

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**INSTITUTO DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA**



***“Implementación de la metodología en la Utilización de la Identificación única de PCB basado en código 2D utilizados en la industria microelectrónica de Mexicali.***

**TESIS**

Que para obtener el grado de:

**Doctor en Ingeniería**

Presenta:

**Yanet Villarreal González**

**Director: Dr. Mario Curiel Álvarez**

**Co-Director: Dr. Benjamín Valdez Salas**

***Mexicali, Baja California***

***Sep. de 2018***

## ***Dedicatoria***

A mi esposo.....

## **Agradecimientos:**

A mis maestros que me guiaron en este camino y me apoyaron en el transcurso de él, sin vacilaciones, pero lo más importante por ser grandes seres humanos, Dr. Curiel , Dr. Benjamín, Dr. Rogelio Ramos, Dr. Nicola por sus recomendaciones tiempo y consejos.

No podría dejar de mencionar al el Dr. Michael Schorr que es un gran ejemplo de vida.

Y a mi maestra incomparable he invaluable que asta el día de hoy soy como masa en sus manos, esculpiendo mi desarrollo profesional desde maestría y doctorado Dr. Reyna Brito mis bendiciones y amor eterno.

Mi agradecimiento a todos los involucrados en el programa de doctorado pues sin su apoyo difícilmente lograría este sueño, por ello mi eterna gratitud a la UABC, mi casa de estudios y en especial a CONACYT que es el impulsor en todo México de muchos profesionistas en el cual estoy bendecida de ser uno de ellos..

## II

### **Resumen**

Los fabricantes de una variedad de dispositivos electrónicos están cada vez más en busca de un método fiable y rentable para la identificación única y el seguimiento de los productos a través del ciclo de fabricación, distribución y venta. La investigación que se llevó a cabo tiene como objetivo principal obtener el código 2D ( Dos dimensiones) adecuado para las Placas de Circuito Impreso conocidas como PCB, utilizados en la Industria Microelectrónica con una identificación única basada en un método experimental.

Se indagó sobre el código 2 D, buscando el adecuado en tamaño y estructura, que pueda ser implementado en los PCB, así como el equipo necesario para la utilización del mismo en el proceso de inspección e identificación, que permitiera el almacenamiento de información de tal forma que la empresa pudiera obtener los beneficios de una mejor trazabilidad o identificación del material, permitiendo así la eliminación de los problemas de material mezclado y mal etiquetado.

Un sistema de seguimiento autónomo y automatizado requiere que se aplique un código legible por máquina permanente a los PCB utilizados en la industria microelectrónica para identificar de forma única la identidad de cada producto. El código debe ser lo suficientemente resistente para sobrevivir incluyendo procesos de manufactura el cual no debe afectar el rendimiento del circuito y debe almacenar la información en el espacio disponible real.

Por lo que una vez ubicado el tipo de 2D por su capacidad y espacio requerido en base a las especificaciones de los PCB, se busco la forma de implementarlo en el circuito por lo que la primera opción fue hacer modificaciones a la máquina que recibía los PCB después de inspección y en el proceso de marcado laser que lleva inicialmente por lo cual la instalación de las cámaras, que previamente fueron

seleccionadas para este tipo de proceso, luego se llevo a cabo el desarme de la máquina, para saber que modificaciones necesarias se realizarían como las posiciones de las mismas, por lo que con el apoyo de el personal de ingeniería se realizaron pruebas de lectura. Al observar la problemática se encontró que, no existía una fácil solución como se había pensado con anterioridad, por lo que no se pudo conseguir al primer intento tener la maquina funcionando, por lo que se tuvo que armar en la noche nuevamente la máquina debido a la complejidad de ello, además se solicito apoyo del proveedor de la maquinaria para mayor información de los ángulos recomendados y se decidió comprar maquinaria nueva ya con la implementación de lectura en ellas o implementar las actuales si era viable, con el cambio en el proceso que inicialmente se planteo donde la empresa de inspección marcaria el material se argumento la facilidad de trazabilidad seria mas completa si llegara de él proveedor, donde controlaría el marcado en el PCB en el cual la empresa se concentraría en inspeccionar y leer los productos mandados.

Por lo cual se realizaron pruebas con 10 tiras para ajustes de cámaras.



## ***Abstract***

Manufacturers of a variety of electronic devices are increasingly looking for a reliable and cost-effective method for unique identification and tracking of products through the manufacturing, distribution and sales cycle. The main objective of this research is to obtain the 2D code (2 dimensions) suitable for the Printed Circuit Boards known as PCBs, used in the Microelectronics Industry with a unique identification based on an experimental method.

We inquired about the 2 D code, looking for the adequate size and structure, that can be implemented in the PCB, as well as the necessary equipment for the use of the same in the process of inspection and identification, which would allow the storage of such information. so that the company could obtain the benefits of a better traceability or identification of the material, thus allowing the elimination of the problems of mixed material and mislabeled.

An autonomous and automated monitoring system requires that a permanent machine-readable code be applied to the PCBs used in the microelectronics industry to uniquely identify the identity of each product. The code must be strong enough to survive including manufacturing processes which should not affect the circuit performance and should store the information in the real available space.

So once located the type of 2D for its capacity and space required based on the specifications of the PCB, we looked for ways to implement it in the circuit so the first option was to make changes to the machine that received the PCB After inspection and in the process of laser marking that initially leads to the installation of the cameras, which were previously selected for this type of process. The disarming of the machine was carried out, to know what necessary modifications should be made the positions of the same, so with the support of the engineering staff were made reading tests to observe the problem was found that there was no easy solution as previously thought. So it could not get to the first attempt to have the machine running, therefore the machine had to be armed at night again due to the complexity of it, so it was requested support of the machinery supplier for more information an the

recommended angles and the result of buying new machinery was achieved with the implementation of reading them or implement the current ones if it was viable, with the change in the process that was initially proposed where the inspection company would mark the material. It was argued that the ease of traceability would be more complete if it came from the supplier, where it would control the marking on the PCB in which the company would concentrate on inspecting and reading the products sent. So tests were done with 10 strips for camera adjustments.

# Índice

## Capítulo 1.

Introducción	
1.1 Antecedentes.....	10
1.1.1 La importancia de los PCB en la Industria de semiconductores.....	12
1.1.2 Definir la información que contendrá cada código en el material..	17
1.2 Justificación .....	19
1.3 Planteamiento del problema.....	20
1.3.1 Objetivo General.....	21
1.3.2 Objetivos Especificos.....	21

## Capítulo 2.

Marco Teórico	
2.1 Dispositivos y su clasificación.....	22
2.1.1 Como funciona el código de barra.....	24
2.1.2 Qué es un código 2 D?.....	25
2.1.3 Tipo de cámara.....	25
2.1.3.1 Iluminación .....	27
2.2 Introducción al proceso.....	29
2.2.1 Mapeo de Proceso .....	30
2.2.2 Propuesta de implementación en industria.....	31
2.2.3 Diagrama de flujo del proceso de la inspección en PBC en la industria de microelectrónica.....	33
2.3 Lectores de códigos de barras 2D – QR.....	34
2.4 FMEA (Análisis de modo y efecto de falla).....	38
2.5 Modo de inspección automática.....	40

## Capítulo 3.

Métodos y materiales	
3.1 Información que contendrá cada código .....	42
3.2 Modos de operación.....	43
3.3 Diagramas (antes y después) .....	48
3.4 Resultados de experimentación 2D BARCODE Orientado de marcado laser y prueba de tira.....	50
3.4.1 Metodología de lectura 2D barcode en la tira.....	51
3.5 Constituido actualmente el PCB con Estructura ENEPING Ni (níquel),\Pd (paladio)\Au (pro).....	58
3.5.1 Proceso electrolítico.....	55
3.5.2 Proceso de inmersión.....	56
3.5.3 Sistema de Rastreo .....	56
Resultados y Discusiones	
4.1 Resultados experimentales que se realizado.....	57
4.1.1 Pruebas de pilotos iniciales.....	64
4.1.2 Programación realizada DOE'S.....	64
4.1.3 Setup del proceso (Modificación en línea, cámaras, marcadores)..	64

## Capítulo 5

### Conclusiones

5.1	Conclusiones Generales.....	67
5.2	Perspectivas Futuras.....	70

## Referencias

Producción académica.....	78
---------------------------	----

# **Capítulo 1**

## **Introducción**

### **1.1 Antecedentes**

En los últimos años los procesos de calidad de la industria se han vuelto más rigurosos. Esto ha demandado que las empresas puedan identificar y rastrear objetos o componentes incluso antes de iniciar sus procesos de producción. A esto se le conoce como la trazabilidad de producto y consiste en un conjunto de medidas, acciones y procedimientos que permiten registrar e identificar cada producto desde su origen hasta su destino final. Es “la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución de un determinado producto” (Quadralia, 2018).

Por ello se ha vuelto indispensable marcar las piezas directamente de manera indeleble y asegurar que el código marcado, único para cada una de ellas, no se separe nunca de la pieza marcada.

Un método para marcarlas es el uso de los códigos matriz de datos o mejor conocidos como código de Data Matriz, los cuales son usados cada vez más en las empresas que se dedican a la fabricación de circuitos micro electrónicos. De esta forma pueden cumplir con los requerimientos que esta industria demanda.

La amplia aplicación de esta tecnología de codificación de datos también ha impulsado el desarrollo de sistemas de escaneo de estos códigos, que puedan decodificarlos y mejorar así el rendimiento de los códigos Data Matriz sobre todo cuando la calidad de impresión no es perfecta. Por ello, si un código de Data Matriz tiene un patrón buscador parcialmente dañado, todavía debe ser posible localizar el código y tratar de decodificarlo.

El código Data Matriz es sólo uno de muchos tipos de códigos de barras 2D que podrían ser elegidos para su uso en productos de circuitos impresos, existe el Data

Matriz de Siemens, es un código de matriz 2D diseñado para ser utilizado en el almacenaje de una gran cantidad de información en un espacio muy pequeño. Un símbolo Data Matriz puede almacenar entre uno y 500 caracteres lo cual da esa flexibilidad de poder tener el control con un código, incrementando la información y obtener una mejor identificación

El símbolo está en las escalas varia desde 1 milímetro Cuadrado hasta 14 pulgadas. Eso significa que un símbolo Data Matriz tiene una densidad teórica máxima de 500 millones de caracteres por pulgada la Información, que estará limitada por supuesto por la resolución de la impresión y la tecnología de lectura utilizada, el código tiene varias características interesantes. Dado que la información es codificada por la posición del punto de posición absoluta del punto en lugar relativo, no es tan susceptible a defectos de impresión tal como sería un código de barras tradicional.

Las aplicaciones más populares para los Data Matriz es el marcado de objetos pequeños, tales como circuitos integrados y circuitos impresos. Estas aplicaciones hacen uso de la capacidad del código para codificar aproximadamente cincuenta caracteres de datos en un símbolo de 2 o 3 mm. cuadrado y el hecho de que el código se puede leer con sólo una relación de contraste 20% siendo muy óptimo su utilización.

- El proyecto se propuso en el 2014-2 el cual se inicio en 2015-1 implementación, pero por decisiones del corporativo se espero 5 meses más por necesidades de piso.
- Inicio en Mayo del 2015-1 donde se empezó a preparar el proceso para sacar lote piloto, durante esa anualidad se encontraron varias variantes en piso que debieron ajustarse ese periodo.
- Inicio de 2016-1 el ajuste se ha realizado y mejorado el proceso siendo en este momento algo cotidiano.

### 1.1.1 La importancia de los PCB en la Industria de semiconductores.

Las Placas de Circuito Impreso conocidas como PCB que es utilizado en la Industria Microelectrónica contiene una identificación única basada en el método experimental, por ello la importancia de implementarlo y obtener el seguimiento del producto obteniendo reducción de pérdida, extravió y/o problemática con base en ello, los fabricantes de dispositivos electrónicos están cada vez en busca de un método fiable y rentable para la identificación desde el tan aclamado seguimiento de los productos PCB a través del ciclo de fabricación, hasta su distribución, para así lograr la salida del producto dando una mayor confiabilidad al cliente y trazabilidad que puede aplicarse en su garantía en caso de requerirla. La información posterior en las figura número 1 y 2, nos ayuda a detectar y sustentar oportunidades de negocio en la industria electrónica. Debido a los análisis de indicadores globales y nacionales de temas relacionados con el mercado como niveles de producción, consumo, comercio internacional, inversión extranjera directa, marco legal entre otros.

Se apreciar en la Tabla 1, muestra el área de electrónica en cuestión producción de semi conductores tiene una tasa de crecimiento del 5% siendo una industria solida en su expansión, por lo que es un nicho de inversión y de gran confiabilidad debido a la inversión y producción de la misma. La producción de estos semiconductores se realiza bajo demanda, por ello todo lo que se produce se vende.

Tabla 1. Indicadores Globales de inteligencia de negocios en el área de semi conductores 2014.

Producción 2014	3,789 miles de millones de dólares (mmd).
Tasa media de crecimiento anual (TMCA), real de producción 2014-2020	5.0 %
Consumo 2014	3,789 miles de millones de dólares (mmd).
TMCA real de consumo 2014-2020	4.5 %

Fuente: Pro México industria electrónica diagnóstico sectorial 2014.

En la Tabla 2, se aprecia el porcentaje de participación a nivel mundial de la industria electrónica, la cual se divide en cuatro regiones: Asia-Pacífico, América del Norte, Unión Europea y Resto del mundo. La zona Noroeste de México, concretamente Tijuana y Mexicali, que contribuyen a nivel mundial en la fabricación de productos electrónico, se incluyen en la región América del Norte.

Tabla 2. Producción mundial de la industria electrónica por regiones el área de semi conductores 2014.

Región	Porcentaje de producción a nivel mundial
Participación de Asia-Pacífico en la producción mundial de la industria electrónica	67 %
Participación de América del Norte en la producción mundial de la industria electrónica	15 %
Participación de la Unión Europea en la producción mundial de la industria electrónica	11 %
Participación de Latinoamérica en la producción mundial de la industria electrónica	1 %
Participación del resto del mundo en la producción mundial de la industria electrónica	6 %

Fuente: Pro México industria electrónica diagnóstico sectorial 2014.

En las últimas décadas el material semiconductor por excelencia, se usa principalmente en la fabricación de dispositivos electrónicos, ópticos y celdas solares. Este desarrollo y crecimiento ha sido tan destacado que ha permitido la constante

búsqueda de la miniaturización de dispositivos, la solución a varios problemas es la información que debe contener dicho producto por lo que a través de diversas técnicas ópticas, químicas y electrónicas se busca ampliar su capacidad y reducción física.

Tabla 3. Producción mundial de la industria electrónica por subsector en el área de semi conductores 2014.

Sector	Producción de productos %	
Equipo médico e instrumentos de precisión y ópticos	866	23%
Semiconductores	1264	33%
Computación	718	19%
Comunicaciones	546	14%

Fuente: Pro México industria electrónica diagnóstico sectorial 2014.

La producción de los sectores presentados en la Tabla 3, muestra el desarrollo de producción que ha estado abriendo camino con una producción mayor en el sector de semiconductores con un 33%, por lo que lidera la producción en millones de dólares, siguiéndole la industria de equipo médico e instrumentos de precisión ópticos con 23 %, siendo el más cercano en producción.

Dentro la importancia de los semiconductores un punto relevante es el incrementar el número de componentes por unidad de área, donde el objetivo principal es la reducción del tamaño de los dispositivos así como aumentar información, velocidad de transferencia y reducir el costo de fabricación por dispositivo.

La industria semiconductora se encuentra actualmente manejada por Estados Unidos, seguida de Japón, Taiwán, la Unión Europea, Corea del Sur y China, según los reportes realizados por las agencias correspondientes como: World Semiconductor Trade Statistics (WSTS), International Technology Roadmap for Semiconductor (ITRS), entre otras. El objetivo principal es lograr implementar avances rentables en el rendimiento de circuitos integrados y dispositivos avanzados, así como sus aplicaciones, asegurando el éxito de esta industria en el mercado.

Estados Unidos se encuentra a la cabeza de dominar este campo, debido a que desde los años 50's surgieron las primeras empresas en la industria semiconductora para el desarrollo de dispositivos en este país. Estas empresas se localizan geográficamente en la parte Sur de la Bahía de San Francisco y al Norte de la ciudad de San José, California, reconocida a nivel mundial como: El Valle del Silicio o Silicon Valley. En esta región se desarrolló el Printed Circuit Board PCB y se encuentran, en la actualidad, gran parte de las mayores industrias semiconductoras del mundo tales como: *Intel, IBM, Microsoft, Apple, hp, AMD, Toshiba, entre otras* (Ver Fig. 1).

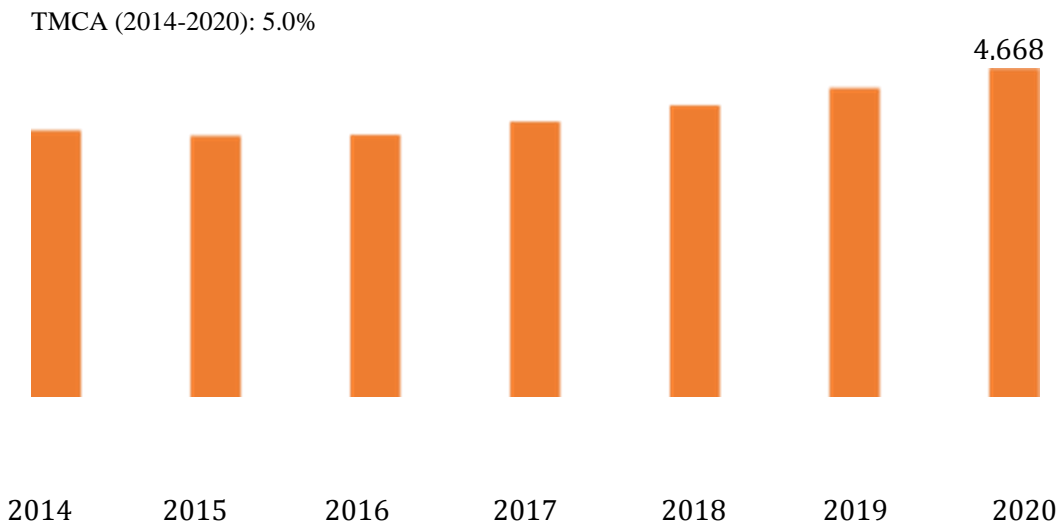
Figura. 1. Las mayores industrias semiconductoras del mundo se encuentran en el valle del silicio en California



Fuente: Imágenes google las principales empresas de silicon valley. emaze.com.

Ahora bien, la industria de los semiconductores seguirá en el futuro siendo muy importante, y con ella los PCB, por esta razón cada día se realizan y realizarán avances en el desarrollo de esta industria. Así lo muestran los datos que se presentan en la Figura 2

Figura 2. Prospectiva de producción mundial de la industria electrónica (TMCA), 2014- 2020 (mmd).



Fuente: Pro México industria electrónica diagnóstico sectorial 2014.

Se puede observar en la Figura 2 el crecimiento indudable que tendrá la industria de los semiconductores así como que su estadía en el mercado. Su crecimiento con base en las proyecciones nos perfilan, a futuro, un gran mercado para los PCB.

Por esta razón continúa el desarrollo de las PCB. En la actualidad se investiga cómo hacer que éstos productos tengan mayor información y capacidad a un menor espacio.

La industria a tenido un desarrollo constante de la Placa de Circuito impreso o Printed Circuit Board mejor conocido como PCB por sus siglas en inglés, donde la búsqueda es por encontrar en él, un sistema de seguimiento autónomo y automatizado el cual requiere que se aplique un código legible por máquinas permanentes a un PCB interno, para identificar de forma única de cada producto, para evitar productos mal identificados generando problemas con el cliente inmediato y tiempos muertos para localizarlo fuera de su propio lote o proveedor. El código debe ser lo suficientemente resistente para sobrevivir incluyendo procesos de soldadura como de ola, procesos de fabricación y limpieza, no debe afectar el rendimiento del circuito y debe almacenar la información en el espacio disponible real.

Si bien existen diversas formas de obtener información en los productos, para los semiconductores es parte activa de ese listado de productos y el data matriz 2D proporciona un medio para almacenar cadenas de caracteres numéricos en áreas muy pequeñas en el PCB. La tecnología de marcado láser proporciona un método para la aplicación de códigos de matriz 2D de forma permanente a la mayoría de sustratos de placas y revestimientos. La alta resolución y alta precisión de los sistemas de marcado láser proporciona los medios para crear, códigos de alta fiabilidad bien definidos independientemente del tamaño del código.

### **1.1.2 Definir la información que contendrá cada código en el material.**

Por ello la información requerida en la implementación actual del PCB por el proveedor y el cliente para darle soporte, es el número de parte del cliente , número de lote, del panel y de tira.

Si bien los códigos de barras 2D se diferencian de los tradicionales, de una dimensión, porque codifican los datos en alto y largo, abarcando así las dos dimensiones. Y en este tipo de códigos de barras la información almacenada no sólo tiene que ver con un artículo en concreto, sino que también puede ofrecer números de teléfono, fotos, coordenadas geográficas, texto, etc. Podría decirse que es una especie de enlace (entendido como link), impreso en un papel.

Los códigos de dos dimensiones, también conocidos como códigos bidi (bidimensionales), pueden contener una gran cantidad de datos en un espacio muy reducido, pudiendo ser leídos fácilmente y a una gran velocidad, y sin necesidad de ir a parar a una base de datos donde se encuentra la información relacionada, como sucede con los códigos de barras de una dimensión.

Dentro de los códigos 2D como antes se menciona en la investigación, existen diferentes tipos de códigos que, sin dejar de ser bidimensionales, cuentan con otras particularidades. Entre ellos encontramos los códigos QR (los más populares), los códigos datamatrix (estándar Internacional ISO, más utilizado en Estados Unidos), y, aunque menos conocidos y expandidos, los códigos ShotCode, que tienen una forma circular.

Y no sólo los teléfonos móviles son capaces de descifrar los códigos QR, sino que hay muchos scanner o lectores de códigos de barras ya capacitados para leer este tipo de código 2D.

## 1.2 Justificación.

El proceso requería un ajuste inmediato debido a un gran número de quejas que eran repetitivas por parte de su cliente, se busco implementar un sistema de seguimiento para evitar errores que eran común en piso como el mezclado de productos, diferencias de defectos con la empresa de inspección y el cliente. Utilizando la ultima alternativa ya que en piso era un suceso de diario que parecía no cambiaba, por ello se busco modificar las máquinas que se tenían para tratar de minimizar el costo ya que las nuevas máquinas tenían un sistema de lector añadido, pero se busco opciones en piso como modificación de equipos con un lector óptico.

### Metas

- 1) Obtener el código 2D adecuado para los PCB utilizado en la planta MexDMT
- 2) Adquirir conocimientos Técnicos del proceso de Marcado en PCB.
- 3) Tener un equipo confiable que pueda ser usado en producción a favor la implementación del código 2D en los PCB usados en la industria Microelectrónicas.
- 4) Tener un proceso estable en el uso del código 2D en la línea de producción.
- 5) Reducción los defectos de material mezclado un 50%.
- 6) Reducción de la cantidad de error de material mal etiquetado un 50%.
- 7) Tesis de Doctorado.

### **1.3 Planteamiento del problema.**

DMT es una compañía dedicada a la inspección de PCB de la industria microelectrónica establecida desde Diciembre 1999 en Corea del Sur, Viendo la oportunidad de establecerse en Mexicali basado en el mercado y dando soporte a empresas de la localidad para abrir una planta de inspección de PCB en Mexicali con una Inversión de 9 Millones de Dólares como primera etapa en Enero del 2013 con la proyección de 200 empleados tomando como base la actividad de la inspección de PCB de la Industria Microelectrónica. Después de un año en el mercado la empresa se vio en la necesidad de implementar y utilizar una identificación única de cada PCB para su actual y seguridad de futuros clientes.

Inicia esta investigación siendo el objetivo principal el trabajar en conjunto en encontrar la mejor opción en el mercado y poderla adaptar a los equipos actuales de inspección de material de PCB y así lograr como producto final la implementación de una Identificación única a cada PCB que nos permita tener el control y manejo de la información. Que nos lleve al mismo tiempo a eliminar los errores de material mezclado en las líneas de producción y errores de etiquetas en el producto final lo cual permitirá tener un proceso más estable y no generar este tipo de fallas que afectan a los procesos y/o a clientes externos.

Es en esta empresa donde se enfoca la investigación e implementación, pretendiendo disminuir los errores, tales como material mezclado, y errores de etiquetas lo cual permitirá tener un proceso más estable, por lo cual no generar este tipo de fallas que afectan a los procesos y/o a clientes externos.

### **1.3.1 Objetivo General**

Establecer en los PCB (Printed Circuit Board), el sistema de identificación única he individual.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Realizar un diagrama de flujo del proceso de la inspección de PCB en la industria de microelectrónica.
- Implementar el proceso de inspección utilizando el código 2D aplicado.
- Proporcionar el tipo de lector para el código 2D utilizado.
- Definir la información que contendrá cada código 2D en el material.
- Realizar un análisis FMEA de defectos.
- Implementar un Mapeo del proceso .
- Realizar la trazabilidad he identificación del material.

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1 Dispositivos y su clasificación.**

Durante años, para llevarse a cabo una correcta identificación de los productos en general y con el fin de poder gestionar la trazabilidad de los mismos, se ha utilizado el método popularmente conocido como Código de Barras.

Éste código nace el 7 de octubre 1952, en la oficina de patentes de EE.UU fue una idea que transformó la historia de los semiconductores al resolverse favorablemente la solicitud de dos miembros del Drexel Institute of Technology: Norman Joseph Woodland y Bernard Silver. El famoso código permite ante todo identificar un producto, pero también aporta otras ventajas como la reducción de los plazos de entrada y salida de stocks, permitiendo mayor facilidad de reposición y de inventario simplificado permanente.

Si bien debido al avance de las tecnologías el método de código de barras está siendo lentamente desplazado por otro tipo de técnicas, hasta el momento la mayoría de las mercancías que ingresan al mercado son identificadas a través del Código de Barras. Siendo el más común para México EAN International – Uniform Code Council (EAN/UCC), que se utiliza en los empaques de los productos que generalmente están en los anaqueles de venta.

Los códigos de barras Universal Product Code (UPC-A), son usados en negocios, así como el sistema EAN-13. Sin embargo, son más utilizado en Canadá y los EEUU. Cuentan con 11 dígitos de datos y uno de verificación, es decir un total de 12. El primer dígito representa el tipo de producto que se está identificando. El sistema de códigos EAN es usado fuera de EE.UU. y Canadá. Los códigos EAN son similares a los códigos UPC pero tienen 13 dígitos. El código EAN también conocido como GTIN-13, es solamente un código de barras para productos en venta el por menor. Funciona igual que el código de barras UPC.

Existen dos tipos de códigos de barras, los lineales y los dimensionales. Ver Figura 3.

Figura 3. Códigos de barra lineales y dimensionales.



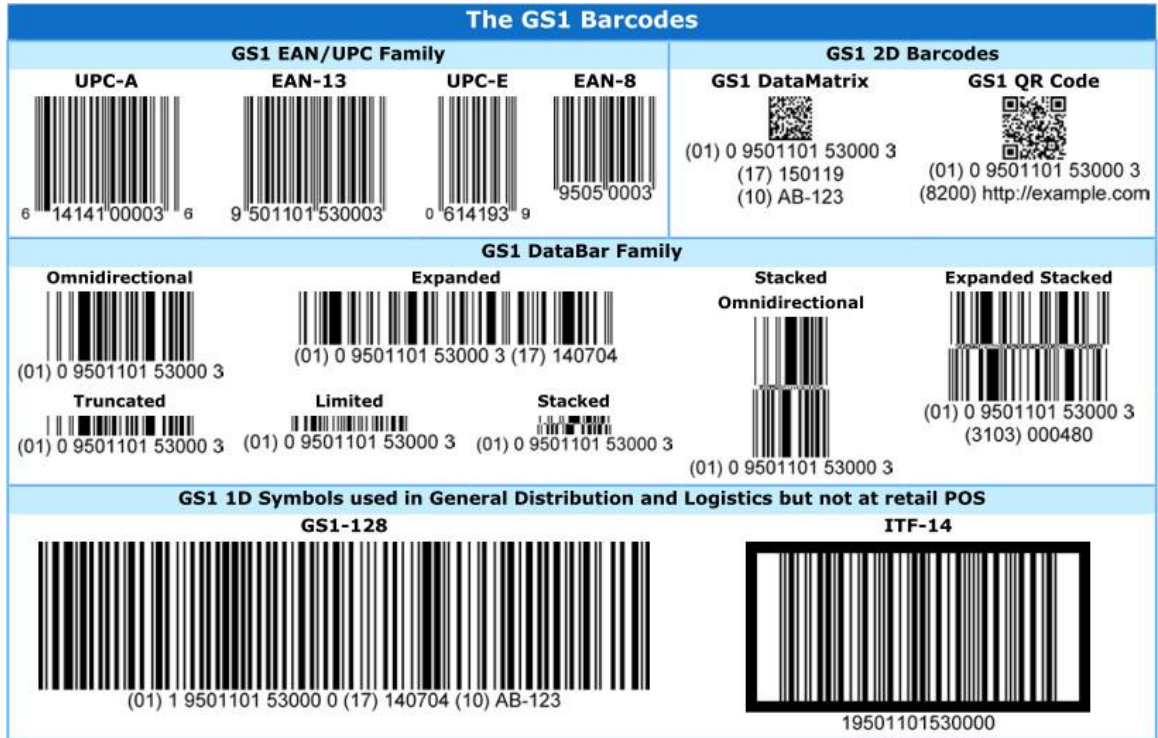
Fuente: PCB Magazine 2015.

Entre los códigos de barra lineales, se encuentran el EAN, Code 128, Code 39, Code 93 y Codabar, mientras que en el grupo de los dimensionales se hallan el código PDF417, Datamatrix y Quick R.

Los códigos de barras bidimensionales (2D), son una evolución de los códigos de barras unidimensionales que incorporan la mayoría de productos en la actualidad. La ventaja de los códigos 2D es que contienen información en dos dimensiones, de forma que en muy poca área pueden contener mucha información.

Un código del inglés Quick Response code, "código de respuesta rápida" (QR), es conocido como la evolución del código de barras. Es un módulo para almacenar información en una matriz de puntos o en un código de barras bidimensional. Los códigos QR (Fig. 4), son muy comunes en Japón, siendo el código bidimensional el más popular.

Figura 4. Clasificación de dispositivos de barras.



Fuente: PCB Magazine 2015.

### 2.1.1 Como funciona el código de barra.

Cada carácter está representado por un patrón de barras anchas y estrechas. Un lector de código de barras utiliza un foto sensor para convertir el bar code en una señal eléctrica a medida que se mueve a través de un código de barras. Donde el escáner mide el ancho relativo de las barras y el espacio, traduce los diferentes patrones en caracteres regulares y los envía a una computadora o terminal portátil.

Cada código de barras comienza con un carácter de inicio especial y se termina con un carácter de parada especial. Estos códigos ayudan al lector a detectar el código de barras y determinar si se comienza a escanear hacia adelante o hacia atrás. Algunos códigos de barras pueden incluir una suma de comprobación que se calcula cuando el código de barras se imprime utilizando los caracteres en el código de barras. El lector realiza el mismo cálculo y compara su respuesta con la suma de comprobación que lee al final del código de barras. Si los dos no coinciden, el lector asume que algo está mal, arroja los datos y lo intenta de nuevo.

Hay diferentes simbologías bar code, cada una con su propio patrón particular de barras. El código UPC utilizado en productos minoristas es un código totalmente numérico, por lo que es el código 2 de 5 intercalado. El código 39 incluye letras mayúsculas, dígitos y algunos símbolos. El código 128 incluye todos los códigos de caracteres ASCII imprimibles y no imprimibles (Quenn V. 2017).

### **2.1.2 Qué es el código 2 D?**

Los símbolos bidimensionales son categorías generales y se conocen como códigos 2D. Los códigos de barra apilados están contruidos como una capa de capas de códigos de barras apilados uno encima del otro, donde es visible la lectura con escáneres especiales en 2-D o con muchos escáneres láser y con la ayuda de un software de decodificación espacial. Los Códigos de Matriz se encuentran contruidos sobre una verdadera matriz 2D, generalmente donde se encuentran más compactos que un código de barras apilado y solo se pueden leer con un escáner 2D. La principal ventaja de los códigos 2-D es la capacidad de codificar una gran cantidad de información en espacios pequeños. El límite práctico para un código de barras estándar depende de una serie de factores, pero de 20 a 25 caracteres es un máximo aproximado, los símbolos 2-D pueden codificar de 100 a aproximadamente 2000 caracteres. Los servicios de paquetes en EU, contiene una etiqueta cuadrada de 1 pulgada con un patrón de puntos. Esta es una etiqueta de maxcode, y es utilizada por UPS para una ubicación de destino automática. Otros dos populares códigos 2-D son PDF-417 y datamatrix.

### **2.1.3 Tipo de cámara.**

Para ello se requiere una lectura del PCB para el correcto catalogo de la misma. La cámara adecuada debió buscarse debido a las necesidades específicas de su uso, la importancia de este sistema electrónico que se solicita debe contar con los requisitos de alta fidelidad, que distinga y lea los códigos 2D. La cámara debe escanear objetos en tiempo real, la cual, a través de una computadora Windows 10 y se conecta a través de dos cables USB que se conecte para transmitir datos y para recibir energía. La cámara debe poder ajustarse automáticamente con base al tipo de iluminación buscando la toma adecuada y certera para lograr escanear el código 2D.

## Características de la cámara

Dadas las dimensiones y el espacio de 4.51 x 8.73 x 5 pulgadas, se requería de una cámara que tuviera las dimensiones aproximadas para su instalación.

Fue regida por las dimensiones y el espacio que se contaba para la ubicación en la máquina donde se realizara la lectura del código, donde buscándose con Dimensiones: 4.51 x 8.73 x 5 pulgadas (11.46 x 22.17 x 12.75 cm), Peso: 1.2 lb (543.6 gr) como máximas. En la figura 5 se observa la cámara lectora de código.

- Alta definición nivel bajo de sonido y un rango amplio.
- Fácil de integrar a prueba de polvo , agua.
- Decodificación rápida.
- Tecnología de excelencia.

Figura 5. Cámara lectora de código.



Fuente: EESemi.com (2017).

RD4500R es un módulo de escáner de código de barras de montaje fijo que ofrece un rendimiento excepcional con una fácil integración. Incluido en una carcasa robusta, su capacidad de lectura agresiva está garantizada incluso en el entorno más hostil. Ambas configuraciones para memorias Universal Serial Bus (USB).

La siguiente que fue sugerida por el proveedor de maquinas (RM). que es la que se implementaba para escaneo 2D. En la figura 6 se puede apreciar el cableado para su conexión. En la tabla 4 se obtienen las especificaciones del producto utilizado en cámara seleccionada , la tabla 5 y 6 los parámetros del sistema lector.

Figura 6 Cámara lectora con cableado de conexión USB.



Fuente: EESemi.com

Tabla 4. Especificaciones del producto utilizado en cámara seleccionada

Procesador	IOTC 0370 CHIP
Tipo de sensor de imagen	752 x 480 CMOS
Interfaz	RS-232 / USB
Simbologías	<b>2D</b> PDF417, Data Matrix, QR Code  <b>1D</b> EAN-13, EAN-8, UPC-A, UPC-E, ISSN, ISBN, Codabar, Code 128, Code 93, ITF-6, ITF-14, Interleaved 2 of 5, Industrial 2 of 5, Standard 2 of 5, Matrix 2 of 5, GS1 Databar (RSS-Expand, RSS-Limited, RSS-14), Code 39, Code 11, MSI-Plessey, Plessey ModoseNSE
Modo de escaneo	10mil LED blanco 38.3 mm x 60.4 mm Diagonal: 85 °, Horizontal: 63.7 °, Vertical: 70 °
Resolución	
Fuente de luz	
Escanear ventana	
FOV	
Mecánico eléctrico	
El consumo de energía	1.75 W (máximo).
Notificación	Bip
Tamaño (L x W x H)	4 x 74 x 50 mm.
Peso	300g.

Tabla 5. Parámetros buscados en sistema lector.

<b>Producto</b>	<b>Descripción</b>
Fuente	<b>Green LED +Digital Halogen (KW).</b>
Spec	<b>Halogen lamp: 150 wx2 set Led source: 5v x 6 set.</b>
Lifetime	<b>Halogen source:500 Hour Hour Led Light:1000 Hour</b>

Fuente: Parámetros de iluminación.

Tabla 6. Parámetros de frente y cobertura

<b>Producto</b>	<b>Descripción</b>
Color	<b>Ivory (D30819_.</b>
Señal de lámpara de torre.	<b>Red/ Yellow/Green.</b>
Puerta (ventana).	<b>Light Blue. Sensor de puerta.</b>
Cerradura de seguridad	<b>Dos en el frente.</b>
Switch de emergencia	

Fuente: Parámetros de iluminación.

## 2.2 Introducción al proceso.

Fabricantes de productos especializados en el área de PCB tienen conocimiento que la producción deberá ser de manera simultánea los dos conceptos importantes para su elaboración de productos, el costo competitivo así como el cumplimiento de las expectativas de calidad por parte del cliente son vitales para su suceso.

La identificación de fallas en las PCB, anulaciones en la PCB, aberturas, desaliñados e integridad de la soldadura de los conjuntos de chip de una área son cruciales. El montaje del circuito Tecnología de montaje de superficie (SMT), es constituido por tres procesos principales:

- Inspección precisa de la PCB.
- Colocación de los componentes.
- Inspección después de reflujo.

La utilización de un microscopio así como la tecnología está adquiriendo un papel esencial una vez que los componentes de las tarjetas son cada vez más pequeños para que la PCB pueda contener más componentes.

En la intrincada tarea de fabricación de PCB, una inspección fiable y la medición de las diferentes conexiones, vías y distancias es vital durante y después de la producción. Los microscopios son utilizados en inspecciones de PCB para permitir que los usuarios mejoren la calidad y aumenten la producción. Las máquinas con láser para leer el historial en su código que se encuentra en el PCB, trabajando con la iluminación adecuada y minimizando la reflexión que con ello se puede implementar un sistema de seguimiento adecuado en el PCB que puede estar al estándar de cualquier proceso u compañía.

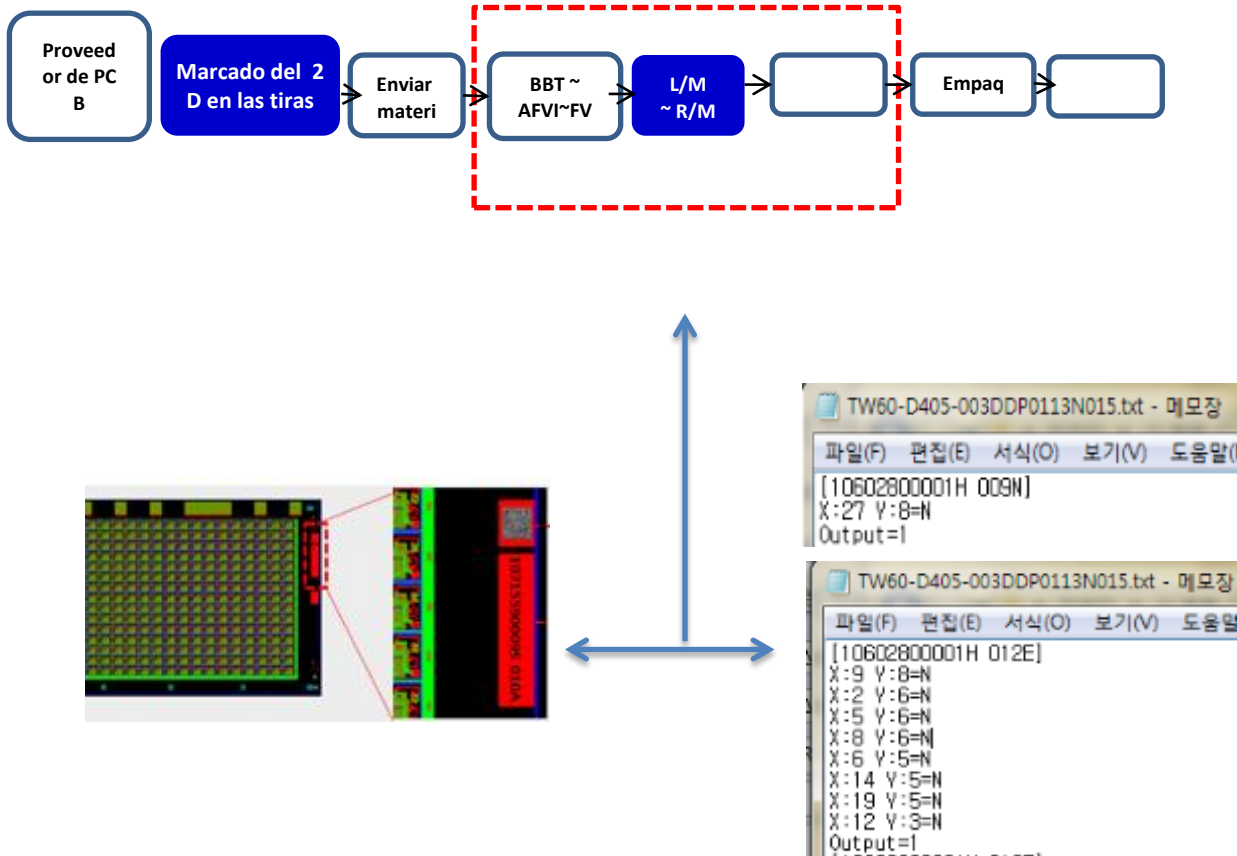
### **2.2.1 Mapeo de proceso.**

El proceso inicia, cuando el proveedor genera las pruebas eléctricas al producto reporta, en el sistema, las fallas conocidos como Xout o identificación de defectos en un PCB, con solo el 20% para que sea aceptable el PCB los cual se le informan al cliente, la empresa de inspección de los productos del PCB que se localizaron desde la empresa que lo elaboró, en conjunto con las coordenadas donde se encontró producto no aceptable, el cual por las múltiples retroalimentaciones de los clientes de semiconductores se reportaron fallas del receptor a la empresa receptora, por lo cual se opta por la contratación de manera externa el proceso de inspección de la empresa MexDMT. En la cual al recibir dichos datos donde se informa la cantidad de defectos por tira cantidad de piezas por lote inicia con una inspección IQA Recibo de material MexDMT (Tabla 6), ingresando a AFVI (Inspección final automática). Es allí donde se encuentra inspeccionando personal del turno A, de los 4 turnos inicialmente , y por las fallas reportadas por el cliente, donde la inspección se daba de una a dos inspecciones como resultado de el incremento de proveedores usando inspección externa, al finalizar se colaboró en el área VRS (verificación visual por cámara), donde se agranda en sistema los productos que no se consideran aptos para el proceso, FVI (Inspección final), en la cual por medio de un plumón adecuado realizan los rayones que consideran para señalar producto dañado utilizando microscopios. Donde se genera un reporte y se retroalimenta al sistema los defectos encontrados con sus respectivos cuadrantes de direcciones la cual es revisada por la inspectora general encargada de turno. Donde VQA (MexDMT), verificación de calidad muestreo. despues de verificar es mandado a GLM (MexDMT), donde posteriormente es mandado al marcado laser de defectos y al terminar al proceso de limpieza (Rinse), para introducirlo al área de sorteos (RM), donde la máquina realizara en base a los defectos encontrados distribuirlos en tiras, donde se obtiene la misma cantidad de defectos en cada deposito y lograr cumplir con las especificaciones del cliente.

## 2.2.2 Propuesta de implementación en industria.

Debido a que el proceso anterior no permite obtener un seguimiento que nos permita evitar mezclado por diferentes índoles por ello se busco una propuesta de evitarlo y obtener un seguimiento de lectura individual de cada tira evitando así los constantes problemas en piso, El flujo del Interface de sistema tecnológico (ITS), generación de un mapa utilizando la información del proveedor más los posibles defectos internos, detectados donde se genera un mapa único que es manejado por el marcado individual en cada tira. En la figura 9 nos muestra como se utiliza en la industria electrónica el proceso de inspección de PCB.

Figura 6. Flujo del Interface de sistema tecnológico ITS.



Fuente : fotografías en planta DMT 2017.

Método : ITS archivo vs tira física donde la inspección verifica lo que muestra el sistema con lo que esta físico en la tira, para confirmar que no hay discrepancias en las posiciones o cantidades.

Figura 7. Flujo del Interface de sistema tecnológico ITS en MexDMT.

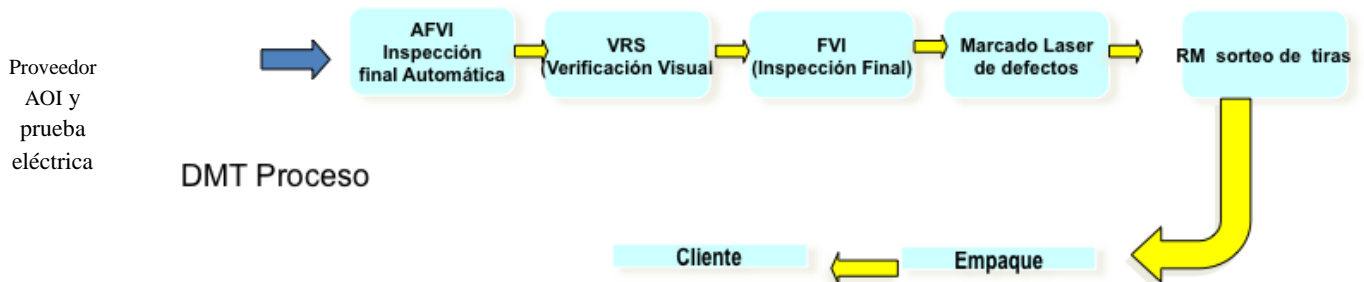


DIAGRAMA DE FLUJO



Las ventajas del sistema ITS son la trazabilidad de la información así como la disminución de errores humanos. Donde la aplicación del ITS en el Mapeo de proceso (Process Flow), sería la implementación de el código 2D marcador láser y la generación de un mapa único por tira que nos dirá la localización de los puntos a verificar 2D midiendo Archivo del mapa contra la información de la tira. ITS Comunica mediante el código 2D el número de Lote, número de panel, número de tira que lo hace único e irrepitible generando una trazabilidad lo que permite que sea en una forma automática mediante la lectura del 2D y no una asignación manual.

Figura 8. Flujo del Interface de sistema tecnológico ITS del proceso DMT.



### 2.2.3 Diagrama de flujo del proceso de la inspección en PCB en la industria microelectrónica.

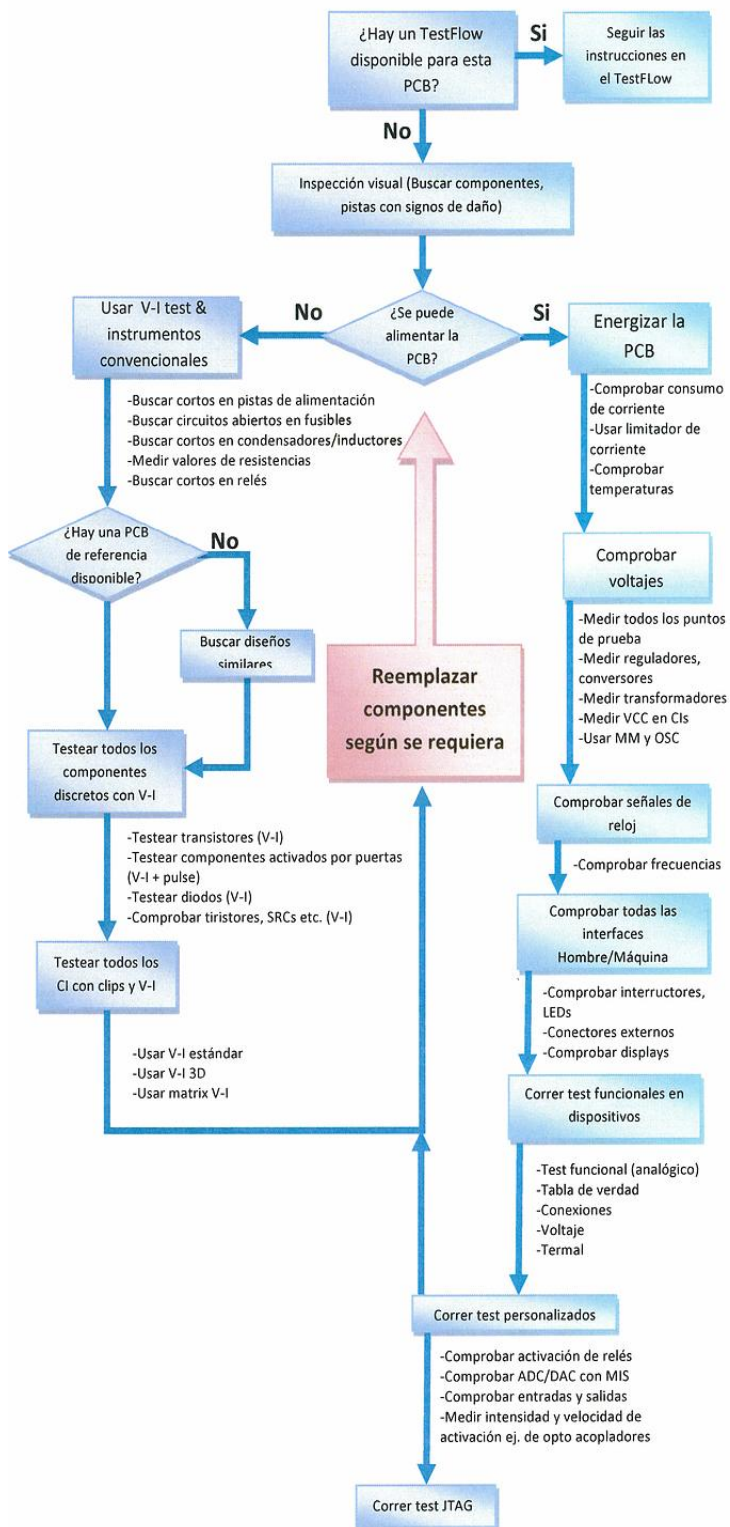


Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de la inspección en PCB en la industria microelectrónica, fuente: revista electrónica tecno ciencia 2017.

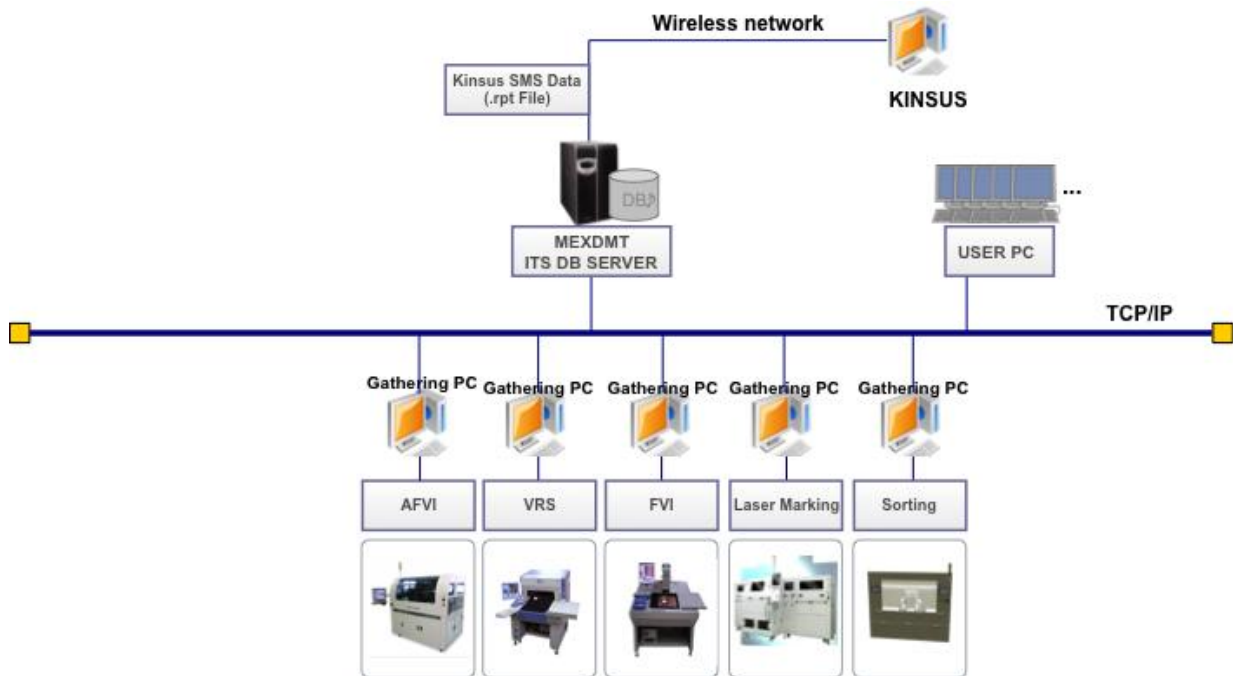


Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de la inspección en PCB en la industria microelectrónica en MexDMT. Donde no se realiza re-trabajo solo se marcan los PCB para inutilizados (Indeautor).

### 2.3 Lectores de códigos de barras 2D – QR.

Para leer este tipo de códigos se requieren lectores diferentes a los que leen códigos unidimensionales, pero existen muchos scanners que ya están capacitados para leer tanto 1D como 2D. Hay diferentes métodos de lectura, como el lector láser, que escanea de izquierda a derecha y de arriba a abajo en un patrón de rastreo; el lector de códigos de barras óptico; y el lector que utiliza la tecnología CCD, que lee todo el código al completo.

Los códigos 2D ofrecen una seguridad muy superior a los códigos 1D, ya que es muy difícil sabotearlos, duplicarlos o estropearlos, en comparación con los códigos tradicionales de una dimensión. Por más que el código 2D esté perforado, rayado o arrugado, el símbolo continua siendo legible por el scanner, por ello la utilización de código 2 D en MexDMT.

**Donde** la información que se requiere no contiene complejidad, sin embargo lograba dar solución a la mayoría de las observaciones que le retroalimentaban, como

producto en un proceso no confiable con causas como no perteneciente al lote , tipo de proveedor entre otras observaciones que se aplicaron en el FMEA (Figura 18).

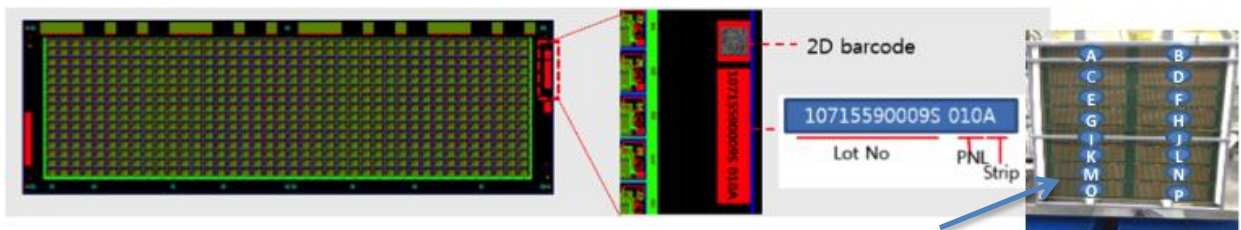
La información que contiene el código 2D en el sistema ITS comunica mediante el código 2D el número de Lote, número de panel, número de tira que lo hace único e irreplicable.

Figura 11. Código Digital 2D información requerida.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>2D Code</b>	<b>S</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	Kinsus part number							Lot number					Panel number			strip#		

Fuente: Cliente de DMT de México 2016.

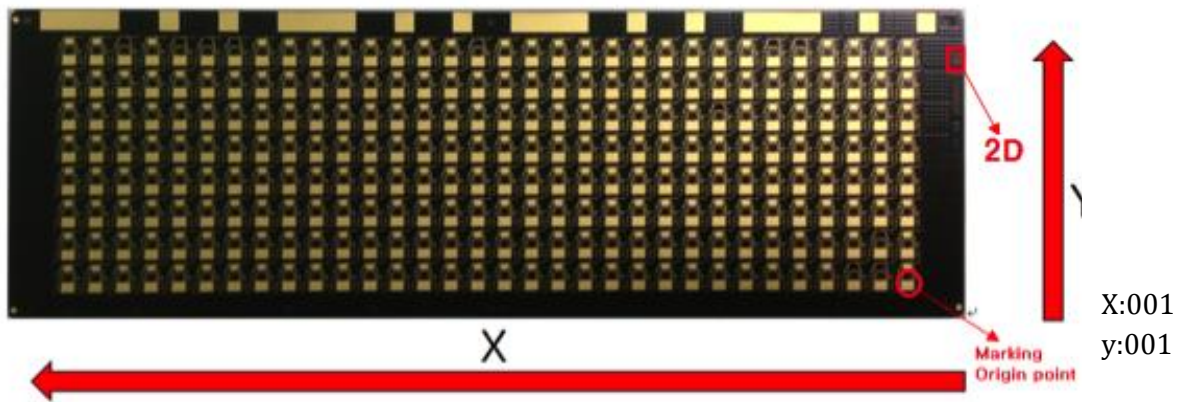
Figura 12. se puede apreciar la localización del código 2D vs la información de la tira.



las tiras en el panel

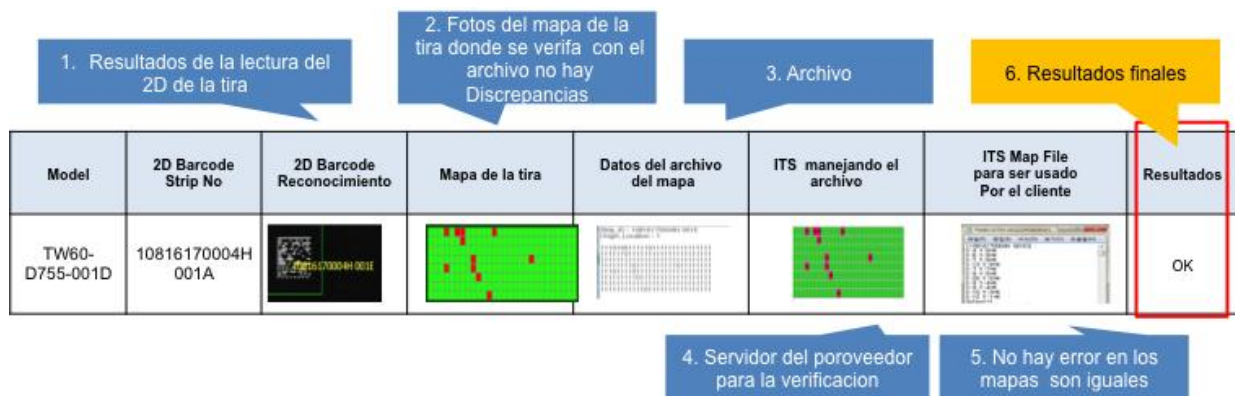
Fuente: Cliente de DMT de México 2016.

Figura 13. Orientación de marcado laser (laser marking orientation).



Fuente: Cliente de DMT de México 2016.

Figura 14. Información que se obtiene con el 2D es manejar la misma información tanto cliente como proveedor.



Fuente: Cliente de DMT de México 2016.

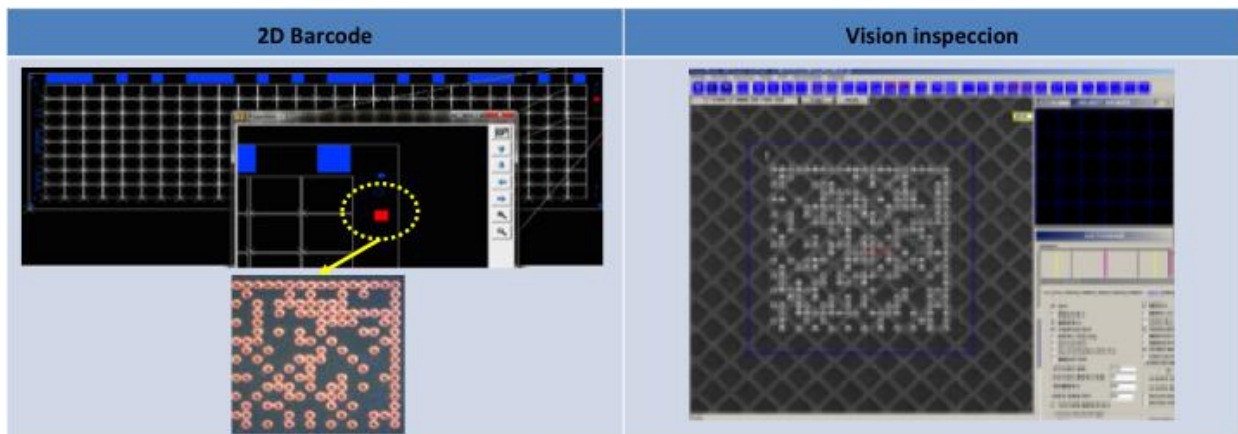
Debido a la información que se le puede anexar a los códigos QR son realmente códigos 2D, que utilizan una codificación de datos basados en el posicionamiento de elementos oscuros sobre un fondo claro. Es mucho más veloz de

descodificar que otros códigos de barras o códigos 2D y es capaz de codificar más de 7000 caracteres en un sólo símbolo.

Los códigos QR son fácilmente reconocibles por su forma y por los cuadrados distintivos que se encuentran en tres de los vértices del código, que son los patrones de detección de posición. Estos son los encargados de que el símbolo sea leído y reconocido fácilmente, independientemente de la posición y orientación en la que esté colocado.

Por ello en la figura 14. La información abarca no solo lote, número de tira y el panel , si no también el programa que puede ser modificado en caso de encontrarse mayores datos que requiera la tira.

Figura 15. Ampliación del código 2D en la tira.



Fuente: Cliente de DMT de México 2016.

## 2.4 FMEA (El Análisis de Modo de Falla y Efecto ).

Mejor conocido como FMEA por las siglas en inglés de Failure Mode Analysis and Effects es una herramienta simple, versátil y poderosa que ayuda al equipo a identificar los defectos en el proceso que deberían ser eliminados o reducidos

Figura 16 enlace de causa y efecto



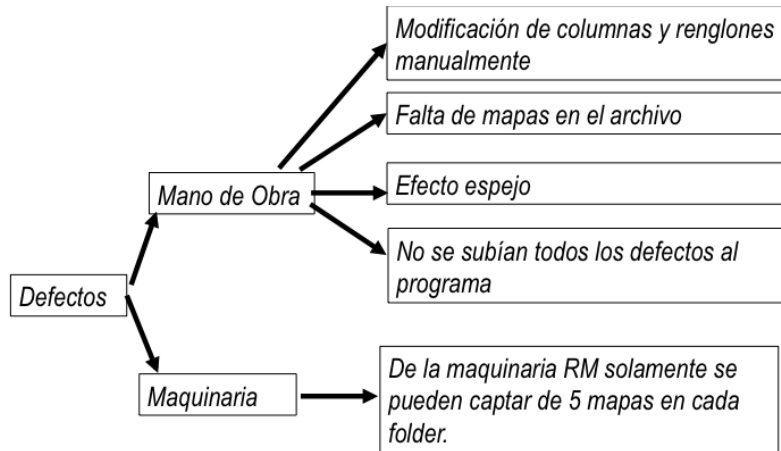
El FMEA es una aproximación estructurada para:

- Identificar las formas en las que el proceso puede fallar para cumplir con los requerimientos críticos del cliente.
- Estimar el riesgo de las causas específicas de esas fallas.
- Evaluar el plan de control actual para prevenir que ocurran fallas.
- Priorizar las acciones que tiene que llevarse a cabo para solucionar algún problema en el proceso

Los Beneficios son Documentar y darle seguimiento a las acciones que se están llevando a cabo para reducir un riesgo.

- Identificar los pasos que generan y los que no generan valor.
- Identificar la variación del proceso causada por el personal o su entrenamiento.
- Mejorar la calidad y confianza de productos y servicios
- Reducir el tiempo y costo de desarrollo del producto.

Figura 17. Defectos más comunes.



Fuente : Propia.

Figura 18. Análisis de fallas que constantemente afectan a la línea.

Parte#	Modo del defecto	Foto	Kinsus/DMT Causa Raiz	Kinsus/DMT Acción Correctiva/Preventiva
S11-676 (SKY65708) S11-782 (SKY65706)	Efecto Espejo		1. Seleccionaron la orientación incorrecta, (operación Manual)	1. Se implementa &Activa un sistema de auto conversión para la orientación de cada tira en la generación de mapas, lo cual se elimina el proceso manual.
S11-969 (SKY77572)	Falta de mapas de Tiras en el archivo	lot#48, falta el mapa de la tira #S11-9690004806712 	1. Mapas de lotes parciales no se combina con el mapa ya existente lo cual genera una discrepancia de mapas.	1. Corto Plazo: eliminar lotes parciales y ser enviados en dos partes al cliente.
S11-981	Falta de mapas de tiras en el archivo			2. Largo Plazo: Hacer una carga automática del mapa de lotes parciales para que sean reemplazados, y al mismo tiempo dar aviso de este evento por correo.
S11-969 (SKY77572)	Discrepancias de mapa Vs defectos en el tira .	Físico x-out = 6 unidades Mapa - 5 unidades solamente 	1. Si se detecta un defecto en el lado del Proveedor este es pre-marcado , pero no fue incluida en el mapa.	1. Máquina sortadora (RM) compara e identifica los defectos (x Outs) y genera un nuevo mapa de cada tira juntando los defectos del proveedor mas los detectados en el proceso de inspección en DMT. Se hace una verificación de cantidades y si no concuerdan una alarma es activada.
TW71-D175-003K, S11-981	Discrepancia de mapa Vs defectos marcados en la tira (xouts)			
S11-969 (SKY77572)	Falta de mapa en el servidor FTP		Carga manual de mapas	Sistema de carga automática en el servidor.
S11-969 (SKY77572)	Error en columnas y renglones	el diseño es de 32 C X 8 R units pero por error se manejo de 48C X 17R 	Fue una modificación manual por el operador.	Se hace una implementación automática que compara el diseño original con el que está en la máquina, y activa una alarma si no son iguales.

## 2.5 Modo de inspección Automática (IOA).

En el caso de la inspección del PCB, una cámara automática escanea el dispositivo bajo prueba de ciertos defectos como rayones, manchas, circuitos abiertos, corto circuitos, adelgazamiento de la soldadura, partes faltantes, componentes incorrectos y componentes mal colocados a la iluminación pre-procesa la imagen para ampliar las cualidades que se necesita inspeccionar y suprime el ruido. Avances en la iluminación han mejorado la capacidad de los sistemas de visión, en parte reduciendo la computación requerida por la visión computarizada. En esencia, significa que la combinación de iluminación idealmente mejorará la calidad de la imagen para mejorar la eficiencia del proceso de decisiones del sistema IOA. La mayoría de los sistemas IOA tendrán combinaciones de iluminación predefinidas, dependiendo del modo de operación y el tipo de producto que se inspecciona, estas combinaciones no requerirán interacciones con el usuario y el sistema de softwares/algoritmos manipulará y elegirá la mejor imagen para el análisis. Sin embargo, un poco de personalización es usualmente requerida donde los componentes en una PCB que bloquea el rango visual de un sistema de luz/cámara hacia el componente objetivo o el depósito de soldadura por ejemplo.

Figura 19. Metodología de lectura 2D barcode en la



Fuente : DMT de México 2016.

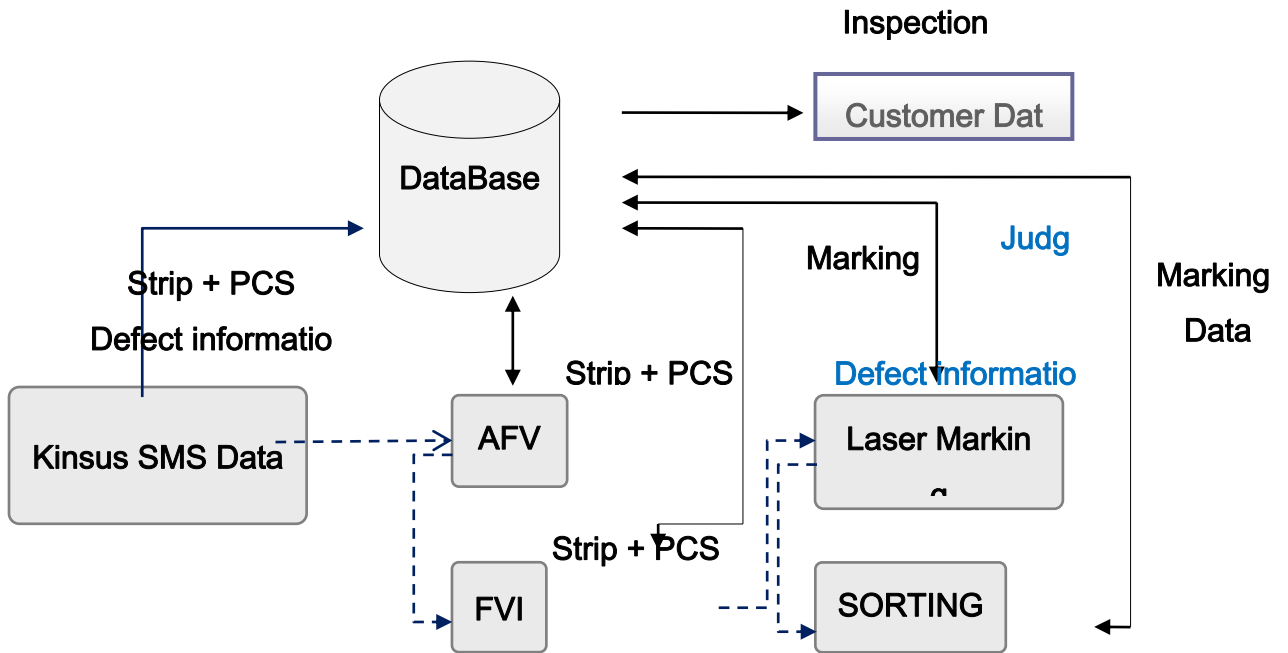


Figura 20. Retroalimentación automática de la base de datos con las lecturas realizadas en la tira física donde se actualiza la información si así lo requiere ( indeautor).

## **Capítulo III**

### **Métodos y Materiales**

#### **3.1 Definir la información que contendrá cada código en el material.**

Los códigos de barras 2D, se diferencian de los tradicionales debido a su manejo de una dimensión, la codificación de los datos en alto y largo, abarcando así las dos dimensiones. Y en este tipo de códigos de barras la información almacenada en la cual se observa un artículo en concreto, también puede ofrecer números de teléfono, fotos, coordenadas geográficas, texto, etc. Siendo una especie de enlace (entendido como link), impreso en un papel.

Los códigos de dos dimensiones, también conocidos como códigos bidi (bidimensionales), pueden contener una gran cantidad de datos en un espacio muy reducido, leídos fácilmente y a una gran velocidad, sin necesidad de ir a retroalimentarse a una base de datos donde se encuentra la información relacionada, como sucede con los códigos de barras de una dimensión.

Dentro de los códigos 2D existen diferentes tipos de códigos, sin dejar de ser bidimensionales, cuentan con otras particularidades. Entre ellos encontramos los códigos QR (los más populares), los códigos datamatrix (estándar Internacional ISO, más utilizado en Estados Unidos) y, aunque menos conocidos y expandidos, los códigos ShotCode, que tienen una forma circular.

Y no sólo los teléfonos móviles son capaces de descifrar los códigos QR, sino que hay muchos scanner o lectores de códigos de barras ya capacitados para leer este tipo de código 2D.

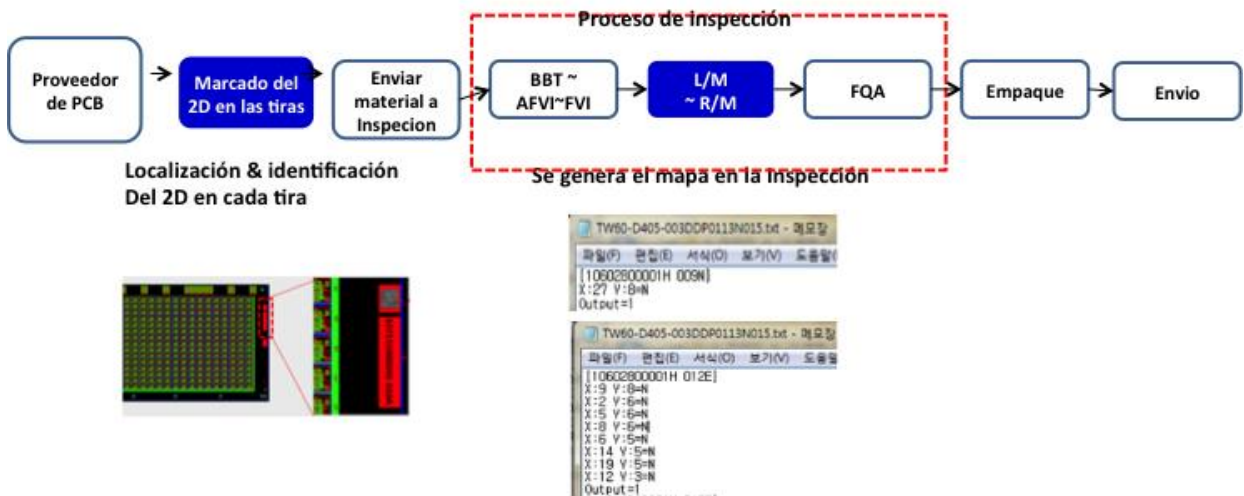
### 3.2 Modos de operación.

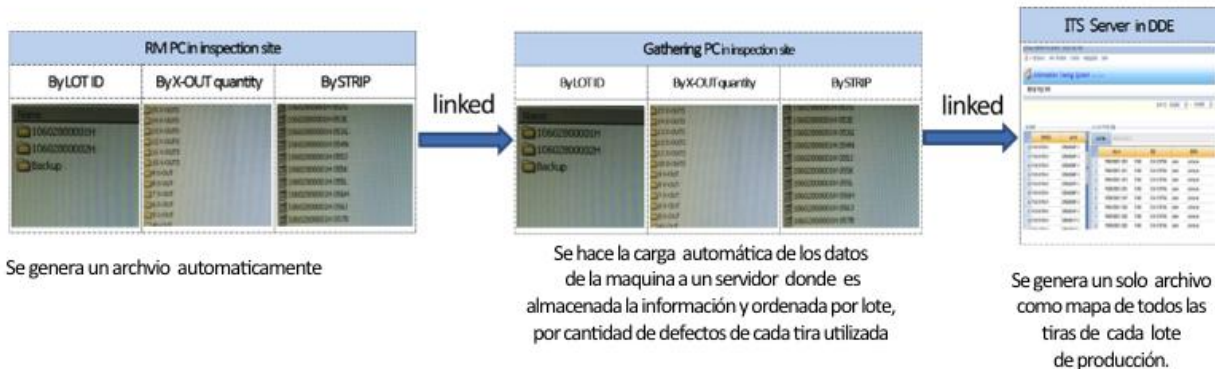
1. Traceabilidad de la información, ITS Comunica mediante el código 2D el número de Lote, panel y tira que lo hace único e irrepetible.

2. Menores errores humanos, esto se logra ya que es una forma automática mediante la lectura del 2D y no una asignación manual.

En el proceso de mapeado (mapping), se busca que desde el proveedor se generen las pruebas eléctricas y con el 2D, que inicialmente fue considerado que le realizaría MexDMT, pero al observar que se requería y junto con los costos para llevarlo a cabo se optó porque el proveedor lo realizara. Quedando el marcado de tiras con un código 2D por el proveedor de PCB, que al entregar el material a inspección evitaría posibles defectos desde origen y tener un control con mayor confianza y dedicarse solo a inspección y a verificación de fallas y seguimiento al 100%, tal como se muestra en la figura 21 donde cada tira tendrá un código 2D individual que permitirá que ese sea único por tira, para una mejor identificación y la traceabilidad de la misma.

Figura 21: Se genera un mapa por lote con todas sus tiras individuales y esta listo para ser utilizado



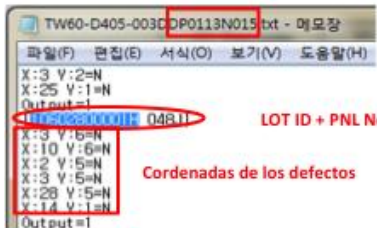


Fuente: fotografías en planta DMT 2017.

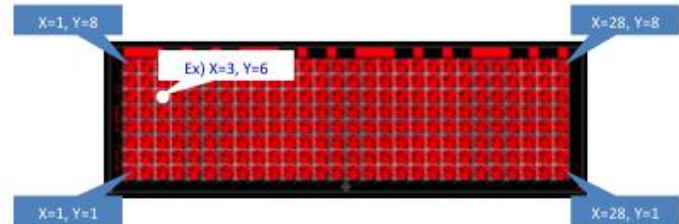
En el área de RM donde la falta de seguimiento constante debido a las complicaciones que genera la misma máquina al requerir una altura determinada para operarla, falta de iluminación entre otras variantes, por lo que al omitirlas en su lote original se quedaban en el deposito de tiras pudiendo alterar los lotes de la siguiente corrido en piso, tanto la inmediata como de cualquier otro día por la afinidad de el color de tira con el deposito, al finalizar su conteo y selección del mismo en la máquina antes mencionada permitía que se dejaran tiras en el deposito al no apreciar que se quedaron del lote anterior dejando una problemática si se corrieron más de un lote diferente.

Una vez que se carga el material en la máquina se empieza a realizar la separación por la cantidades defectos en cada tira pero a la par se realiza el mapa independiente de cada una de ellas que es asignado basado en el código 2D, donde dicho archivo que tienen toda la información de todos las tiras que serán envidas a cliente es cargado al servidor de la empresa en la cual será utilizada para el proveedor y cliente así mismo actualizando los archivos realizados anteriormente en ese lote de tiras, la figura 22. Muestra las reglas con las que se genera un mapa por lote y de cada una de las tiras que lo conforman.

Figura 22: ITS Reglas de cada archivo generado, teniendo un número de lote cada mapa al manejar el nombre del archivo.



[Archivo]

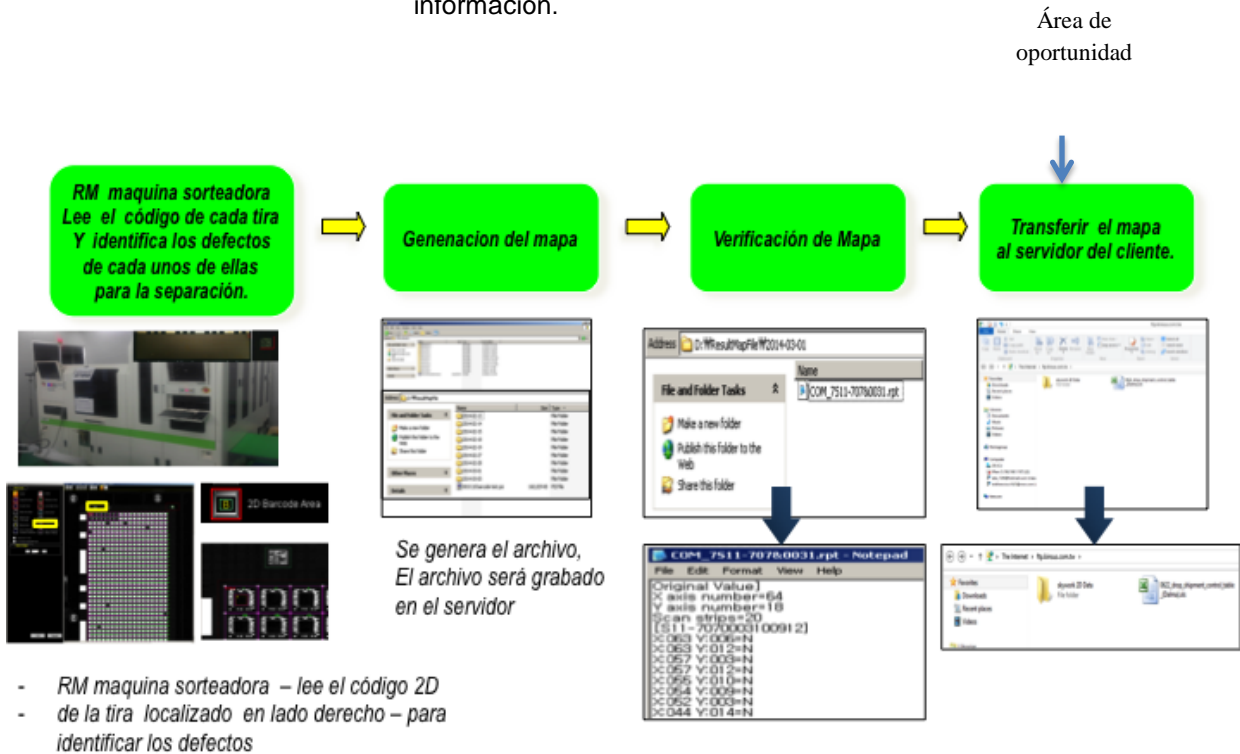


[coordendas en la tira ]

Fuente: fotografías en planta DMT 2017.

Una vez de que cada lote es inspeccionado, por la máquina de inspección las tiras son agrupada por su cantidad de defectos que se le detectaron a cada una. Asignado un mapa basado en su código 2D, con esto al leer el código de cada tira con el lector laser, se sabe en donde están cada uno de los defectos. Figura 23 muestra el proceso de generación de mapa el cual es el mismo que se envía en forma electrónica la cliente y es utilizado en el piso de producción.

Figura 23: se genera el mapa para transferir al servidor del cliente dicha información.



Fuente: fotografías en planta DMT 2017.

Figura 24. Muestra el flujo de cómo se es trasfiere la información de los mapas generados de cada lote que permitirán que al leer el código 2D de cada tira sean bajados del servidor, permitiendo así que estén disponibles para una mejor identificación.

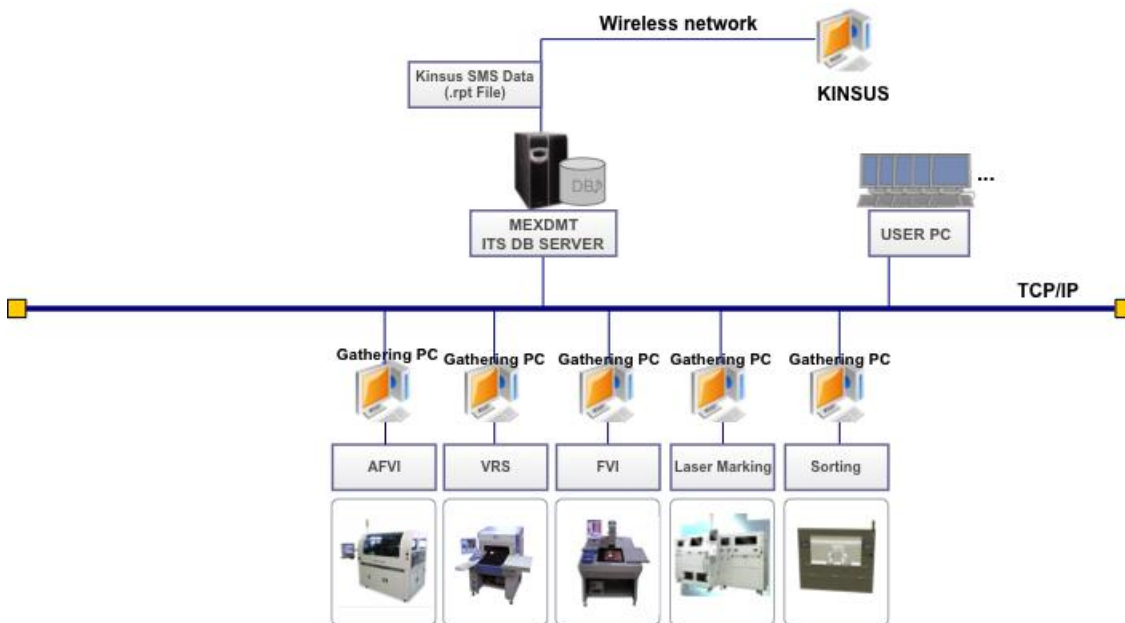
Figura 24: Flujo del Interface de sistema tecnológico ITS del proceso DMT

Desarrollo del Proceso	IMAGEN	CONTENIDO	REMARCA DO
Kinsus SMS DATO		•AOI/ET all previous 2D map data (SMS Data)	
SMS DATOS Gathering		•SMS Data copy to gathering PCB folder •SMS Data automatic same in gathering -> DB save	
Creacion de datos		•All previous 2D map data (AOI + E-Tester)	Opcion
AFVI		•VERIFICAR LA TIRA ID(2D) + INFORMACION DE DEFECTO( To Server) •INFORMACION DE DEFECTO(: STRIP + defect Unit + defect name	
Creacion de datos		•All previous 2D map data (AOI + E-Tester + AFVI)	Opcion
AFVI		•VERIFICAR LA TIRA ID(2D) + INFORMACION DE DEFECTO( To Server) •INFORMACION DE DEFECTO(: STRIP + defect Unit + defect name	
MARCADO LASE		•VERIFICAR LA TIRA ID(2D) + INFORMACION DE DEFECTO( To Server) -> X-OUT MARKING(LASER)	Opcion
SORTING		•VERIFICAR LA TIRA ID(2D) + INFORMACION DE DEFECTO(To Server) -> SORTEADORA	
Crece proveedor archivo		•CREAR AL CLIENTE MAPA FINAL DE •2D map file / by lot	
SALIDA DEL PRODUCTO			

Fuente: Proceso de flujo en planta DMT 2017.

### 3.3 Diagramas (Antes y Después).

Figura 25: distribución de información en la lista procesos

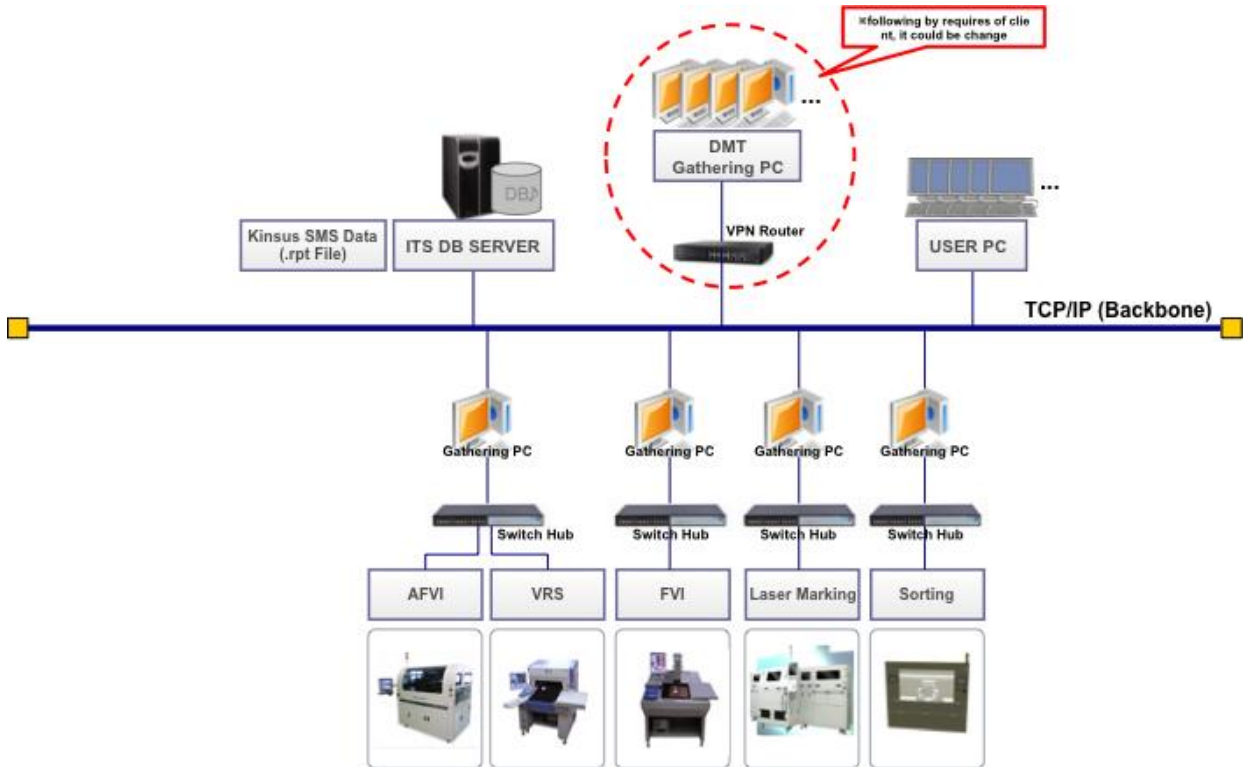


Fuente: Indeautor

Inicialmente se tenía este esquema en la planta que en es el mismo en cada una de las empresas donde inspeccionan de la misma manera en todo el proceso tal como se muestra en la figura 25, pero por problemas que se le atribuyeron al personal de la empresa DMT de México se tuvo que requerir un sistema a prueba de fallas humanas por lo menos que sea más robusto para permitirlo.

Con información de el proveedor entregando en archivo con fallas y ubicaciones en los PCB de cada uno de ellos, la empresa de inspección tiene como objetivo verificarlo y de encontrar más fallas se registrara en el programa, pero debido a material revuelto así como falta de producto bien identificado que en piso se encontraron y se añadieron defectos en la entrega del producto al cliente, siendo la empresa de inspección un intermediario donde asegura el 100 % de efectividad en reconocimiento de productos no adecuados para su uso.

Figura 26: Después de la aplicación del sistema de 2D (Indeautor).



Fuente: indeautor

Con la aplicación de 2D en el proceso mostrado en la figura 26, se anulaban los 7 tipos de fallas que eran recurrentes, y las cuales provenían de la mano de obra y falta de traciabilidad, permitiendo no solo el tener informado al cliente primario de las correcciones realizadas al momento si no también se unificaron dos procesos AFVI y VRS debido a la modificación de datos en el mismo servidor, en el cual se tiene en todo el proceso de las piezas actualizándose y teniendo información de ello disponible y con traciabilidad al momento de su estatus dentro de la empresa la cual sería entregada dicha información al cliente final en caso de ser necesario tendría manera de localizarla y teniendo la información de la cantidad de defectos que contiene ella.

### 3.4 Resultados de experimentación 2D barcode orientado al marcador laser y prueba de tira.

Resultados de la Evaluación de la auditoria IB TECH ITS.

Evaluación : Mex DMT

- Tamaño de muestra : 2 Lotes.
- Puntos a verificar: inspección visual y detección del 2D comparándolo con el archivo y la información actual.

#### Resultados

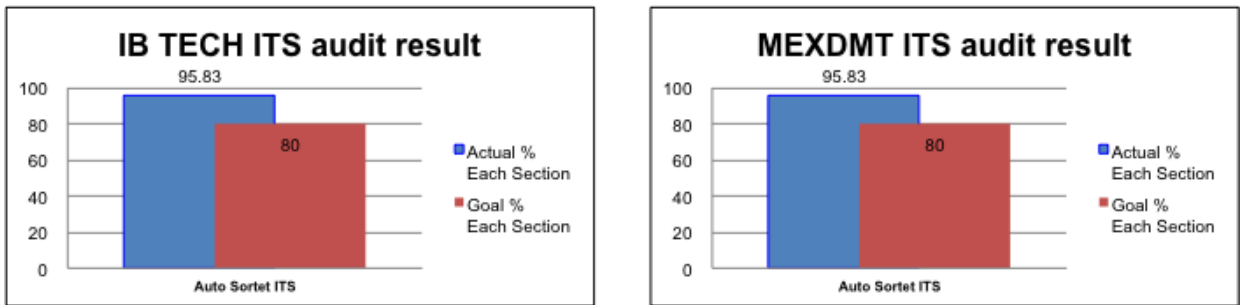
Ninguna falla fue encontrada, el lote es enviado al cliente para su verificación y no se presento ningún problema en la línea de producción, los resultados de la validación fueron positivos los cuales se muestran en la figura en la figura 27 donde se hace la comparación de los lotes utilizados.

Figura 27: Comparación de muestras para constar que se requiere menor inspección al validar el proceso de inspección.

Model	2D Barcode Strip No	2D Barcode Reconocimiento	Mapa de la tira	Datos del archivo del mapa	ITS manejando el archivo	ITS Map File para ser usado Por el cliente	Resultados
TW60-D405-003D	10602800001009N						OK
	10602800001012E						OK

Fuente : Planta DMT de México 2017.

Figura 28: Auditoria del ITS. Se verificaron 8 puntos tanto en IB TECH & MEX DMT dando buenos resultados en el manejo de las tiras y el 2D Barcode.

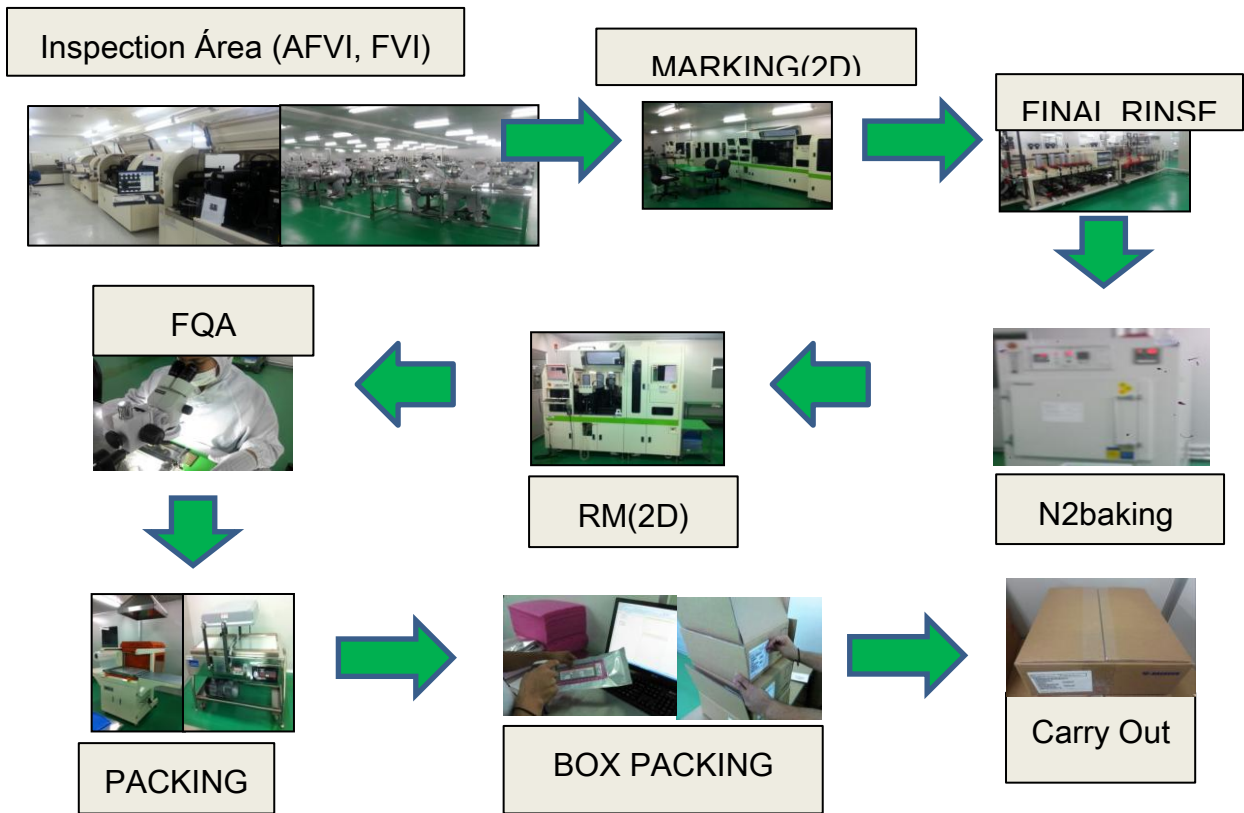


Fuente: DMT de México obtuvo los resultados en el manejo de las tiras y el 2D Barcode.

### 3.4.1 Metodología de Lectura 2D barcode en la tira.

En la figura 29 se muestra el proceso que es seguido para poder asegurar que cada tira se le sea asignado un mapa y este sea único para poder ser utilizado para la marcación de defectos, debido inicialmente con la inspección del material donde se identifican las piezas buenas y las que serán defectos, se hace la marcación del código 2D y se asegura el seguimiento de la asignación de los mapas para cada tira.

Figura 29: Proceso implementado 2D.



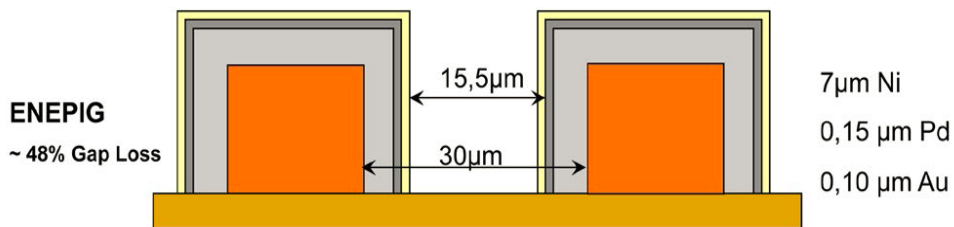
Fuente: fotografías en planta DMT 2017.

### 3.5 El PCB Actualmente se encuentra constituido actualmente por Estructura ENEPING Ni (níquel), Pd (paladio) Au (pro).

Respecto a los tableros PCB , también está relacionado su capacidad y el tamaño en cuanto al espacio que se ocupa, tomando en cuenta las características de espesor de cada capa de material usado, estos nos da como resultado un impacto directo en la utilización de espacio en el circuito a ensamblar, debido que al no ocupar o no tener más material relacionado a espesores de cada material utilizado en la fabricación de tableros, esto hace que los espacios sean un punto importante en la etapa de diseño de los tableros PCB .

La Figura: 30, muestra un ejemplo de lo que significa espacios en las capas de los tableros PCB , al momento de tener un material con mayor espesor, esto es al tener más metales en las superficies que están relacionados con espesores hace que tengas menos espacio disponible para diseño,.

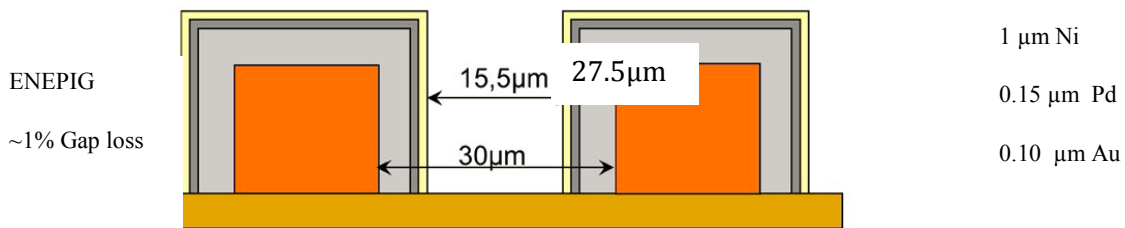
Figura: 30 : Mostrando un espesor de níquel de 7 micrones en un tablero PCB Información investigación obtenida del 2016, ENEPIG.Reducción de Espesor de Níquel de PCB compuesta NiPdAu. (ThinNiPdAu



Fuente :Tesis Pedro A. Escárcega 2019.

Que efecto tendría la reducción de espesor del níquel relacionado a espacio en el tablero, ejemplo en la Figura 31, tenemos un valor de 1 micrón, en la capa de espesor del metal de níquel, nos dará más espacio en el diseño del material que permita que se pueda agregarle más elementos y eso dé como resultado hacer más delgados los tableros.

Figura 31 : Mostrando un espesor de níquel de 1 micron en un tablero PCB enepig reducción de espesor de níquel de PCB compuesta NiPdAu. (ThinNiPdAu).

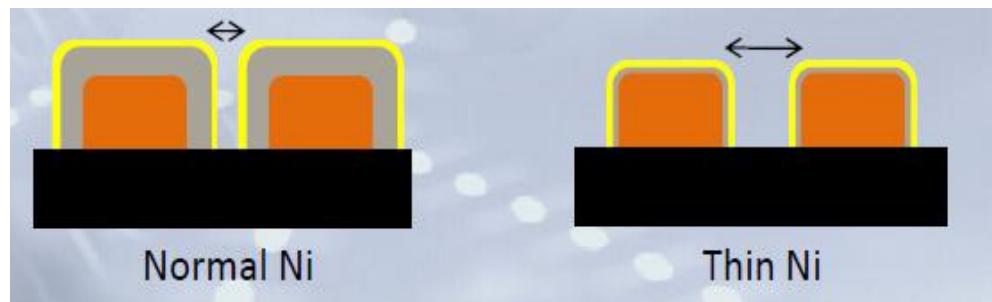


Fuente: Tesis Pedro A. Escárcega 2019.

Con la continua demanda de sistemas electrónicos y subsistemas con más funcionalidades, mayor rendimiento, a un menor tamaño al menor costo, el sistema en paquete de módulos (SIP System in Packages), han crecido rápidamente en los últimos años como una solución alternativa al sistema en chip (SoC: System on chips).

Como plataforma de tecnología los SIP permiten un alto grado de flexibilidad en la arquitectura paquete, particularmente para aplicaciones de radio frecuencia (RF). Al combinar ambas RF-SIP son una tecnología que su enfoque y uso principal es la comunicación inalámbrica y acceso a los datos, lo que permite la integración de los circuitos integrados digitales (CI), Al reducir el espesor de la capa de níquel se puede pensar a la par que podemos dar más áreas disponible en la etapa de diseño en el mismo espacio tal como se muestra en la figura 32.

Figura 32: a) Estructura tablero PCB ENEPIG , b) Estructura tablero PCB



Fuente: Tesis Pedro A. Escárcega 2019.

El espesor de la capa níquel en los tableros, llevando también a la reducción del espesor total del tablero, ya que siempre se observa que la siguiente generación de tecnología exigirá indudablemente tableros más delgados para reducir el espesor final del producto nuevo, se muestra la tendencia en la reducción de tamaño en la tecnología actualmente buscando la comodidad ante artículos como la usada en los teléfono inteligentes (Smartphone), como han cambiado de dimensiones desde el primer teléfono manejado como Inteligente por IBM

(International Business Machines ), llamado Simón donde su espesor era de 40 mm, donde hoy en día el espesor de los teléfonos se ha reducido en un factor de 6X (600% de reducción = 6 veces de su tamaño inicial), donde hoy en día existen teléfonos entre los 7 mm , para poder lograr esto un punto importante es la reducción de espesor de los tableros PCB que se convierte en la necesidad principal. Por ello en la competencia en costos se busca que sean utilizados material o materiales alternos con menor espesor o que ocupen menos espacio (Figura 32).

### **3.5.1 Proceso Electrolítico (Electroless).**

Es el proceso químico que promueve la unión sostenida de un metal sobre otro en este caso, para el tablero PCB que se usa empieza con un base de cobre, que mediante una reacción química sin la aplicación de un potencial eléctrico externo, permiten que exista una liberación de electrones que inmediatamente reducen los iones metálicos cargados positivamente, que hace que se haga la deposición en el tablero PCB para efectos de la investigación es en la capa Ni (níquel), pero este mismo proceso es usado para la capa de Pd (paladio), ya que el tablero PCB es tecnología superficies ENEPIG Ni (níquel) / Pd (paladio) /Au (oro), que es la superficie utilizada, este tipo de reacción se describe como auto catalítica, la parte crítica es que al ya estar cubierta toda la superficie por el metal que se quiere adherir, el proceso de deposición continuara y seguirá aumentando la presencia de iones hasta ser retirado del químico, todo depende de ciertos factores críticos: temperatura del baño en donde se encuentra el químico, la solución de PH (Medida de acidez o alcalinidad de una disolución), y el espesor del material es normalmente controlado por el tiempo en el tanque del químico.

### 3.5.2 Proceso Inmersión.

Este proceso químico utiliza una reacción de desplazamiento químico para depositar una capa de un metal sobre una superficie de metal base. En esta reacción el metal de base (cobre), da la liberación de los electrones que reducen la carga de los iones positivos de la segunda capa de metal (níquel), presente en solución.

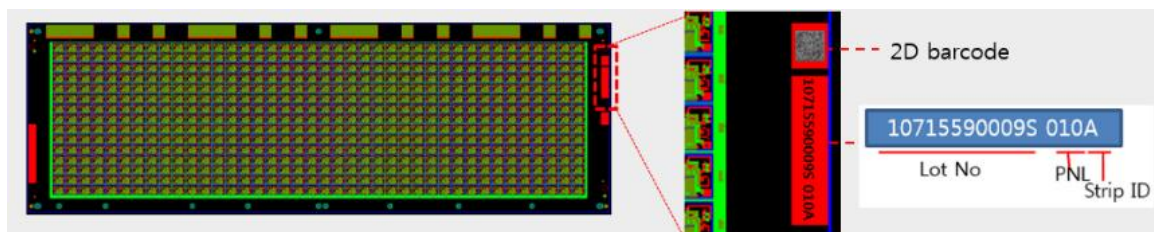
Impulsado por la diferencia de potencial electroquímico, los iones metálicos presentes en la solución (por ejemplo, iones de oro en proceso ENEPIG se depositan sobre la superficie del tablero PCB, desplazando al mismo tiempo iones de la superficie de metal en la solución.

Este tipo de reacción se describe como "auto-limitante", porque una vez que el metal de base se cubre con una capa continua del material que se encuentra depositado, ya no existe una fuente de electrones y la reacción cesa.

### 3.5.3 Sistema de Rastreo

Pueda ser implementado en los PCB y el equipo necesario para la utilización del mismo en el proceso de inspección junto con la identificación de lo que se almacena como información y de tal forma la empresa pueda obtener los beneficios de una mejor trazabilidad o identificación del material.

Figura 33: nos muestra el código 2D en la superficie del PCB



Fuente : Empresa DMT de México.

# Capítulo IV

## Resultados y discusiones.

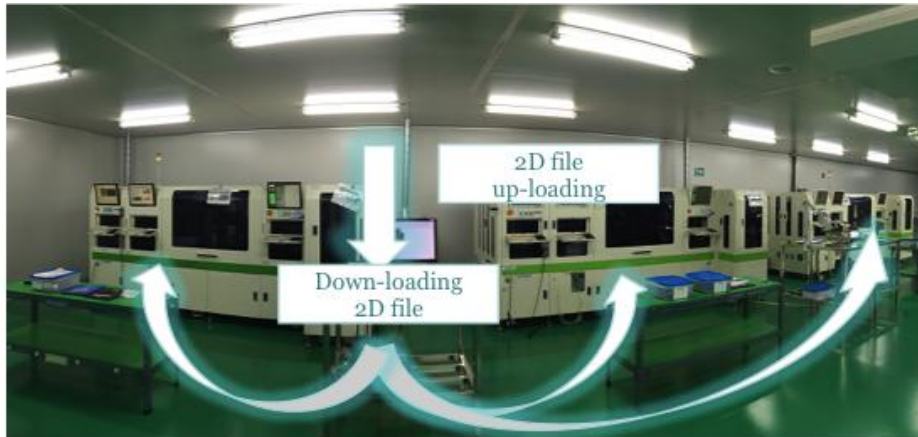
### 4.1 Resultados de experimentación que se ha realizado

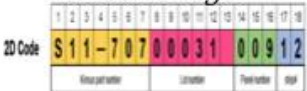


#### 4.1.1 Pruebas piloto realizadas

Para la realización de las pruebas piloto en la implementación del código 2D en las tiras de los PCB se llevó a cabo en la empresa DMT

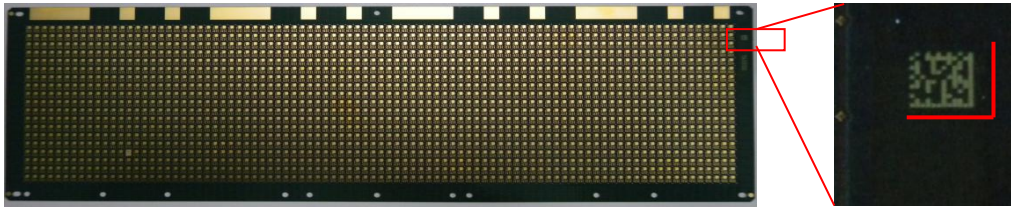
Figura 34: Imagen de piso de la empresa DMT representando el proceso de información. Y el contenido del PCB que se registra en cada máquina.

A)



<p>► <i>2D code Digit</i></p> 	<p>► <i>Laser marking po</i></p> 	<p>► <i>2D map contents</i></p> 
<p>Same as current process</p>	<p>X1,Y1 start points verified</p>	<p>Same as current process</p>

B)



0.55 mm

Pcb lot#

Panel#

Maps File	K	T	W	5	8	-	D	9	1	7	-	0	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Skyworks part number													Kinsus part#			Lot#											
2D code	S	1	1	-	1	5	3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Kinsus part number							Lot#							Panel#			Strip#										

[Original Value]  
 X axis number =90  
 Y Axis number =19  
 Scan strips=91  
**[S11-153000301901]**  
 X:28 Y:07=N  
 X:22 Y:03=N

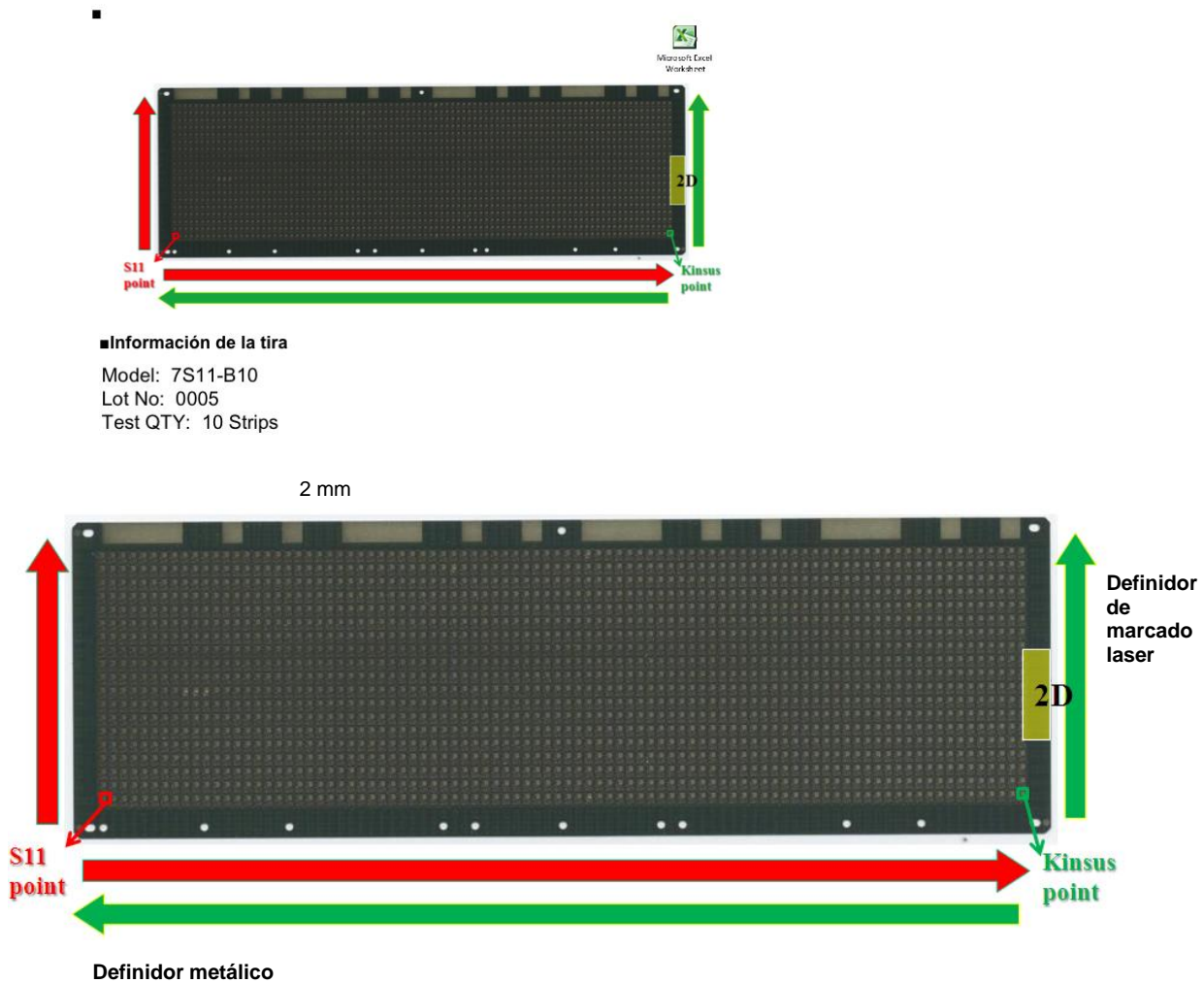
Fuente : Fotografía realizada en empresa DMT de México.

En la figura 34-A, muestra las máquinas ya en el piso de producción donde las tiras son marcadas con el código 2D y es generando un mapa por cada uno de las tiras haciéndolas únicas para su identificación el proceso que nos permitirá que por medio de la lectura del código impreso en cada tira se podrá verificar la información de cada uno de ellas, y esa misma información es guardada en un solo archivo que es utilizado también por el cliente al momento de poner el material en su piso de producción.

Cada código contara internamente con la información de lote, numero de tira y cantidad de defectos indicando las coordenadas en ' x ' y en ' y ' de cada una de las tiras, y eso nos permite hacer la verificación tanto física como el archivo que se genera para poder que se ejecutó correctamente.

En cada una de las tiras se aprecia al lado derecho el marcado del código 2d que fue hecho con láser se encuentra marcado dicha tira dándole la individualidad del producto, como se aprecia en la figura 34 del inciso B). La numeración del lote, el número de registro del PCB y puntos de inicio.

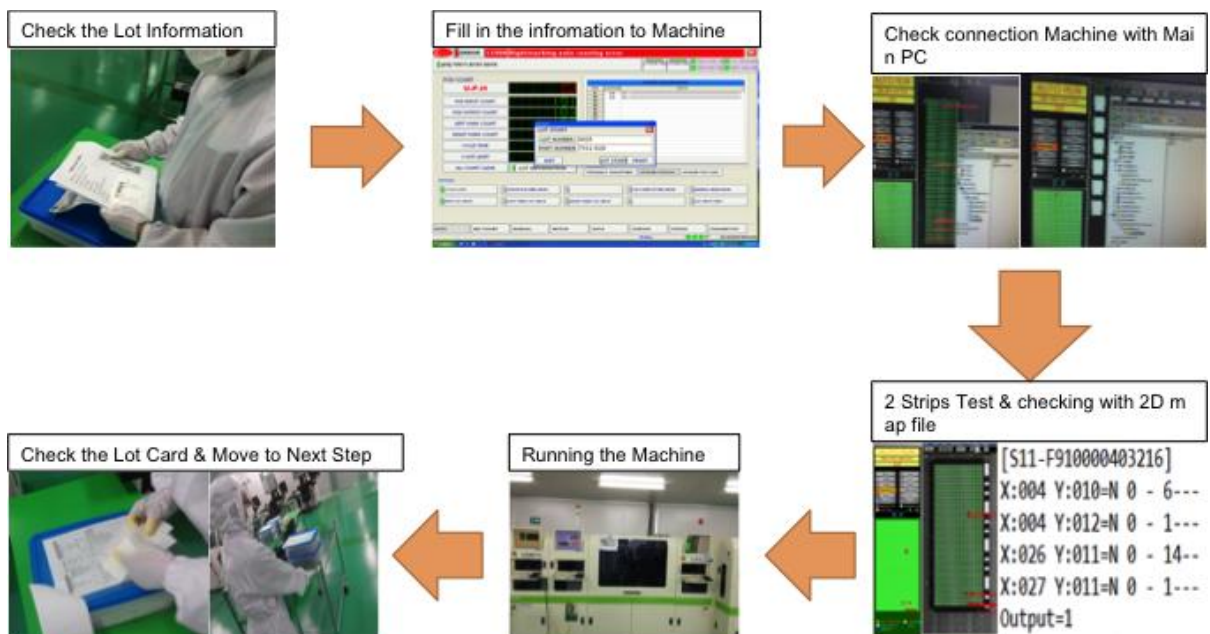
Figura 35: Variaciones de tiras de diferente tamaño en base a los renglones y columnas del pcb, mapa electrónico.



Fuente . DMT de México

En la figura 35, se puede apreciar ms a detalle los puntos iniciales del programa que se tomas como referencia para ejecutar y numerar los defectos en la tira de PCB donde esta seccionada por renglones y columnas, donde se encontró uno de las primeras observaciones en piso como punto de mejora ya que el proveedor de PCB tomaba un punto de inicio diferente al de DMT en la tira , siendo positivo esta retroalimentación ya que no se había detectado hasta ahora pero si riesgo una mala orientación e identificación de los defectos la misma tira.

Figura 36: Proceso de ejecución de información en piso .

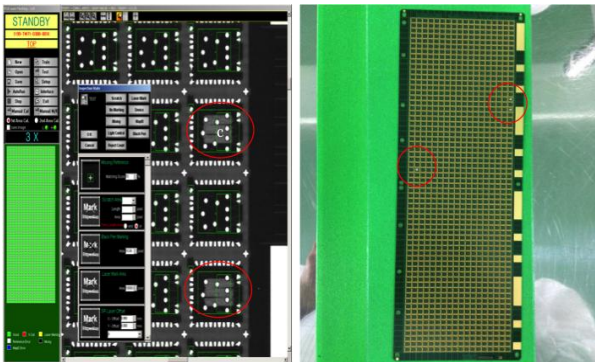


Fuente . DMT de México

En la figura 36, observamos como fluye la información en el piso por parte del personal .

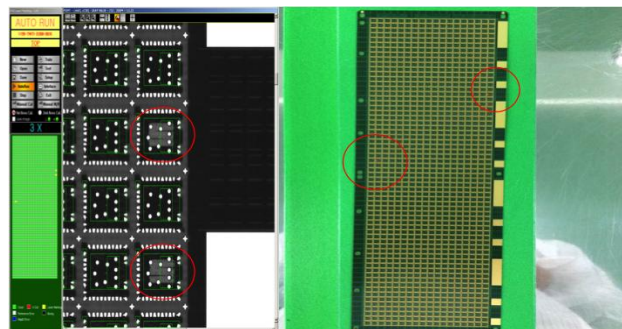
1. se recibe la información y se valida que sea en base al lote correcto.
2. Se introduce a la máquina dicha información como tipo de lote cantidad de piezas proveedor donde la máquina requiere la información para tomar lecturas y hacer la comparación visual.
3. Para validarla con la maquina la cantidad de defectos en la inspección visual de la máquina .
4. Se lleva a la máquina sorteadora para separar por paquetes la cantidad de hallazgos de cada uno desde 0 defectos a 1,2,3 etc. No más de 20 por tira o se considera no apto para envío al cliente.

Figura 37: sistema 2D con marcado láser.



Fuente . DMT de México, ubicación de defecto en tira por el marcado laser.

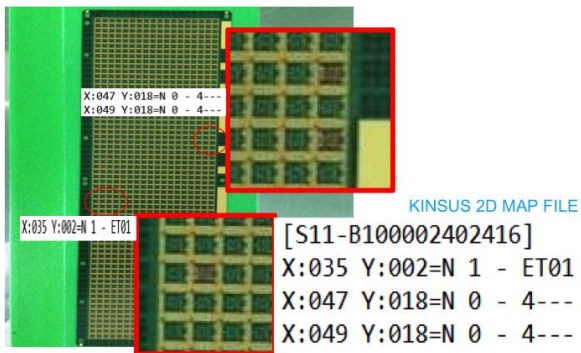
Figura 38: KINSUS 2D AOI localización primera prueba.



Fuente . DMT de México (Tomadas por el Doctorante). (AOI defectos visuales aparecen en la parte superior de la tira).

En la Figura 37 y 38 se aprecia visiblemente cuando el marcado laser inhabilita la parte dañada evitando que se usa en cualquier proceso dejando a su paso un color negro visible al ojo humano y a la lectura de la máquina abilitada con cámara para su lectura y de la misma forma ser utilizado para el mapa de los defectos y asignarlo al código 2D de cada tira..

Figura 39: Máquina detecta el marcado (marking machine detected KINSUS AOI). la localización usando 2D map file automáticamente, después se realiza el marcado laser en la tira.



Fuente . DMT de México (Tomadas por el Doctorante).

En la figura 39 se aprecia como el programa verifica las coordenadas que se tiene en el programa para verificar ese defecto en la tira y de no ser localizada el defecto se modifica en ese instante el proceso en el programa grabándolo en el sistema refrescando y actualizando la base de datos con las nuevas coordenadas de productos no utilizables.

Figura 40: Marcado laser comparado con 2D barcode from KINSUS prueba iniciales. Por parte de DMT.

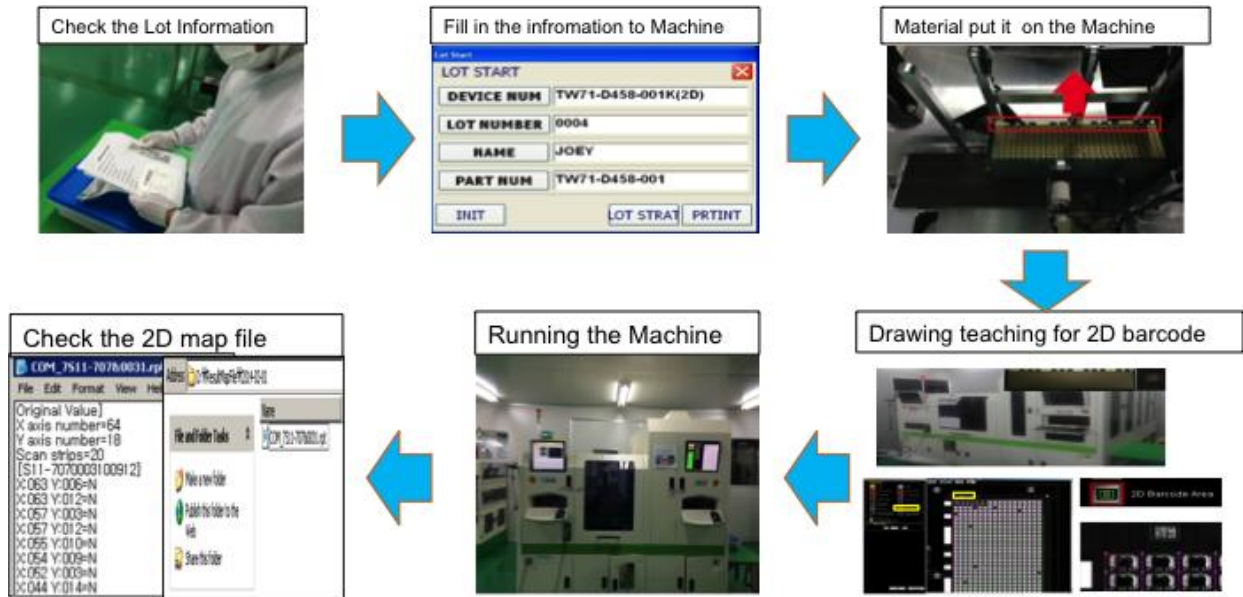
LOT NO	STRIP ID	TOP SIDE IMAGE	2D MAP IMAGE	RESULTS	LOT NO	STRIP ID	TOP SIDE IMAGE	2D MAP IMAGE	RESULTS
#0004	S11-F910000408109		[S11-F910000403109] X:012 Y:009-N 0 - 6--- X:021 Y:004-N 1 - E701 X:033 Y:015-N 0 - 6--- Output=1	OK	#0004	S11-F910000408216		[S11-F910000403216] X:004 Y:010-N 0 - 6--- X:004 Y:012-N 0 - 1--- X:026 Y:011-N 0 - 14--- X:027 Y:011-N 0 - 1--- Output=1	OK
#0004	S11-F910000402716		[S11-F910000402716] X:004 Y:009-N 0 - 9--- X:004 Y:011-N 0 - 5--- Output=1	OK	#0004	S11-F910000402418		[S11-F910000402416] X:003 Y:013-N 0 - 14--- X:003 Y:014-N 0 - 4--- X:005 Y:012-N 0 - 4--- X:020 Y:009-N 0 - 4--- Output=1	OK
#0004	S11-F910000402803		[S11-F910000402803] X:015 Y:006-N 0 - 9--- X:039 Y:006-N 0 - 9---	OK	#0004	S11-F910000408116		[S11-F910000403116] X:006 Y:010-N 0 - 1--- X:007 Y:011-N 0 - 1--- X:023 Y:015-N 0 - 24--- X:032 Y:005-N 0 - 4--- Output=1	OK
#0004	S11-F910000402704		[S11-F910000402704] X:010 Y:010-N 1 - E701 X:015 Y:001-N 0 - 6--- X:020 Y:003-N 0 - 6---	OK	#0004	S11-F910000402802		[S11-F910000402802] X:002 Y:003-N 0 - 6--- Output=1	OK
#0004	S11-F910000408214		[S11-F910000403214] X:004 Y:004-N 0 - 4--- X:029 Y:014-N 0 - 24---	OK	#0004	S11-F910000408111		[S11-F910000403111] X:001 Y:010-N 0 - 17-- X:022 Y:004-N 1 - E701 X:024 Y:015-N 1 - E701 Output=1	OK

Fuente Reporte realizado en piso .

En la figura 40 se puede apreciar como el proveedor de PCB maneja información de sus Xout en la tira de PCB , en contraste con los identificados en la planta DMT al utilizar el lector laser y verificación de los defectos en 2D. Siendo la primera prueba formal realizada por ambas partes cliente proveedor en donde se verifica que fueron identificados correctamente .

El proveedor de PCB KINSUS manda 10 tiras identificando los defectos por medio de marcado laser y proporcionado un mapa dando las coordenadas de la localización de los mismos.

Figura 41: Proceso de 2d código de barra rm(auto-sorting). en el proceso rm, marcado 2d barcode y confirmación final qty.



Fuente: KINSUS 2D barcode RM orientación de la sorteadora y la prueba de tiras (Sorting Orientation & TEST Strips). (Tomadas por el Doctorante).

En el proceso mostrado en la figura 41, es donde ya están las modificaciones al sistema que ahora la lectura por medio de una cámara de laser de la máquina esta misma hace la comparación sola y avala la información contenido en cada uno y en caso de modificarla se modifica a sistema.

#### 4.1.2 Programa realizado DOE'S

#### 4.1.3 Set Up del proceso (modificaciones en línea, cámara).

Figura 42: MexDMT RM sorteadora utilizando el lector de 2D en la máquina.



Fuente : DMT de México (Tomadas por el Doctorante).

En la Figura 42 , muestra dentro de la máquina que hace el sorteo del material el cómo se desarmo para verificar donde sería prudente colocar la lámparas y cámara y determinar su tamaño de cada una de ellas, y la ubicación probable de donde se colocarían. Para poder dar lectura al código 2D que cada tira tiene, y eso dará como resultado un mapa por tira que es lo que se muestra en la figura 43 que hace la verificación y hace un mapa automáticamente para cada tira identificado cada defecto con una coordenada en XY.. y esta genera un mapa por tira como se muestra en la figura 44.

Figura 43: MexDMT RM sorteadora utilizando el lector de 2D en la máquina.

►RM sorteadora por medio de scanner



►Hacer el mapa automáticamente y se graba en archivo.



- Antes del Escaneo se realiza el alineamiento del código 2D.
- Se usa el mismo escáner de la compañía de la máquina ,

Fuente : DMT de México.

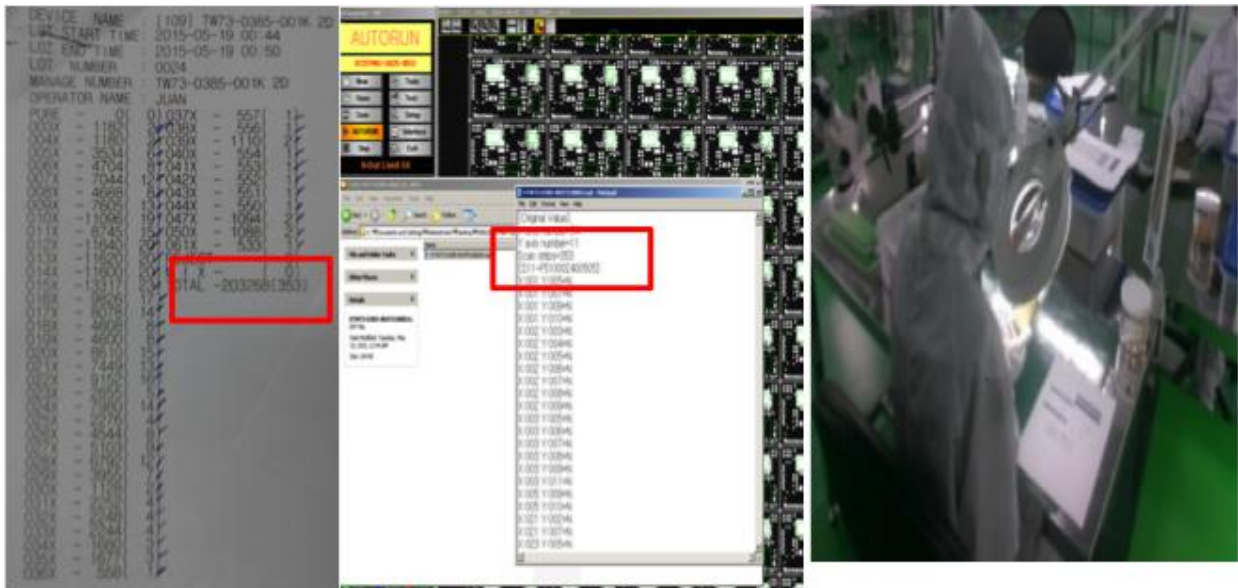
Figura 44: Escaneo e Inspección después de escanear la tira la máquina detecta el código 2D , y con el genera el archivo de la tira.



Fuente . DMT de México (Tomadas por el Doctorante).

Durante el mismo proceso se hace una verificación visual por medio de un operador donde se confirma la posición de los defectos utilizando el archivo del mapa de la tira lo que se muestra en la figura 45 que el material es verificado bajo microscopio haciendo la confirmación de que si son iguales tanto la tira como las coordenadas identificadas en el archivo .

Figura 45: Después de comparar el mapa 2d con el mapa visual de la tira qyt de el reporte de inspección.



Fuente . DMT de México (Tomadas por el Doctorante).

# Capítulo V

## 5. Conclusiones

### 5.1 Conclusiones Generales.

La realización del proyecto de implementación de 2D en los PCB, fue de óptimos resultados para la empresa. Al inicio existía incertidumbre el camino para la implementación por lo cual la confianza tuvo que ganarse involucrándonos en la colaboración de mejoras en el piso, para un mejor manejo del producto. La falta de personal capacitado, con poca o ninguna experiencia en semiconductores, era uno de los factores mas constantes. La capacitación es punto clave antes de entrar a producción, por periodos de 2 semanas a 1 mes dependiendo de la actividad establecida para el sujeto. Al omitir el procedimiento en la inspección o verificación de la acción realizada existía gran riesgo con quejas de cliente siendo ello en cierto punto algo constante.

Buscando alternativas se observo el área de la inspección, Se observo las áreas con mayor oportunidad de quejas de cliente, Se localizaron las fallas mas recurrentes. Encontrando desde relacionados con la máquina y personal, siendo el cansancio de la vista, piernas mayormente encontrado y por seguimiento adecuado del protocolo o el manejo del producto.

Por ello era relevante realizar un análisis del proceso y buscar las posibles fallas analizando por un FMEA , siendo lo primero que se solicito de gerencia. La aplicación de un proceso que impidiera tener perdida de tiras o mezclado etc. Ya que después de un año era una constante.

Buscando la implementación se obtuvo las metas propuestas, iniciando Se realizaron las primeras 10 tiras como ejercicio, hasta la corrida formal de la integración en el proceso, y madurar este mismo, se requirió de todo el personal desde directivos a ingenieros dejar de sobreentender el proceso o protocolo establecido.

Se obtuvieron resultados muy prometedores, así como auditorias por parte de los clientes, que se realizaron logrando las expectativas que se habían planteado. Eliminando cualquier escepticismo que este proceso pudiese causar.

Empresas interesadas en contratar a la planta de inspección con la mínima afectación a sus parámetros se acercaron a esta empresa. Fue utilizado como punto de referencia en las negociaciones, fue el caso específico de IB TECH que personalmente realizó, inspección de calidad y defectos que pudieran ya ser constantes en el empaquetado al mezclarse en piso, se realizó con su personal una auditoría para ratificar la eficiencia de la empresa que cabe mencionar se consideraba en estado inicial y sin experiencia al personal de algunos semanas de ingreso a nivel operadores y administrativos.

Expresando su bienestar de la empresa al garantizar cero defectos de material cruzado. Se logro el objetivo en piso de:

- Reducción o eliminación de mezclado de varios proveedores en un lote con la identificación única de la tira,
- Avances paralelos a ello como la sobre inspección de verificación y logrando un cambio de su proceso o lote con un mejor manejo del producto.
- Mapeo del proceso donde se encontraron errores en el manejo del producto por parte de los operadores que al ser visibles se percataron de su acción verificando esos pasos del proceso con cierto riesgo como era la recolección de tiras de la máquina sorteadora que por falta de luz como la altura de manera no visible en el equipo, permitía constantes perdidas del producto al revolverse , se dejaba material la charola y al trabajar otro lote permitía el mezclado de manera constante, así como el punto de inicio de la tira del proveedor y DMT.

Los pequeños cambios realizados en piso, en los procesos que se localizaron y etiquetados como peligrosos . Debido a que generaban en su proceso queja de cliente, se busco realizar un análisis de las estaciones donde fueron

detectados como problemáticas desde deserción, debido al cansancio de los operadores, por la dificultad de su visión, con soluciones lógicas después de un análisis del proceso desde el punto de vista ergonómico debido a las respuestas que se recibieron de piso después de entrevistar a los trabajadores ya que ello dejaba oportunidad a errores por cansancio del operador generando quejas de cliente.

Si bien la meta de implementar en los PCB información . Y el equipo necesario para la utilización del mismo en el proceso de inspección junto con la identificación de lo que se almacena como información y de tal forma la empresa pueda obtener los beneficios de una mejor trazabilidad o identificación del material todo en orden y bajar las quejas de cliente.

Las modificaciones de las máquinas con el sistema de lector, lograron reducir inmediatamente el proceso y se logró reducir el tiempo de entrega de 3 días a 1 de ser necesario así como el ahorro de personal ya que se inspeccionaba dos veces cada lote o 3 dependiendo si existía queja de cliente en el producto , se redujo el espacio de inspección de dos áreas grandes de 8 por 9 mts. aproximadamente se redujo a la mitad de operadores debido a la eficacia del proceso con el lector óptico. Dejando un saldo de 58 inspectoras inicialmente a una reducción 20 inspectoras y al ahorro de un espacio para laborar en la inspección que se realiza visual y por maquinaria.

## 5.2 Perspectivas futuras.

- Se propone implementación del proceso de 2d sea implementado al 100% ya que ha demostrado tener gran confiabilidad y ello mayor demanda para la empresa.
- Eliminación del marcado del material debido al tiempo que se requiere el marcarlo y limpiarlo siendo un proceso que se realiza con mayor fluidez mejorando las condiciones del personal al utilizar productos de limpieza y ahorros en ello.
- Implementar el aumento de los productos en él, ya que no se tienen pruebas definitivas para no hacerlo y buscar obtener mayor beneficio que esto significa,
- Verificar si se requiere mayor de información para su trazabilidad de ser necesario.
- Ventajas competitivas en la compra de máquinas de ser necesario por el espacio que se tiene en planta u otra alternativa de servicio que de benéfico a la empresa.

## Referencias electrónicas.

1. <http://eesemi.com> ENEPIG PCB - Electroless Nickel Electroless Palladium ,. <http://iconnect007.uberflip.com/i/507417-pcb-may2015/44>, May,2015 by George Milad ,Uyemura International corporation.
2. <http://pcb.iconnect007.com/index.php/article/90459/enepig-the-plating-process/90462/?skin=pcb>
3. [ENEPIG: The Plating Process,Junio 15, 2015 | George Milad, Quenn, Uyemura International Corporation](#)
4. <http://www.epectec.com/pcb/ENEPIG/>, ENEPIG (Electroless Nickel Electroless Palladium Immersion Gold)
5. [http://www.atotech.com/data/pdf/papers\\_el/Pure\\_Palladium\\_in\\_ENEPIG\\_SurfaceFinishes.pdf](http://www.atotech.com/data/pdf/papers_el/Pure_Palladium_in_ENEPIG_SurfaceFinishes.pdf) , Bill Kao Bill Kao Atotech Taiwan , Mustafa Oezkoek Atotech Deutschland ,Quadralia Hugh Roberts Atotech USA Inc

## Bibliografías.

1. Holmes, J.D., et al., Highly luminescent silicon with discrete optical transitions. Journal of the American Chemical Society, 2001. 123(16): p. 3743-3748.
2. Association, S.I. World Semiconductor Trade Statistics. 2014; Available from: <http://www.semiconductors.org/>.
3. International Technology Roadmap for Semiconductors. 2014; Available from: <http://www.itrs.net/>.
4. Silicon valley. Available from: <http://www.siliconvalley.com/sv150>.
5. Lutgens, F.K., E.J. Tarbuck, and D. Tasa, Essentials of Geology. 2003: Prentice Hall.
6. Drexler, K.E. and M. Minsky, Engines of creation. 1990: Fourth Estate London.
7. Jaeger, R.C., Introduction to Microelectronic Fabrication: Volume 5 of Modular Series on Solid State Devices. 2002.
8. Leutwyler, W.K., S.L. Bürgi, and H. Burgl, Semiconductor clusters, nanocrystals, and quantum dots. Science, 1996. 271(5251): p. 933-937. 9
9. Nesheva, D., et al., Silicon Oxide Films Containing Amorphous or Crystalline Silicon Nanodots for Device Applications. 2012: INTECH Open Access Publisher.
10. Sousa, R.C. and I.L. Prejbeanu, Non-volatile magnetic random access memories (MRAM). Comptes Rendus Physique, 2005. 6(9): p. 1013-1021..
11. Psaltis, D., et al., Optical memory disks in optical information processing. Applied Optics, 1990. 29(14): p. 2038-2057.
12. Sze, S.M., Physics of Semiconductor Devices. 2nd ed. 1981, New York,: John Wiley & Sons.
13. Rodriguez, N., F. Gamiz, and S. Cristoloveanu, A-RAM memory cell: concept and operation. Electron Device Letters, IEEE, 2010. 31(9): p. 972-974.
14. Kosonocky, S.V. and A. Bhavnagarwala, Quasi-static random access memory, 2005, Google Patents.

15. Margala, M. Low-power SRAM circuit design. in *Memory Technology, Design and Testing*, 1999. Records of the 1999 IEEE International Workshop on. 1999. IEEE. "Referencias" 196
16. Mandelman, J.A., et al., Challenges and future directions for the scaling of dynamic random-access memory (DRAM). *IBM Journal of Research and Development*, 2002. 46(2.3): p. 187-212.
17. Field-effect transistor memory, 1968, Google Patents.
18. Lee, J.-S., Progress in non-volatile memory devices based on nanostructured materials and nanofabrication. *Journal of Materials Chemistry*, 2011. 21(37): p. 14097-14112.
19. Pavan, P., L. Larcher, and A. Marmiroli, *Floating Gate Devices: Operation and Compact Modeling*. 2004: Springer.
20. Masgonty, J.-M., S. Cserveny, and C. Piguet. *Low Power SRAM and ROM Memories*. in *Proceedings PATMOS*. 2001. Citeseer.
21. Groeseneken, G., et al., Basics of nonvolatile semiconductor memory devices. *Nonvolatile semiconductor memory technology*, 1998: p. 1-88.
22. Frohman-Bentchkowsky, D., FAMOS—A new semiconductor charge storage device. *Solid-State Electronics*, 1974. 17(6): p. 517-529.
23. Kolodny, A., et al., Analysis and modeling of floating-gate EEPROM cells. *Electron Devices, IEEE Transactions on*, 1986. 33(6): p. 835-844.
24. Ejemplo de diferentes dispositivos de memoria. Available from: [http://mla-s1-p.mlstatic.com/recuperacion-de-datos-memorias-sd-micro-sd-camarasfotos-11600-MLA20046631178\\_022014-F.jpg](http://mla-s1-p.mlstatic.com/recuperacion-de-datos-memorias-sd-micro-sd-camarasfotos-11600-MLA20046631178_022014-F.jpg).
25. USB memory device. Available from: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Usbkey\\_internals.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Usbkey_internals.jpg).
26. Masuoka, F., et al. A new flash E2 PROM cell using triple polysilicon technology. in *Electron Devices Meeting, 1984 International*. 1984.
27. Scott, J.F., *Ferroelectric memories*. Vol. 3. 2000: Springer Science & Business Media.
28. Xia, Q., et al., Memristor— CMOS hybrid integrated circuits for reconfigurable logic. *Nano letters*, 2009. 9(10): p. 3640-3645.
29. Tehrani, S., et al., Magnetoresistive random access memory using magnetic tunnel junctions. *Proceedings of the IEEE*, 2003. 91(5): p. 703-714.
30. Wuttig, M., *Phase-change materials: Towards a unive "Referencias" 197*
31. Yano, K., et al., Room-temperature single-electron memory. *Electron Devices, IEEE Transactions on*, 1994. 41(9): p. 1628-1638.
32. Joodaki, M., *Selected Advances Devices*. 2013: Springer.
33. Kahng D., S.S.M., A floating gate and its application to memory devices *Electron Devices, IEEE Transactions on*, 1967. 14(9): p. 629.
34. Porti M., A.M., Nafria M., Aymerich X., Carreras J., Jambois O. and Garrido B., Nanoscale electrical characterization of Si-nc based memory metal-oxide-semiconductor devices. *Journal of Applied Physics*, 2007. 101(6): p. 064509.
35. Yater, J.A., Implementation of Si nanocrystals in non-volatile memory devices. *physica status solidi (a)*, 2013. 210(8): p. 1505-1511.

36. Park, N.-M., Shin, J., Kim, B., Kim, K.H. and Cheong, W-S., Transparent non-volatile memory device using silicon quantum dots. *Electronic Materials Letters*, 2013. 9(4): p. 467-469.
37. Tiwari, S., Rana, F., Hanafi, H., Hartstein, A., Crabbé, E. F., Chan, K., A silicon nanocrystals based memory. *Applied Physics Letters*, 1996. 68(10): p. 1377-1379.
38. Dimitrakis, P., Normand, P., Ioannou-Sougleridis, V., Bonafos, C., Schamm-Chardon, S., BenAssayag, G. and Iliopoulos, E, Quantum dots for memory applications. *physica status solidi (a)*, 2013. 210(8): p. 1490-1504.
39. Lee, J.-S., Nonvolatile memory devices based on self-assembled nanocrystals. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 2013. 51: p. 94-103.
40. White, M.H., D.A. Adams, and J. Bu, On the go with SONOS. *Circuits and Devices Magazine, IEEE*, 2000. 16(4): p. 22-31.
41. Bhushan, B., *Springer handbook of nanotechnology*. 2010: Springer Science & Business Media.
42. Guo, L., E. Leobandung, and S.Y. Chou, A silicon single-electron transistor memory operating at room temperature. *Science*, 1997. 275(5300): p. 649-651. Wellner, A., et al., Mechanisms of visible photoluminescence from nanoscale silicon cones. *Journal of applied physics*, 2002. 91(5): p. 3294-3298.
43. Shimizu-Iwayama, T., Kurumado, N., Hole, D.E. and Townsend, P.D., Optical properties of silicon nanoclusters fabricated by ion implantation. *Journal of Applied Physics*, 1998. 83(11): p. 6018-6022.
44. Murakami, K., et al., Si nanocrystallites in SiO<sub>2</sub> with intense visible photoluminescence synthesized from SiO<sub>x</sub> films deposited by laser ablation. *Applied Physics A*, 1999. 69(1): p. S13-S15.
45. Littau, K.A., Szajowski, P.J., Muller, A.J., Kortan, A.R. and Brus, L.E., A luminescent silicon nanocrystal colloid via a high-temperature aerosol reaction. *The Journal of Physical Chemistry*, 1993. 97(6): p. 1224-1230.
46. Seifarth, H., et al., Preparation of SiO<sub>2</sub> films with embedded Si nanocrystals by reactive rf magnetron sputtering. *Thin Solid Films*, 1998. 330(2): p. 202-205.
47. Inokuma, T., et al., Optical properties of Si clusters and Si nanocrystallites in hightemperature annealed SiO<sub>x</sub> films. *Journal of applied physics*, 1998. 83(4): p. 2228-2234.
48. Iacona, F., Franzò, G. and Spinella, C., Correlation between luminescence and structural properties. *Journal of Applied Physics*, 2000. 87(3): p. 1295-1303.
49. Lia A. P., B.G.F., Chena K.M., Mab Z.C., Zongb W.H., Zhanga Y.X., Qina G.G., *Thin Solid Films*, 1998. 325: p. 137.
50. Toyama, T., et al., Visible photo-and electroluminescence from electrochemically formed nanocrystalline Si thin film. *Applied Physics Letters*, 1996. 69(9): p. 1261-1263.
51. Rose, M., et al. Aspects of non-volatility in a-Si: H memory devices. in *MRS Proceedings*. 1992. Cambridge Univ Press.
52. Afanasev, V., et al., Electron energy barriers between (100) Si and ultrathin stacks of SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and ZrO<sub>2</sub> insulators. *Applied Physics Letters*, 2001. 78(20): p. 3073-3075. "Referencias" 199

53. Nicollian E. H., B.J.R., MOS Physics and Technology. 1982, New York John Wiley & Sons.
54. Diniz, J.A., Tese de Mestrado, in Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação 1992, Universidade Estadual de Campinas Campinas.
55. Tsvividis, Y. and C. McAndrew, Operation and Modeling of the MOS Transistor. 2011: Oxford Univ. Press.
56. Streetman, B.G. and S. Banerjee, Solid state electronic devices. Vol. 4. 2000: Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
57. Hanafi, H.I., Tiwari, S. and Khan, I., Fast and long retention-time nano-crystal memory. Electron Devices, IEEE Transactions on, 1996. 43(9): p. 1553-1558.
58. Yun, F., et al., Study of structural and optical properties of silicon embedded in SiO<sub>2</sub>. Thin Solid Films, 2000. 375(1): p. 137-141.
59. Ion Implantation Method. Available from: [http://www.vanderbilt.edu/exploration/news/features/vo2shutter/news\\_shutter2.htm](http://www.vanderbilt.edu/exploration/news/features/vo2shutter/news_shutter2.htm).
60. Swart, J., I. Doi, and J. Diniz, Oficina de Microfabricação: Projeto e Construção de CI's MOS. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2006.
61. Bourdillon, A.J., et al. Near-field x-ray lithography to 15 nm. in Microlithography 2004. 2004. International Society for Optics and Photonics.
62. Oxford Vacuum Science: High vacuum science and technology. Available from: <http://www.oxford-vacuum.com/>.
63. Thermal evaporation system. Available from: <http://vacaero.com/index.php>.
64. A brief explanation of how magnetron sputtering works.; Available from: <http://farotex.com/technology.html>.
65. Ohring, M., Materials science of thin films. 2001: Academic press.
66. Dias, G.O., Propriedades ópticas e elétricas 2009.
67. Muñoz, S.N.M., ESTUDO DE LASERES SEMICONDUTORES DE CAVIDADES RESSONANTES NÃO CONVENCIONAIS OBTIDAS POR PLASMA SECO, 2001, Universidade Estadual de Campinas. "Referencias" 200 74. Skoog, D.A., F.J. Holler, and T. Nieman, Instrumental Analysis Principles. 2007: Brooks/Cole.
68. Espectro Electromagnético. Available from: <http://www.mimagnetoterapia.com/espectro-electromagnetico>.
69. Stuart, B., Infrared spectroscopy. 2005: Wiley Online Library.
70. Colthup, N., Introduction to infrared and Raman spectroscopy. 2012: Elsevier.
71. Barrera, C.E., F. J. C. Martínez, R. Vázquez-Rodríguez y M. Ortega, Applications of Spectroscopic Ellipsometry and Its Use in the Characterization of Materials Used in Solar Energy Capture.
72. Aspnes, D.E., Spectroscopic ellipsometry—A perspective. Journal of Vacuum Science & Technology A, 2013. 31(5): p. 058502.
73. J.A. Wollam Co., I., J.A. Wollam Co., Inc., in J.A. Wollam "Referencias" 201
74. Goldstein, J.I., et al., Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis. A text for biologists, materials scientists, and geologists. 1981: Plenum Publishing Corporation.
75. Liao, Y., Practical Electron Microscopy and Database. 2012.
76. Reimer, L. and H. Kohl, Transmission electron microscopy: physics of image formation. Vol. 36. 2008: Springer Science & Business Media.

76. Schroder, D.K., Semiconductor material and device characterization. 2006: John Wiley & Sons.
77. Blanquel, S.d.G., Caracterización eléctrica de películas de óxido de silicio ultradelgadas. Tesis de Licenciatura, 2003, Universidad Autónoma de Puebla. 96. S., D., Semiconductor Material and Devices Characterization, J.W. Sons, Editor. 1998.
78. T., H., Gate Dielectrics and MOS ULSIs : Principles, Technologies, and Applications. 1997: Springer.
79. Fowler, R.H. and L. Nordheim. Electron emission in intense electric fields. in Proc. R. Soc. London, Ser. A. 1928.
80. Nesheva, D., et al., Composition, structure and annealing-induced phase separation in SiO<sub>x</sub> films produced by thermal evaporation of SiO in vacuum. Vacuum, 2002. 68(1): p. 1-9.
81. Curiel, M., et al., Microstructural characterization of thin SiO<sub>x</sub> films obtained by physical vapor deposition. Materials Science and Engineering: B, 2010. 174(1): p. 132-136. 101. Nesheva, D., et al., Memory effect in MIS structures with amorphous silicon nanoparticles embedded in ultra thin SiO<sub>x</sub> matrix. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 2007. 68(5): p. 725-728.
82. Curiel, M., et al. Formation of Si nanocrystals in thin SiO<sub>2</sub> films for memory device applications. in Materials Science Forum. 2010. Trans Tech Publ.
83. Nesheva, D., et al., Absorption and transport properties of Si rich oxide layers annealed at various temperatures. Semiconductor Science and Technology, 2008. 23(4): p. 045015.
84. Dombrowski, K.F., Micro-raman investigation of mechanical stress in Si device structures and phonons in SiGe, 2000, Universitätsbibliothek. "Referencias" 202
85. Klapetek, P., D. Necas, and C. Anderson, Gwyddion user guide. Online <http://gwyddion.net>, 2004.
86. Yu, Z., et al., Structural and optical properties of Si/SiO<sub>2</sub> superlattices prepared by low pressure chemical vapor deposition. Journal of Applied Physics, 2006. 100(1): p. 013524.
87. Alayo, M., et al., On the nitrogen and oxygen incorporation in plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD) SiO<sub>x</sub> N y films. Thin Solid Films, 2002. 402(1): p. 154-161.
88. Pai, P., et al., Infrared spectroscopic study of SiO<sub>x</sub> films produced by plasma enhanced chemical vapor deposition. Journal of Vacuum Science & Technology A, 1986. 4(3): p. 689-694.
89. Young, T., et al., Study on the Si-Si Vibrational States of the Near Surface Region of Porous Silicon. Journal of Porous Materials, 2000. 7(1-3): p. 339-343.
90. Chao, S., et al., Chemical states study of Si in SiO<sub>x</sub> films grown by PECVD. Applied Surface Science, 1986. 26(4): p. 575-583.
91. Salh, R., et al., Cathodoluminescence of SiO<sub>x</sub> under-stoichiometric silica layers. physica status solidi (a), 2006. 203(8): p. 2049-2057.

92. Tsu, D.V., G. Lucovsky, and M. Mantini, Local atomic structure in thin films of silicon nitride and silicon diimide produced by remote plasma-enhanced chemical-vapor deposition. *Physical Review B*, 1986. 33(10): p. 7069.
93. Banerji, N., et al., Oxidation processes in hydrogenated amorphous silicon nitride films deposited by ArF laser-induced CVD at low temperatures. *Thin Solid Films*, 1998. 317(1): p. 214-218.
94. Brodsky, M., M. Cardona, and J. Cuomo, Infrared and Raman spectra of the siliconhydrogen bonds in amorphous silicon prepared by glow discharge and sputtering. *Physical Review B*, 1977. 16(8): p. 3556.
95. Orduña-Diaz, A., et al., FTIR and electrical characterization of a-Si: H layers deposited by PECVD at different boron ratios. *Materials Science and Engineering: B*, 2010. 174(1): p. 93-96.
96. Collins, R. and H. Fan, Infrared lattice absorption bands in germanium, silicon, and diamond. *Physical Review*, 1954. 93(4): p. 674. "Referencias" 203
97. Biasotto, C., et al., Deposition of sacrificial silicon oxide layers by electron cyclotron resonance plasma. *Journal of Vacuum Science & Technology B*, 2007. 25(4): p. 1166-1170.
98. Sari, S., P.H. Smith, and H. Gurev, Observation of an oxygen resonance in reflectivity from weakly absorbing thin silicon layers. *Physical Review B*, 1977. 15(10): p. 4817.
99. Nedev, N., et al. Memory effect in MOS structures containing amorphous or crystalline silicon nanoparticles. in *Microelectronics*, 2008. MIEL 2008. 26th International Conference on. 2008. IEEE.
100. Nesheva, D., et al., Raman scattering and photoluminescence from Si nanoparticles in annealed SiO<sub>x</sub> thin films. *Journal of applied physics*, 2002. 92(8): p. 4678-4683.
101. Iqbal, Z. and S. Veprek, Raman scattering from hydrogenated microcrystalline and amorphous silicon. *Journal of Physics C: Solid State Physics*, 1982. 15(2): p. 377.
102. Borowicz, P., et al., Deep-ultraviolet Raman investigation of silicon oxide: thin film on silicon substrate versus bulk material. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 2012. 3(4): p. 045003.
103. Popovic, D., et al., Raman scattering analysis of silicon dioxide single crystal treated by direct current plasma discharge. *Applied Physics Letters*, 2011. 98(5): p. 051503-051503-3.
104. Rojas-López, M., et al., a-Si: H crystallization from isothermal annealing and its dependence on the substrate used. *Materials Science and Engineering: B*, 2010. 174(1): p. 137-140.
105. Waman, V., et al., Influence of the deposition parameters on the microstructure and optoelectrical properties of hydrogenated nanocrystalline silicon films by HW-CVD. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2011. 357(21): p. 3616-3622.
106. Cen, Z., et al., Visible light emission from single layer fabricated by laser irradiation method. *Applied physics letters*, 2006. 89(16): p. 163107.

107. Filmetrics Database. October 2, 2012.; Available from: <http://www.filmetrics.com/refractive-index-database/SiO/Silicon-Monoxide-SiliconOxides>. "Referencias" 204
108. Donchev, V., et al., Characterization of Si-SiO<sub>x</sub> nanocomposite layers by comparative analysis of computer simulated and experimental infra-red transmission spectra. *Thin Solid Films*, 2012. 520(6): p. 2085-2091.
109. Malitson, I., Interspecimen comparison of the refractive index of fused silica. *JOSA*, 1965. 55(10): p. 1205-1208.
110. Wen, G., et al., Photoluminescence properties and crystallization of silicon quantum dots in hydrogenated amorphous Si-rich silicon carbide films. *Journal of Applied Physics*, 2014. 115(16): p. 164303.
111. Hayashi, S. and K. Yamamoto, Optical properties of Si-rich SiO<sub>2</sub> films in relation with embedded Si mesoscopic particles. *Journal of luminescence*, 1996. 70(1): p. 352-363.
112. Shcherbyna, Y.S. and T. Torchynska, Optical and structural investigation of Si in amorphous hydrogenated silicon. *Thin Solid Films*, 2010. 518(6): p. S204-S207.
113. Chen, I.-C., et al., Kinetic Study of the Thermal Crystallization Behavior of Hydrogenated Amorphous Silicon Prepared by ECRCVD. *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, 2014. 3(5): p. N75-N82.
114. Coyopol, A., et al., Evolution on the structural and optical properties of SiO<sub>x</sub> films annealed in nitrogen atmosphere. *Journal of Luminescence*, 2014. 145: p. 88-93.
115. Lu, T., et al., Multilevel charge storage in silicon multilayers. *Applied Physics Letters*, 2005. 87(20): p. 202110. "Referencias" 205
116. Yang, K.J. and C. Hu, MOS capacitance measurements for high-leakage thin dielectrics. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 1999. 46(7): p. 1500-1501.
117. Nedev, N., et al., Metal-Oxide-Semiconductor Structures Containing Silicon Nanocrystals for Application in Radiation Dosimeters. *Sensor Letters*, 2012. 10(3-4): p. 833-837.
118. Yi, L., et al., Si rings, Si clusters, and Si—different states of ultrathin SiO<sub>x</sub> layers. *Applied physics letters*, 2002. 81(22): p. 4248-4250.

## **Producción académica.**

### **Estadía en la empresa DMT (2016).**

#### **Yanet Villarreal González**

Se realizó una estadía dentro de la empresa durante 30 días para familiarizarnos con el proceso personal en todos los turnos llevando una bitácora de las actividades y modificaciones que ocurrían en el proceso así como las quejas y errores, donde se tomaron videos de el proceso por periodos de jornadas completas para acostumbrar al personal a la cámara y realizaron sus actividades normales durante el proceso, sirviendo para observar posteriormente las necesidades en el mismo y como cada turno tenía sus soluciones a los problemas encontrados desde alturas de maquinas, luz no adecuadamente colocada, tableros, cansancio etc.

Por ello se dio a la tarea de no solo analizar las fallas ya que muchas de ellas repercutían por el mal soporte del personal en el área, lo cual nos llevo a analizar estos aspectos de forma lógica, dejando pequeños cambios que repercutieron de manera positiva en el aspecto emocional y físico de cada uno de ellos.

#### **Análisis de iluminación.**

#### **Analysis of illumination in the RM area, (listo para mandarse).**

Yanet Villarreal González

Curiel Álvarez Mario Alberto

Benjamín Javier Salas

Nedev Nicola Radnev

Ramos Irigoyen Rogelio Arturo Abraham José María

Se realizó un análisis de iluminación dejando ver como la reflexión de los escritorios y metal dejaban al tercer día ya secuelas de aspecto físico, en ciertas áreas y otras por ubicación o por descomposturas faltante de luz que no era informada, se autorizo a cubrir adecuadamente al notar los altos niveles en el Luxómetro que estaban fuera de especificaciones en ciertas áreas, de

reubicar lámparas para mayor efecto logrando iluminar charolas donde el material era dejado por no observar adecuadamente ya que el color era parecido al recipiente.

### **Tiempo de descansos en empresa electrónica en el área de sorteo de material.**

**(Journal Celaya 2016 -2 Memoria pag 6539).**

Yanet Villarreal González

Curiel Álvarez Mario Alberto

Nedev Nicola Radnev

Ramos Irigoyen Rogelio Arturo Abraham José María

Pedro Alberto Escárcega

Amado Moreno María Guadalupe

Ángel García Velázquez

José Luis Juárez Viveros

Parte de la investigación en video era notorio la falta de descanso , debido a que no debían sentarse en el proceso indicado y analizado llevando a dolores lumbares y pies cansados donde se investigo y se hicieron entrevistas a todos los turnos dando innumerables respuestas desde necesidad de plantillas asta actividades fuera de labores que no les permitían descansar adecuadamente , se analizo y se busco referencias donde marca que el ser humano debe descansar 5 min cada hora de manera que permite un mayor rendimiento del cuerpo diario. Y con ello impedir que se sienten en lugares no aptos ni adecuados.

Permitiendo realizar una publicación en donde se vio aplicado lo visto y mejorado en piso .

### **Análisis de ruido.**

#### **Title Noise Analysis in the RM area (listo para mandarse).**

Yanet Villarreal González

Curiel Álvarez Mario Alberto

Benjamín Javier Salas

Nedev Nicola Radnev

Pedro Alberto Escárcega

Se realizo el analices de ruido ya que la cercanía con la maquina era total y al notar ciertas ausencias de comunicación en el video por entendimiento adecuado se realizo este análisis dejando claro que se requiere en ciertas áreas la colocación de protectores auriculares y confirmación del personal de dichas instrucciones ya que de allí partían varias controversias de entendimiento por parte del personal aunado al lenguaje extranjero era difícil entenderles aun en ingles.

#### **Indeautor 1 y 2.**

Yanet Villarreal González

Curiel Álvarez Mario Alberto

Nedev Nicola Radnev

Ramos Irigoyen Rogelio Arturo Abraham José María

García González Conrado

Pedro Alberto Escárcega

Amado Moreno María Guadalupe

Ángel García Velázquez

Se implementaron ayudas visuales para piso los cuales fuero mandados a otras instalaciones para tener un lenguaje en común visual.

**SEMAM 2017 ( La Sociedad de Ergonomista de México A.C)**

**Improvement of ergonomic postures in electronic company in the draw area .**

**Análisis ergonómico de posturas en empresa electrónica al área de RM.**

Yanet Villarreal González

Pedro Alberto Escárcega

Amado Moreno María Guadalupe

Navarro González Carlos

Pérez Jáuregui Daniel Alejandro

Una vez que los cambios lógicos dieron resultado inmediatamente se busco profundizar realizando una análisis ergonómico donde era exclusivo del área donde se implemento el sistema de inspección láser .

**Análisis ergonómico de posturas, Cartel (en proceso).**

Yanet Villarreal González

Curiel Álvarez Mario Alberto

Benjamín Javier Salas

Nedev Nicola Radnev

Pedro Alberto Escárcega

El objetivo es determinar y seleccionar herramientas y equipo por medio de análisis ergonómico para mejora de posturas y ambiente, apoyados en mediciones ergonómicas previas para mejora del confort.

- **Diplomado en Especialización en Ergonomía y Salud Ocupacional con opción a certificación 2017**
- **Certificado Ergonomista Asociado 2017**  
**El Colegio Nacional en México A,C.**