



Mecánica  
*de*  
Materiales

---

Ingeniantes

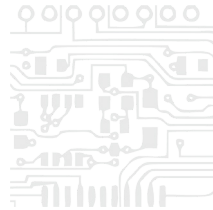
# Estudio sobre técnicas de ensamblajes electrónicos libres de soldadura

**RESUMEN:** El presente artículo se refiere a un análisis de los diferentes tipos de tecnologías para ensamblajes de productos electrónicos libres de soldadura y determinar su factibilidad tecnológica, la motivación de este estudio se debe principalmente por un incremento de los defectivos provocados con el uso de soldadura libre de plomo debido a las altas temperaturas y las restricciones medio ambientales. Este estudio ha identificado los diferentes tipos de interconexión electrónica libre de soldadura y revisa si efectivamente los procesos libres de soldadura lograrían reducir el número de defectos también se analizan los procesos de ingeniería reversible propuestos por el proceso Occam.

Se limita a presentar las tendencias del mercado analizando las ventajas y desventajas de cada tipo de tecnología donde se pudo determinar que si bien la soldadura libre de plomo ha causado muchos retos para la industria manufacturera también hasta el momento no se puede reemplazar del todo por una sola de las tecnologías por si misma aquí presentadas, sin embargo se ve una tendencia a que estas tecnologías complementaran los procesos, pues no tienen actualmente la madurez requerida para sustituir un proceso de casi una centuria de madurez.

## **PALABRAS CLAVE:**

Conexiones alambre enrollado (Wire Wrap), Conexión presión ajustada (Press Fit), Adhesivos conductivos, Proceso Occam, Elastómero conductivo, Pogo Pines, Polímeros conductivos, Unión por hilos (Wire bonding).



## **Colaboración**

José Ramón Villarreal Altamirano, CIATEQ Guadalajara

**ABSTRACT:** The present article refers to an analysis of different types of technologies for electronic assemblies solderless free to determine their technological feasibility, the motivation of this study is mainly due to an increase of the defectives provoked with the usage of solder lead free due to high temperatures and environmental restrictions. This document has identified different solder less interconnection and checks whether effectively solder less processes would reduce the number of defects and also analyze the reversible engineering processes proposed by the Occam process.

It pretends to see their advantages and disadvantages of each type of technology where it could be determined that although lead-free solder has caused many challenges for the manufacturing industry, it cannot be completely replaced until now for a single technologies presented here, however, there is a tendency for these technologies to complement current processes, as they do not currently have the maturity required to replace a process of almost a century of maturity.

**KEYWORDS:** Wire Wrap, Press Fit, Conductive adhesive, Occam Process, Elastomer, Conductive Polimer, Wire bonding, Surface-mount technology.

## **INTRODUCCIÓN**

Estadísticamente hablando utilizando procesos actuales de soldadura libre de plomo impactan significativamente en los diversos controles de calidad se estima que aproximadamente el 90% de los defectivos en procesos de manufactura electrónica se producen por problemas de soldabilidad debido a las altas temperaturas que usan para la aleación mecánica.

Hipotéticamente se plantea que utilizando procesos de manufactura electrónica libres de soldadura, los defectos se pueden reducir con respecto

al proceso tradicional por el hecho de eliminar las altas temperaturas, el objetivo de este estudio es determinar la factibilidad tecnológica de aplicar interconexiones eléctricas sin soldadura, enfocados al costo beneficio del uso de conexiones electrónicas libres de soldadura. Así como elaborar un prototipo de circuito electrónico empleando algunas técnicas libres de soldadura para validar resultados del análisis.

## MARCO TEORICO

Después de las restricciones de sustancias químicas emitidas por la comunidad europea en 2006 referente a los productos electrónicos la soldadura libre de plomo surgió como una necesidad incrementando las temperaturas necesarias, dictando significativamente una mayor temperatura en el punto de reflujo con respecto a las soldaduras libres de plomo, Así pues este proceso con temperaturas significativamente más elevadas es la principal preocupación que encara la manufactura de ensamblajes electrónicos libres de plomo.

### Retrospectivas con tecnología libre de soldadura:

Muchas tecnologías que se perciben como nuevas, al investigarse muestran que tienen más historia que lo que se aprecia a primera vista. Este es el caso de las tecnologías libres de soldadura. De hecho las soluciones de interconexión libres de soldadura han sido empleadas eléctrica y electrónicamente por más de un siglo. A continuación se citan diversas tecnologías libres de soldadura donde se analiza el uso en la actualidad, así como sus ventajas y desventajas.

### Conexiones alambre enrollado (Wire Wrap).

La envoltura o enrollado de alambre es un método de conexión que consiste en enrollar un alambre desnudo alrededor de una terminal esquinada provocando una tensión superficial e interconectando el alambre a dicha terminal tal como se muestra en la Figura 1.

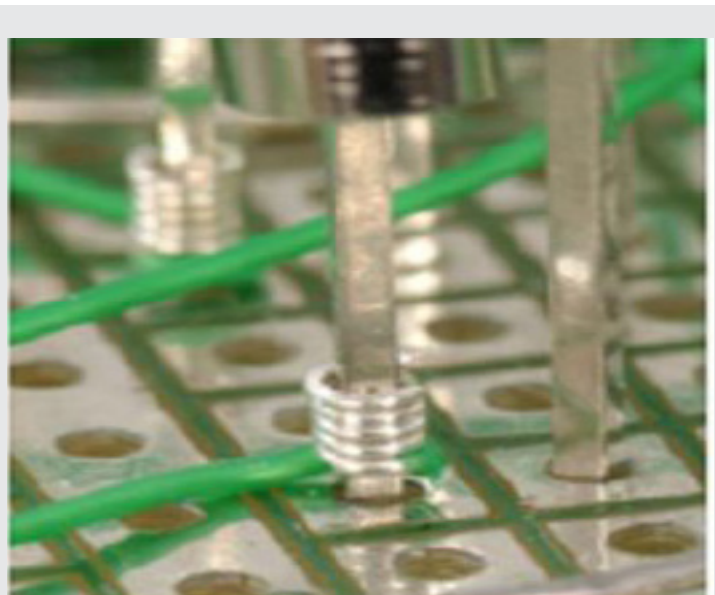


Figura 1. Wire Wrap

Este método como ya se dijo provoca una tremenda tensión tan alta que puede ir más allá de 100 000 psi. al centro de la terminal una vez que la envoltura se completa el alambre es liberado y la presión cae en aproximadamente 30,000 psi a esta presión el alambre y la terminal se estabilizan logrando una excelente conexión causando un oxidación metal con metal entre el alambre y la terminal.

En los orígenes de este tiempo de conexión se elaboraba manualmente, lento y con mucha precaución. En la actualidad este proceso se hace con equipo especial que hace este proceso más rápido y con mejor calidad lo mismo pasa cuando se tiene la necesidad de remover dicha conexión, las herramientas semi automatizadas, sin embargo, requiere de alrededor de 15 segundos para completar una conexión a una tablilla. Si tomamos en consideración un circuito electrónico de mediana complejidad tendríamos alrededor de 1000 conexiones y requeriríamos de 250 minutos para interconectar dicho circuito, estos tiempos hace incosteable un producto de consumo masivo [1].

Otro problema tal vez el más importante como se menciona es la densidad. No es posible hacer conexiones de alambre mucho más cerca que el clásico espaciamiento de 0.1 pulgadas, lo que significa que no se puede tener tantas conexiones en un circuito integrado. Las aplicaciones que requieren alta fiabilidad o precisión con dispositivos que manejan altas velocidades de procesamiento suelen exigir pequeños tamaños.

### Conexión Presión Ajustada (Press Fit).

Esta tecnología data de los años 1970s desarrollada como un sistema híbrido que sustituía la tecnología de PTH (Pin thru hole) con conectores de presión ajustada sin necesidad de soldadura donde el pin es insertado al PCB deformado la parte flexible del pin provocando la interconexión eléctrica, esta innovación libre de soldadura ha estado ganando aceptabilidad por la industria al pasar de los años [2].

Comparando la tecnología de Press fit contra su contra parte de soldadura tenemos las siguientes ventajas [2]:

- No existe estrés térmico en comparación con un proceso de soldadura tradicional.
- No existen uniones de soldadura fría, ni cortos entre terminales ya que no existe soldadura.
- El montaje mecánico de estos conectores representa la eliminación de tornillos u otros herramientas para el aporte mecánico.
- Mejor contacto y comportamiento de impedancia por la interconexión directa de metal a metal, así pues esta conexión es ideal para productos electrónicos de alta velocidad.
- Rápido de ensamblar y por con siguiente una reducción en el proceso de ensamblaje.
- Completamente reparable ya que puede ser removido de manera rápida y eficaz. Amigable con el medio ambiente ya que no implica mayor esfuerzo extra al ensamblar y desensamblar para poder reciclar de manera más eficiente.

Lo pines de inserción ajustada son excelentes alternativas para la sustitución de pin thru hole (PTH), son excelente opción en conectores automotrices o aeroespaciales donde la inter conexión debe estar garantizada, pero también sufre del mismo problema que wire wrap, el espacio para la colocación entre pin y pin son limitados, las limitaciones del press fit son espaciamentos de 0.1 pulgadas o 2.54 mm debido al estrés mecánico soportado de la PCB en cada inserción y el riesgo latente de dañar pistas internas.

Estos espaciamentos necesarios y la tendencia a miniaturizar los circuitos es el principal obstáculo, sería como volver a las tecnologías PTH de los años 60 como se muestra en la Figura 2.

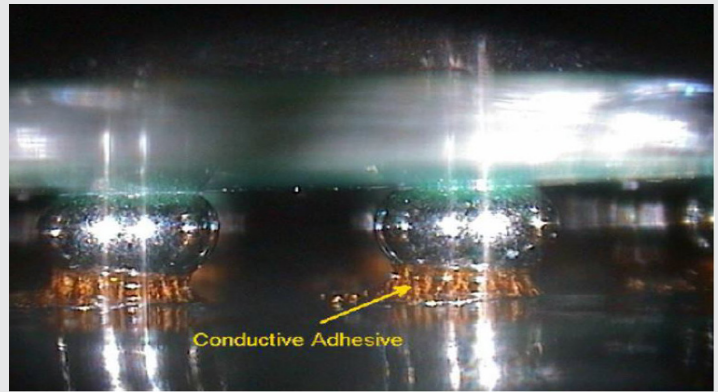


Figura 3. Adhesivo Conductivo.

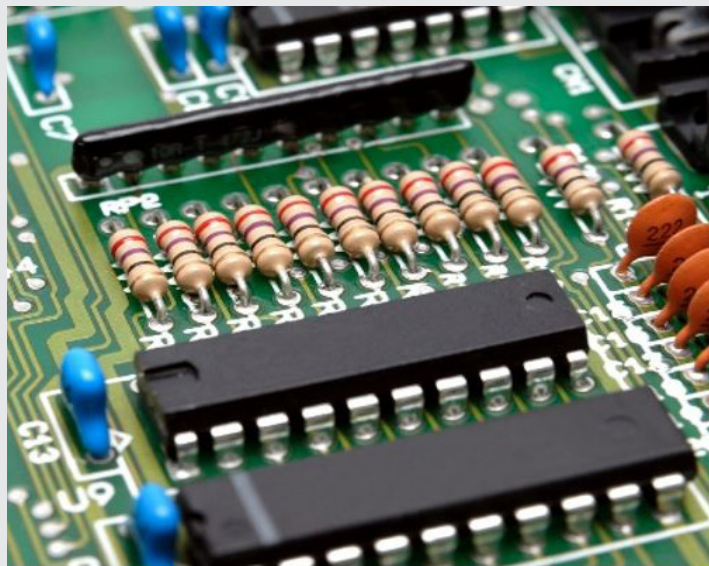


Figura 2. Circuito Pin thru hole, PTH

El proceso de montaje utilizando adhesivos es similar a la del proceso de pasta de soldadura. El adhesivo se aplica sobre la PCB utilizando un proceso de impresión con plantilla o de un proceso de dispensación de la aguja, seguida de la colocación de los componentes para su posterior cura. Una desventaja es que los adhesivos no ofrecen la capacidad de auto-alineación como las soldaduras, la colocación de componentes debe ser muy precisa.

**Proceso Occam.**

Mientras que las muchas tecnologías libres de soldadura ofrecen variadas ventajas en términos de eficacia y utilidad, existen otras soluciones que están en desarrollo donde el proceso de soldadura se olvida por diseño y no por necesidad. Uno de los métodos esencialmente invierte el proceso de fabricación electrónico. Se llama el Proceso de Occam. El ensamble del producto final comprende los componentes encapsulados y otros elementos del circuito, todos interconectados entre sí por circuitos de enchapado de cobre aplicados después de que los componentes están encapsulados en sus posiciones finales, [3] tal como se ilustra en la Figura 4:

**Adhesivos Conductivos.**

Los adhesivos conductivos como alternativa de interconexión han tomado una gran relevancia en la industria por dar grandes frutos en circuitos híbridos y más recientemente se han presentado como tendencia para la interconexión dentro de los empaquetados electrónicos específicamente en el alambrado interno, en circuitos flexibles.

Eléctricamente los adhesivos conductores consisten en una mezcla de matriz adhesiva y partículas conductoras. La matriz adhesiva típica por sí mismo es no conductor (tiene muy alta resistividad) aunque hay algunos nuevos adhesivos intrínsecamente conductores en desarrollo [2].

Los materiales de relleno utilizados en los adhesivos conductores son partículas metálicas que pueden ser de oro (Au), plata (Ag), níquel (Ni), indio (In), cobre (Cu), cromo (Cr), sin plomo de aleación. Las partículas de relleno están disponibles como esferas, copos, fibras y gránulos.

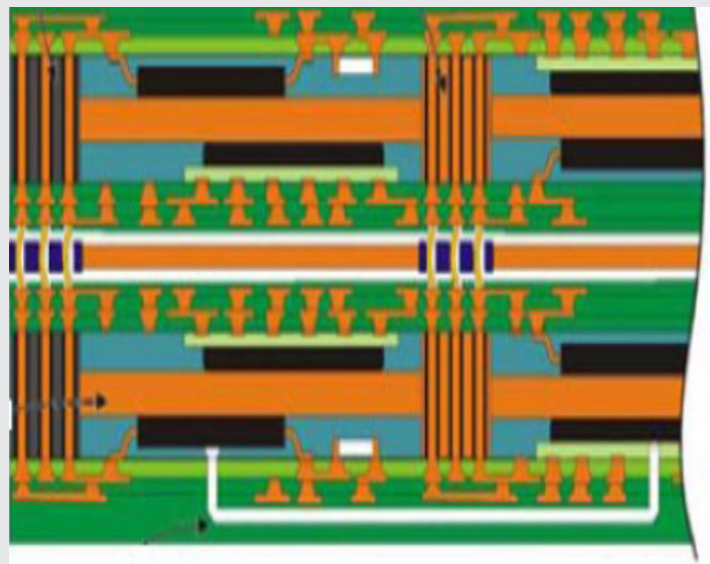


Figura 4. Ensamble Occam.

El proceso de montaje sin soldadura Occam se compone de los siguientes pasos siguiendo la Figura 5 de la parte superior al inferior: [4]

- A) **Colocación:** componentes totalmente probados se colocan sobre un soporte (portador permanente de esta serie).
- B) **Encapsulado:** el conjunto se encapsula.
- C) **Acceso,** se accede a las terminaciones por vías y circuitos hechos por algún método adecuado, tal como láser.
- D) **Platinado:** las vías del ensamble y demás circuitería se platinan con procesos tradicionales como electrolisis.
- E) **Dieléctrico:** se aplica material dieléctrico y las vías adicionales para su posterior interconexión con otro layer según sea necesario.
- F) **Segunda Fase:** los circuitos adicionales se construyen y platinan para satisfacer las necesidades de diseño.
- G) **Aislamiento:** los conductores de segunda fase se aíslan con material dieléctrico o alguna recubierta con un aislamiento de protección y listo para su uso.

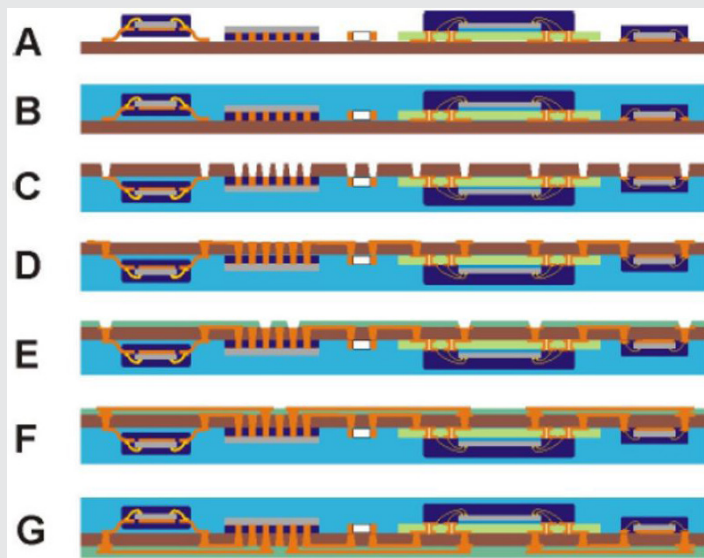


Figura 5. Proceso Occam.

ner acceso a las partes electrónicas como se aprecia en la Figura 3, sería imposible su reparación o al menos nuevas técnicas de reparación deberían implementarse.

Se ve claramente la necesidad de más pruebas y validaciones de parte de los autores. Artículos de concepto no son suficientes para poder cambiar toda una industria, además de los tiempos de manufactura, serían mayores, por el curado de epóxico; seguro nuevos problemas y retos, podrían derivarse por la interconexión ahora usando electrolisis para el platinado, sin embargo no resuelve el problema de contaminación de los productos electrónicos pues inclusive rompe con el principio fácil en cuanto a la separación de materiales para un reciclaje óptimo al tener los componente encapsulados.

### Elastómero Conductivo.

Los elastómeros son una clase de materiales poliméricos que se pueden estirar repetidamente a más de dos veces la longitud original con poca o ninguna deformación permanente. En la Figura 6 apreciamos en detalle de un elastómero conductivo utilizado en zócalos [5].



Figura 6. Elastómero conductivo.

Pero vamos por partes de la teoría a la práctica para analizar qué tan factible es. Al principio del proceso se discute la necesidad de encapsular los componentes, generalmente este encapsulado sería con epóxidos como conformal coating, el material más utilizado en la industria, el problema son los tiempos de curado con una cámara de temperatura a 60°C y con una humedad relativa del 10% se necesitarían alrededor de 10 minutos para curado completo para después continuar con el proceso. Uno de las justificaciones de Occam es la reducción de defectivos por la ausencia de calor en el proceso, pero de igual manera, se podrían tener defectivo por pobre platinado de los componentes al no te-

Un Elastómero conductor se produce generalmente por la incorporación de partículas conductoras en una matriz de caucho. Los elastómeros son claramente tecnologías enfocadas para uso de pruebas de circuitos electrónicos, tienen muchas ventajas contra su contraparte de soldadura pero tampoco es una tecnología para sustituir la soldadura, de hecho son tecnologías que nacieron para probar circuitos eléctricos. Los elastómeros se usan en gran medida como parte de zócalos de prueba, son fáciles de remover y pueden incluso tener huellas híbridas para posteriormente poder soldar componentes electrónicos.

### Polímeros Conductivos.

El primer polímero conductor eléctricamente apareció en 1977 era un poli acetileno dopado, provocando el interés en el estudio de diversos materiales polímeros conductores. Estos polímeros son una clase diferente ya que son una mezcla física de polímeros con material conductor tal como metal o polvo de carbono. Inicialmente estos polímeros intrínsecamente conductores eran difíciles de procesar y no eran estables al medio ambiente. Sin embargo, las generaciones posteriores de estos polímeros donde fueron procesados con polvos, películas y fibras con una de la variedad de disolventes, provocaron mejoras en cuanto a la estabilidad. En la Figura 7 se muestran los diferentes tipos de dopaje más utilizado en la industria de los polímeros conductivos como son hojuelas de metal o esferas; las hojuelas por un lado tiene mejor comportamiento resistivo es decir conducen mejor que las esferas, sin embargo las esferas son muy utilizadas en polímeros flexibles [6].

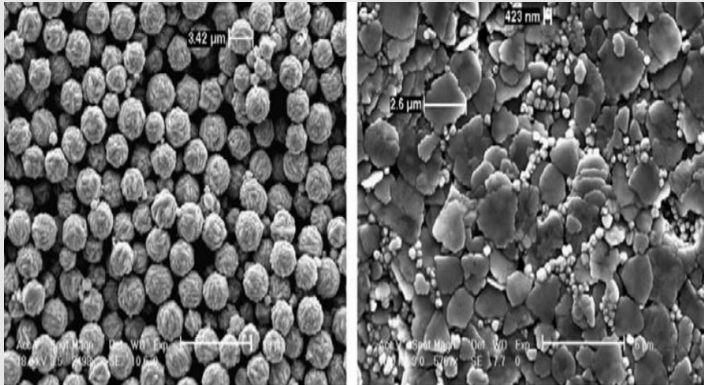


Figura 7. Tipos de dopaje en polímeros conductivos

El consumo de plásticos conductivos por la industria crece más rápido que el total de plásticos, alrededor de tres veces más rápido. Realmente, plásticos conductores están emergiendo prometedoramente debido a que los avances tecnológicos están abriendo las puertas a este tipo de materiales sobre todo para circuitos transparentes como sensores de tacto en pantallas donde el polímero es enriquecido para facilitar la detección del cuerpo humano facilitando con ello la llamada tecnología de contacto o touch pad en inglés.

Se podría decir que es el futuro para múltiples aplicaciones, de hecho muchos expertos claman materiales como el grafeno como el material del futuro, y si debido a la miniatura de mucho tipos de circuitos y la cada vez más compleja alta densidad de circuitos, materiales como polímeros enriquecidos podrían sustituir etapas enteras del circuito, la desventaja es para aplicaciones de alta potencia o alta disipación térmica no sería solución viable.

### Unión por Hilos (Wire bonding).

Otra tecnología utilizada en la industria electrónica y sobre todo en los empaquetados electrónicos es el llamado wire bonding (Figura 8) que implica la unión del sustrato de silicio con las terminales mediante un pequeño alambre. Laboratorios Bell desarrolló originalmente esta tecnología a finales de 1950 para un conjunto de transistores de silicio. La unión del emisor y la base medianamente alambres de oro (AU) de 1 o 2 milésimas de pulgada aplicando calor (350°C a 400°C) y presión (49-80 gramos fuerza). Esta Termo era manual donde el operador requería alinear por separado el cable y la herramienta para la unión, primeramente unía los pads de sustrato o núcleo de silicio y a continuación las terminales [7].

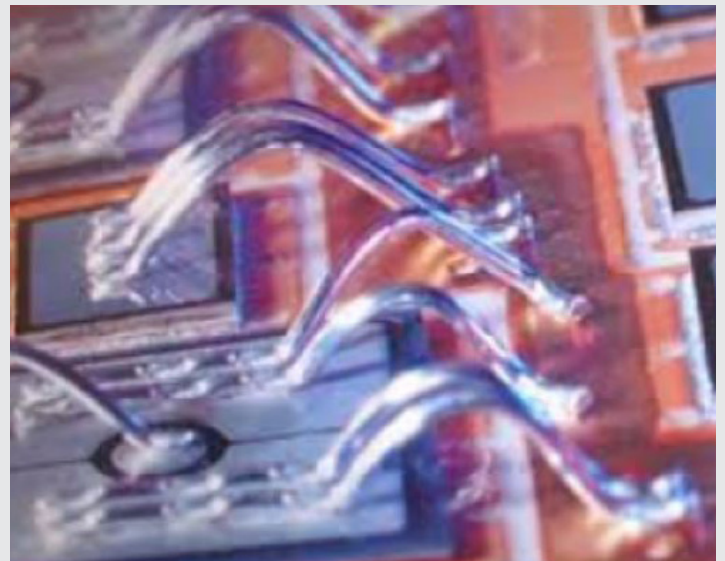


Figura 8. Wire bonding.

Operadores altamente calificados y especialmente entrenados eran esenciales para los procesos de unión del núcleo de silicio con el alambre. Sin embargo el negocio floreciente del transistor también atrajo a fabricantes de equipo automatizado. Tal vez lo más destacable de estos primeros avances fue la inclusión de bolas de oro en el alambre y la introducción de herramientas de unión capilar. La bola, era aproximadamente 3 veces el diámetro del alambre, se unía a la terminal del silicio usando la capilaridad. Esto proporcionó un área de unión más grande en la plataforma de troquel y una unión más robusta; así pues el dispositivo de unión termo sónico combinaba el termo compresión y energía ultrasónica para conseguir la unión. Así pues los ultrasonidos permitían tanto que la temperatura y la presión pudieran reducirse significativamente. Con esto la unión de Oro (Au), la unión de alambre podría entonces lograrse de forma fiable a temperaturas en el rango de los 100°C en lugar de las altas temperaturas con el uso exclusivo del termo compresión [7].

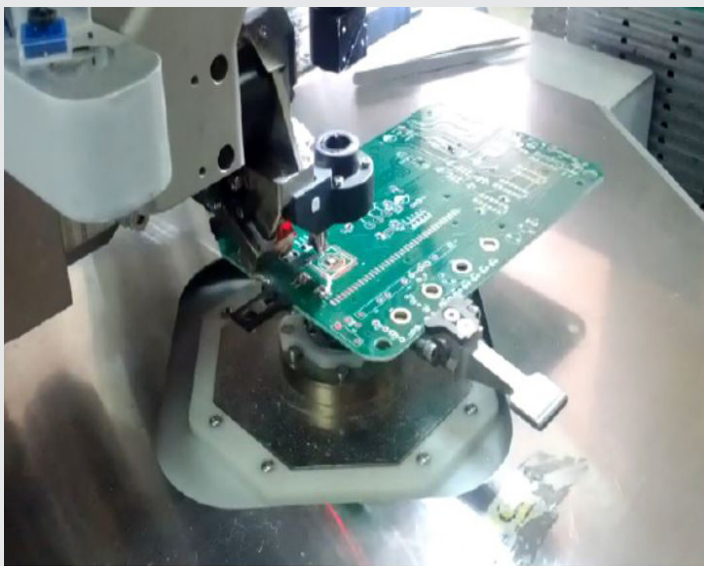


Figura 9. Montaje de silicio en tablilla electrónica

Los métodos de unión utilizados por esta tecnología de interconexión son: [7].

**Unión por termo compresión.** Requiere la aplicación de temperatura elevada y una fuerza mecánica al cable durante la unión.

**Ventajas:**

- Excelente fiabilidad con alambre de Au y terminales Au.
- Simple configuración de la máquina con 2 parámetros.
- Unión omnidireccional con la bola de unión.
- Daños insignificantes al terminar el proceso como cuarteaduras.

**Desventajas:**

- Proceso con alta temperatura 300°C
- Muy susceptibles a la contaminación.
- Unión de una unidireccional.
- Susceptible a la formación de compuestos intermetálicos con alambre Au y Al.

**Unión Ultrasónica.** Temperatura de unión mediante la aplicación de energía ultrasónica y la fuerza mecánica al aplicar.

**Ventajas:**

- Menos susceptibilidad a los contaminantes.
- Uniones formadas a temperatura ambiente.
- Capaz de unir distancias largas y de diámetro mayor de 2 milésimas de pulgada.
- Excelente fiabilidad.
- Capaz de unir terminales y alambre Al con Al.

**Desventajas:**

- Unión solamente tipo axial, que es más lenta que la bola de unión.

- Susceptible a tener fisuras.
- Configuración de la máquina con 3 parámetros y por consiguiente más difícil de automatizar.

**Unión Termo sónica.** Que combina las metodologías de termo compresión y ultrasonido así que requiere altas temperaturas y energía ultrasónica más una fuerza mecánica para lograr la conexión eléctrica.

**Ventajas:**

- Temperaturas más bajas que sus contraparte ultrasónica (100-150°C).
- Reducción de la energía requerida.
- Baja incidencia de la formación de fisuras.
- Unión omnidireccional de la unión, por tanto, más alto rendimiento.

**Desventajas:**

- Configuración de la máquina de 4 parámetros.
- Susceptibles a los contaminantes.

Las tecnologías de wire bonding o hilos en español, enfrenta también un problema similar a los polímeros conductivos, la limitación en circuitos de alta potencia y disipación térmica, este tipo de interconexiones se ven limitadas por las mismas capacidades de los delgados hilos de alambre utilizados para la inter conexión, en los circuitos integrados que manejan potencia en múltiples ocasiones el núcleo central esta soldado directamente a las tablillas electrónicas precisamente para eliminar problemas de disipación o potencia, tal es el caso de los empaquetados Quad Flat No-leads (QFN) donde todo el pin central del silicio esta soldado directo a la tablilla electrónica para una mejor disipación térmica, como se puede apreciar en la Figura 10.

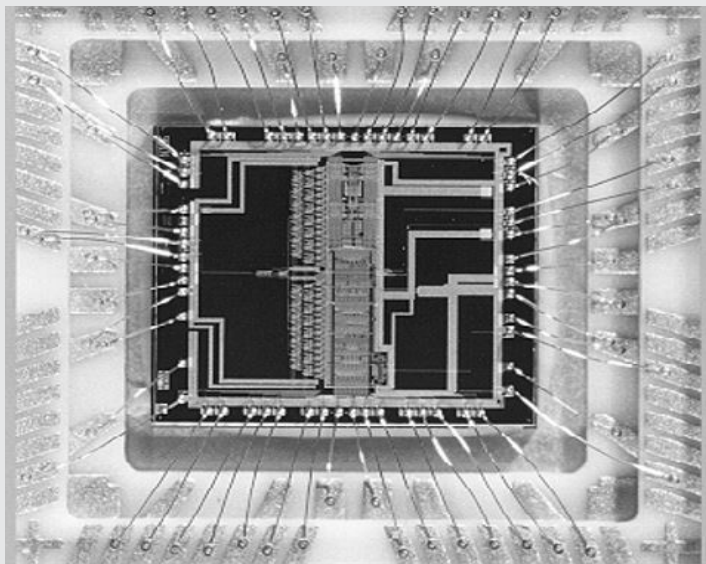


Figura 10. Inter conexión interna de un QFN.

**Análisis de Experimento.**

Durante el proceso de manufactura del ensamble del producto DEMOMPR031 mostrado en la Figura 11, se analiza el comportamiento de diferentes procesos de

manufactura pues este dispositivo electrónico utiliza tres de las tecnologías descritas en este artículo, Polímeros conductivos, Adhesivos conductivos y el tradicional de soldadura con montaje superficial.

En total se procesaron 10 paneles, de 10x10 unidades es decir 100 ensambles electrónicos donde se necesitó aproximadamente 50 minutos para terminar el total de unidades. Las fallas presentadas durante el proceso de soldadura fueron las esperadas y de acuerdo a corridas anteriores como se muestra en la Figura 13, el Yiel de producción fue 98.2%, se presentaron los siguientes defectivos de 1000 unidades ensambladas.

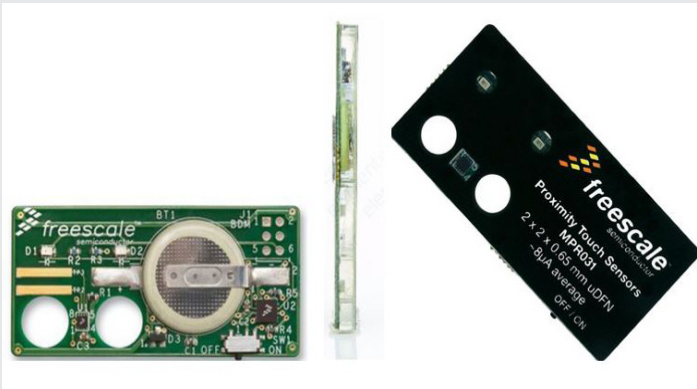


Figura 11. Ensamble DEMOMPR031

El proceso de manufactura, fue elaborado y hasta cierto punto difícil pues el manejar diferentes tecnologías en un solo producto hace compleja manufactura del mismo. El objetivo de esta evaluación fue comparar los tiempos necesarios en los procesos utilizando adhesivo conductivo y la soldadura libre de plomo, además de recabar información sobre los defectivos durante el proceso para poder verificar si efectivamente los procesos libres de soldadura pueden ser más eficientes y mejorar los índices de calidad tal como se planteó en las hipótesis.

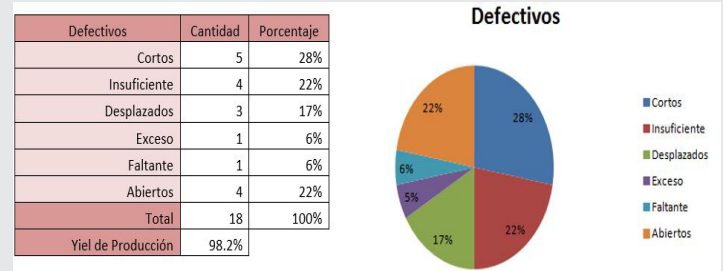


Figura 13. Defectivos en proceso SMT.

El proceso de adhesivo conductivo fue muy similar a la contraparte soldada, las diferencias básicamente son los equipos y herramental necesario. Para dispensar el adhesivo conductivo se utilizó un mini estencil de 15 milésimas de pulgada, sobre los pads donde se ubicaba la interconexión del polímero conductivo con la tablilla, una vez fijado el polímero conductivo con la ayuda de una fixtura, el ensamble electrónico se colocó en el horno de curado.

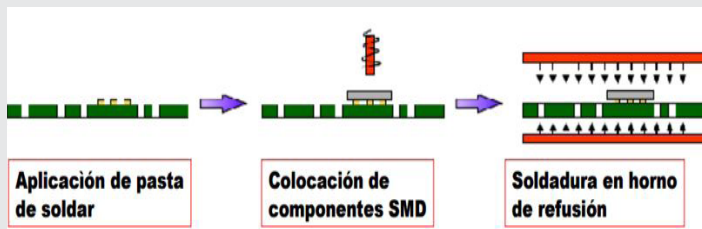


Figura 12. Proceso SMT.

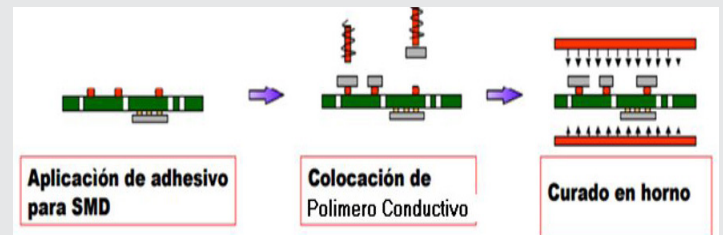


Figura 14. Proceso Adhesivo conductivo.

El equipo y proceso para el montaje superficial (SMT) utilizado en la corrida fue el estándar ya conocido por la industria, en resumen impresora de pasta, máquina colocadora de componentes y el horno de reflujo.

El tiempo para la aplicación del adhesivo fue de 3635 segundos como se muestra en la tabla 2, incluyendo el tiempo de curado en cámara de temperatura a 100°C por 60 minutos.

El tiempo total aproximado del proceso de montaje superficial fue de un promedio de 278 segundos como se detalla en la tabla 1 por panel ensamblado.

Tabla 2. Tiempos para Adhesivo Conductivo.

Tabla 1. Tiempos para SMT.

| Proceso                | Tiempo (Seg.) |
|------------------------|---------------|
| Aplicación de pasta    | 13            |
| Colocación componentes | 25            |
| Horno de reflujo       | 240           |
| Tiempo de producción   | 278           |

| Proceso                | Tiempo (Seg.) |
|------------------------|---------------|
| Aplicación de pasta    | 10            |
| Colocación componentes | 25            |
| Horno de curación      | 3600          |
| Tiempo de producción   | 3635          |

Las fallas presentadas durante el ensamble utilizando el adhesivo conductivo fueron mayores registrando un Yile de 90.2%. La Figura 15 muestra el detalle de los



defectivos encontrados, cabe señalar que 95 de estos defectivos fueron detectadas antes del área de curado mediante inspección visual, y por ende fue factible el retrabajo de las unidades, pues hubo la oportunidad de limpiar el área de aplicación del adhesivo conductivo para su posterior aleación.

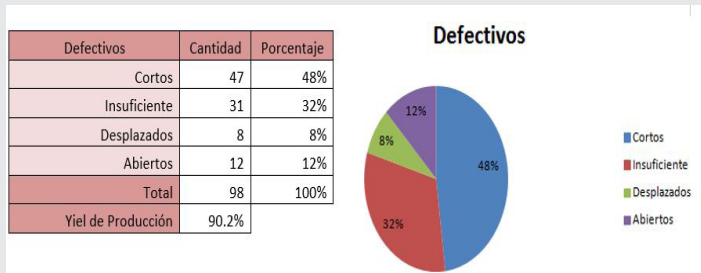


Figura 15. Defectivos en proceso Adhesivo Conductivo

Alrededor de 15 unidades no pudieron ser retrabajadas debido a la contaminación en pads, otras 3 unidades no fueron detectadas antes de curado se contuvieron en prueba funcional pero fueron consideradas como material inservible.

## RESULTADOS

De acuerdo a los datos arrojados referente al número de defectivos no se puede confirmar contundentemente que la remoción de soldadura pudiera reducir los defectivos, y por consiguiente en base a esta corrida de evaluación se puede negar estadísticamente hablando las hipótesis planteadas con anterioridad, ya que se ve una clara tendencia a un Yiel más bajo con el uso de adhesivo que con soldadura pues el Yiel de defectivos bajo de 98.2% a 90.2%.

Al contrario pareciera que la sustitución por adhesivos conductivos arrojaría un incremento en las fallas, básicamente lo que se observó fue que la misma naturaleza del adhesivo al ser una combinación de polímeros hace que sea más difícil la aplicación sobre metales, debido a la viscosidad es también más difícil manipular y depositar sobre las aéreas donde debe hacer contacto, por consiguiente se requiere de mayores cuidados. Por otro lado en la remoción para un posible re trabajo también es más difícil ya que debido a la misma viscosidad el polímero deja una película entre el pad de la tablilla electrónica y el polímero conductivo haciendo mucho más difícil la limpieza total del pad. Una vez curado es inclusive más difícil remover la aleación química entre el pad metálico y el adhesivo conductivo.

Otro factor clave son los tiempos del proceso, mientras que para obtener producto terminado con soldadura se necesitan de 278 segundos y con adhesivo se necesitaron 3635 segundos, haciendo inviable económicamente la sustitución de soldadura, este factor es el principal obstáculo para el uso indiscriminado de

adhesivos conductivos en la industria, y como se ha mencionado lo que se ve es la proliferación de este tipo de tecnologías pero en aplicaciones muy específicas como circuitos flexible donde la temperatura es crítica.

## CONCLUSIONES

Como se ha mencionado los tipos de conexión sin soldadura en los ensamblajes electrónicos han tomado gran importancia en la industria debido a la miniaturización y la alta densidad de componentes, después de ver las diferentes alternativas en el mercado parece que las conexiones con wire bonding directo en la PCB emergerá con fuerza en los próximos años pues es una excelente manera de reducir los tamaños de las conexiones eliminando el espacio que la soldadura necesita, además el uso de adhesivos conductores es cada día más frecuente para poder interconectar componentes pequeños donde la soldadura no es una buena opción debido a la diferencia de viscosidades, así pues, este tipo de tecnologías junto con las nuevas opciones como el Occam podrían ser el futuro de la electrónica y con ello reducir de manera dramática los tamaños de los ensamblajes electrónicos. Sin embargo estas tecnologías necesitan mayor madurez para poder sustituir un proceso comprobado por más de una centuria.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] NICHOLAS C LEWIS, *Wire Wrap is Still Useful*, Nerd Creation Lab, 2013.
- [2] GLENN R. BLACKWELL., *The electronic packaging handbook*, CRC Press, 2000 páginas 370 a 388.
- [3] JOSEPH FJELSTAD, *Solderless Assembly of Electronic Products - A More Reliable and More Cost Effective Approach to Electronics Manufacturing?*, Verdant Electronics, 20400 Stevens Creek Blvd, Cupertino, Print ISBN: 978-1-4244-2600-3.
- [4] JOSEPH FJELSTAD, *Benefits of Reversing the Circuit Manufacturing and Assembly Processes for Electronic Products*, Verdant Electronics, 20400 Stevens Creek Blvd, Cupertino, Print ISBN: 978-1-4577-0812-1.
- [5] ASHBY, MICHAEL F., *Materials Selection in Mechanical Design*, Elsevier, 2011,
- [6] ANDREA CHEN, RANDY HSIAO-YU LO, *Semiconductor Packaging: Materials Interaction and Reliability*, CRC Press, 2011, Pagina 23-31.
- [7] WILLIAM GREIG, *Integrated Circuit Packaging, Assembly and Interconnections*, Springer Science, 2007 páginas 15 a 28.