

Universidad Latinoamericana de  
Ciencia y Tecnología

**ULACIT**

Escuela de Ingeniería Informática

Papel electrónico: La próxima generación de  
pantallas digitales semejantes al papel

Perkins Hernández Solano<sup>1</sup>

Prof. Miguel Pérez Montero

II Cuatrimestre, 2005

---

<sup>1</sup> Bachiller en Ingeniería Informática. Candidato a Licenciatura en Informática con énfasis en Redes y Sistemas Telemáticos, ULACIT. Correo electrónico: perkinsh@costarricense.cr.

### **Dedicatoria**

A mis amados padres Alfredo Hernández y Teresa Solano, por su amor, cariño y comprensión. Siendo ellos una fuente de inspiración para mi vida y un apoyo en todas las labores que emprendo.

## **Agradecimiento**

Al que es digno de recibir la honra, gloria y honor,

Jesús.

## Índices

### Índice de contenido

Portada .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índices.....	iv
Resumen .....	v
Abstract.....	v
Lista de palabras claves .....	v
Papel electrónico: La próxima generación de pantallas digitales semejantes al papel.....	1
¿Qué es Papel Electrónico?.....	4
Convergencia de tecnologías .....	5
Tinta electrónica .....	5
Electrohumectación .....	9
Direccionamiento de las microcápsulas.....	12
Transistores de película delgada y la matriz activa .....	13
Impresión de Microcontacto ( $\mu$ CP) .....	16
Escenarios del e-papel .....	19
Características del papel electrónico.....	23
E-papel, tecnología amiga del medio ambiente .....	24
Conclusiones.....	27
Lista de referencias bibliográficas	

### Índice de tablas

Tabla No. 1: Pantallas electrónicas .....	4
Tabla No. 2: Comparación del papel electrónico y las pantallas de cristal líquido.....	24
Tabla No. 3: Producción de productos forestales en los países en vías de desarrollo (1995) .....	26

### Índice de figuras

Figura No. 1: Medio de despliegue encapsulado .....	6
Figura No. 2: Tinta electrónica de la Compañía E Ink .....	8
Figura No. 3: Papel Inteligente de la Compañía Gyricon Media. ....	9
Figura No. 4: Película de aceite homogénea.....	10
Figura No. 5: Contracción de la película de aceite .....	11
Figura No. 6: División de un píxel en subpíxeles .....	12
Figura No. 7: Direccionamiento de micropartículas .....	13
Figura No. 8: Herencia de la pantalla de matriz activa .....	14
Figura No. 9: Diseño de los circuitos de una hoja de e-papel.....	15
Figura No. 10: Corte seccional de un transistor y el diseño de una celda.....	16
Figura No. 11: Procedimiento de impresión de microcontacto en una hoja de e-papel.....	17
Figura No. 12: Imagen de un circuito impreso completo y el ensamblado de una hoja de papel electrónico .....	18

## Resumen

El papel electrónico o “e-papel” es un nuevo tipo de pantalla electrónica ultradelgada de plástico. Combina atributos del papel como flexibilidad, portabilidad y apariencia, unido a los beneficios que brinda la tecnología digital.

El e-papel consiste en dos hojas externas de polímero y en medio se agrega la tinta electrónica. La tinta electrónica o “e-tinta” está compuesta por millones de micropartículas que reaccionan al aplicar un voltaje, reproduciendo los píxeles de la pantalla. Otras tecnologías que se combinan en la elaboración del papel electrónico son los transistores de película delgada (TFTs), electrohumectación, matriz activa y la impresión de microcontacto ( $\mu$ CP).

La hoja de e-papel admite enrollarse y desenrollarse. Permite el despliegue y actualización de diversos tipos de información, e interconexión con otros dispositivos informáticos. El e-papel puede adherirse a diversas superficies y adquirir formas y tamaños distintos, además es reutilizable.

El uso futuro del e-papel abarcará diversas aplicaciones como moda, negocios, señales informativas y pantallas de dispositivos electrónicos, aunque la principal implementación será en el campo editorial (revistas, periódicos, etc.). El papel electrónico cambiará la forma en que las personas accedan la información, revolucionando el mundo de la información.

## Abstract

Electronic paper or "e-paper" is a new type of ultrathin plastic electronic display. It combines attributes of paper like flexibility, portable and appearance, together with the benefits that digital technology offers.

E-paper consists of two external polymer sheets between the electronic ink is added. Electronic ink or "e-ink" is compound for millions of microparticles that they react upon applying a voltage, reproducing screen pixels. Other technologies that combine in the elaboration of electronic paper are thin film transistors (TFTs), electrowetting, active matrix and microcontact printing ( $\mu$ CP).

E-paper admits roll and unroll. It permits show and update diverse information types and interconnection with other computer devices. Electronic paper could adhere to diverse surfaces and acquire forms and different sizes; it is also reusable.

The future use of e-paper will embrace diverse applications like fashion, business, informative signs and screens of electronic devices, although the main implementation will be in the editorial field (magazines, newspapers, etc.). Electronic paper will change the form in which people access information, revolutionizing the information world.

## Lista de palabras claves

- Papel electrónico
- Tinta electrónica
- Papel inteligente
- E-papel
- E-paper

## **Papel electrónico: La próxima generación de pantallas digitales semejantes al papel**

Desde el surgimiento del primer hombre, la comunicación visual ha sido el medio por excelencia empleado para transmitir vivencias y conocimientos, cubriéndose así la necesidad que tiene el ser humano de plasmar su existencia para posteriores generaciones.

Gestos y ademanes fueron los primeros signos de comunicación visual, pero sobre todo las pinturas rupestres halladas en las cavernas fueron la huella impresa que dejó el hombre primitivo de su pasar a través de la humanidad.

Existen indicios de las primeras escrituras de cartas que datan del año 3100 AC, tales se les atribuyen a los sumerios, luego le siguieron los egipcios y cientos de años más tarde, en el año 1300 AC, en el denominado “Imperio del Centro” en China se inventó el papel, el cual cambiaría drásticamente el modo de elaborar los escritos (Teo Veras S.A., 2004, ¶ 2, 7).

Los manuscritos en papel proliferaron y con el invento de la imprenta en el siglo XV (Senn, 1990, p. 7), se desencadenó la producción de grandes cantidades de información y por ende el uso masivo del papel.

A mediados del siglo XX, surgen las primeras computadoras, máquinas que se han convertido en parte integral del quehacer cotidiano de las personas, ya que con sus aplicaciones han abarcado todos los sectores de nuestra sociedad.

Pero; ¡inútil sería una computadora, si no permite comunicar al usuario la información almacenada en ella!, para este fin existe una gran variedad de hardware destinado para el despliegue de información al cual se le denomina ‘Dispositivos de Salida’.

Ejemplos de dispositivos de salida son las tarjetas perforadas empleadas durante los años 1951 al 1986, su dimensión era de 80 y 96 columnas con igual capacidad de caracteres de entrada (Universidad tecnológica de Panamá, 2005, ¶ 1); otros dispositivos son el fax y el teletipo pero los más comunes son la unidad de visualización (VDU) o monitor y la impresora.

El monitor es el dispositivo con el cual el usuario interactúa con mayor frecuencia, este presenta en una pantalla parecida a la de un televisor, los caracteres y gráficos; la imagen desplegada es actualizable, por lo que se le refiere como Soft Copy o copia blanda, debido a su carácter temporal. La impresora permite la copia de la información en papel, siendo esta permanente, por lo que se le denomina Hard Copy o copia dura.

Muchos son los medios para visualizar la información, pero aun hoy día, no hay ninguno que supere el uso del papel.

¿Qué depara el futuro en dispositivos para el despliegue de información? Primeramente, el uso del papel debe mermar, la naturaleza y el medio ambiente lo demandan; por consiguiente es necesario buscar otros medios que incluyan características similares a las del papel como flexibilidad, portabilidad y su uso extendido en diversas aplicaciones como libros y carteles, pero además que incorporen nuevas particularidades como reutilización,

despliegue de imágenes en movimiento y actualización de la información presentada, al mismo tiempo que supere las limitantes de los monitores actuales como rigidez y visibilidad restringida. En la era digital, el candidato para sustituir al papel tradicional es el denominado ‘Papel Electrónico’.

El origen del Papel Electrónico fue en el año de 1975, en el Centro de Investigación de Xerox en Palo Alto, California; el científico Nicholas Sheridon propuso el proyecto denominado Gyricon; término proveniente de los vocablos griegos: gyro e icon que significa imagen rota (Castro, 2005, ¶ 1).

Su idea consistía en aplicar un campo eléctrico a una lámina cubierta con diminutas esferas plásticas de color blanco y negro, haciéndolas girar para reproducir imágenes. Los primeros prototipos recibieron el nombre de ‘Papel Electrónico Reutilizable’. La propuesta fue rechazada por razones de costo.

Años después, en 1990, el Instituto Tecnológico de Massachussets en Estados Unidos (MIT), junto con científicos provenientes de diversas compañías unificaron esfuerzos para desarrollar un proyecto futurista al cual llamaron Gyricon, basándose en la idea original de su inventor.

## ¿Qué es Papel Electrónico?

Con el surgimiento, en los años setenta, de las primeras pantallas que empleaban tubos de rayos catódicos (CRT), las cuales presentaban imágenes de baja calidad; inicia la carrera por la obtención de mejores dispositivos de despliegue electrónico que superen las limitantes de sus antecesores.

Centros de investigación y firmas comerciales han desarrollado estudios en el campo de las pantallas electrónicas, dando como fruto el surgimiento de diversas tecnologías de pantallas, estas se dividen en dos grupos que son las pantallas comerciales y las pantallas electrónicas emergentes. La tabla No. 1 presenta un resumen de las distintas tecnologías de pantallas electrónicas.

**Tabla No. 1**  
**Pantallas electrónicas**

<b>Pantallas comerciales</b>	<b>Pantallas comerciales emergentes</b>
Tubo de rayos catódicos	Pantalla orgánica de diodo electroluminoso (OLED)
Nemáticos súper retorcido (matriz pasiva) cristal líquido	Cristales líquidos ferroeléctricos
Nemático retorcido (matriz activa) cristal líquido	Cristales líquidos antiferroeléctricos
Pantalla de cristal líquido	Polímero disperso en cristal líquido
Pantalla fluorescente al vacío	Micro pantallas Varios modos de cristal líquido u OLED en silicio
Película delgada electroluminiscente	Pantalla electroforética
Pantalla de plasma	Pantalla de imagen o esfera giratoria (rotating ball)

**Fuente: Amundson (2001, p. 2)**

El papel electrónico, también conocido como ‘e-papel’ o ‘papel inteligente’, forma parte de la próxima generación de pantallas electrónicas. Es una pantalla electrónica de despliegue interactivo, capaz de presentar diversos tipos de información y de actualizar su contenido, permitiendo enrollarse o desenrollarse conforme se necesite.

El e-papel es una hoja de polímero delgada y flexible con la apariencia del papel, este puede concebirse como una especie de emparedado formado por dos láminas externas de polímero, cuyo interior contiene partículas microscópicas de tinta electrónica, que se tornan de color en respuesta de un cambio eléctrico (Computerworld, 2004, p. 23).

Esta tecnología combina características inherentes del papel tradicional impreso, con la destreza de manipular electrónicamente la información desplegada; según Goho (2004, p. 67) se ha logrado una textura similar a la de una hoja de papel.

### **Convergencia de tecnologías**

El papel electrónico es posible debido a la afinidad de distintas tecnologías que implementadas en conjunto permiten su desarrollo, como se muestra a continuación.

#### Tinta electrónica

El e-papel, como se ha descrito anteriormente, es una hoja flexible, la cual contiene la tinta electrónica, está hace posible la reproducción de textos y demás caracteres que se desean desplegar.

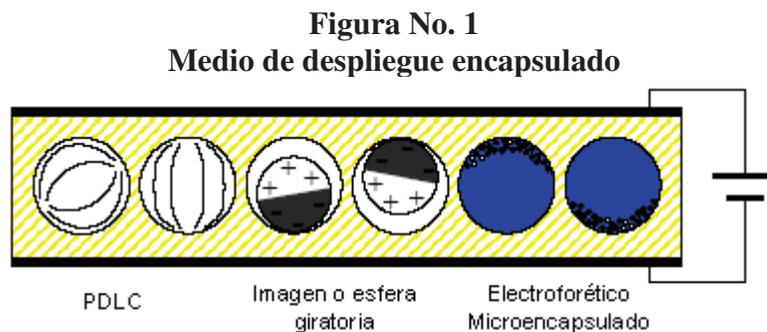
La tinta electrónica, también conocida como “e-tinta” o en inglés “e-ink”; básicamente son partículas microscópicas que reaccionan en respuesta de un cambio en la corriente que se les aplica, reproduciendo el color blanco o negro.

Las empresas que han incursionado con mayor esfuerzo en el desarrollo de la tinta electrónica son la Corporación E Ink, la Compañía Gyricon Media y el Instituto Tecnológico de Massachussets. Existen leves diferencias entre los productos ofrecidos por estas empresas, pero el principio tecnológico empleado es similar.

Las tecnologías que permiten elaborar la tinta electrónica forman parte de las pantallas comerciales emergentes (ver tabla No. 1) y son:

- Polímetro disperso en cristal liquido (PDLC)
- Imagen o esferas giratorias (Rotating ball)
- Materiales Electroforéticos Microencapsulados

La figura No. 1 muestra las tecnologías mencionadas anteriormente.



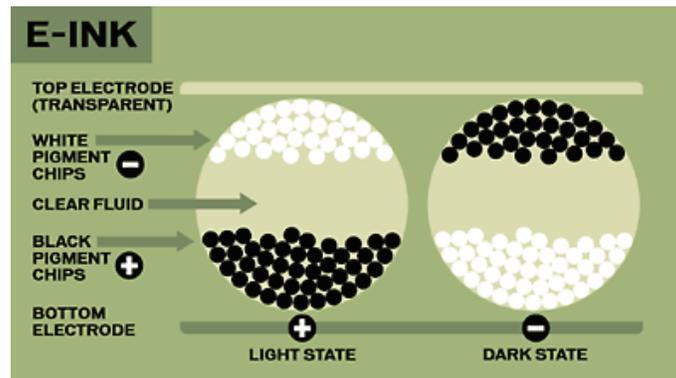
**Fuente:** Amundson (2001, p. 6)

La tinta electrónica desarrollada por la compañía E Ink, se basa en el uso de Materiales Electroforéticos Microencapsulados. Consiste en millones de microcápsulas de polímetro transparente del diámetro de un cabello humano, cada microcápsula contiene micropartículas blancas de dióxido de titanio, micropartículas de tintes oscuros (al inicio se utilizó el color azul o negro) y un fluido claro donde las partículas blancas y negras están suspendidas (Ditlea, 2001, p. 50 - 55).

Las micropartículas se colocan entre dos capas de electrodos; la capa del electrodo superior es transparente. Las partículas blancas tienen carga positiva y las negras carga negativa. Al aplicar un campo eléctrico, las partículas son estimuladas, moviéndose hacia la parte superior o inferior de la microcápsula.

El principio empleado para el movimiento de las partículas es la denominada Ley de la Fuerza Eléctrica de Coulomb, donde especifica que las cargas opuestas se atraen y las cargas iguales se repelen. Por consiguiente; al aplicar una carga eléctrica negativa en el electrodo superior, las partículas blancas son atraídas hacia arriba, formando un píxel blanco visible por el usuario, caso contrario; al aplicar un campo eléctrico positivo, repele las partículas blancas, ubicándolas en la parte inferior de la microcápsula y los pigmentos oscuros ascienden formando un píxel negro, tal y como se muestra en la figura No. 2.

**Figura No. 2**  
**Tinta electrónica de la Compañía E Ink**

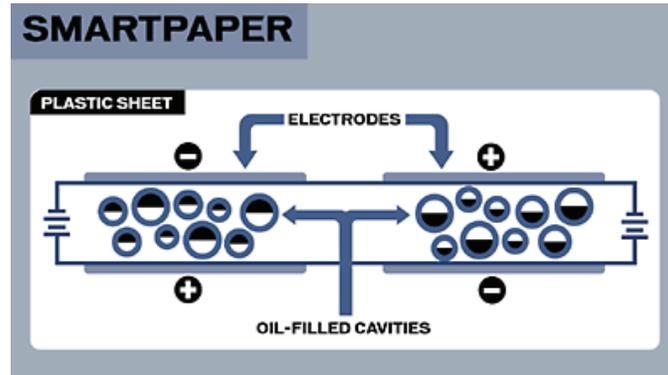


Fuente: Computerworld (2004, p. 24)

El papel inteligente o e-papel de la Compañía Gyricon Media, está compuesto por millones de diminutos glóbulos; éstos son más pequeños que un grano de arena. Los hemisferios de un glóbulo tienen un color diferente y cargas eléctricas opuestas; un hemisferio tiene carga positiva y el otro negativa.

Dentro de la hoja de papel electrónico, cada glóbulo reside en una cavidad rellena de aceite, y al aplicar un voltaje desde la superficie (donde radican los electrodos), los glóbulos rotan o giran mostrando alguno de sus lados coloreados, esta tecnología se denomina imagen giratoria (Computerworld, 2004, p. 24). La figura No. 3, muestra una hoja de papel inteligente.

**Figura No. 3**  
**Papel Inteligente de la Compañía Gyricon Media**



Fuente: Computerworld (2004, p. 24)

La tecnología de imagen giratoria, hace que los glóbulos giren, a diferencia de la tinta electrónica que emplea Materiales Electroforéticos Microencapsulados donde las microcápsulas están fijas en un lugar, y el movimiento se realiza en las micropartículas contenidas en las microcápsulas.

Las empresas compiten para obtener la mejor tecnología en materia de tinta electrónica, lo que propicia el surgimiento de novedosos procesos y materiales para su desarrollo. Seguidamente, se hace referencia a nuevas tecnologías de tinta electrónica.

### Electrohúmedación

Las compañías Royal Phillips Electronic y E Ink han desarrollado un papel electrónico basado en la técnica denominada electrohúmedación (en inglés "Electrowetting"). Los componentes básicos son un sustrato blanco, electrodos transparentes, la capa hidrofóbica aislante del electrodo, aceite coloreado y agua.

La electrohumectación se basa en el movimiento de la interfase agua / aceite; ‘El concepto técnico sobre el cual se basa consiste en el rápido control y manipulación de los movimientos de un fluido a escala micrométrica’ (Amazings, 2003, ¶ 2).

Al no existir el estímulo producido por un voltaje, la interfase de agua / aceite se halla en equilibrio, ya que estos líquidos no logran combinarse; tal estado provoca que la película de aceite coloreado se tienda naturalmente sobre la capa hidrofóbica aislante del electrodo. La figura No. 4 muestra la película de aceite obtenida al no aplicar un voltaje.

**Figura No. 4**  
**Película de aceite homogénea**



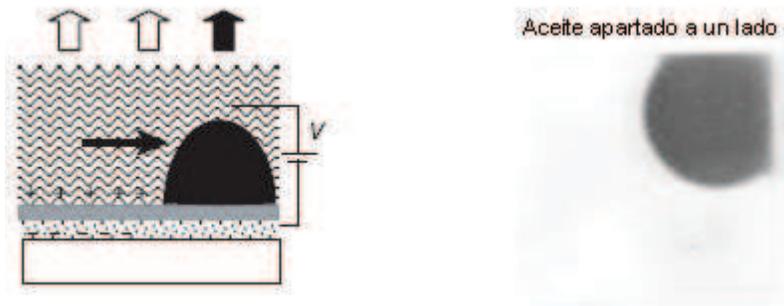
**Fuente:** Hayes y Feenstra (2003, p. 383)

Al aplicar una carga eléctrica, se produce una reacción en los electrodos. Hayes y Feenstra (2003) apuntan que la diferencia del voltaje entre el sólido hidrofóbico y un líquido, causa un cambio en la humectabilidad (p. 383).

El voltaje aplicado al sistema, ocasiona el movimiento del agua, de ese modo entra en contacto con el aislante hidrofóbico del electrodo, produciendo el desplace y contracción de

la película de aceite, originando un píxel. La figura No. 5 presenta el píxel formado a consecuencia de la contracción del aceite.

**Figura No. 5**  
**Contracción de la película de aceite**



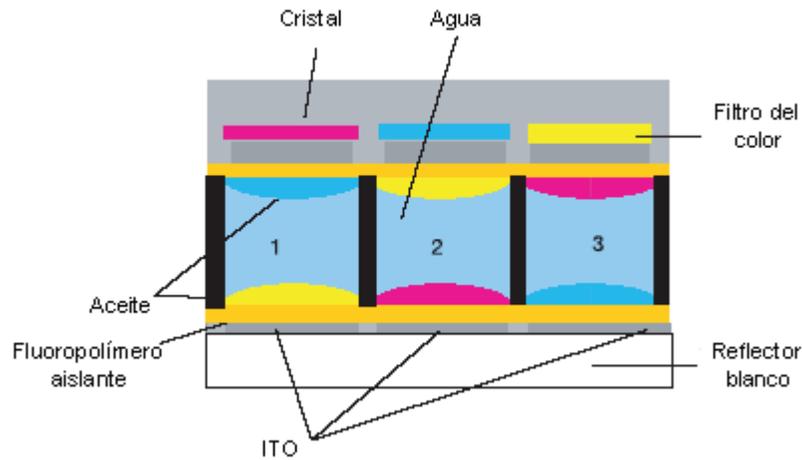
**Fuente: Hayes y Feenstra (2003, p. 383)**

Mediante la electrohumectación, el papel electrónico permite el concepto del color en las pantallas. La medida de los píxeles obtenida equivale a 100 píxeles por pulgada con una velocidad de respuesta cercana a 10 ms lo cual admite ver el contenido de un video (Hayes y Feenstra 2004, p. 384).

El sistema mostrado en la figura No. 4, permite variantes para implementar color, a través de la segmentación del color RGB (rojo, verde, azul). Mediante la tecnología de matriz activa, es posible el direccionamiento de un píxel, el cual puede dividirse en tres subpíxeles.

Un subpíxel individual contendrá dos capas de aceite colorido, separados por una capa de agua y en los extremos se ubican los electrodos, formando una especie de emparedado. El sistema en cuestión se muestra en la figura No. 6.

**Figura No. 6**  
**División de un píxel en subpíxeles**



**Fuente:** Hayes y Feenstra (2003, p. 385)

Aplicando un voltaje entre la capa de agua y el electrodo superior o inferior, se produce el movimiento individual de las capas de aceite.

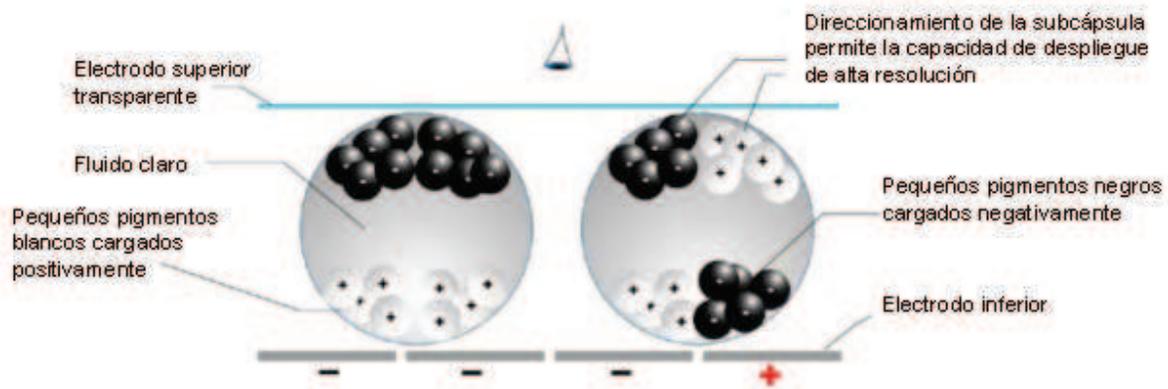
Según Hayes y Feenstra (2004) la reflectividad obtenida es cuatro veces mayor que la conseguida en una pantalla de cristal líquido (LCD), y dos veces superior que otras tecnologías emergentes (p. 385).

### Direccionamiento de las microcápsulas

La Compañía E Ink, desarrolló el concepto de direccionamiento de las microcápsulas. Este radica en la división de las microcápsulas en subcápsulas, empleando una matriz activa de circuitos.

Cada hemisferio de la microcápsula puede dividirse en dos, ambas partes pueden controlar el movimiento interno de las micropartículas al aplicarles un campo eléctrico. “Ver figura No. 7”.

**Figura No. 7**  
**Direccionamiento de micropartículas**



Fuente: Sitio Web de la Corporación E INK (2005)

Los estados posibles son:

- Aplicar cargas negativas a ambas divisiones del hemisferio, produce un píxel blanco.
- Aplicar cargas positivas a ambas divisiones del hemisferio, produce un píxel negro.
- Aplicar cargas opuestas a ambas divisiones del hemisferio, produce un píxel mitad blanco y mitad negro, más diminuto que los anteriores.

Esta técnica beneficia la alta resolución de las pantallas de papel electrónico.

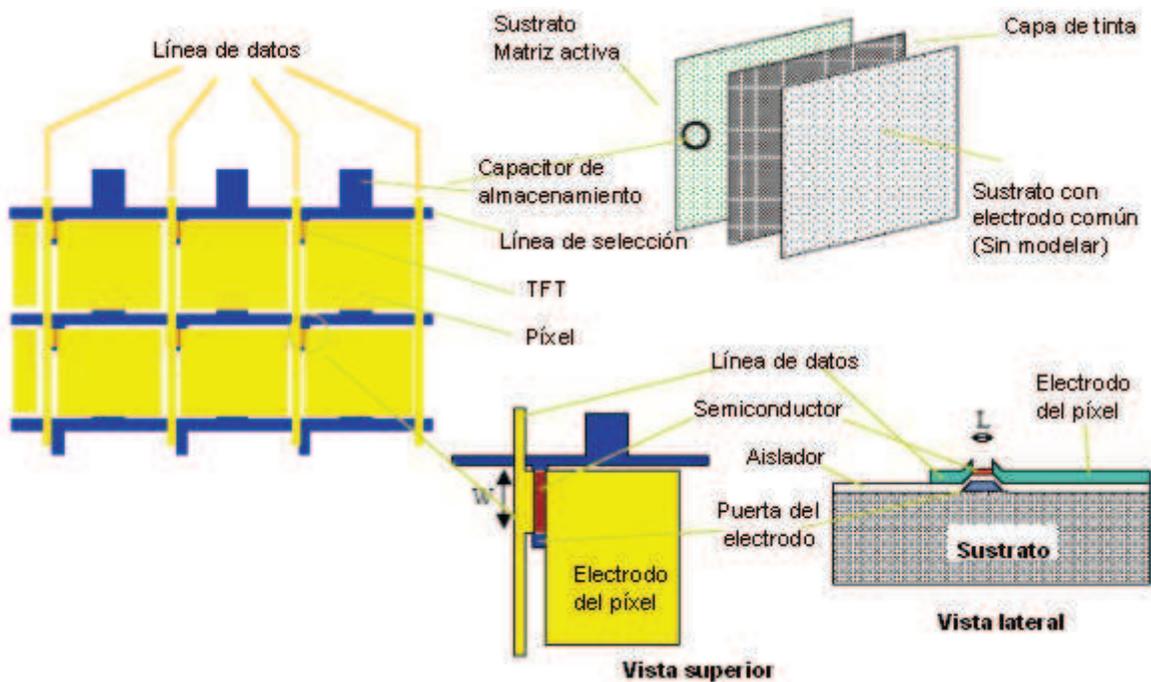
### Transistores de película delgada y la matriz activa

Los transistores de película delgada o en inglés “thin film transistors” (TFTs), es el estándar empleado en la fabricación de los transistores de las pantallas LCD, permitiendo

obtener pantallas de 0,4 mm de grosor (Chen, Au, Kazlas, Ritenour, Gates y McCreary, 2003, p. 136).

Los TFTs “son transistores y capacitores conmutables. Se organizan en una matriz sobre un sustrato de vidrio. Para seleccionar un píxel específico, la fila apropiada es encendida, y luego se envía una carga a la columna correcta. Ya que las otras filas que intersecan a la columna están apagadas, solamente el capacitor designado recibe carga. El capacitor retiene la carga hasta el próximo refrescamiento” (Universidad Internacional del Ecuador, 2003, p. 27). La figura No. 8 presenta la herencia de las pantallas de matriz activa, de la cual hace uso el e-papel.

**Figura No. 8**  
**Herencia de la pantalla de matriz activa**

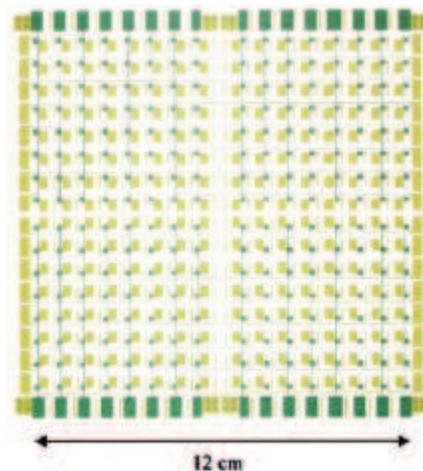


Fuente: Amundson (2001, p. 18)

La parte posterior del papel electrónico es una hoja plástica de 25 micras de espesor (Goho, 2004, p. 67), donde radican los circuitos y transistores que controlan los píxeles. Para construir los TFTs se empleó un sustrato de acero laminado de 75  $\mu\text{m}$  de espesor; porque es liviano y se ajusta al proceso de fabricación de la matriz activa de los LCD (Chen et al., 2003, p. 136).

Mediante los TFTs se crea la matriz activa; la cual alinea los píxeles con los transistores. El diseño de la matriz activa de una hoja de e-papel se divide en cuatro cuadrantes. La disposición de los transistores forman columnas, estos se conectan a las puertas y a su vez a las filas donde radica la fuente de electrodos. Un voltaje aplicado a una puerta (columna) y al electrodo correspondiente (fila), permite definir el comportamiento de un determinado píxel a través de su propio transistor. La figura No. 9 muestra el diseño de un circuito, con un arreglo cuadrado de 256 transistores interconectados. La asociación de colores es: color verde representa la puerta, color amarillo el nivel de la fuente o drenaje, los puntos verdes representan los transistores.

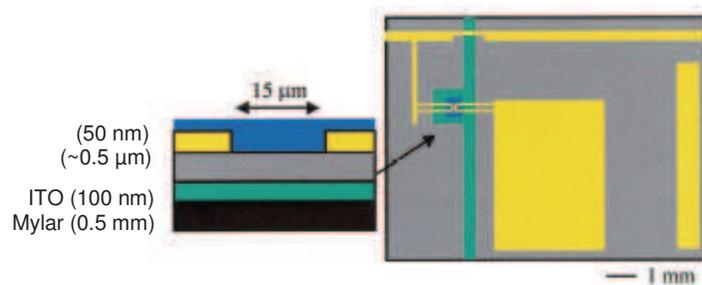
**Figura No. 9**  
**Diseño de los circuitos de una hoja de e-papel**



Fuente: Rogers et al. (2001, p. 4836)

Para ayudar a la comprensión de la matriz activa, en la figura No. 10 se muestra la composición de una celda y un corte seccional de un transistor. Los componentes representados y sus colores son: Semiconductor (azul), Nivel de fuente / drenaje de oro (amarillo), dieléctrico (gris), nivel de la puerta (verde), sustrato (negro).

**Figura No. 10**  
**Corte seccional de un transistor y el diseño de una celda**



**Fuente: Rogers et al. (2001, p. 4836)**

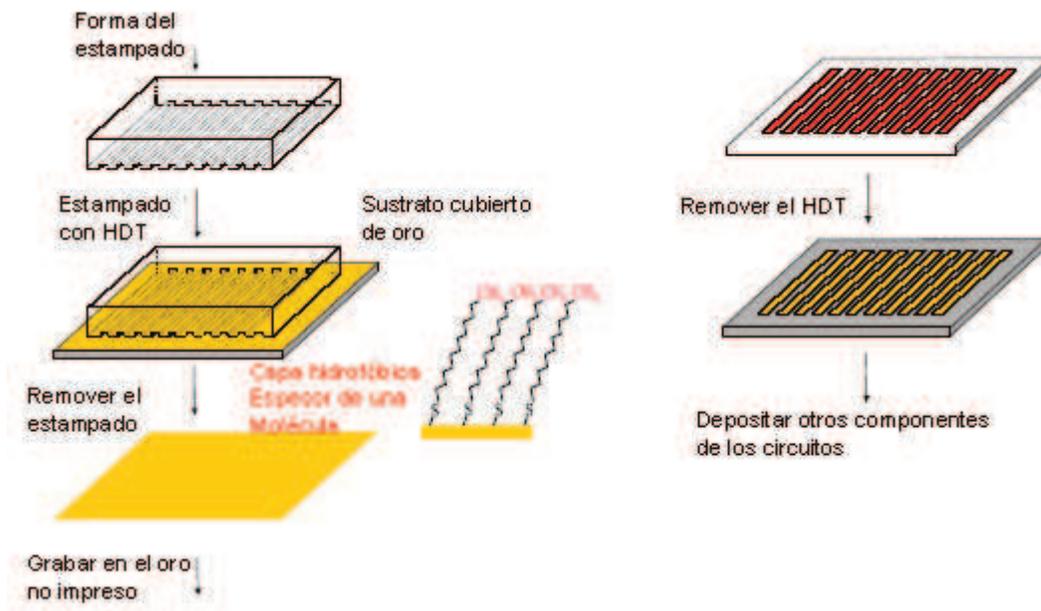
### Impresión de Microcontacto ( $\mu$ CP)

Los componentes micrométricos del papel electrónico, exigen implementar una técnica de impresión acorde al producto elaborado. La impresión de inyección de tinta y la impresión de pantallas, permiten resoluciones de aproximadamente 100 a 200  $\mu$ m; muy por debajo de los requerimientos de los píxeles del e-papel, que emplean resoluciones de aproximadamente 10 a 50  $\mu$ m para la fuente y el drenaje de los electrodos (Rogers, Bao, Baldwin, Dodabalapur, Crone, Raju, Kuck, Katz, Amundson, Ewing y Drzaic, 2001, p. 4836).

Por tal motivo, la impresión de microcontacto ( $\mu$ CP), es la solución perfecta. Esta técnica es implementada en la biotecnología y la fabricación de fibra óptica y transistores orgánicos, ya que se adapta a los componentes miniaturizados.

El proceso de  $\mu$ CP consiste en crear un molde o estampado maestro con el diseño de los circuitos, seguidamente, es entintado con un compuesto orgánico conteniendo azufre. Luego se presiona el molde maestro contra una hoja de plástico la cual está cubierta con una capa de oro; la tinta transferida evita la remoción de la película de oro. Por último, el exceso de oro y de la tinta se remueve, para agregar un semiconductor basado en carbón al oro restante, este crea arreglos de transistores sobre la huella previamente impresa por el molde maestro. La figura No. 11 muestra el proceso anterior.

**Figura No. 11**  
**Procedimiento de impresión de microcontacto en una hoja de e-papel**



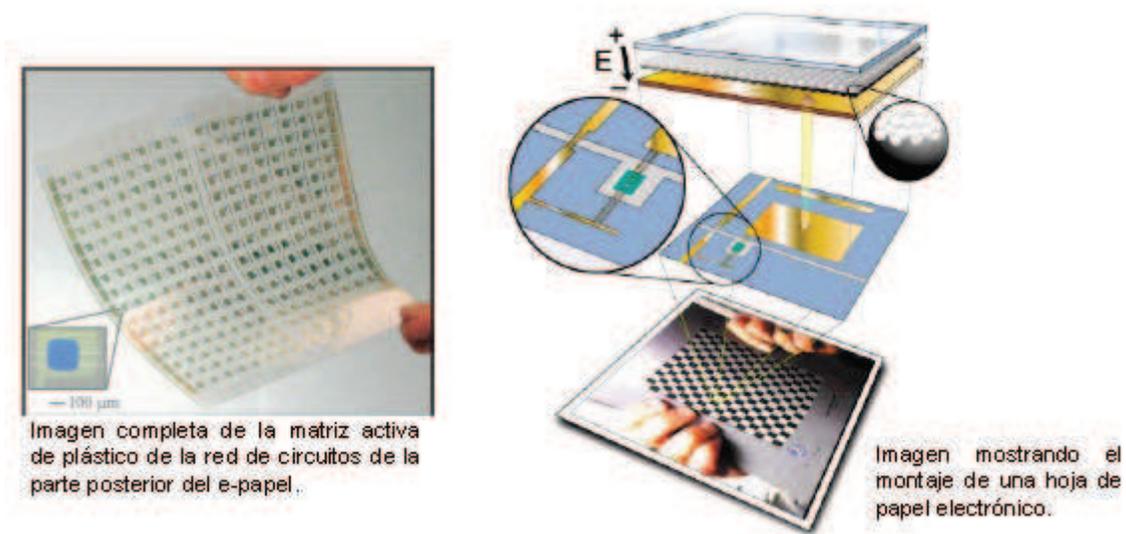
Fuente: Amundson (2001, p. 28)

Los delgados electrodos de oro (Au) satisfacen los requerimientos de los sistemas electrónicos plásticos, ya que el oro no es reactivo y ofrece un excelente contacto eléctrico con un gran número de semiconductores orgánicos (Rogers et al., 2001, p. 4836).

El molde maestro es reutilizable; por lo cual, un solo molde puede ser aprovechado para modelar extensas áreas como por ejemplo una pared.

La figura No. 12 muestra un circuito impreso completo y el montaje de la hoja de papel electrónico.

**Figura No. 12**  
**Imagen de un circuito impreso completo y**  
**el ensamblado de una hoja de papel electrónico**



Fuente: Rogers et al. (2001, p. 4838), Amundson (2001, p. 30)

## **Escenarios del e-papel**

El sueño de poder contar con pantallas ultradelgadas, flexibles, que almacenen contenido digital y que posibiliten adherirse a las superficies manteniendo su forma, pasa de ser ficción para convertirse en la realidad que se experimentará en los próximos años.

El papel electrónico propone un cambio en la concepción que se tiene hoy día de las pantallas electrónicas y de sus usos. El futuro vislumbra múltiples aplicaciones para esta tecnología, desde usos empresariales hasta labores domésticas.

A continuación, se formulan una serie de posibles escenarios para la implementación del e-papel.

El papel electrónico permite la expansión del libro al acceso digital. Gracias a los beneficios que brinda la tecnología digital, los amantes de la lectura y en general cualquier persona que necesite usar un libro, podrá disfrutar del placer de leer indiferentemente del ambiente o grado de iluminación que lo rodee, empleando un libro electrónico.

Los libros electrónicos y los libros tradicionales pueden coexistir, complementándose el uno al otro y expandiendo el acceso al conocimiento, la literatura y el entretenimiento (Downing, 1998, ¶ 2).

La revolución del mundo de la prensa está a tan solo unos pocos años, cuando las aplicaciones del e-papel sean una realidad en los periódicos, revistas y de más

publicaciones. Como lo indica Gorman (2001), el mayor impacto del papel electrónico será suplantar los libros y periódicos; imaginar una versión electrónica de un periódico que consiste en una hoja simple de e-papel conectada inalámbricamente a Internet, permitiendo al usuario descargar el contenido de la información, visualizarla e interactuar con ella, luego la hoja podrá enrollarse y transportarse de la misma manera que se hace con un periódico convencional, sin necesidad de desecharlo como basura (p. 262).

Surgirá la moda electrónica, donde prendas de vestir como sacos y chaquetas traerán cosidas en alguna de sus partes una pantalla de e papel, permitiendo leer a las personas que las portan sus correos electrónicos, el diario, etc. Esta tecnología no solo puede abarcar parte de la vestimenta, puede ser utilizada en todo el traje debido a sus características que admiten doblarlo, cortarlo y adaptarlo a las superficies.

El hombre de negocios, los viajeros y cualquier individuo que necesite transportarse podrá prescindir de gran parte de su equipaje, pues los trajes de e papel cambiarán de color y crearán patrones que simulen distintas texturas.

Las aplicaciones del e-papel en el campo militar, están muy ligadas a las descritas anteriormente. El uniforme de un soldado elaborado con e-papel será el camuflaje perfecto, mimetizándolo con su entorno, ya sea una jungla o desierto. Al respecto Valigra (2004, ¶ 17) refiere que el soldado del futuro accesará mayor información que ahora, ya que su uniforme desplegará mapas o manuales para la reparación de equipos en el campo.

Otras aplicaciones militares son el camuflaje digital de vehículos; Bay (2001) expresa que “una cámara iría reconociendo la imagen del terreno y enviaría la información a la cubierta de pCLC, reproduciéndolo de manera que siempre ofreciera exactamente la misma imagen del ambiente en el que se encuentra” (§ 6).

La elaboración de pantallas a base del papel electrónico, tendrá una amplia gama de usos entre los cuales se puede destacar monitores de computadoras portátiles y de escritorio, pantallas de televisión interactivas, dispositivos portátiles como Tablet PCs, Asistentes Digitales Personales (PDAs), dispositivos de comunicación como teléfonos celulares y localizadores, agendas electrónicas, cámaras fotográficas, plumas y relojes.

En la oficina, el e-papel es el aspirante para sustituir la papelería, adquiriendo diversos formatos y funciones conforme sea requerido. Se adaptará para el despliegue actualizado de horarios de trabajo, boletines, memorandos, libretas de direcciones y contactos, etc. Brown (1999, p. 19 - 20) destaca que los manuales de usuario nunca necesitarán reemplazarse y que las presentaciones de oficina no necesitarán de retroproyectores o de grandes pantallas de televisión para visualizarlas; puesto que las oficinas implementarán el papel electrónico como medio de difusión.

En el hogar, el ambiente familiar podrá ser enriquecido con cuadros que variarán sus colores e imágenes, haciendo más agradable la estadía.

Las tarjetas de identificación multimedia ya son una realidad en países altamente tecnológicos como lo es Estados Unidos y Japón, el formato empleado es el minidisco, el

cual puede adquirir un tamaño similar a una tarjeta tradicional, pero deben ser leído mediante un dispositivo lector de discos compactos o de DVD; esta limitante puede ser superada mediante el uso del e-papel, dando paso a las tarjetas de identificación inteligentes.

En el campo de la mercadotecnia; los anuncios publicitarios serán beneficiarios directos de esta tecnología, desplegando información actualizada de las promociones de los supermercados, los anuncios de las tiendas, las carteleras de los cines, la indicación de los precios de los artículos. La posibilidad de adherir el e-papel a cualquier superficie, abre paso al surgimiento de vallas publicitarias multimedia, las cuales cubrirán grandes paredes de edificios.

Otro posible uso del papel electrónico es como medio de señalización, abarcando las señales de tránsito en las carreteras, los carteles informativos de las estaciones de buses, trenes y demás vehículos de transporte, señalización dentro de instalaciones como lo son las indicaciones en las puertas de los baños o de acceso a distintas zonas y en exteriores como puntos de información a las personas extranjeras.

Computerworld (2004) apunta que ofrecerá a los departamentos de IT una manera de controlar múltiples señales e información que giran en torno a un edificio o campus desde un punto computacional centralizado (p. 23).

## **Características del papel electrónico**

El papel electrónico exhibe características singulares que lo hacen un dispositivo atractivo y polifuncional. Su textura, grosor y peso lo asemejan al papel, compartiendo a su vez una interfase muy parecida a la que presenta cualquier medio escrito.

Es reflectivo; debido a ello brinda comodidad a la lectura, sin importar el nivel de luminosidad o el ángulo de visibilidad. McCreary (2004) puntualiza que existe una gran variedad de pantallas electrónicas que son reescribibles, sin embargo, son difíciles de leer a la claridad de la luz solar, consumen gran cantidad de energía, son pesados y a su vez quebradizos (§ 1).

El e-papel es flexible, permite enrollarse por lo tanto es portable, reutilizable y facilita el despliegue y actualización de diversos tipos de información. Adicionalmente ofrece interconexión con otros dispositivos informáticos para la transferencia de información.

Es bi – estable, lo cual significa que solo utiliza energía para actualizar el contenido desplegado en una pantalla; una vez presentado el mismo no consume energía. Electronic News (2005) afirma que existe un ahorro de más del 90% en el consumo de energía, comparado con otras pantallas tradicionales; lo cual alarga la vida útil de las baterías (p. 1).

A continuación, la tabla No. 2 presenta comparaciones entre el papel electrónico y las pantallas de cristal líquido, donde se evidencia que el e-papel ofrece la mejor solución en despliegues de pantallas.

**Tabla No. 2**  
**Comparación del papel electrónico y las pantallas de cristal líquido**

<b>Tópico</b>	<b>Papel electrónico</b>	<b>Pantallas de cristal líquido (LCD)</b>
Grosor de la pantalla	<0.3 mm.	0.4 mm.
Flexibilidad	Si	No
Curvatura	1.5 cm.	No
Ángulo de visibilidad	180°	No ofrece visibilidad desde cualquier ángulo
Brillo	4 veces más brillante que LCD	* * *
Legibilidad	De 3 a 6 veces más que LCD	* * *
Contraste	1:10	1:8
Reflectividad	67%	17%
Iluminación Posterior	No	Si
Resistencia a quebraduras	Si	No

**Fuente: Castro (2005), Hayes y Feenstra (2003), Chen et al. (2003)**

### E-papel, tecnología amiga del medio ambiente

Existen muchos factores que han disminuido el volumen de los bosques tropicales, por ejemplo la explotación agrícola, la expansión de los centros de población y la explotación maderera.

La Red de Asesores Forestales (RAFA) de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI) define la deforestación de la siguiente forma: ‘Es la pérdida permanente de cobertura forestal a otros usos de la tierra tales como agricultura, pastizales, nuevos asentamientos humanos, infraestructura y embalses. La deforestación tropical se

reconoce en la actualidad como uno de los problemas ambientales más importantes que enfrenta el mundo hoy día, con serias consecuencias económicas y sociales de largo plazo (La Red de Asesores Forestales, 2003, ¶ 3).

La Organización de la Naciones Unidas estima que en la década de los 90 la tasa de deforestación mundial ascendió a 14.600 millones de hectáreas por año, esta cifra representa la pérdida del 4% de los bosques del mundo en una década (Naciones Unidas, 2002, ¶ 28).

Las cifras mencionadas anteriormente, estimulan la reflexión acerca de la problemática ambiental a consecuencia del mal manejo de los recursos naturales, y en especial, los problemas derivados de la tala excesiva de árboles.

Actualmente, el consumo del papel no disminuye. Se vive la era digital, pero no varía la dependencia hacia los medios impresos en papel. Esta problemática se asienta más en los países subdesarrollados, donde el uso de la madera es imprescindible en labores cotidianas. La tabla No. 3 muestra el uso de madera en los países en vías de desarrollo durante el año de 1995.

**Tabla No. 3**  
**Producción de productos forestales en los países en vías de desarrollo (1995)**

<b>Producto forestal</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Producción mundial</b>
Madera aserrada (millones de m3)	111	26 %
Tableros de madera (millones de m3)	45	31 %
Pulpa para papel (millones de toneladas)	41	22 %
Papel y cartón (millones de toneladas)	61	22 %
Leña y carbón (millones de m3)	1638	89 %

**Fuente: La Red de Asesores Forestales (2003)**

Uno de los principales rasgos del papel electrónico es permitir un ambiente sano, ayudando a reducir el consumo de papel y con ello la tala de árboles, ya que se vislumbra como el sustituto del papel. También minimiza la contaminación con plomo, elemento empleado para la elaboración de la tinta para impresión y que durante su proceso de desarrollo debe existir un tratamiento especial para estos desechos, de lo contrario pueden ser depositados en los mantos acuíferos causando contaminación a las fuentes pluviales.

## Conclusiones

Grandes teorías e inventos que han impactado la humanidad tienen en común la poca aceptación o el rotundo rechazo cuando se concibieron. Sin embargo, el transcurrir de los años fungió como el catalizador que los afianzó dándoles un lugar en la historia.

Este es el caso del papel electrónico, proyecto descartado en sus orígenes y hoy día se entrevé como una de las tecnologías más promisorias de los próximos cinco a diez años, la cual transformará el modo en que las personas obtienen la información.

El papel electrónico reúne las mejores cualidades del papel en combinación con la química, la física y la electrónica; fusión que da como resultado una pantalla ultradelgada, liviana, flexible y resistente, además reutilizable. Va más allá de lo que ofrecen las actuales pantallas electrónicas, adaptándose a un mundo cambiante, donde el tamaño, la superficie o la forma no son una limitante.

En el futuro, su implementación abarcará una amplia gama de aplicaciones comerciales, negocios, despliegues informativos, mercadotecnia, pantallas electrónicas de diversos dispositivos, moda, camuflaje y un sinnúmero más de usos, entre los cuales uno de los más importantes será sustituir el papel.

Aparecerá el e-periódico (e-news), e-libro (e-book), e-revista (e-magazine), trayendo tiempos de cambio para la industria editorial, brindando al lector una interfase interactiva y actualizable. Imagine leer un libro y al mismo tiempo interactuar con el autor o con otros

lectores mediante una conexión inalámbrica de Internet o recibir todos los días las noticias actualizadas en una sola hoja de e-papel, donde además permite el despliegue de video y sonido.

Según Jiménez (2004) refiriéndose a un estudio realizado por empresas de comunicación europeas, entre ellas Le Monde y la BBC británica, afirma que “el e -papel lo cambiará todo en un plazo de 15 años y será ventajoso para los periódicos” (¶ 10).

La nueva tecnología propone ahorros en papelería, reducción de gastos por concepto de transporte de las distintas ediciones, mayor competitividad editorial derivada de un mejor despliegue informativo. Descenso de la polución y decremento de la tala de árboles para la fabricación de papel, así como también ahorro energético.

La visión del papel electrónico es extenderse aun más, valiéndose de la conductividad de la tinta electrónica la cual puede emplearse como una antena de radio, recibiendo transmisión de emisoras FM, lo cual abre paso al “papel radio” o en inglés “radio paper” (Negroponte, 1997, ¶ 13).

Como toda nueva tecnología que ingresa al mercado, los primeros artículos de papel electrónico serán adquiridos por el segmento de población más acaudalado, pero conforme transcurran los años, será accesible para la gran mayoría de la población.

Para concluir; una imagen habla más que mil palabras, y la imagen del futuro será desplegada en papel electrónico.

## **Lista de referencias bibliográficas**

Amazings. (2003). Microelectrónica: Papel Electrónico. Recuperado el 1 de junio del 2005, de <http://www.amazings.com/ciencia/noticias/260903b.html>.

Amundson, K. (2001). Towards Electronic Paper. Recuperado el 4 de junio del 2005, de <http://hackman.mit.edu/6976/LHandouts/EInk.pdf>.

Bay, I. (2001). Papel electrónico: Color y Movimiento. Recuperado el 1 de junio del 2005, de [http://www.domotica.net/Papel\\_electr%F3nico:\\_Color\\_y\\_Movimiento.htm](http://www.domotica.net/Papel_electr%F3nico:_Color_y_Movimiento.htm).

Brown, M. (1999). E-paper promise soon to unfold. Computing Canada, 25, 19 – 20. Recuperado el 26 de mayo del 2005 de la Base de datos de Business Source Elite (EBSCO).

Castro, A. (2005). Tinta y papel electrónicos. Recuperado el 1 de junio del 2005, de <http://proyecto-e-book.zonadesign.com.ar/2/4.html>.

Chen, Y., Au, J., Kazlas, P., Ritenour, A., Gates, H., y McCreary, M. (2003). Electronic paper: Flexible active – matrix electronic ink display. Nature, 423, 136. Recuperado el 26 de mayo del 2005 de la Base de datos de Academic Search Elite (EBSCO).

Computerworld. (2004). Taking stock of e-paper. Computerworld, 38, 23-24. Recuperado el 26 de mayo del 2005 de la Base de datos de Academic Search Elite (EBSCO).

Ditlea, S. (2001). The electronic paper chase. Scientific American, 285, 50 - 55.

Recuperado el 26 de mayo del 2005 de la Base de datos de Academic Search Elite (EBSCO).

Downing, E. (1998). Spectrum Fall 1998. Recuperado el 4 de junio del 2005, de <http://web.mit.edu/giving/spectrum/fall98/book.html>.

Electronic News. (2005). Intel Invests in Electronic Paper Display Company. Electronic News (North America), 51, 1. Recuperado el 26 de mayo del 2005 de la Base de datos de Academic Search Elite (EBSCO).

Goho, A. (2004). Flexible e-paper. Science News, 165, 67. Recuperado el 26 de mayo del 2005 de la Base de datos de Academic Search Elite (EBSCO).

Gorman, J. (2001). New device opens next chapter on E-paper. Science News, 159, 262. Recuperado el 26 de mayo del 2005 de la Base de datos de Academic Search Elite (EBSCO).

Hayes, R., y Feenstra, B. (2003). Video – speed electronic paper based on electrowetting. Nature, 425, 383 – 385. Recuperado el 26 de mayo del 2005 de la Base de datos de Academic Search Elite (EBSCO).

Jiménez, M. (2004). Papel electrónico, una revolución a la vuelta de la esquina. Recuperado el 7 de junio del 2005, de <http://creacion.empresas.ie.edu/noticias2/localiza.asp?id=3648>.

La Red de Asesores Forestales. (2003). Deforestación: Bosques Tropicales en Disminución. Recuperado el 23 de junio del 2005, de <http://www.rcfa-cfan.org/spanish/s.issues.12-1.html>.

McCreary, M. (2004). Electronic Paper: The Technology and the Impact. Recuperado el 4 de junio del 2005, de <http://bostonclub.mit.edu/events/041101.html>.

Naciones Unidas. (2002). Sobre la aplicación del programa 21. Recuperado el 23 de junio del 2005, de <http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/resumen.htm>.

Negroponete, N. (1997). Surfaces and Displays. Recuperado el 4 de junio del 2005, de <http://www.media.mit.edu/~nicholas/Wired/WIRED5-01.html>.

Rogers, J., Bao, Z., Baldwin, K., Dodabalapur, A., Crone, B., Raju, V., Kuck, V., Katz, H., Amundson, K., Ewing, J., Drzaic, P. (2001). Paper-like electronic displays: Large-area rubber-stamped plastic sheets of electronics and microencapsulated electrophoretic inks. Recuperado el 4 de junio del 2005, de [http://mtlweb.mit.edu/researchgroups/mems-salon/hang\\_rogers-et-al-pnas.pdf](http://mtlweb.mit.edu/researchgroups/mems-salon/hang_rogers-et-al-pnas.pdf).

Senn, J. (1990). Sistemas de información para la administración. México: Iberoamericana.

Sitio Web de la corporación E INK. (2005). Technology. Recuperado el 23 de junio del 2005, de <http://www.eink.com/technology/index.html>.

Teo Veras S.A., (2004). Breve historia del correo... y algo mas. Recuperado el 6 de junio del 2005, de <http://portal.teoveras.com.do/index.php?option=content&task=view&id=58>.

Universidad Internacional del Ecuador. (2003). Monitores CRT y LCD. Recuperado el 21 de junio del 2005, de <http://www.internacional.edu.ec/academica/informatica/creatividad/uide-bits/uide-bits-08-2003.pdf>.

Universidad Tecnológica de Panamá. (2005). Tarjeta perforada. Recuperado el 6 de junio del 2005, de [http://www.fisc.utp.ac.pa/modulos/mini\\_museo/t\\_perforada.htm](http://www.fisc.utp.ac.pa/modulos/mini_museo/t_perforada.htm).

Valigra, L. (2004). Next digital screen could fold like paper. Recuperado el 1 de junio del 2005, de <http://www.csmonitor.com/2004/0108/p14s01-stct.html>.