



<http://assets.midnightcheese.com/images/arduino-hello-world-large.jpg>

## Pantallas de cristales líquidos

Carlos Velázquez

En 1964 George Heilmeyer descubrió que las sustancias conocidas como cristales líquidos permiten o impiden el paso de la luz al encender o apagar un campo eléctrico. Este fue el inicio de una apasionante carrera tecnológica entre Estados Unidos, Europa y Japón que desembocó un cuarto de siglo más tarde en la construcción de las modernas pantallas de cristales líquidos (Liquid Crystal Display - LCD) que hoy están presentes en todos los aspectos de nuestra vida cotidiana.

### **Moléculas omnipresentes**

Todos hemos estado en contacto con las tecnologías de LCD (Liquid Crystal Display o pantallas de cristales líquidos), y ésta no se limita a las pantallas de las computadoras modernas o al último modelo del iPhone:

los LCD, nos han acompañado desde que se inventaron las primeras calculadoras portátiles y los relojes de pulsera; así es, todos los números que has visto formarse en la pantalla de la calculadora más barata, como la que usaba tu tía para sumar, tiene la tecnología de cristales líquidos. Sorprendente, ¿no te parece?

Los cristales líquidos fueron descubiertos a fines del siglo XIX y deben sus sorprendentes capacidades de interacción con la luz a la forma particular que tienen sus moléculas (ver "Cristales ¿líquidos?" en Cienciorama). Resulta ser que para las aplicaciones tecnológicas los cristales líquidos conocidos como nemáticos son los más apropiados. Éstos pueden visualizarse simplemente como un líquido que está constituido de moléculas alargadas en forma de puro. Estas moléculas tienen la característica de que bajo ciertas condiciones de presión y temperatura la mayor parte de ellas apuntan en una dirección preferencial a pesar de que se mueven con la libertad de una molécula que forma parte de un líquido, y la luz se comporta diferente dependiendo de la forma en que choque con estas moléculas.

### **Viajando por todo el mundo**

La historia del desarrollo de la tecnología de los cristales líquidos implicó competencia y colaboración a gran escala, y los participantes más destacados de esta carrera fueron los Estados Unidos, donde más de una vez se mostró de manera práctica la posibilidad de usar los cristales líquidos para hacer implementaciones útiles, como los primeros prototipos de relojes electrónicos, Europa, donde se llevaron a cabo los estudios de ciencia básica que permitieron comprender cómo funcionan los cristales líquidos, y Japón, que supo capitalizar todos los conocimientos y fabricar productos listos para su venta en el mercado.

Por muchos años los cristales líquidos no fueron más que una curiosidad de laboratorio sin ninguna utilidad práctica pero en 1962 Richard Williams, ingeniero de RCA, en los EU, descubrió un curioso efecto:

mientras se encontraba en busca de nuevas sustancias que interactuaran con la luz, se le ocurrió colocar un cristal líquido nemático (p-azixonasol) entre dos placas transparentes de vidrio, cubrirlas con un conductor eléctrico transparente y aplicar un voltaje. Observó la formación de un patrón de líneas ligeramente oscuras. La sustancia sólo mostraba el comportamiento de un cristal líquido a una temperatura superior a los 117 °C, y aunque el efecto provocó la curiosidad de algunos científicos, no pasó de eso. Esos patrones actualmente se conocen como los Dominios de Williams. Debemos decir que aunque el experimento suena un poco sacado de la manga, en realidad se habían hecho otros parecidos en RCA, y el mérito de Williams consistió más que nada en estar probando sustancia tras sustancia y darse cuenta del potencial de los cristales líquidos.

La curiosidad se volvería sorpresa sólo dos años más tarde. En 1964 George Heilmeyer, recién egresado de la universidad, trabajaba en RCA como investigador. Aunque en un primer momento se orientó hacia el campo de la tecnología de generadores de microondas, su ambición lo llevó a probar suerte en el fascinante y arriesgado campo de los semiconductores. Un semiconductor es una sustancia que puede ser aislante o conductor eléctrico dependiendo de condiciones externas como la temperatura o el voltaje aplicado. Sin embargo, poco tiempo después, hasta sus oídos llegaron noticias de los Dominios de Williams, con lo que inmediatamente se entusiasmó. Pensó que sería posible refinar el experimento para que el efecto fuera mucho más marcado, y que las líneas de Williams se convirtieran en zonas completamente oscuras, con lo cual se podría crear un dispositivo de visualización.

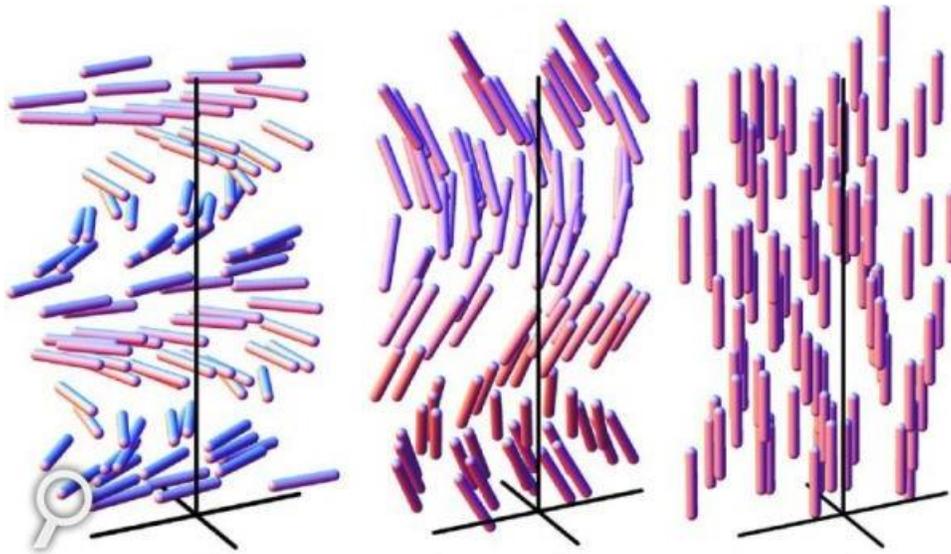


Figura 1. Aplicando una corriente eléctrica apropiada podemos cambiar la orientación de las moléculas de los cristales líquidos.

Imagen de: <http://www.marisolcollazos.es/noticias-informatica/?p=8998>

Después de varios intentos, Heilmeyer llegó a la siguiente solución: primero tomó un cristal líquido de tipo p --los cristales líquidos de tipo p se alinean en la misma dirección si se les aplica un campo magnético-- y le agregó un poco de otro cristal líquido que interactúa fuertemente con la luz. En la jerga actual a esta mezcla la llamaríamos dopamiento de un cristal líquido con otra sustancia huésped. Luego utilizó el mismo dispositivo que Williams, o sea hizo un sándwich de vidrio y le aplicó una corriente eléctrica. De inmediato notó que cuando no aplicaba corriente eléctrica al dispositivo, éste era blancuzco y traslucido, pero al aplicar un voltaje y cambiar la orientación de las moléculas, el sándwich de cristales líquidos se volvía completamente transparente. De hecho, el efecto se volvía mucho más dramático si antes de que la luz incidiera ponía un polarizador, y entonces lograba que el dispositivo pasara de completamente transparente a completamente oscuro. Incidentalmente, si tienes unos lentes polarizados, puedes seguir observando el mismo efecto en la pantalla de tu celular, de tu computadora o de tu reloj de pulsera:

desde una cierta orientación respecto a la pantalla, verás que ésta se oscurece por completo. Puedes ver sucintamente el significado de un polarizador y de la luz polarizada observando la figura 3.



Figura 2. Heilmeyer con su invento.

Imagen de: <http://www.displayblog.com/2009/05/01/george-heilmeyer-lcd-inventor/>

¡Sorprendente! Heilmeyer había inventado el primer dispositivo óptico funcional de cristales líquidos. La razón detrás de su funcionamiento se debe a lo siguiente: la luz está compuesta de dos polarizaciones perpendiculares entre sí, si utilizamos un polarizador, aparecerá en él sólo una de las dos polarizaciones de la luz. Las moléculas de los cristales líquidos interactúan fuertemente con la polarización cuando se encuentra alineada con ellos; de hecho, absorben la luz y la reemiten en forma de luz de baja frecuencia invisible para nuestros ojos. Sin embargo, cuando la luz incide sobre alguna de las puntas de la molécula, ésta interactúa débilmente con ella y de hecho prácticamente la deja pasar toda. Lo que hacemos con el campo eléctrico aplicado es cambiar la orientación de las moléculas que constituyen al cristal líquido.

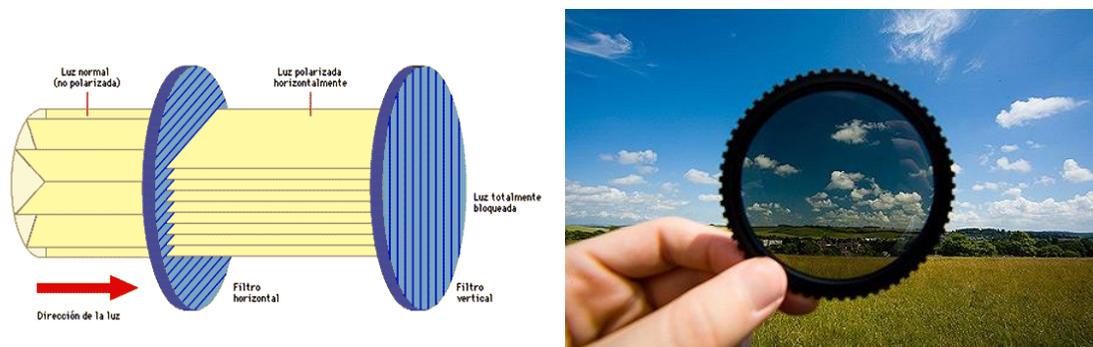


Figura 3. Funcionamiento de un polarizador y apariencia de la luz polarizada. Imágenes tomadas de:

[http://www.medic.ula.ve/histologia/anexos/microscopweb/MONOWEB/capitulo6\\_3.htm](http://www.medic.ula.ve/histologia/anexos/microscopweb/MONOWEB/capitulo6_3.htm)  
<http://marketsresearchstore.tumblr.com/post/130677036004/global-polarizer-market-2015-2020>

Pero el funcionamiento del dispositivo de Heilmeyer es un poco más complejo, ya que el hecho de que tengamos una sustancia dopando a la otra resulta ser un detalle crucial, pero por ahora basta con saber que el trasfondo del funcionamiento es como lo hemos descrito.

Heilmeyer llamó a esto el modo de inquilino-huésped (guest-host mode). Sin embargo, había problemas muy obvios con este dispositivo. Primero que nada, no era muy estable en periodos de tiempo largos, además de que el experimento era muy sensible a la preparación previa de las caras de vidrio y la sustancia huésped sólo se comportaba como cristal líquido a altas temperaturas. Heilmeyer estaba consciente de todas estas limitaciones y se dio a la tarea de resolverlas.

### **El siguiente paso: modo de dispersión dinámica**

Hacia finales de 1964, Heilmeyer y otros ingenieros de RCA, se dieron cuenta de nuevos efectos en cristales líquidos nemáticos de tipo n; estos cristales, a diferencia de los tipo p se orientan con su eje mayor perpendicular hacia un campo eléctrico aplicado. Al pasar una corriente, las moléculas de estas sustancias experimentaban un estado de turbulencia constante, de modo que la luz que incidía sobre ellas era fuertemente

absorbida. Esta turbulencia surge por lo siguiente: cuando no hay corriente, las moléculas tipo  $n$  permanecen como si estuvieran detenidas pero en cuanto la corriente se enciende, las obliga a "acostarse"; sin embargo, el campo no le indica a cada molécula individual en qué dirección hacerlo. Cuando todas tratan de hacerlo al mismo tiempo pasa lo mismo que le ocurriría a un grupo de personas: se empiezan a encimar las cabezas sobre los pies de otros, y esto a nadie le gusta, entonces todos empiezan a dar vueltas buscando un estado más satisfactorio sin encontrarlo. En el caso de las moléculas, esto tiene que ver con la manera en que interaccionan con el campo eléctrico externo y con los átomos de otras moléculas. Utilizando este principio, Heilmeyer y su equipo crearon interruptores de luz con características mucho más eficientes que sus primeros prototipos. Esta nueva tecnología fue conocida como modo dispersivo dinámico (DSM - Dynamical Scattering Mode).

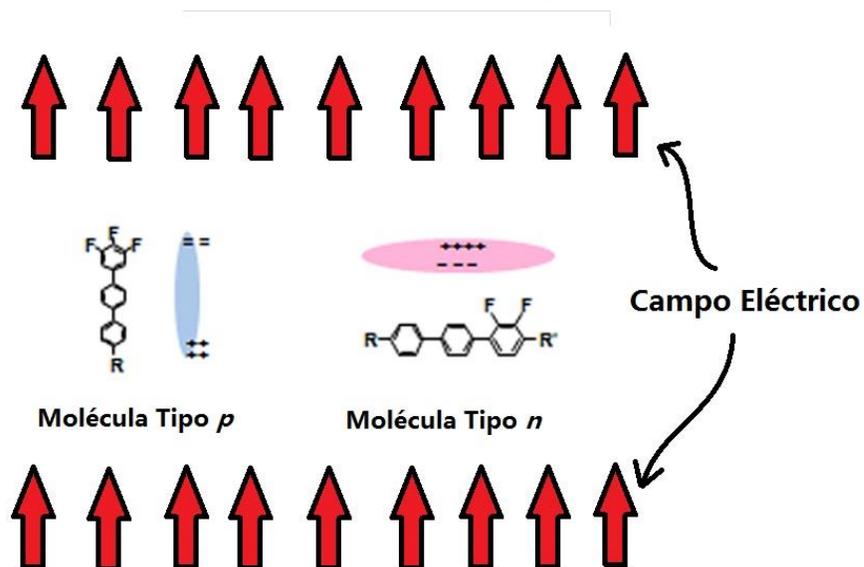


Figura 4. Moléculas tipo  $n$  y tipo  $p$ . Imagen tomada y modificada de:

<http://m.lgdisplay.com/m/eng/product/mobile01>

A partir de estos materiales básicos, el equipo de RCA diseñó algunas pantallas alfanuméricas (o sea que mostraban letras y números), ventanas

que podían controlar su transparencia eléctricamente, pinturas que aparecían y desaparecían y un reloj no portátil completamente electrónico. A pesar de lo primitivas que nos parecerían estas tecnologías hoy en día, en su momento provocaron éxtasis en todos los laboratorios de la RCA. Más tarde, en mayo de 1968, RCA anunció el desarrollo de una tecnología lumínica completamente nueva. Los cristales líquidos habían inaugurado su época tecnológica.

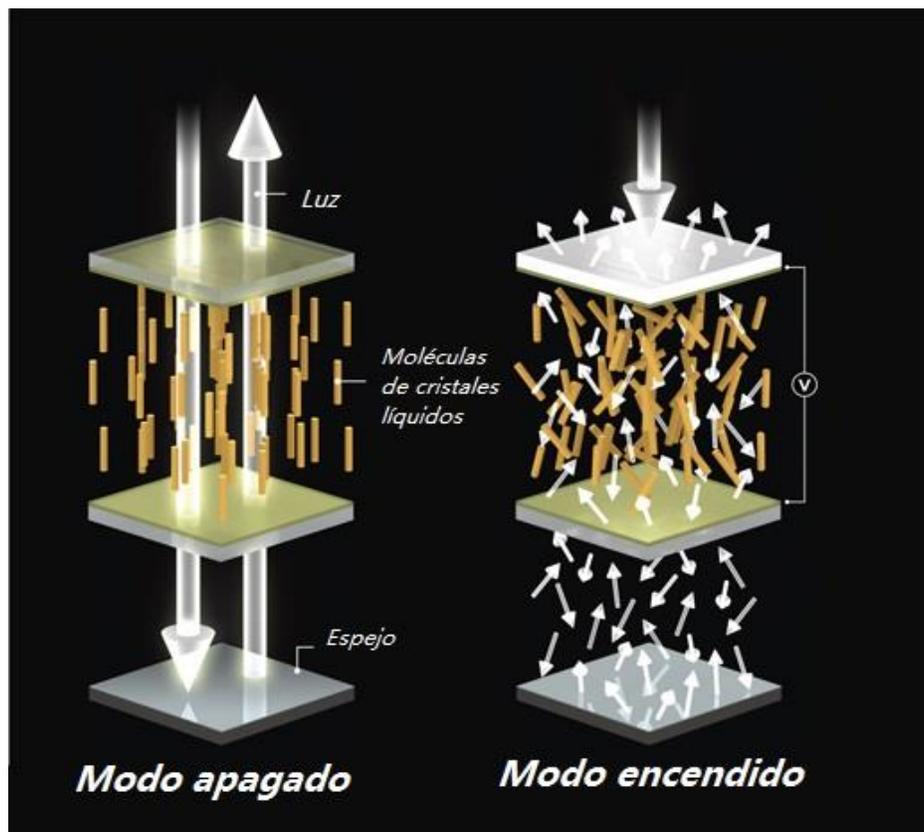


Figura 5. Forma de funcionamiento del modo de dispersión dinámica de Heilmeyer. En la parte de la derecha, las flechas blancas indican pequeños rayos de luz dispersados en todas direcciones. Imagen de:

<http://spectrum.ieee.org/img/11OLLCDHistoryf2-1351021582070.jpg>

Sin embargo, a pesar de que la compañía se sentía satisfecha con los avances, consideró que no sería beneficioso desarrollar estas tecnologías

hasta el punto de crear pantallas u otro tipo de dispositivos ya que esto interferiría con el negocio de televisores tradicionales, de los que RCA era uno de los principales fabricantes. A final de cuentas, los esfuerzos de Heilmeyer no vieron la luz como implementos listos para su venta en el mercado. Poco tiempo después el grupo de investigación en cristales líquidos se disolvió y Heilmeyer salió de RCA.

## **Japón**

Pero el sendero para el desarrollo de las tecnologías de cristales líquidos ya había sido abierto. El siguiente gran paso en esta dirección lo dio el Japón de los años 60, que aún sufría los efectos devastadores de la posguerra con una economía débil y una gran dependencia de la tecnología del exterior. A pesar de todo, el espíritu de trabajo del pueblo japonés resurgió de entre los escombros que había dejado la guerra. Fue así como una gran cantidad de compañías se embarcaron en el desarrollo de nuevas tecnologías. En un inicio los productos fueron de baja calidad, pero las empresas perseveraron hasta llegar a crear productos de muy alta calidad. Sin embargo, no debemos perder de vista que los subsidios de EU jugaron un papel fundamental en el proceso de recuperación de Japón y el impulso de su industria. Sea como fuere, la dirección del gobierno combinada con la capacidad empresarial de la población, creó el ambiente perfecto para convertir a Japón en un país tecnológicamente competitivo.

Creando equipo eléctrico, automóviles, televisores e incluso aviones, Japón se embarcó en la aventura industrial. Pero en lo que respecta a la historia que estamos contando, hay que situarnos a finales de los años 60, cuando este país se encontraba en plena recta final de lo que popularmente se conoce como la guerra de las calculadoras (dentaku sensou). Esta guerra se refiere al esfuerzo tecnológico sin precedentes realizado por varias empresas de Japón, entre ellas Casio y Sharp, que convirtieron los pesados monstruos de cientos de kilos que trabajaban con

bulbos al vacío, en implementos eficientes que pesaban alrededor de un kilogramo.

Pero ahí no acabó todo, las industrias siguieron quitando gramo tras gramo a las nuevas generaciones de calculadoras. A principios de 1969, un documental de la NHK --la compañía televisiva más importante de Japón-- informó sobre el desarrollo en EU de una tecnología capaz de crear pantallas alfanuméricas que ocupaban muy poco espacio y casi no consumían energía; era el desarrollo tecnológico hecho por Heilmeier y su equipo en RCA. De inmediato Tomio Wada, del Laboratorio Central de Investigaciones de Sharp, supo que ésta era la tecnología que necesitaban para dar el gran salto que los haría ganar esta guerra: la creación de una calculadora completamente portátil.

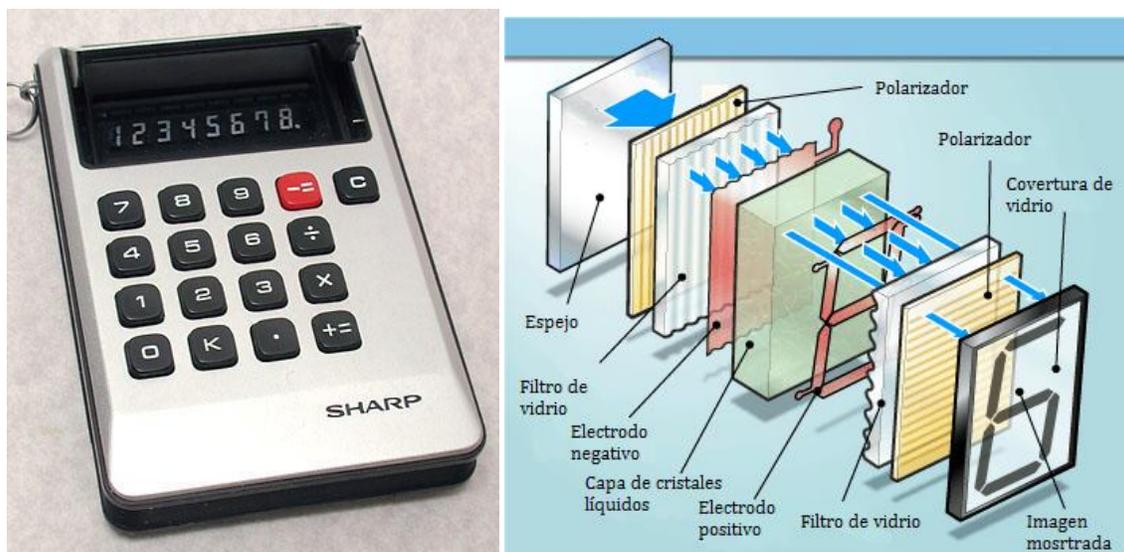


Figura 6. La primera calculadora digital portátil y los componentes de su pantalla, incluyendo la capa de cristales líquidos. Imágenes de:

[http://www.vintagecalculators.com/html/facit\\_1106\\_sharp\\_el-805s.html#EL-805](http://www.vintagecalculators.com/html/facit_1106_sharp_el-805s.html#EL-805)<http://s.hswstatic.com/gif/lcd-screen.gif>

Así que los directivos de Sharp mandaron de inmediato emisarios a EUA para pedir que les enseñaran a utilizar la tecnología de pantallas de cristales líquidos. Todo este esfuerzo comenzó en 1972, y aunque fue muy

poca la información que Sharp pudo obtener, fue suficiente para que la empresa tomara la arriesgada decisión de crear un equipo de investigación que fabricaría la calculadora portátil utilizando la tecnología de cristales líquidos para su pantalla.

El plan de desarrollo era una aventura en sí misma, ya que implicó el desarrollo del prototipo en menos de 12 meses para anunciarlo en mayo de 1973. Fue una meta ambiciosa, ya que ninguno de los grupos de investigación de Japón sabía casi nada sobre cristales líquidos. Sin embargo, la poca información recogida por Wada demostró ser vital para guiar el proceso. En poco tiempo el equipo japonés se hizo experto en mezclas y técnicas de dopamiento de cristales líquidos. El principal reto era lograr crear un cristal líquido que existiera como tal a temperatura ambiente --para que fuera viable comercialmente-, ya que debemos recordar que los cristales líquidos de RCA sólo lo eran a altas temperaturas. El equipo de investigación estudió alrededor de 3,000 sustancias y realizó unas 500 mezclas antes de encontrar la combinación ideal --debes saber que al mezclar distintos tipos de cristales líquidos sus temperaturas de operación varían.

En realidad, para llegar al desarrollo de la calculadora completamente portátil, no bastaba con desarrollar las mejores pantallas de cristales líquidos, sino que tenían que hacerse otras mejoras en el terreno para hacer más eficientes y livianos los circuitos eléctricos. Una de las mejoras más interesantes de esta nueva calculadora consistió en sustituir los circuitos integrados por circuitos impresos con tinta conductora, que era mucho más liviana que el cobre, además de utilizar circuitos electrónicos de última generación.

Todo esto fue suficiente para que Sharp anunciara el 15 mayo de 1973 la Elsi Mate EL-805, la primera calculadora realmente de bolsillo. Con esto Sharp ganó millones y consolidó la tecnología de cristales líquidos con un producto altamente comercializado (ver, La Guerra de las Calculadoras, en Cienciorama).

## **Largo y sinuoso camino**

Bueno, hasta aquí dejaré por ahora esta historia sobre tecnología, competencia y ciencia básica. El camino que le faltaba recorrer a los cristales líquidos hasta llegar a convertirse en las vistosas pantallas actuales. Como ves, la ciencia y la tecnología tienen una relación cercana, y a veces pueden pasar años, incluso décadas, antes de que un descubrimiento de la ciencia básica llegue a tener una aplicación tecnológica. Esto demuestra que el esperar invertir y obtener ganancias de inmediato no funciona en la ciencia.

## **Bibliografía**

- Lev M. Blinov. *Structure and properties of Liquid Crystals.*, Springer science, EU, 2011.
- Hirohisa Kawamoto. *The History of Liquid-Crystal Displays.* Institute of Electrical and Electronic Engineers, EU, 2002.
- Cyril Hilsum., *Flat-panel electronic displays: a triumph of physics, chemistry and engineering.* Philosophical Transactions of The Royal Society, Inglaterra, 2009.