

# Técnica para reciclaje de componentes electrónicos en pantallas de cristal líquido

Miguel Muñoz-López <sup>b</sup>, Verónica Quintero-Rosas <sup>a</sup>, Alejandro Monroy-Villaseñor <sup>b</sup>, Cesar Burgueño-Victorio <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Mexicali, Mexicali, Baja California.

<sup>b</sup>Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 21, Mexicali, Baja California.

## Resumen

En la zona Noroeste de México son comunes los clusters de la industria de remanufactura en el ramo de la electrónica y por consecuente una base importante de la economía regional, uno de los giros de la industria electrónica regional es la remanufactura de equipos electrónicos dentro de la cual ha destacado en los últimos años las televisiones de pantalla plana de alta definición. Los beneficios de generar técnicas y herramientas para la recuperación de componentes de alta tecnología de las pantallas planas se reflejan en el incremento del porcentaje de recuperación de unidades funcionales. En este proyecto se propone una técnica para reciclado de componentes en pantallas de cristal líquido para el uso en televisiones de alta definición, con la implementación de esta técnica es posible minimizar los costos de remanufactura y facilitar técnicas y herramientas para la reparación de este tipo de equipos electrónicos, reduciendo los desechos generados por las televisiones fuera de uso por mal funcionamiento, así mismo impactar positivamente en los costos de reparación al tener la posibilidad de reciclar componentes electrónicos de alta tecnología.

## Abstract

In the Northwest of Mexico clusters of remanufacturing industry in the field of electronics and consequent are common an important basis of the regional economy, one of the turns of the regional electronics industry is the remanufacturing of electronic equipment within which he has excelled in recent years' flat screen televisions HD. The benefits of generating techniques and tools for recovery of high-tech components of flat panel displays is reflected in the increase in the percentage of recovery of functional units and the environmental impact resulting benefits for recycling or reuse of this electronic equipment. In this project a prototype recycling and reuse of electronic high-tech components used in liquid crystal displays for flat screens HDTV, using this prototype is proposed as it is possible to minimize the costs of remanufacturing and provide techniques and tools for the repair of this type of electronic equipment, thereby reducing the waste generated by the equipment out of use for malfunction, also positively impact repair costs to be able for recycling high-tech electronic components.

**Palabras claves:** Displays, Tab, Driver, LCD.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la basura tecnológica [7], como lo son televisores, celulares, computadoras, impresoras etc. tiene una repercusión ecológica y de salud muy fuerte generando un alto porcentaje de contaminación de basura informática (figura 1), los principales contaminantes son las sustancias utilizadas como el éter difenil hexavalente, usados en los plásticos y los metales utilizados en la fabricación como el plomo, oro, mercurio, cadmio, cromo y arsénico, por lo cual la contaminación impacta en el aire, agua y suelo además de un gran riesgo en la salud humana [5].

Basura informática (miles de toneladas)

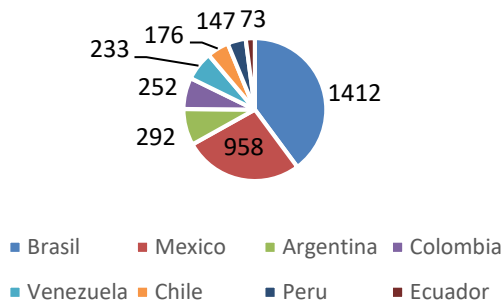


Figura 1. Porcentaje de basura informática.  
Fuente: GSMA (indicador global de basura).

En México [6] cada año se desechan 47,500 toneladas de computadoras personales y 1500 toneladas de impresoras, así como 166,500 toneladas de televisores. Como lo muestra la figura 2: (Fuente: RAEE: Residuos de los aparatos eléctricos y electrónico).

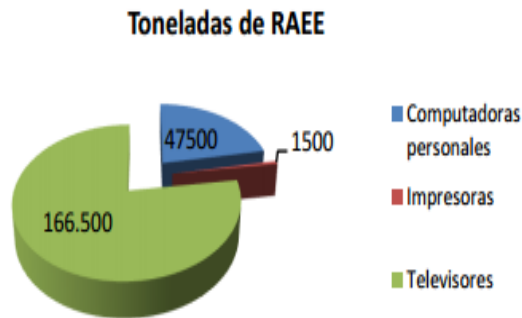


Figura 2. Porcentaje de basura informática.  
Fuente: RAEE: Residuos de los aparatos eléctricos y electrónico.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente el crecimiento de estos desechos va cada año en aumento lo que provoca un alarmante crecimiento en contaminación a nivel global.

Desde la introducción de los televisores de pantallas planas a principios de 2000, la presencia de la Televisión de CRT (Tubo de Rayos Catódicos) ha casi desaparecido. Debido a la competencia entre los PDP (Plasma Display Panel) y LCD (Liquid Crystal Display), importantes empresas en el mercado de televisiones de alta definición, recientemente han puesto fin a su negocio de televisores PDP. En poco más de 10 años, las pantallas LCD se han convertido en la tecnología de televisión más importante [10].

Los productos de televisión de LCD se han estado mejorando y ofreciendo nuevos diseños y sistemas; una de las innovaciones más recientes es la integración de fondo LED (Diodos Emisores de Luz), dándose cuenta de la alta definición y televisores en 3D (tercera dimensión). Una de las fallas más comunes en los LCD's son las líneas o bloques oscuros verticales u horizontales en la pantalla, esto se debe principalmente al daño de componentes de alta tecnología llamados "tab drivers" cuya función es la de suministrar las señales provenientes de los circuitos electrónicos de la televisión directamente al cristal líquido para visualizar las imágenes de video.

Cuando un LCD presenta este tipo de falla, la televisión de alta definición (HDTV) prácticamente se declara como pérdida total debido a la complejidad y la necesidad de equipo altamente especializado para reemplazar los componentes dañados; es a partir de este punto donde se tiene la oportunidad de recuperación de la pantalla y de minimizar el impacto ambiental que el desecho mismo del equipo electrónico genera en contra del medio ambiente.

El propósito de desarrollar un prototipo para aplicar una técnica de recuperación de partes de alta tecnología es el de reducir costos económicos en los procesos de re manufactura de estas tecnologías a través de la posible reparación de los equipos adquiridos dentro y fuera de garantía, así como la reducción de basura electrónica. En el ámbito académico el propósito es proveer a los estudiantes alternativas y técnicas de reparación y re manufactura industrial de equipos electrónicos de alta tecnología específicamente para televisores de pantalla plana de alta definición.

**2. MARCO TEORICO**

En las televisiones de alta definición los componentes denominados “Tab Drivers” son parte esencial en el funcionamiento de un LCD, debido a la complejidad con la cual son diseñados y puestos en operación; la función principal de estos componentes es la de alimentar las señales de video generadas en las tarjetas electrónicas de HDTV directamente al LCD haciendo la función de la interface entre la tarjeta y la sección del cristal de la pantalla [9]. La figura 3 muestra la locación de dicho componente entre la sección del cristal y las tarjetas electrónicas, carcasa y lámparas de iluminación del HDTV.

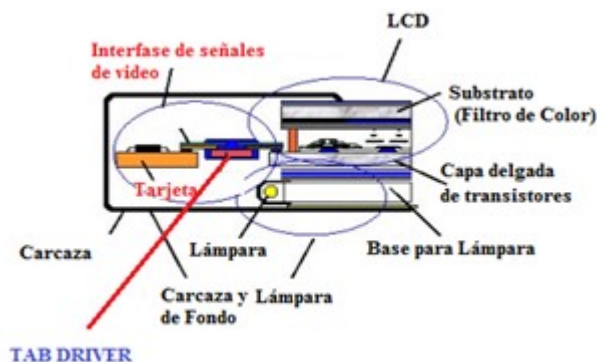


Figura 3. Locación del “Tab Driver” en un LCD. Fuente: Elaboración propia adaptada de Pixel Interconnect [9].

Para la recuperación de los Tab Drivers se requiere aplicar calor al componente para derretir el adhesivo conductor con la cual fue colocado en el proceso original de fabricación, dicho componente está hecho de un material flexible el cual puede dañarse fácilmente si se le aplica calor a través del contacto directo con otra superficie; es entonces en este punto del proceso donde la técnica propuesta tiene su aplicación.

Esta técnica consta en aplicar indirectamente el calor requerido utilizando conceptos de transferencia y disipación térmica a través de superficies planas, para aplicar esta técnica primeramente es necesario conocer como el Tab Driver es ensamblado en el LCD y la Tarjeta electrónica impresa (PCB).

El Tab Driver es encapsulado en una película o substrato de plástico flexible con interconexiones de material conductor en cada uno de los extremos del material conectados directamente al LCD y PCB con un adhesivo a

lo largo de sus bordes, este adhesivo es fabricado a base de micro esferas de oro que al contacto con la superficie y el sustrato flexible y aplicando calor por contacto sella el Tab Driver en el espacio deseado [2].

La figura 4 muestra el encapsulado y sellado de un Tab Driver, la figura 5 muestra el componente después de haberse aplicado el adhesivo y colocado entre el LCD y el PCB.

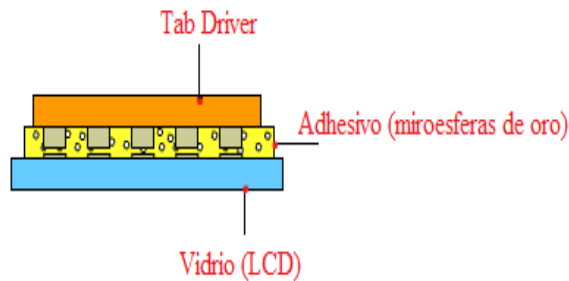


Figura 4. Tab Driver encapsulado y sellado. Fuente: Hitachi-Chem [3].

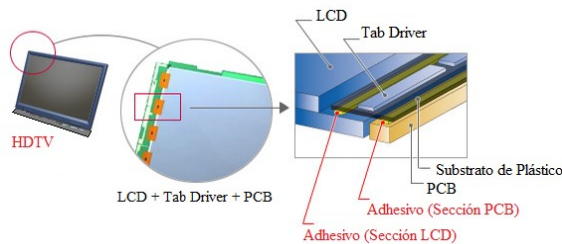


Figura 5. Tab Driver en un HDTV. Fuente: Elaboración propia adaptada de Hitachi-Chem [4].

### 3. METODOLOGÍA

Debido al tipo de encapsulado y sustrato con el cual se fabrican los Tab Drivers, no es factible aplicar calor directamente al componente para derretir el adhesivo a base de micro esferas de oro y separarlo del LCD y PCB puesto que dicho componente sufriría daños irreversibles, el calor se debe aplicar en forma indirecta a través del contacto de una pieza de metal y de superficie plana en la zona de la pantalla del cristal colindante al Tab Driver.

La conducción de calor se realiza a través de un cilindro metálico hueco que canaliza el calor generado directamente al área colindante del Tab Driver. La figura 6 muestra la configuración básica propuesta para la aplicación de calor en el LCD de la zona colindante al Tab Driver.

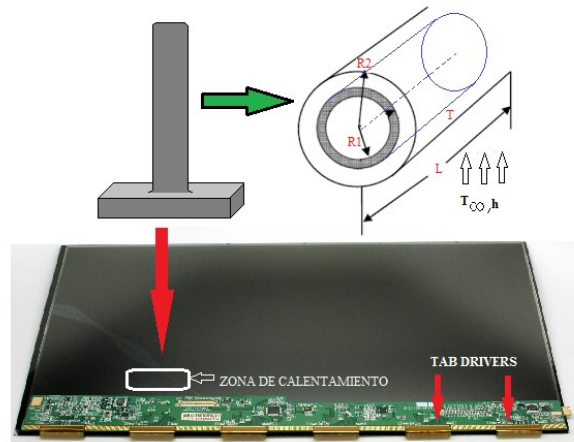


Figura 6. Configuración básica para aplicación de calor en los Tab Drivers. Fuente: Elaboración Propia

Existen diferentes procesos que inducen condiciones térmicas transitorias dentro de un sólido, para el caso de un sistema compuesto por un cilindro hueco y por una resistencia tipo cartucho como el mostrado en la figura 6, al sistema se le suministra calor a través de una corriente eléctrica en la resistencia de cartucho el cual se disipa por radiación y convección a través de la superficie del cilindro hueco [1].

Aplicando la ley de conservación de la energía en cualquier instante  $t$ , se obtiene la siguiente ecuación

$$q_s - q_c - q_r = (\rho V C)_{eq} \frac{dT}{dt} \quad (1)$$

Donde,

- $q_s$  Flujo de calor suministrado (W)
- $q_c$  Flujo de calor por convección (W)
- $q_r$  Flujo de calor por radiación (W)
- $\rho$  Densidad (Kg/m<sup>3</sup>)
- $V$  Volumen (m<sup>3</sup>)
- $c$  Calor específico (J/Kg K)
- $eq$  Propiedades de  $\rho, V, c$  equivalentes al sistema

Al momento de aplicar calor con el cilindro metálico a la zona de calentamiento del Tab Driver, la transferencia de calor se torna en forma de convección debido a que la misma se efectúa a través de una resistencia térmica entre una superficie sólida y un líquido adyacente (Cristal líquido) que implica mecanismos de difusión de energía y advección, así mismo la excitación de temperatura en el cristal líquido es causada por la fuerza de empuje de un gradiente de densidad ocasionado por la presencia de un gradiente de temperatura en el cristal líquido.

Para expresar el efecto de transferencia de calor por convección se utiliza la ley de enfriamiento de Newton [4].

$$q = hA(T_s - T_\infty) \quad (2)$$

Donde,

- $q$  Tasa de transferencia de calor por convección (W)
- $h$  Coeficiente de convección ( $W/m^2 K$ )
- $A$  Área superficial ( $m^2$ )
- $T_s$  Temperatura de la superficie del sólido (K)
- $T_\infty$  Temperatura del fluido (K)

Dado que una resistencia térmica también se asocia con la transferencia de calor mediante convección a una superficie, la resistencia térmica por convección es entonces,

$$R_c \equiv \frac{T_s - T_\infty}{q} = \frac{1}{hA} \quad (3)$$

El coeficiente de convección depende del tipo de flujo y de las propiedades termo físicas del sistema, su valor no es constante debido a que las condiciones del flujo no son homogéneas sobre la superficie; para situaciones de interés práctico se consideran valores promedios de coeficientes de convección. Para validar los datos experimentales utilizados en conjunto con el coeficiente de convección promedio se requerirá utilizar un parámetro adimensional que caracterice el comportamiento del sistema, esto se puede dar a través del número de Nusselt, el cual está dado por [1],

$$Nu = \frac{hD}{k} \quad (4)$$

Donde,  $k$  es la conductividad térmica del sólido ( $W/m^2 K$ ) y  $D$  el diámetro del cilindro (m).

#### 4. RESULTADOS

Se inspeccionaron con microscopio los componentes recuperados de displays de cristal líquido observándose un porcentaje de alrededor de 15% de componentes dañados durante el proceso de recuperación, por lo que se pueden proyectar porcentajes de recuperación de componentes por arriba del 80% considerando los muestreos de aceptación de [8] como se muestra en la figura 6.

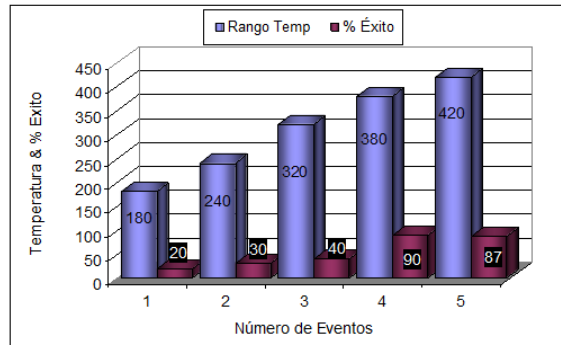


Figura 6. Muestreo de aceptación de los componentes recuperados para reciclaje de pantallas planas de cristal líquido.

### 5. CONCLUSIONES

Se propone una técnica especializada para el aprovechamiento y reciclado de componentes electrónicos de alta tecnología para la remanufactura de equipos de televisión de alta definición. El desarrollo de este procedimiento se encuentra dentro de una etapa potencial para el diseño y construcción de equipo especializado enfocado a la recuperación de componentes electrónicos de alto costo.

La propuesta de esta técnica puede reducir costos económicos en los procesos de reparación de televisiones de pantalla plana de alta definición al momento de reutilizar componentes de alta tecnología difícilmente recuperables con procesos ordinarios y tecnología convencional.

En cuanto al ámbito social es una opción viable para reducir el impacto ambiental que la industria tiene sobre el medio ambiente y por consecuente sobre la sociedad misma; en el ámbito educativo es una excelente opción para que las instituciones públicas tengan un programa de auto equipamiento con tecnología de punta reduciendo costos por compras de equipos en el extranjero ayudando así al desarrollo de tecnología propia.

### REFERENCIAS

[1] Andrade, Luis., Masabanda, Marco. Diseño y construcción de un equipo para el análisis de transferencia de calor por radiación y convección combinadas para el laboratorio de transferencia de calor, Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

[2] Chip on Glass, LCD Modules. [Consulta el 08 de diciembre de 2016] Available at: [http://www.nxp.com/documents/white\\_paper/NXP\\_COG\\_WhitePaper.pdf](http://www.nxp.com/documents/white_paper/NXP_COG_WhitePaper.pdf)

[3] Hitachi-Chem, <http://www.hitachichem.co.jp/english/products/do/001.html>

[4] Incropera, Frank., Dewitt, David (1999). Fundamentos de transferencia de calor. México: Prentice hall

[5] Manejo de La Basura Electronica "Análisis Caso Caldas Colombia" – Cardenas Espinosa Ruben Dario ISBN: 978-6077072232

[6] México, P. V. Sitio Oficial del Partido Verde Ecologista de México. Mexico 2015 [consulta, 01 de julio de 2016]. Available at: <http://www.pvem.info/contaminacion-en-mexico.html>

[7] Moguel, D. G. Diagnóstico sobre la generación de basura electrónica en México (6 de Julio de 2007). ISBN-13: 978-9400702561

[8] Muestreos de Aceptación, Seattle Wa. 2010 [consulta, 01 de julio de 2016]. Available at: <http://web.cortland.edu/matresearch/aceptacion.pdf>

[9] Pixel Interconnct, <http://www.pixel-interconnect.com/>

[10] Researchandmarkets, Touch Panel Technology & Core Touch Technology Analysis, In Depth Publish january 2014.

\* Correo autor: [veronicaquintero@itmexicali.edu.mx](mailto:veronicaquintero@itmexicali.edu.mx)