

## **Diseño y fabricación de plantillas de inspección.**

**Victor Hugo De Anda Medina**

Estudiante de Posgrado

Vic\_torh@hotmail.com

### **RESUMEN.**

Actualmente las empresas relacionadas con la manufactura de productos electrónicos, saben de la importancia de la producción de artículos a un costo competitivo, cumpliendo con las políticas de calidad y la satisfacción de los clientes. La inspección y detección temprana de defectos de las tarjetas electrónicas durante el proceso de ensamblado de componentes de tecnología de montaje superficial (SMT), es un requerimiento para asegurar la calidad de los productos electrónicos, así como para reducir costo de manufactura, correcciones y desperdicio [1, 2, 3]. Esta inspección, debido al rápido desarrollo de componentes, miniaturización, complejidad y velocidad de las etapas de manufactura y ensamblado de las tarjetas, debe utilizar técnicas más efectivas y menos costosas.

Los defectos de las PCB por sus siglas en inglés (print circuit board) son tradicionalmente inspeccionados por operadores humanos y sistemas de visión artificial,

Sin embargo, la complejidad intrínseca, puede conducir a procesos lentos, costosos y errados. Las técnicas de inspección ópticas, han sido ampliamente adoptadas en la industria para la detección de defectos. Estas técnicas incluyen el sensado a través de visión, sensores láser, imágenes de rayos X, entre otras, pero el método que aún se considera efectivo de bajo costo y rápido, es la inspección utilizando herramientas , tales como microscopios y plantillas de inspección. .

**Palabras Claves:** Tarjetas Electrónicas, Inspección de Tarjetas, Plantillas de Inspección.

### **1 INTRODUCCIÓN.**

La inspección de tarjetas electrónicas es un mal necesario para asegurar la buena calidad del producto, el 100% de la industria electrónica aplica esta técnica de aseguramiento de calidad, hay varios métodos de inspección dependiendo a cada una de las etapas en el proceso de fabricación de tarjetas electrónicas y para ello se requieren maquinas herramientas y personal.

Desde que la tarjeta electrónica se desempaca, se lleva a cabo un proceso de inspección aleatoria, esto es con el fin de asegurar que el fabricante de la tarjeta cumple con las especificaciones del diseñador, la siguiente etapa en el proceso es la introducción de la Tarjeta en la línea de máquinas de ensamble , la tarjeta es sometida a una impresión de soldadura de pasta , este proceso es crucial ya que cualquier insuficiencia, corto o exceso de soldadura en pasta puede repercutir en el funcionamiento de la tarjeta electrónica. [4] , por ello se requiere inspeccionar la impresión de la pasta, para esta actividad de inspección se utilizan sistemas basados en mediciones reales tal como el láser, permiten detecciones más precisas y rápidas por ende reducción en costos, correcciones y desperdicios, lo que garantiza una mayor calidad en el proceso. El siguiente paso de inspección en el proceso de SMT (Surface Mount Technology), después de que la tarjeta fue sometida a un calentamiento mediante un horno, esto es con el fin de solidificar la soldadura, una vez que la tarjeta sale de este horno, los componentes electrónicos sufren varios fenómenos debido a los efectos de los químicos y calor inducido por el horno, es por ello que se requiere asegurar que los componentes electrónicos estén montados de una forma correcta.

Los sistemas de procesamiento de imágenes por medio de una cámara de inspección son los más utilizados pero no garantizan un 100% de efectividad, por lo que requieren etapas adicionales con operadores humanos y herramientas de inspección, tales como microscopios y/o plantillas hechas a base de plásticos las cuales guían al inspector a localidades específicas de las tarjetas electrónicas, una inspección con plantilla es una forma económica y rápida de asegurar la calidad a diferencia de los sistemas automáticos, estos sistemas dependen de las condiciones de luz, cambios en los materiales, complejidad de las tarjetas y son costosos, además de la inversión de tiempo en la generación de programas. El uso de plantillas de inspección para detección de Defectos es un proceso sencillo, eficaz y eficiente, pero el éxito depende de la calidad de estas, ya que existen diversos defectos que impiden que la plantilla cumpla con su objetivo, tales como:

- 1.-Referencias de los componentes ilegibles o faltantes.
- 2.-Las aperturas de los componentes no son de forma individual (una apertura para varios componentes lo que ocasiona que dificulte la inspección.
- 3.-Excesos y rebabas de material entre componentes, cortes no uniformes

## 2 FUNDAMENTOS

Las plantillas de inspección son usadas por el 100% de las empresas que maquilan circuitos electrónicos, es por ello que es importante enfocarse en el cómo se puede lograr tener unas plantillas de inspección que logren el objetivo primordial el cual es detectar defectos de colocación en las tarjetas electrónicas.

A comparación de los costos de equipos de inspección automática que van desde los \$20,000 dólares hasta los \$100,000 dólares (Fig.1), las plantillas de inspección de Materiales plásticos no pasan de \$60 dólares, es una manera rentable de acelerar el proceso de inspección de tarjetas, la plantilla guía al operador a una localidad específica de la tarjeta, haciendo el proceso más rápido y menos cansado que una inspección solo visual. Por ello es que se considera como una alternativa viable para usarla como herramienta de detección de defectos.

 <p><b>Improve process and quality at a low cost of ownership</b> Easy to use benchtop AOI system takes up only 24" x 30" (620 x 758 mm) of space. PCB is inserted on one side, removed from the other. Features the same inspection technology as the inline and batch models.</p> <p><b>From: \$49,995.00</b></p>	 <p><b>Integrate PCB inspection into your production line with inline AOI</b> Add PCB inspection to your automated production line, pre- or post-reflow, and speed up your process. Inline AOI system communicates with downstream equipment for automatic good/bad board sorting.</p> <p><b>From: \$59,995.00</b></p>	 <p><b>The hands-off operation of inline AOI</b> in the flexibility of a batch format Automatically sorts pass/fail boards. Operator never touches a PCB. Unlike inline AOI systems, you can locate this unit anywhere in your facility &amp; use it for multiple lines. Loads from and into standard M-size magazine racks.</p> <p><b>From: \$69,995.00</b></p>
---	---	--

Figura 1. Diversos equipos de inspección Automática.

Una Plantilla de inspección consta de 3 características esenciales, Referencias de componentes, polaridades y aperturas, si una de las 3 características es defectuosa, la plantilla puede volverse un problema durante el proceso. Figura 2.

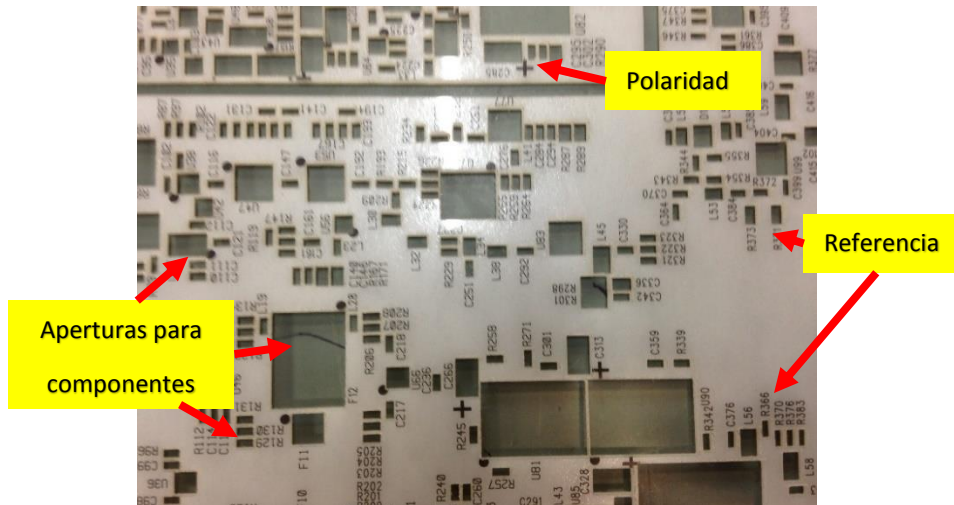


Figura 2. Plantilla de inspección para tarjetas electrónicas

Esto no quiere decir que la inspección visual asegure cero defectos en la fabricación de los productos, los sistemas de inspección, en general, deben ayudar a identificar defectos en el proceso de manufactura o ensamblado de las tarjetas electrónicas y, una vez ya identificados se pueden atacar desde su cusa raíz para de esta forma aumentar la calidad de los productos. Por esta razón es importante primero definir y entender las necesidades de dichos procesos [5]. La complejidad de la tarjeta debe tener un alto impacto en la estrategia de selección del método de inspección [6].

Dados los fundamentos nos enfocamos al proceso de manufactura de una plantilla de inspección la cual cumpla con las especificaciones y criterios de calidad que demanda la industria.

### 3 PROCEDIMIENTO

Para la elaboración de plantillas de inspección de tarjetas electrónicas se usa una maquina grabadora laser (engraving laser machine), figura 3, esta máquina cuenta con la característica de tener un Laser con tubo de CO2 de 60 watts, Un tubo láser es un recipiente hermético que contiene en mayor parte CO2, y otros gases como Nitrógeno, Hidrógeno o Helio. En cada extremo del recipiente hay montados unos espejos. Uno de ellos es especial, porque es parcialmente "transparente". El gas del interior del tubo se activa mediante energía eléctrica, producida por una unidad de radiofrecuencia, y emite energía en forma de luz. Una parte de esta luz -la más intensa- sale a través del espejo parcialmente "transparente" y forma el haz del láser. La otra parte de la luz rebota y vuelve atrás, ganando la intensidad suficiente.

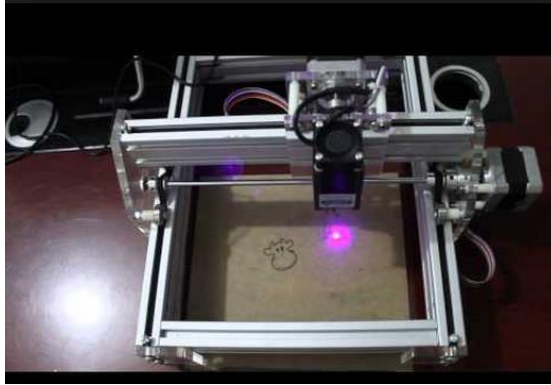


Figura 3. Máquina grabadora (Engraving Laser Machine)

La función principal de esta máquina es hacer los cortes en el plástico de cada uno de los componentes que contiene la tarjeta electrónica a inspeccionar y grabar las referencias de cada uno de los componentes a inspeccionar (en algunos casos).

Como materia prima se usan acetales plásticos, estos materiales cuentan con ciertas propiedades físicas, mecánicas, térmicas y eléctricas. Por mencionar algunas: estos materiales son sintéticos deslizante, termoplástico, semicristalino, de bajo coeficiente de fricción, alta consistencia y rigidez, así como excelente maquinabilidad, Compacto y Alta Resistencia a ácidos diluidos, a los productos de limpieza y a gran cantidad de disolventes Muy buen aislante eléctrico, resistentes a las flamas, son materiales duros y muy flexibles

Figura. 4

GENERAL PROPERTIES	ASTM or UL Test	POMALUX® 5D-A Typical Values
<b>PHYSICAL</b>		
Specific Gravity (g/cm <sup>3</sup> )	D792	1.33
Water Absorption, 24 hrs (%)	D570	2.5
<b>MECHANICAL</b>		
Tensile Strength (psi)	D638	6,600
Tensile Elongation at Yield (%)	D638	45
Flexural Strength (psi)	D790	7,000
Flexural Modulus (psi)	D790	210,000
IZOD Notched Impact (ft-lb/in)	D256	2
IZOD Un-Notched Impact (ft-lb/in)	D256	No Break
Hardness, Shore D	D2240	70
<b>THERMAL</b>		
Coeff. of Thermal Expansion (x 10 <sup>-5</sup> in./in./°F)	D696	6.5
Heat Deflection Temp (°F / °C) @ 264 psi	D648	141 / 61
Thermal Conductivity (BTU-in/ft <sup>2</sup> -hr-°F)	C177	2.1
Flammability Rating @ .030"	UL-94	HB
<b>ELECTRICAL</b>		
Surface Resistivity (ohm/sq)	D257	10 <sup>7</sup> - 10 <sup>9</sup>
Static Decay, 15% RH (seconds)	MIL-B-81705-B	-

Figura 4. Características del Material usado para elaborar plantillas de inspección.

Para generar el archivo de corte, es necesario el billete o lista de materiales del cliente, por su sigla en inglés (BOM), también son requeridos los archivos de diseño de la tarjeta electrónica en un formato de vectores 2D llamado CAD de componentes o capa de componentes, este archivo puede venir en formato ODB.

EL BOM o billete de materiales consta de 3 niveles:

1. Componentes de montaje superficial.
2. Componentes con pines que atraviesan la tarjeta (PTH)
3. Componentes con pines que atraviesan la tarjeta y se colocan presionándolos (Pressfit).

Este documento se Genera en un formato de Excel y lo proporciona el cliente el cual requiere la plantilla. Para procesar este BOM utilizamos un software para manejo de CAD, por sus siglas en inglés (computer aided design), diseño asistido por computadora.

Los CAD software remplazan la edición manual por un sistema automatizado en cuestión de diseño en ambiente 2D y 3D [7].

Ya teniendo el formato de BOM se importan en una herramienta de manejo de CADs también de Mentor graphics, junto con el ODB o capa de componentes, Se corren varias rutinas de programación, La primera rutina selecciona componentes de montaje superficial, se pinta el contorno de los componentes en otra capa, de esta nueva capa se genera una salida en formato .DXF que significa "drawing exchange format", o bien dibujo de intercambio de formato según su traducción. Este tipo de archivo es nativo de la aplicación CAD en el programa Autodesk AutoCAD, Más específicamente, es un archivo de formato vectorial, esta nueva capa en formato .DXF es importada en un programa de edición de dibujo, con el cual se da el toque final a los contornos de cada uno de los componentes que contiene la tarjeta.

Al final este archivo en formato .DXF es transmitido a la cortadora laser. En la cortadora laser se coloca una placa del material plástico "Pomalux", la maquina comienza a hacer el corte de cada uno de los contornos de los componentes que contiene la tarjeta electrónica, el mismo proceso es para los componentes de pines que atraviesan la tarjeta y componentes de montaje bajo presión, Para la generación de referencias el proceso es un poco diferente, en vez de un proceso de corte, en el programa de edición selecciona un proceso de gravado y se manda a imprimir a la máquina.

A continuación en la figura 5 se muestra diágrafo de flujo del proceso.

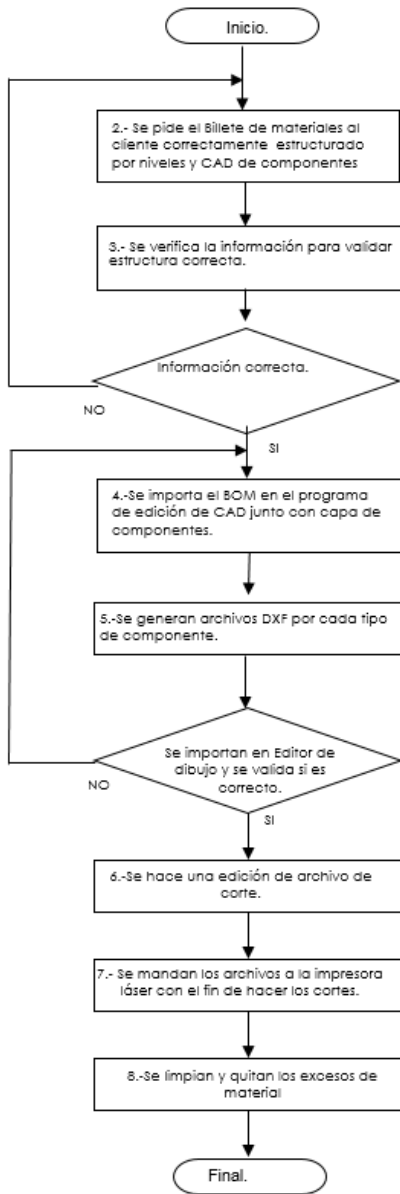


Figura 5. Diagrama de proceso

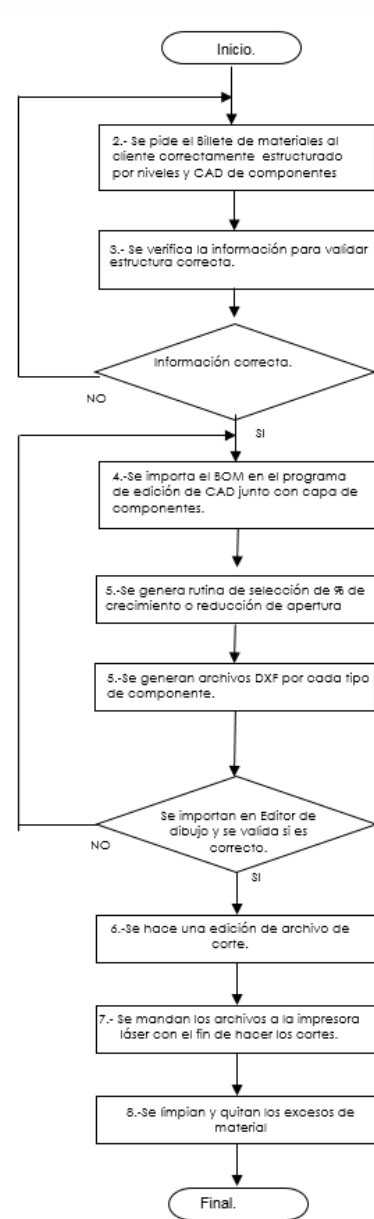


Figura 5a. Diagrama de proceso con mejora

#### 4 RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

En muchas ocasiones los CADs no tienen las dimensiones reales de los componentes a ensamblar, lo que ocasiona pérdidas de tiempo en edición, defectos en aperturas de componentes e inconsistencias en las plantillas, como resultado, las plantillas no cumplen con su objetivo primordial y se tienen que desechar perdiendo tiempo y dinero ver figura 6.

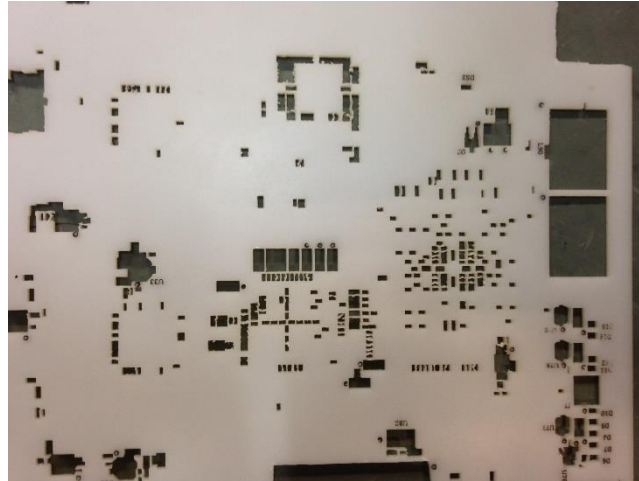


Figura 6. Plantilla con defectos de corte

Es por ello que se genera un algoritmo en el programa de generación de archivo de corte el cual ayuda a realizar una post edición automática, esto quiere decir que se agrega un paso más en el diagrama de flujo, exactamente al momento de que el algoritmo de generación de contorno de los componentes corre, se agrega una rutina la cual sirve para asignar un valor de tolerancia al dibujo del contorno del componente según sea el caso de tamaño de componente, en otras palabras al correr el algoritmo aparece una ventana la cual pregunta el porcentaje de reducción o incremento de apertura según sea el tipo de componente, seleccionamos 3 tipos:

1. Componentes menores a 4 mm como componentes pequeños
2. Componentes mayores a 4mm y menores a 15 mm como componentes medianos
3. Componentes mayores a 15mm en adelante como componentes grandes

Dada la clasificación de componentes, el algoritmo toma los valores previamente dados de incremento y reducción de aperturas según sea el caso y este las traduce en la capa de generación de dibujo en DXF.



De esta forma obtenemos aperturas más precisas lo que reduce el tiempo de edición de edición de archivo de corte, el archivo de corte es enviado a la impresora obteniendo cortes precisos con aperturas individuales como se muestra en la figura 7.

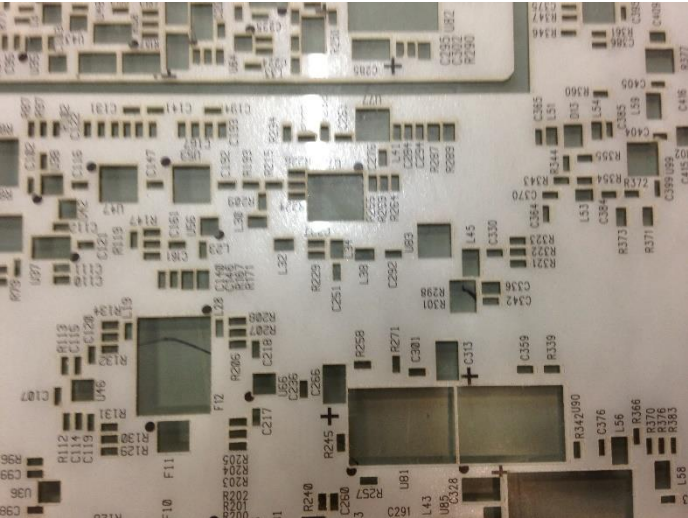


Figura 7. Corte de una plantilla después de la mejora en el programa

#### 4 CONCLUSION

Mediante la generación de un algoritmo de tolerancia de aperturas se mejoró el archivo de corte y se redujo el tiempo de edición, esto nos dio como resultado una plantilla con mejor calidad y funcionalidad ya que los cortes son más precisos con respecto al tamaño del componente a verificar como se muestra en la Figura 8.

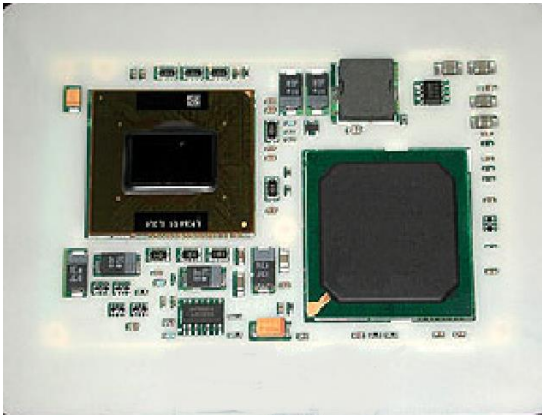


Figura 8. Plantilla de inspección de componentes

## REFERENCIAS.

- [1] J. Benson. Defect-detection strategies. *Circuits Assembly*, May 2007.
- [2] H. Bhat and D. Clark. Using in-line inspection PCB assembly yields. *Electronics Engineer*, December 1999.
- [3] J. Weisgerber and D. Tan. Pre-Reflow, Inline, 3-D inspection. *Circuits Assembly*, November 2003.
- [4] R. Durairaj, T. A. Nguty, and N. N. Ekere, "Critical factors affecting paste flow during the stencil printing of solder paste ," *Soldering surface Mount Technnologies* Vol. 13, no. 2, pp 10-30, 2001.
- [5] E. B. D. Lees and P. D. Hensshaw. Printed Circuit Board Inspection - A Novel Approach. In *SPIE Automatic Inspection Measurements*, 1986.
- [6] S. Oresjo. What consider when selecting the optimal test strategy. Technical report, Agilent Technologies, 2004.
- [7] Liu Haiming , Hu Yueming , Yuan Peng , Luo Jiaxiang Design and Application of CAD-CAM Data Interface in Electronic Assembly Production Digital Manufacturing and Automation (ICDMA), 2013 Fourth International Conference on DOI: 10.1109/ICDMA.2013.94