



Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción.
Facultad de Ciencias y Tecnologías.
Departamento de Electrónica e Informática.
Asunción - Paraguay.
2012.

Teoría y Aplicación de la Informática II.

Pantallas Flexibles.

Autor: Jorge Rafael Sarabia.¹

Profesor: Juan de Urraza.²

¹ Alumno de la carrera de ingeniería electrónica en la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Contacto: negrosarabia@gmail.com

² Ingeniero en informática, escritor, locutor y profesor en la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Contacto: jeuzarru@jeuzarru.com. Página oficial: <http://www.jeuzarru.com/>

Índice general

1. Introducción.	3
2. Un poco de historia.	4
2.1. Las pantallas.	4
2.1.1.Los viejos y conocidos CRT.	4
2.1.2.Las pantallas LCD.	5
2.2. El OLED.	11
2.2.1.Semiconductores orgánicos.	11
2.2.2.Electroluminiscencia en los materiales orgánicos.	11
2.2.3.Principios de operación del OLED.	12
2.3. La tinta electrónica.	13
3. Pantallas flexibles.	16
3.1. Formas de fabricar los FOLED.	18
3.2. Perspectivas futuras.	18
4. Otro tipo de pantallas y mercado actual.	21
4.1. OLED transparente: TOLED.	22
4.2. Stacket OLED: SOLED.	22
5. Conclusión.	24

Resumen La intención de este trabajo es presentar las pantallas flexibles, para ello es necesario primero conocer las partes que la componen, así que nos adentramos en sus partes, para luego ver como quedan constituidas estas pantallas que, según expertos, esta destinada a dominar el mercado de monitores en el futuro.

Keywords: Pantallas flexibles, OLED, Tinta electrónica, Grafeno.

1. Introducción.

En los últimos años fuimos testigos de grandes avances en el mundo de la informática y electrónica, sobre todo en lo que concierne a dispositivos como teléfonos celulares, televisores, la aparición de las tablets, etc.

Las empresas encargadas de fabricar y distribuir estos productos hacen enormes esfuerzos por ganar esta carrera tecnológica, presentando cada vez mayores avances o productos nuevos, es justamente así como desde hace años se esta en busca de la pantalla perfecta, y todo apunta a que por sus ventajas estas serán las pantallas flexibles. Como veremos, los nuevos descubrimientos no solo demuestran que es más resistente, por el obvio hecho de que son flexibles, sino que a demás, ahorran mucha más energía que los LCD (tecnología que actualmente domina el mercado), también contribuyen con el tan golpeado medio ambiente que hoy en día dejo de ser un tema menor y se convirtió en una consideración necesaria a la hora de desarrollar nuevas tecnologías. Obviamente al ser una tecnología relativamente nueva, cuenta con ciertas desventajas, las cuales estaremos marcando más adelante.

Al desarrollar el trabajo encontré necesario familiarizarse con el funcionamiento de las pantallas flexibles, así que consideré, que debía llevar al lector primeramente al entendimiento del funcionamiento de las partes que componen estas pantallas, para que una vez presentadas las pantallas flexibles que están en el mercado, podamos apreciarla, ya que sabremos como funcionan internamente.

2. Un poco de historia.

En este capítulo veremos el recorrido de los monitores a lo largo del tiempo, así como el nacimiento y desarrollo de las tecnologías más relevantes, que nos conducen a las pantallas flexibles.

2.1. Las pantallas.

Empezaremos por los monitores, veremos de manera básica su funcionamiento, para que así podamos comprender de manera más clara las ventajas con la que cuentan los monitores actuales.

2.1.1. Los viejos y conocidos CRT. El tubo de rayos catódicos fue inventado en 1897 por Ferdinand Braun, pero el primer monitor utilizando este principio, no apareció hasta el 26 de enero de 1926 y fue creado por John Logie Baird [1].

El funcionamiento se puede describir básicamente de la siguiente forma.

Como se observa en la figura 1, la pantalla se fabrica mediante un tubo de vidrio en el cual se genera un vacío (casi completo) en su interior, estos tubos de cristal se equipan por lo menos con dos electrodos, un cátodo (electrodo negativo) y un ánodo (electrodo positivo) en una configuración conocida como diodo.

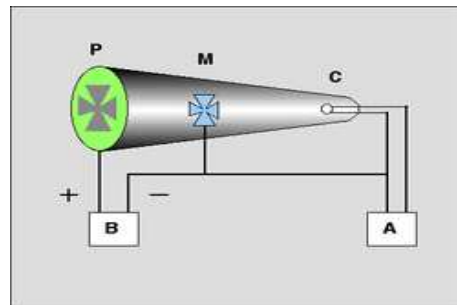


Figura 1. Diagrama esquemático de un tubo de rayos catódicos[2].

Cuando se calienta el cátodo, emite una cierta radiación que viaja hacia el ánodo [2], esta radiación que se conoce como haz de rayos catódicos chocan en el otro extremo del vidrio en donde hay una pantalla cubierta de fósforo y plomo. El fósforo permite reproducir la imagen proveniente del haz de rayos catódicos, mientras que el plomo bloquea los rayos X para proteger al usuario de sus radiaciones [1].

Los rayos catódicos están constituidos por electrones, los cuales se propagan en línea recta en ausencia de influencias externas e independientemente de dónde se sitúe el ánodo, pero pueden ser desviados por campos eléctricos o magnéticos (que pueden ser producidos colocando electrodos de alto voltaje o imanes fuera del tubo de vidrio) [2] si se sincronizan estos campos, se puede generar un barrido por la pantalla formando una imagen, en donde la intensidad o brillo del material que emite luz, es proporcional a la cantidad y velocidad de los electrones incidentes sobre el mismo [3].

Estos monitores son a lo mejor los mas vendidos de la historia, ya que por mas de 50 años dominaron el mercado, no fue hasta el final del siglo pasado en donde apareció el LCD que finalmente lo destronaría.

2.1.2. Las pantallas LCD. ³ La pantalla LCD es producto de varios avances tecnológicos independientes, que se aprovecharon para lograr su creación y desarrollo, esta tecnología ya esta siendo utilizada desde los 70s, pero no fue hasta finales de los 90s que consiguieron gran popularidad con pantallas y monitores, tal que al momento de escribir este informe están dominando el mercado, aparecen en celulares, tablets, televisores etc.

Esta tecnología desplazó del mercado al CRT, esto se debe a que, ahorran mas energía, ocupan menos espacio, y lo supera ampliamente en definición.

El LCD: El LCD (Liquid Crystal Display, por sus siglas en inglés) es una mesofase, que es un paso intermedio entre dos fases, en este caso entre la cristalina y la líquida, fue descubierto por Friedrich Reinitzer en 1.888, él estudiaba el comportamiento de fusión del ben-

³ Encontré mucha información pertinente, pero mayormente me base en [4], ya que esta muy bien explicado y bien condensado en esa obra.

zoato de colesterol y se dio cuenta que parecía tener dos puntos de fusión; al calentarse la sustancia, ésta primero pasaba a un líquido turbio para luego (al calentarse más) pasar a un líquido transparente.

Un año mas tarde, el cristalógrafo alemán F. Lehmann fue quien acuñó el término Cristal Líquido al descubrir que el líquido turbio intermedio entre la fase cristalina y el líquido transparente poseía propiedades ópticas y una estructura molecular similar a la de un cristal sólido.

A pesar de que fueron enormemente estudiados en las primeras décadas del siglo pasado, pasó a ser una mera curiosidad de laboratorio, hasta que en 1968, Heilmeyer, formula la primera descripción de un panel de cristal líquido, se basaba en el fenómeno de dispersión dinámica de la luz, por el cual la aplicación de una corriente eléctrica a un cristal líquido causaba la división del material en dominios de ejes aleatorios, aun así este modelo presentaba ciertos problemas como el alto voltaje de saturación en relación al voltaje umbral para el cambio, punto que hacía impracticable el direccionamiento x-y en matrices muy grandes, esto se describirá más adelante cuando hablemos de como funcionan los monitores LCD.

En 1971, Schadt y Helfrich describieron un nuevo tipo de panel de cristal líquido, los Twisted Nematic (o Nematico retorcido). Ellos consiguieron solucionar los problemas del modelo de Heilmeyer, y a pesar de los avances que se dieron a lo largo de los años, el fundamento de las ultimas tecnologías se basan en este modelo. Los cuales se describirán más adelante.

El TFT: El transistore de película delgada o TFT (Thin-film transistor, por sus siglas en inglés) es un transistor de efecto campo que se fabrica depositando finas películas de un semiconductor activo así como una capa de material dieléctrico y contactos metálicos sobre un sustrato de soporte, se puede fabricar de diversos materiales, el mas famoso el silicio[5]. La importancia de estos, para con la tecnología del LCD se dio en 1979 cuando LeComber y su equipo, descubrieron las características de un TFT que encajaban perfectamente con los requerimientos de celdas de cristal líquido que respondía muy bien a bajos voltajes, sentando así la verdadera posibilidad de poder fabricar monitores mas amplios con la tecnología LCD, que hasta entonces solo era posible en dispositivos pequeños, como cal-

culadoras, relojes digitales, etc.

Funcionamiento del LCD: Bueno, luego de mencionar las anteriores dos tecnologías, la electrónica (TFT) y la química y cristalografía (LCD), pasaremos a desarrollar como es que funcionan estos monitores.

Como ya describimos antes, el funcionamiento del LCD se basa en la dispersión dinámica de la luz, esto es, el fenómeno de separación de distintas ondas al atravesar un material, veremos, como es que este fenómeno es tan importante para esta tecnología, para ello empezamos por el funcionamiento del cristal líquido.

Como ya se mencionó antes, este material se conoce como mesofase, y las moléculas de un cristal líquido están orientadas a lo largo de un mismo eje o director en donde el nivel de orden y posicionamiento de las mismas determina la fase del LCD.

Al aplicársele una corriente a este material, el ordenamiento de esas moléculas varía, tal como se ve en la figura 2.

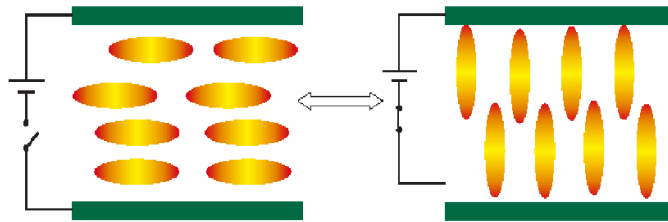


Figura 2. Reordenamiento en las moléculas del LCD, efecto Freedericksz.

Este fenómeno se conoce como efecto Freedericksz, en honor a su descubridor, esto se aprovecha en los monitores de la siguiente manera, al variar la disposición de las moléculas del LCD en un cierto ángulo con respecto al ángulo director, se obtendrán distintos colores y tonos, que estarán en función del ángulo desplazado, gracias a la dispersión dinámica de la luz.

Esta luz incidente es primeramente polarizada, mediante otro par de cristales, entonces al momento de agruparlos trabajan en conjunto para dejar pasar o no la luz, como se aprecia en la figura 3.

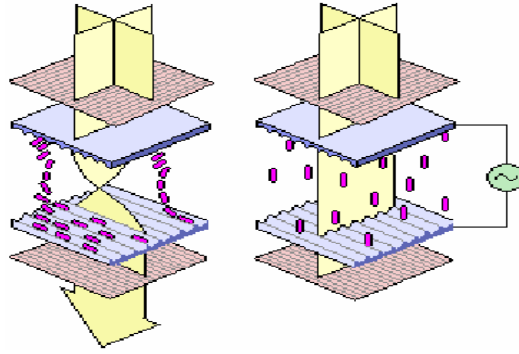


Figura 3. LCD mas polarizadores.

Ahora ya sabemos como funciona un pixel en un LCD o subpixel en un televisor comercial, pero ellos no pueden generar luz, por ende necesitan de una fuente de luz, hay básicamente tres formas de hacer esto, el reflectivo, el transmitivo y una combinación de ambos.

En el reflectivo, básicamente se pone un espejo en la parte trasera de la pantalla, entonces la luz que ingresa del exterior, se refleja por esta y los pixeles del LCD estan dejando o no pasar la luz reflejada, es la forma en como funcionan los monitores de las calculadoras y de los relojes digitales. El que más nos interesa, para esta breve reseña histórica es el transmitivo, en el cual se pone una fuente de luz en la parte trasera de la pantalla, esta puede ser un tubo fluorescente o LED, básicamente, el televisor LED es solo eso, cambia la fuente de iluminación trasera. Dicho esto ya tenemos una idea, de como funciona hasta aquí un monitor LCD, básicamente estan, la fuente de luz, el polarizador, el LCD que cuenta con una diferencia de potencial para variar su angulo y otro polarizador.

Hasta aquí todavía no tenemos pixeles, completos, ¿Cómo es que formamos los colores? Bueno, eso se logra gracias a la teoría del color, que ya era utilizada en los monitores CRT, pero que se los describirá aquí, como dice esta teoría el color blanco es la suma de todos los colores y el negro es la ausencia de color, y para la gama de todos los colores, se necesitan solo tres colores primarios, el rojo, el verde y el azul, los cuales haciéndolos variar en intensidad, se puede obtener toda la gama de colores.

Aquí es donde entra la importancia del TFT, ya que en la antigüedad la forma de aplicar la diferencia de potencial para direccionar las

moléculas dentro del LCD, se hacia mediante conexión directa, es decir había una conexión para el potencial positivo, como para el negativo, como se ve en la figura 4, esto es practico y funciona muy bien pero para paneles muy grande se necesitan millones de conexiones (dos para cada subpixel).

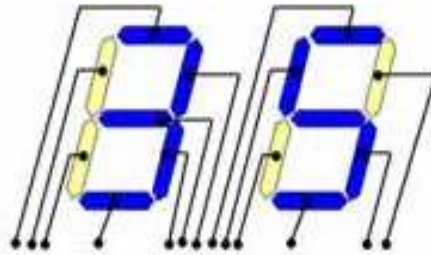


Figura 4. Direccionamiento directo.

Se diseño por lo tanto una disposición conocida como matriz pasiva, la cual consiste en unas filas de electrodos transparentes situados por encima y debajo de la capa LCD. Cada capa de electrodos esta situada perpendicularmente con respecto a la otra, de manera que cada fila de una capa se “intersecta” con la otra en un píxel LCD, la misma se ve en la figura 5:

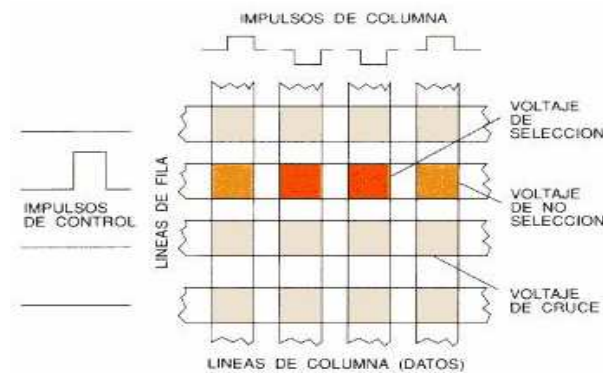


Figura 5. Matriz pasiva.

Esto solucionó el problema anterior, reduciendo de millones de conexiones a miles de conexiones, pero aún suponía un problema. Los píxeles se activan enviando un impulso de control a toda una fila y se suma o resta el voltaje de una columna. Si el voltaje resultante es suficiente, el píxel se activa, volviéndose opaco. El píxel tiene un corto tiempo de carga en el cual se vuelve opaco. Al eliminar la tensión, el LCD funciona como un capacitor en descarga, lo cual hace que tarde un tiempo en volverse transparente. Transmitiendo estos impulsos a un ratio adecuado (normalmente 60Hz) se consigue el efecto de permanencia (al igual que un CRT), el problema es que como se activa toda una fila y toda una columna, al hacer que estos monitores sean grandes, y con esa frecuencia de cambio, se generan campos parásitos que afectan a los píxeles circundantes generando así distorsiones en la imagen.

Finalmente se diseñó la matriz activa, que soluciona este problema gracias al TFT.

En esta el direccionamiento se produce por completo por debajo del LCD, estando la parte superior cubierta con un electrodo continuo. El direccionamiento se produce mediante una matriz de TFT, donde cada transistor direcciona un píxel. Así queda la configuración que se usa en la actualidad, la cual se puede apreciar en la figura 6.

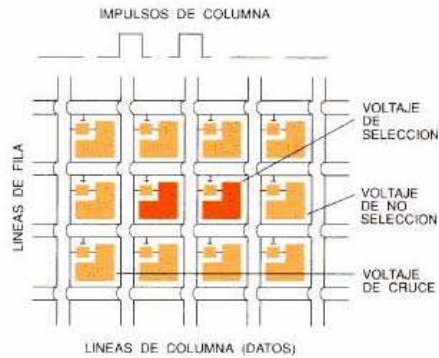


Figura 6. Matriz activa.

Muy bien, ahora es el momento de saber como generan los sub-píxeles RGB (Red Green Blue), para ello simplemente se pone una

capa mas, con filtros que dejan pasar solo esos colores. De esta manera, la disposición total del monitor LED se puede resumir en la figura 7:

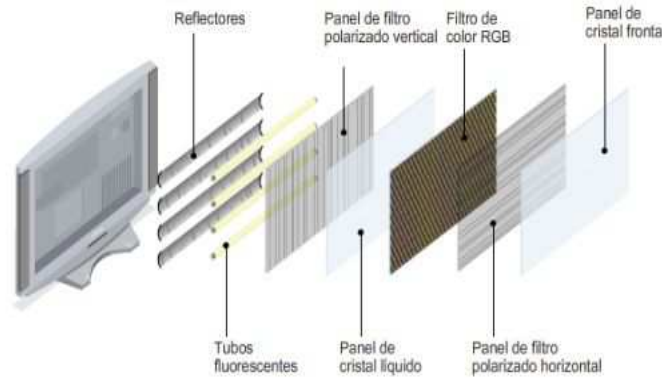


Figura 7. Disposición final[6].

Vale recalcar que, como ya se mencionó antes, el panel de iluminación puede ser también LED, en la figura 7 es el plasma.

2.2. EL OLED.

Hablaremos en esta sección de este dispositivo que hace que sea posible un tipo de pantallas flexibles.

2.2.1. Semiconductores orgánicos. Los materiales orgánicos habían sido considerados como aislantes, pero en la década de los 50 se demostró una débil conductividad eléctrica en moléculas orgánicas. Luego en 1977, en la publicación “Electrical Conductivity in Doped Polyacetylene” C. K. Chiang y su grupo de desarrollo, descubrieron un aumento de 11 órdenes de magnitud en la conductividad eléctrica de un polímero y así nace el término **semiconductor orgánico** que se utiliza hoy en día.

2.2.2. Electroluminiscencia en los materiales orgánicos. En la década de los 50, A. Bernanose y sus colaboradores en la Universidad de Nancy, produjeron por primera vez electroluminiscencia en los materiales orgánicos mediante la aplicación de alto voltaje de corriente

alterna, pero no fue hasta la década del 60, que Martin Pope y su grupo desarrollaron electroluminiscencia controlada por corriente en directa a partir de un cristal puro de antraceno, mas adelante, Pope y su grupo refinaron su experimento y demostraron que la electroluminiscencia en cristal único de antraceno fue causada por la recombinación de un electrón y un hueco.

También por ese entonces, en 1965, W. Helfrich y Schneider WG lograron por primera vez electroluminiscencia en materiales orgánicos semiconductores ya que resolvieron el problema de la inyección de electrones en el material orgánico (hasta aquel entonces sólo la inyección de huecos desde una solución de yoduro potásico era eficiente) utilizando una solución de iones antraceno negativos, este trabajo es el precursor de todos los dispositivos OLED, por estas épocas la idea de crear pantallas con materiales orgánicos era casi inconcebible, ya que se necesitaba muy alto voltaje (por vuelta de 100V o mas), sin embargo, en 1977, el Dr. Ching W. Tang y Steven Van Slyke publicaron dispositivos bicapa basados en películas moleculares depositadas por vapor, que consistían en una capa de transporte de huecos a base de una diamina aromática y una capa emisora de tris(8-hidroxiquinoleina) aluminio (Alq3), que generaban electroluminiscencia mayor de $1000 \frac{cd}{m^2}$ para un voltaje de operación menor de 10 V. Este diseño bicapa se ha convertido en un hito y constituye la estructura prototipo en OLEDs.

Hasta finales de los años 80 no se llevo a cabo una investigación más intensa.

En 1990 la demostración por Burroughes, de la electroluminiscencia en polímeros conjugados fue decisiva para alentar la investigación y el desarrollo en electroluminiscencia orgánica así fabricaron un OLED altamente eficiente basado en polímeros (PLED)[7].

2.2.3. Principios de operación del OLED. Los OLEDs están compuestos por capas(figura 8), como se puede apreciar, hay una capa que corresponde al ánodo y otra al cátodo, la capa que transporta electrones, la capa de emisión la capa que inyecta huecos y la capa que transporta huecos. Bajo una corriente de polarización positiva, los huecos son inyectados desde el ánodo y los electrones desde el cátodo. Los portadores de carga se mueven a través de las capas de transporte y se encuentran en la capa de emisión, donde se forman excitones que presentan una cierta probabilidad de decaer radiativa-

mente. Así la unión de estos se lleva a cabo en la capa de emisión, desprendiendo fotones (también calor, pero este es muy bajo) como consecuencia de la conservación de energía, esto produce que se genere luz visible del color según la molécula orgánica utilizada en la capa emisora así también la intensidad depende de la corriente aplicada.

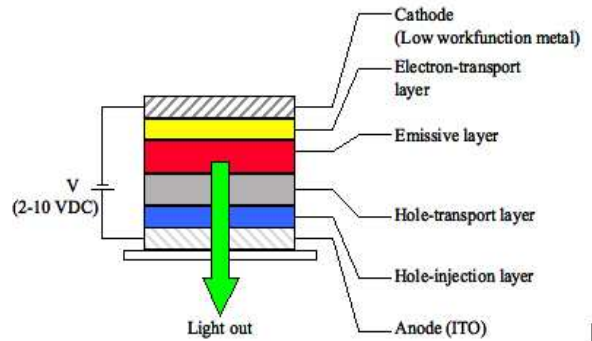


Figura 8. Funcionamiento del OLED.

2.3. La tinta electrónica.

Este es otro material que permite un tipo de pantalla flexible. El desarrollo de esta tinta se debe a razones ecologistas, al ser la prensa el mayor consumidor de papel y tener los periódicos un periodo de vida de 24 horas, se ahorraría toneladas diarias de papel; por lo que se ha ganado el apoyo del público e incluso de grandes diarios como el New York Times, el cual planea un servicio de suscripción una vez que esta tecnología se popularice[10]. Esta tecnología, nace de la investigación de Joseph Jacobson y Comiskey Barrett desarrollada en el MIT, ellos en 1997, crearon E Ink Corporation, empresa que se dedica a producir y fabricar la e-ink, los cuales vienen incorporados en los Amazon Kindle, también se usan en menor medida en teléfonos móviles y relojes. Estos están difundidos mayormente en diseños que solo muestran escala de grises[11].

Modo de operación: Hay dos empresas en la actualidad que son los que explotan esta tecnología, por un lado tenemos a la ya

mencionada E-INK, quien tiene la patente del invento, y a Gyricon, empresa perteneciente a Xerox, el funcionamiento es el básicamente el mismo, pero con pequeños cambios que hacen que la empresa creadora consiga mejor definición[12].

Esta pantalla consta de dos capas principales, una tercera es solo de protección, En primer lugar hay un polímero, el cual está compuesto por millones de esferas cargadas las cuales flotan en un gel transparente, por debajo de esta capa, hay una capa con microtransmisores que lo que hacen es inducir carga eléctrica, que hace que las esferas flotantes se muevan dentro del gel.

Aquí veremos la pequeña diferencia entre como logran las dos empresas mencionadas proyectar las imágenes en la pantalla. Primeramente hablaremos de Gyricon, esta hace lo siguiente, en la capa de microtransmisores pone un solo transmisor lo que hace que las esferas blancas bajen o suban según la polaridad. Esto se ve en la figura 9:

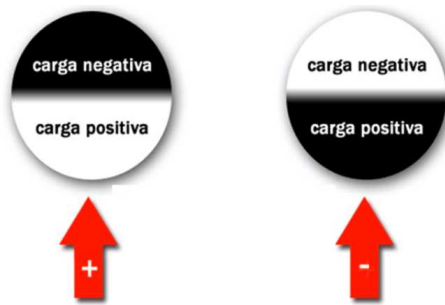


Figura 9. Esquema de la implementación de Gyricon.

La pequeña diferencia de E-INK es que en vez de un transmisor, el coloca dos, lo que hace que tenga mayor contraste, ya que mediante esta técnica se pueden mostrar escalas de grises, esto se ve en la figura 10:

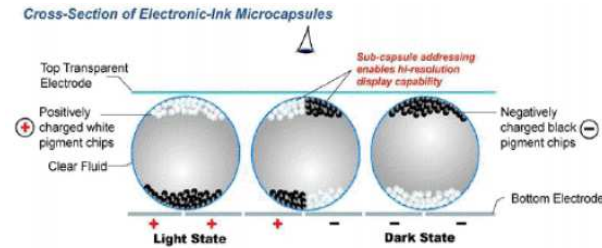


Figura 10. Esquema de la implementacion de E-Ink.

Usando esta tecnología, mas unos filtros de luz se consiguen las pantallas de tinta electrónica a color, el funcionamiento se esquematiza en la figura 11:

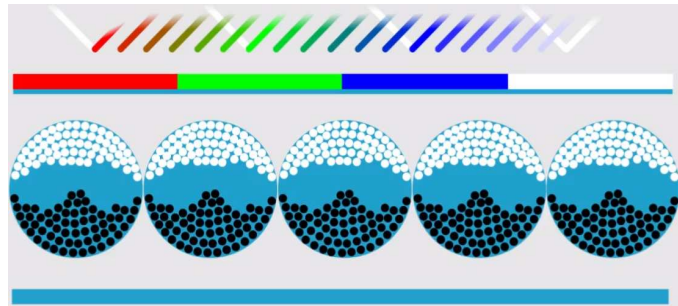


Figura 11. Esquema de la implementacion de E-Ink.

De esta forma, mediante un filtro rojo-verde-azul-blanco, que se coloca encima de la imagen en escala de grises, se consiguen los diferentes colores. Así vemos que el pixel en este tipo de monitor esta compuesto por 4 colores a diferencia del tradicional RGB.

3. Pantallas flexibles.

Ahora que ya estamos familiarizados con la tecnología OLED, así como con el funcionamiento de la tinta electrónica y los antiguos monitores, es hora de presentar la pantalla flexible.

Las características más resaltantes son las siguientes:

- **Forma delgada y ligera:** Como están hechas con material plástico, son más delgadas, los espesores conseguidos pueden estar en la escala de los nanómetros.
- **Durabilidad:** Son más duraderos, ya que al ser flexibles pueden soportar con más facilidad el impacto lo que los convierte en una solución potencial a los problemas de roturas por impacto que son muy comunes en la telefonía celular por sobre todo.
- **Flexibilidad:** Bueno, valga la redundancia, pero al ser flexibles, permite que puedan ajustarse a cualquier superficie, por lo que los diseñadores de interiores, arquitectos y diseñadores de moda, ven en esta tecnología una principal inspiración para trabajos futuros[13].
- **Costo de fabricación:** Esta tecnología permite la fabricación de OLEDs mediante técnicas roll-to-roll, posibilitando la fabricación en masa a bajo coste. En cuanto a la tinta electrónica, el cada vez más aceptado kindle y libros electrónicos, hace que por oferta y demanda, el proceso se industrialice y se tenga cada vez mas pantallas flexibles de este tipo.

Las pantallas FOLED (Flexible OLED), como se menciona arriba, son fabricados sobre sustratos plásticos delgados y flexibles son de bajo peso y muy duraderos, todo comenzó con un pedido de la fuerza armada estadounidense en 2009, pero la idea fue del agrado de Sony, que lanzó en el 2010 un prototipo que se puede ver en la figura 12 la cual mide 4.1 pulgadas y es mas fino que el pelo humano[14] y se puede enrollar en un lápiz.

Por las mismas características antes mencionadas el prototipo se pensó que era ideal para aplicaciones de celulares y PDA ya que



Figura 12. Presentación de la pantalla flexible.

presentan una ventaja frente a los LCD, que son fabricados sobre sustratos rígidos: la capacidad de reducir significativamente la incidencia de roturas, una causa frecuente de reparación o devolución. Nokia, en el 2011, presentó una pantalla flexible para smartphones, en la demostración, el representante de la compañía finlandesa, explicó que no se espera sustituir a la pantalla táctil sino complementarla “Está pensada para situaciones en las que el usuario no pueda usar bien la pantalla táctil, como en condiciones de frío extremo que le obliguen a llevar guantes.” [15], también se espera que Samsung incorpore estas a su Galaxy Note 2 a partir de noviembre de este año y LG anuncio en marzo que producirán pantallas flexibles para libros electrónicos [16].

A nivel militar las pantallas OLED flexibles son cada vez más utilizadas en fábricas de ropa “inteligente”, como las de trajes de supervivencia que incluyen, integrados, un chip de ordenador, un teléfono móvil, un receptor GPS y una pantalla OLED[7].

En cuanto a las pantallas flexibles hechas con tinta electrónica, como ya vimos, las esferas cargadas flotan en una burbuja hecha con un gel, este de por sí es flexible, lo que hace que se le llame a este tipo de pantallas papel electrónico. Ya están en el mercado, en los dispositivos para lectura de libros electrónicos. No obstante a diferencia de los monitores OLED, estos no emiten luz propia, por lo que no aparecen en el mundo de la alta definición.

3.1. Formas de fabricar los FOLED.

Actualmente los FOLED se basan en plásticos delgados, como el PET (polietilen tereftalato) o PEN (polietilen naftalato). Aunque estos materiales ofrecen muchas características atractivas, también imponen limitaciones respecto al procesado térmico y el rendimiento de la barrera. Se están desarrollando recubrimientos para estos sustratos, además del desarrollo de nuevos plásticos, para compensar estas limitaciones.[7]

Para proteger de la degradación por agua y oxígeno a los FOLED basados en vidrio, la convencional ha sido sellar con una tapa de vidrio y resina epoxi curada, que incorporaba un material absorbente del agua y el oxígeno (como de ve en la figura 13). Este tipo de encapsulado resulta insuficiente o problemático, y constituye el mayor reto a afrontar para el despegue de esta tecnología. Los prototipos recogidos de figuras posteriores, encapsulados por Vitex Systems, utilizan el sistema de encapsulado desarrollado por National Starch Corporation y Universal Display, basado en un recubrimiento monolítico multicapa posteriormente laminado [7].

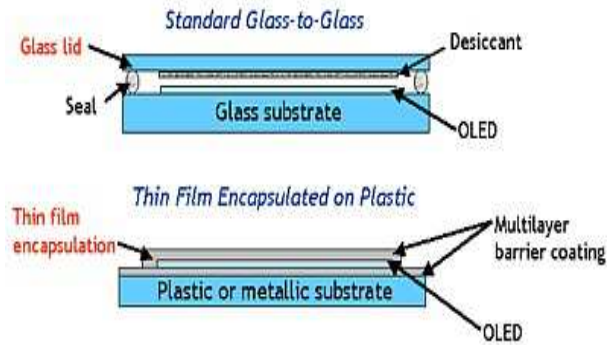


Figura 13. Diferentes métodos se encapsulación.

3.2. Perspectivas futuras.

En la actualidad se esta trabajando para poder insertar masivamente estos productos, las pantallas táctiles están hechas de oxido

de estaño de indio (ITO), muy solicitado y cada vez mas caro [17]. Así que se realizó un prototipo a base de grafeno, según entendidos, el material del futuro, éste presenta características muy prometedoras, así que seguramente en poco tiempo estas dos tecnologías, el grafeno y los OLED, que todavía no están siendo producidos en forma masiva, puedan encontrar en las pantallas flexibles la puerta para entrar al mundo de la producción a nivel industrial, el OLED viene un poco más adelantado en esta área, pero el grafeno todavía no despunta.

El grafeno a parte de ser económico, ya que esta hecho de grafito, material que abunda en la tierra, es más resistente que el metal y flexible como un cabello y conduce mejor que el cobre[18], junto con el OLED, se podrán crear tablas y pulseras inteligentes, totalmente flexibles y transparentes, ya que en laboratorios fue diseñado una batería flexible y hasta un microprocesador hecho de grafeno[19], como se puede apreciar en la figura 14.

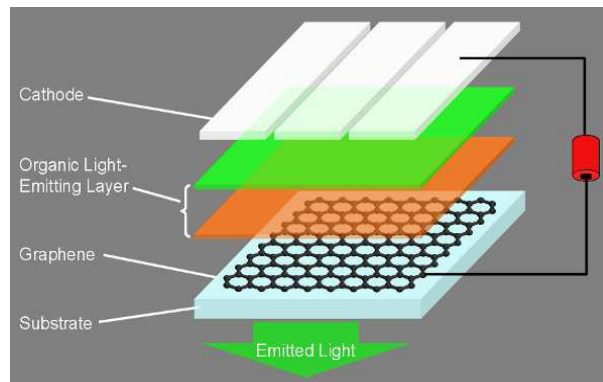


Figura 14. Pantalla flexible y táctil.

En cuanto a las pantallas con tinta electrónica, estas dominan el mundo del e-reader, debido a que tienen una gran ventaja frente a los monitores LCD, la ventaja se da debido a que el LCD, como ya vimos, necesita luz trasera, esta diferencia a la hora de la lectura es importante. Con papel electrónico, uno no va poder leer en la oscuridad, ya que necesita luz externa, sin embargo, con un LCD no se puede leer al aire libre, ya que la luz solar afecta la imagen de

estos monitores, se puede ver esto en el video que se encuentra en la pagina oficial de E-INK[20]. La conclusión que uno hace es que este problema de luz externa es superado por el OLED, así que el futuro dirá la permanencia de la hegemonía del papel electrónico en este campo, que obviamente depende no solo de la tecnología en si, sino que de otros factores como el marketing, alianzas o mejoras en la tecnología, etc.

4. Otro tipo de pantallas y mercado actual.

Hay que aclarar que esta tecnología todavía no despega del todo, debido a que tiene algunas desventajas, las cuales son:

- **Tiempo de vida:** Al principio, los tiempos de vida eran el mayor problema, solo se llegaba a 10.000 horas, esto se fue mejorando con el tiempo y se están haciendo esfuerzos por seguir mejorando en este aspecto, el color que crea mayores inconvenientes es el azul, que se empieza a degradar y como consecuencia de esto la imagen en la pantalla sufre cambios, ya que predominan el rojo y el verde, no obstante, se está llegando a tiempos de vida elevados y comparables a los televisores LCD.
- **Degradación por humedad:** Los materiales orgánicos son mucho más sensibles a la humedad y esta la degrada rápidamente, se hacen esfuerzos para lograr superar este obstáculo que acorta enormemente el tiempo de vida. Se han conseguido cubrir las capas de los OLED con materiales que no permiten pasar la humedad, sin embargo sigue siendo un problema.
- **Precio actual:** Como consecuencia de los dos puntos anteriores, este nuevo monitor no se ha insertado aun en el mercado actual, ya que debido a estas limitaciones la relación tiempo de vida-coste no es buena, y hace que este material todavía no se comercialice en forma masiva, cosa que hará que los precios de fabricación disminuyan considerablemente.

Como consecuencia de estos problemas que se mencionan Sony en el 2010 anuncio que se retira del mercado de los televisores OLED en Japón, no por una decepción en cuanto al concepto de tecnología, ya que como afirmaron en el comunicado, “la tecnología es genial, simplemente no es viable aún”, sin embargo sigue fabricando monitores, para sus consolas y para profesionales[8] solo que los precios son muy elevados.

Sin embargo otras compañías todavía apuestan y ya se empieza a vislumbrar la rápida inserción de esta tecnología en varios campos, se espera que en los próximos años sea la tecnología dominante en monitores pequeños, ya que la rápida respuesta de los OLEDs y su

bajo consumo, lo hacen ideal para todo tipo de dispositivos portátiles que requieran aplicaciones de vídeo. Y en un futuro no solo de los monitores, sino que empresas como Philips, que está interesado en el sector de iluminación del hogar, pretende aprovechar el bajo consumo de energía de estos dispositivos con el fin de sustituir a la bombilla y a los fluorescentes, los arquitectos y diseñadores están encantados con esta tecnología, ya que pueden decorar casas o salones y también se sueña con introducirlo al mundo de la moda, con prendas que puedan ser fabricadas con este material, no obstante estos campos no son del interés del presente trabajo.

Dadas estas aclaraciones nos introducimos en los temas concernientes al capítulo.

4.1. OLED transparente: TOLED.

La tecnología TOLED (Transparent OLED por sus siglas en inglés), como su nombre lo indica son pantallas transparentes, fue desarrollado por Universal Display logrando imágenes por una cara, o por ambas. Cuando estos se apagan, logran transparencia de un 80 %, lo que hace de esta tecnología apta para ventanas en hogares, parabrisas con sistemas integrados de navegación, para gafas etc.

4.2. Stacked OLED: SOLED.

A mediados de los 90, el Dr. Stephen R. Forrest y su equipo de la Universidad de Princeton concibió un OLED altamente innovador: el *stacked* OLED o SOLED. Esta tecnología presenta un concepto totalmente innovador del pixel. Generalmente un pixel está integrado por tres puntos, que son el rojo el azul y el verde (el viejo y conocido RGB de todos los monitores), lo que siempre varía es la disposición de estos, se los pone uno tras otro, o en delta, como se aprecia en la figura 15, donde se muestran distintas disposiciones de los pixeles en los monitores conocidos.

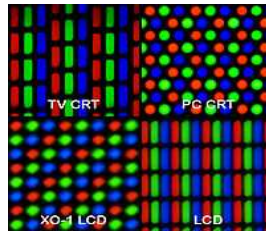


Figura 15. Distintas disposiciones de los píxeles[9].

La innovación del SOLED radica en que en vez que los puntos RGB estén dispuestos de alguna de las maneras anteriormente mencionadas, estas se encuentran apiladas, como se aprecia en la figura 16 dando lugar a varios cambios ya que permite que la intensidad, el color y la escala de grises puedan ser modulados independientemente para conseguir mejoras triplicadas en la resolución de las pantallas y un realce completo de la calidad del color.

Además, se mejoran la emisión de luz total por unidad de área, la eficiencia de potencia neta y el tiempo de vida del dispositivo (puesto que cada una de las unidades apiladas se alimenta con menos de $1/n$ de la corriente necesaria para cada pixel individual, siendo n el número de unidades apiladas).

Finalmente, se está demostrando que esta tecnología constituye un enfoque muy apropiado para paneles de iluminación en estado sólido: con los SOLED puede lograrse fácilmente ajustar la luz blanca emitida de un tono más cálido a uno más frío[7].

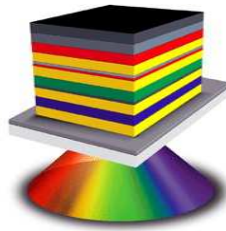


Figura 16. Esquema de un SOLED.[7].

5. Conclusión.

Se puede concluir que ya es una realidad; el futuro cercano de las pantallas es que serán flexibles. Ya por estos días me imagino un mundo con remeras que proyecten imágenes o cambien de color según la preferencia del usuario, también libros electrónicos que adopten este tipo de pantallas y se reciba el diario del día mediante wi-fi , celulares que puedan doblarse y meterse en el bolsillo, y miles de usos que se le pueden dar a este tipo de pantallas, queda a cargo de la imaginación de las compañías que las están desarrollando el uso y aplicación que se les pueda dar.

Cada vez es más común el uso de los e-readers de Amazon, y cada vez hay más empresas que fabrican estos lectores. Las pantallas OLED ya están entre nosotros, no aún en forma masiva, pero sobran rumores de que las versiones siguientes de dispositivos que gozan de gran aceptación serán flexibles, así que esto hace dudar que en poco tiempo será masivo, para no ir mas lejos, ya se hablaba de que el iPhone 5 sería flexible, se presento y no fue así, no obstante ahora se habla de que el siguiente Samsung Galaxy va ser flexible, el tiempo dirá.

Lo que si es inminente que en los próximos años este tipo de pantallas sea una realidad de fácil acceso y tan cotidiana como tener un televisor en la casa. Estaremos esperando a ver que sucede y ojala este trabajo pueda echar algunas luces de como son internamente estas pantallas.

Referencias

1. http://es.wikipedia.org/wiki/Tubo_de_rayos_catódicos
2. http://es.wikipedia.org/wiki/Rayos_catódicos
3. [http://personales.unican.es/perezvr/pdf/TUBOS %20DE %20RAYOS %20CATODICOS.pdf](http://personales.unican.es/perezvr/pdf/TUBOS%20DE%20RAYOS%20CATODICOS.pdf)
4. http://www.electronicaamg.eshost.com.ar/tecnologia_lcd.pdf
5. http://es.wikipedia.org/wiki/Thin-film_transistor
6. <http://www.xataka.com/hd/como-funciona-un-televisor-lcd>
7. Pedro Chamorro Posada, Jesús Martín Gil, Pablo Martín Ramos y Luís Manuel Navas Gracia. “Fundamentos de la tecnología OLED.”.Mata Digital, SL, Plaza de la Universidad, 2, 47002 Valladolid.
8. <http://www.techtear.com/2010/02/17/es-historia-sony-se-despide-del-oled>
9. <http://en.wikipedia.org/wiki/Pixel>
10. http://es.wikipedia.org/wiki/Tinta_electrónica
11. http://en.wikipedia.org/wiki/E_Ink
12. <http://www.youtube.com/watch?v=AMvjwZhuEo8>
13. [http://www.lighting.philips.es/pwc_li/es_es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Luminous %20Enero %202011.pdf](http://www.lighting.philips.es/pwc_li/es_es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Luminous%20Enero%202011.pdf)
14. <http://www.abc.es/20100527/ciencia-tecnologia-tecnologia-gadgets/sony-lanza-primera-pantalla-201005271115.html>
15. http://tn.com.ar/tecnologia/ahora-los-celulares-vienen-con-pantalla-flexible_071283
16. <http://elcomercio.pe/tecnologia/1394357/noticia-pantallas-flexibles-destinadas-libros-electronicos>
17. <http://www.gizmag.com/transparent-flexible-graphene-based-electrodes/19397/>
18. http://www.slideshare.net/HectorMamani/grafeno-sus-propiedades-y-aplicaciones?from=share_email
19. <http://www.metaproject.cl/es/img/downloads/272888-grafeno-2.pdf>
20. http://www.youtube.com/watch?v=wCgHHtq_IBA&feature=g-user-u