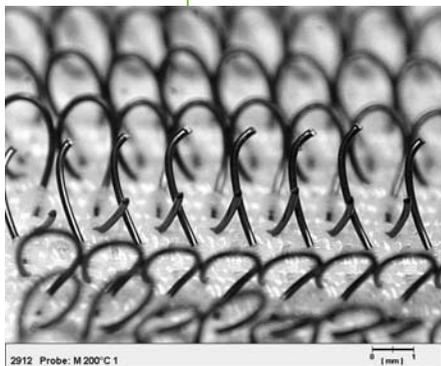
<http://www.sciencedaily.com/releases/2005/02/050205122742.htm>

Cierre de velcro realizado con aleaciones con memoria de forma

El CRC (Corporate Research Centre) de EADS, ha desarrollado y patentado un prototipo de cierre de velcro "térmico", que permite uniones reversibles y multidimensionales de piezas rígidas debido a que los elementos pueden separarse y volver a unirse verticalmente uno con otro sin necesidad de consumir energía.

Para más información:

<http://www.eads.net/frame/content/es/1024/content/0F0000000400006/3/04/33626043.html>



2012 Probe: M 200°C 1

0 1 mm

PUBLICACIONES

LIBROS

- **"Magnetism, Nanosized and Magnetic Materials"**, Joel S. Miller, Marc Drillon, Noviembre 2001. Para más información: <http://www.wileyurope.com>
- **"Engineering of Mind: An Introduction to the Science of Intelligent Systems"**, James S. Albus and Alexander M. Meystel, Septiembre 2001. Para más información: <http://www.wileyurope.com>
- **"Applied Photochromic Polymer Systems"**, C.B. McArdle, Senior Chemist, Product Technology Research Laboratory, Loctite, Ltd Dublin, Ireland. Para más información: <http://www.wkap.nl>

REVISTAS

- **"Advanced Engineering Materials"**, advanced Engineering Materials are the springboard for many technological breakthroughs. Their superior performance and manufacturing advantages have become critical factors in determining a product's market success. Advanced Engineering Materials is published in cooperation with the German Materials Society (Deutsche Gesellschaft für Materialkunde, DGM), the French Materials Society (Société Française de Métallurgie et de Matériaux, SF2M) and the Swiss Materials Federation (Schweizer Verband für Materialtechnik, SVMT). Para más información: <http://www.wiley-vch.de>
- **"Sensors Update, Journal"**, Sensors Update is the unique source of reviews that keeps you up to date on the latest developments in materials, design, production, and application of sensors, signal detection and processing, as well as new sensing principles. As of 2001, Sensors Update will be available online via our service Wiley InterScience and so provide even better service to our readers. Articles will be published online far in advance of print through the Early View Service. Para más información: <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-2081.html>



CONFERENCIAS

- **5 - 8 Abril: "2005 InterMag Conference"**, Nagoya, Japan. Para más información: <http://www.magnetism.org/futureconf.html>
- **18 - 20 Abril: "OLEDs Asia 2005"**, Seoul, Republic of Korea. Para más información: <http://www.intertechusa.com/oledsasia.html>
- **23 - 28 Abril 2005: "48 th Annual SVC Technical Conference and Smart Material Symposium"**, Denver, Colorado. Para más información: <http://www.svc.org>
- **26 - 28 Abril 2005: "European Coatings Show 2005, plus adhesives, sealants construction Chemical"**, Nürnberg, Germany. Para más información: <http://www.european-coatings-show.de/main/Page.html>
- **8 - 12 Mayo: "Nanotech: 2005 NSTI Nanotechnology Conference and Trade Show"**, Anaheim, California. Para más información: <http://www.nsti.org/Nanotech2005/>
- **10 - 12 Mayo: "High Performance & Functional Pigments"**, Toronto, Canadá. Para más información: http://www.intertechusa.com/Division_Performance/05_05_High%20Performane%20Pigments/2a_introduction.html
- **1 - 2 Junio: "SMART 2005 Conference"**, Sydney, Australia. Para más información: <http://www.smartconference.com.au/>
- **9 - 10 Junio 2005: "SMART COATINGS IV"**, Berlin, Germany. Para más información: http://www.emich.edu/public/coatings_research/smartcoatings/brochure.doc
- **20 - 22 Junio: "Flexible Displays & Electronics 2005"**, San Francisco, USA. Para más información: http://www.intertechusa.com/Division_Electronics/06-20_Flex/2a_introduction.html