

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR



Colegio de Ingeniería
Dirección de Posgrado
Campus Mexicali

Proyecto de Ingeniería e Innovación

“Reducción de defectos y mejora del yield en el área de WLCSP”

Presenta

Ricardo López Hernández

para obtener el grado de
Maestro en Ingeniería e Innovación

Director de proyecto:

Dra. Verónica Alexandra Rojas Mendizábal

Codirector de proyecto:

Dra. Karla Garduño Palomino

Mexicali, Baja California. Junio del 2019
CENTRO DE ENSEÑANZA TECNICA Y SUPERIOR



Colegio de Ingeniería
Dirección de Posgrado
Campus Mexicali

Proyecto de Ingeniería e Innovación
“Reducción de defectos y mejora del yield en el área de WLCSP”

para obtener el grado de
Maestro en Ingeniería e Innovación

Presenta:

Ricardo López Hernández-

Comité evaluador

Dra. Karla Garduño P.

Dr. Miguel Salinas Y.

Dr. Alan Escamilla R.

Agradecimiento y dedicatorias

Agradezco a mis padres Elías López y Jesús Hernández que siempre estuvieron a mi lado brindándome sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia.

A mis hermanos, Elías y Enrique, y demás familia por sus palabras de aliento y compañía que me brindaron día a día en el transcurso de estos dos años.

A mis compañeros y amigos, presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas, y a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado apoyándome para lograr esta meta.

Carta Institucional



Junio 2019, Mexicali Baja California

A quien corresponda,

Por medio del presente se hace constar que el proyecto de aplicación “Reducción de defectos en WLCSP”, presentado por el alumno Ricardo López Hernández, con matrícula 035378, inscrito en CETYS Universidad en la Maestría en Ingeniería, concentración en Sistemas y Procesos Industriales ha sido implementado exitosamente en la empresa Skyworks, Planta Mexicali.

Hector Enrique Casas

Ingeniero de Mantenimiento Exp., WLCSP

Skyworks Solutions de México.

Índice de contenido

Abreviaciones y Glosario	8
Resumen	9
Capítulo 1. Introducción	10
1.1 Antecedentes	10
1.2 Justificación	11
1.3 Planteamiento del problema	12
1.4 Preguntas de investigación	12
1.5 Objetivo General	13
1.6 Objetivo Específicos	13
1.7 Hipótesis	13
Capítulo 2. Marco Referencial	14
2.1 Equipos Mi20	14
2.2 Proceso de WLCSP	14
2.2.1. Principales defectos	15
2.2.1.1. Dado encimado	15
2.2.1.2 Daño mecánico	15
2.3 Six Sigma	16
2.4 Estandarización como herramienta para la competitividad	17
2.5 Diagrama de causa-efecto	18
2.6 Calidad	18
Capítulo 3. Metodología	20
3.1 Definir	20
3.2 Medir	22
3.3 Analizar	23
3.4 Mejorar	25
3.5 Control	25
Capítulo 4. Resultados	26
Capítulo 5. Discusión, conclusiones y recomendaciones	29

Referencias	30
-------------	----

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Indexer</i>	12
Figura 2. <i>Dado encimado.</i>	15
Figura 3. <i>Dado con daño mecánico.</i>	16
Figura 4. <i>Diagrama Causa-Efecto</i> (Administración de empresas, 2014)	18
Figura 5. <i>Metodología DMAIC.</i>	20
Figura 6. <i>Gráfica de tiempo de reparación por problemas de indexer.</i>	22
Figura 7. <i>Diagrama Ishikawa del dado encimado.</i>	23
Figura 8. <i>Calibrador de Indexer.</i>	24
Figura 9. Identificación de espesores en el <i>carrier</i>	25
Figura 10. <i>Gráfica de resultados de los rollos rechazados en QA.</i>	26
Figura 11. <i>Gráfica de resultados de los tiempos de mantenimiento correctivo por problemas de carrier atorado.</i>	27
Figura 12. <i>Gráfica de tiempos de set up.</i>	28

Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Análisis de riesgo.</i>	22
Tabla 2. <i>Medidas de carrier</i>	24

Abreviaciones y Glosario

Carrier: Cinta con *pockets* en donde será depositado el dado.

Cover: Cinta adhesiva utilizada para sellar y resguardar los dados dentro del *carrier*.

Dado: Circuito integrado de Silicio o Galio.

Indexer: Pieza metálica que guía el recorrido del *carrier*, consta de 2 ventanas rectangulares, una para colocar el dado en el *pocket* y otra para inspeccionarlo.

Pocket: Espacio donde será contenido el dado.

QA: Quality Assurance

Reel: Rollo que contiene *carrier*, *cover* y *dados* componiendo un lote o parte de un lote.

Wafer: Oblea de material semi-conductor (silicio, galio arsénico) que contiene circuitos electrónicos.

WLCSP: Wafer Level Chip Scale Package.

Resumen

El siguiente proyecto fue realizado en la empresa Skyworks Solution de México. La cual se dedica a la fabricación de microcircuitos de diferentes modelos para un gran número de clientes en el mundo que usan estos componentes para la conexión a internet en sus productos.

El área de paquetes de chips de obleas (WLCSP, por sus siglas en ingles de Wafer Level Chip Scale Package) consiste en empaquetar microcircuitos. Durante este proceso se generan 2 defectos críticos, uno de ellos es cuando se encuentran dos dados en una misma cavidad (dado encimado) y el otro defecto es cuando el dado se encuentra con daño mecánico (dado quebrado). Estos 2 defectos contribuyen alrededor del 50% del total de defectos.

Debido al alto índice de rechazos y ante la necesidad de alinear los métricos del área los objetivos de la alta gerencia, se desarrolló este proyecto, cuya finalidad es reducir el número de rollos rechazados.

Se analiza el problema utilizando diagramas de causa-efecto para analizar los factores que contribuyen a generar el problema y se definirán acciones para contrarrestarlas. Se aplicara la metodología definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC) y se diseñara una herramienta que permita la calibración de los *indexer* utilizados en los equipos de producción. Se implementara la estandarización de la calibración de los *indexer* y así evitar variaciones que dependan del criterio del personal encargado de realizar el set up en el equipo.

Con el desarrollo de la herramienta que permite la calibración de los *indexer* de manera sencilla, se lograra disminuir los tiempos de reparación correctivo en un 30%, y a su vez se reducirán los rollos rechazados por dado encimado.

Capítulo 1. Introducción

El proyecto se llevara a cabo en Skyworks Solution de Mexico, en el proceso de empaquetado a escala de chips de oblea (WLCSP, por sus siglas en inglés de *Wafer Level Chip Scale Package*) que consiste en remover los dados de los *wafer* y colocarlos en una cinta plástica llamada *carrier* para quedar empaquetados y ser transportados al cliente.

En los últimos meses se ha detectado un alto índice de rollos rechazados en inspección final, así mismo los reportes de mantenimiento indican un incremento en paros de maquinaria. Ante estas circunstancias, es necesario analizar las causas del problema y desarrollar acciones correctivas para contrarrestar el problema.

Una de las acciones propuestas es el diseño de una herramienta que permita calibrar los *indexer* sin necesidad de depender del criterio de la persona encargada de realizar el set up en el equipo, logrando estandarizar esta calibración.

1.1 Antecedentes

Hoy en día los negocios se han vuelto altamente competitivos. Todas las industrias y las organizaciones tienen que tener un alto desempeño para sobrevivir y ser rentables. Las industrias tienen que mantener la calidad de sus productos para poder impresionar a los clientes, y a su vez, lograr competir en el mercado (Kumar & Kaushish, 2015).

En el intento de gestionar el cambio, muchas organizaciones han seguido iniciativas de calidad como *Six Sigma*, que pueden tener un significativo impacto en los resultados y cultura de trabajo de una organización. La metodología *Six Sigma* se está convirtiendo en una de las iniciativas de gestión de calidad más exitosas. Ha sido adoptada como una iniciativa importante por algunas de las compañías líderes en todo el mundo. Dicha iniciativa ha ganado amplia aceptación como una metodología de mejora para optimizar la competitividad de una organización (Gijo & Scaria, 2014).

Hernandez & Vizan (2013) definen *lean manufacturing* como la forma de mejorar y optimizar un sistema de producción, enfocándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios; así este proyecto está orientado a esta filosofía, enfocado en la prevención de defectos y errores.

1.2 Justificación

Los métricos del área WLCSP durante los últimos meses muestran un alto índice de material rechazado en la estación final de garantía de calidad (QA, por sus siglas en inglés, Quality Assurance) es por ello que se requiere tomar acciones que contribuyan a alinear los métricos en base a los objetivos planteados por la alta gerencia.

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar una herramienta que permita calibrar los *indexer* que se utilizan en el área, los cuales son reemplazados en cada cambio de número de parte en los equipos de levantamiento y colocación de dados en la plataforma *Mi20*, actualmente este ajuste se realiza en base al criterio del personal encargado de realizar los ajustes en la configuración para un número de parte en específico en el equipo, este ajuste es crítico y genera variación en el equipo al estar trabajando.

El *indexer* es una herramienta específica de los equipos *Mi20*, consta de una base y una cubierta superior, la base consta de 8 tornillos que ajustan la apertura y de dos tornillos para ajustar las guías de vacío, como se muestra en la figura 1. La herramienta se coloca entre las 2 placas metálicas y se ajustan las guías del vacío y la cubierta, esto con la finalidad de evitar que el *carrier* no se atore en el recorrido.



Figura 1. *Indexer*

Fuente: Elaboración propia.

1.3 Planteamiento del problema

Skyworks Solution de México es una empresa que se dedica al ensamble y prueba de semiconductores. Este proyecto está enfocado en el proceso de empaquetado de dados, en los equipos Mi20 del proveedor *Mi Equipment*, con oficinas centrales en Penang, Malasya. Estos equipos trabajan en el empaquetado de microcircuitos de material químico GAAs (Galio) y Si (Silicio) los cuales deben de ser colocados sobre el *carrier* y después sellados con una cinta plástica llamada *cover* (Mi Technovation Berhad, 2019).

Durante el proceso, en el equipo se generan 2 defectos de alto impacto, en los cuales se enfoca este proyecto, dados encimados y daño mecánico. El número de rollos rechazados por estos defectos generan un alto nivel de desperdicio de material en el área. La mayor parte del problema se soluciona calibrando el *indexer*, actualmente no se tiene un calibrador para este y cada persona encargada de realizar el ajuste en el equipo lo realiza en base a su experiencia, es por ello que se propone diseñar e implementar una herramienta que permita ajustarlo correctamente.

1.4 Preguntas de investigación

¿Cómo se puede desarrollar una herramienta que permita calibrar los *indexer* utilizados en producción?

1.5 Objetivo General

- Desarrollar una herramienta que permita calibrar correctamente los *indexer* mediante una metodología DMAIC para reducir los tiempos de mantenimiento correctivo en los equipos y por ende los defectos de QA.

1.6 Objetivo Específicos

- Calcular la distancia entre las guías de vacío y el *carrier*, para evitar que este se atore en el recorrido del *indexer*.
- Calcular el gap entre la placa del *indexer* y la base, de tal manera que el *carrier* se deslice fácilmente sin atorarse.

1.7 Hipótesis

Con el diseño de una herramienta que permita calibrar los *indexers* utilizados en los equipos de producción se reducirán los rechazos por dado encimado y daño mecánico en un 30%. Además, se reducirán los tiempos de mantenimiento correctivo por problemas de *carrier* atorado en el *indexer* de 420 a 290 minutos. Dichos datos se validarán durante la etapa de evaluación, que consiste en calibrar los *indexer* utilizando la herramienta diseñada para realizar su calibración. Con esto se incrementará la eficiencia de los equipos al disminuir las fallas de equipo debido al *carrier* atorado.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1 Equipos Mi20

La empresa que provee los equipos Mi20 denominada Mi Equipment, se encuentra localizada Penang, Malasia.

Su misión es mejorar el éxito de sus clientes en la manufactura de los semiconductores, ofreciendo soluciones a un costo eficaz con productos innovadores y eficaces. Para lograr esto, escuchan a sus clientes, diseñan conociendo los procesos, mejorando los productos, mejorando los procesos internos, la introducción de nuevos procesos y la continua investigación y desarrollo de productos.

En su filosofía ellos creen que el éxito se basa en el recurso humano y clientes valiosos. En el recurso humano, hacen énfasis en su selectiva practica de contratación, altos niveles de compensación para atraer y mantener al personal, ingenieros altamente creativos. En relación a clientes valiosos, sus procesos proveen valor agregado a los procesos del cliente, mejoran procesos, reflejando altos niveles de rendimiento e incrementado las ganancias, proveen relaciones de negocio a largo plazo (Mi Technovation Berhad, 2019).

2.2 Proceso de WLCSP

Los paquetes de escala de chip de nivel de oblea (WLCSP) tienen las ventajas de alta eficiencia, alta potencia y alta densidad, y pueden garantizar el ensamblaje consistente de la placa de circuito impreso necesaria para lograr un alto rendimiento y confiabilidad. WLCSP está atrayendo más atención a medida que los dispositivos electrónicos continúan haciéndose más pequeños y más portátiles. Aunque la tecnología de este paquete puede mejorar la densidad de entrada / salida de la señal electrónica, a menudo existe el problema de un bajo rendimiento en la etapa inicial de su introducción (Tao-Chi, Chih, Shih-Tin, Ming-Lun & Jandel, 2011).

WLCSP proporciona un enfoque con un menor costo en la fabricación y las pruebas que el empaque convencional de un solo chip. Además, el esquema WLCSP disminuye efectivamente la longitud total del circuito entre la matriz y la placa de circuito impreso; por lo tanto, mejora la eficiencia de transición de la señal de alta frecuencia. Una revisión de la literatura revela que WLCSP se ha aplicado cada vez más a dispositivos electrónicos portátiles, como teléfonos celulares y lectores electrónicos. Sin embargo, WLCSP hace que la edición del circuito sea más difícil ya que se realiza en un dispositivo completamente empaquetado (Tao-Chi, Chih, Shih-Ting, Ming-Lun & Jandel, 2011).

2.2.1. Principales defectos

Para este trabajo se muestran dos tipos de defectos, los cuales son descritos a continuación:

2.2.1.1. Dado encimado

El dado encimado se refiere a cuando dos dados se encuentran en la misma cavidad del “carrier” (Ver figura 2).



Figura 2. *Dado encimado.*

Fuente: Elaboración propia.

2.2.1.2 Daño mecánico

La figura 3 muestra el daño mecánico, el cual se refiere a cuando el dado se encuentra golpeado, de tal manera que este tiene una quebradura.

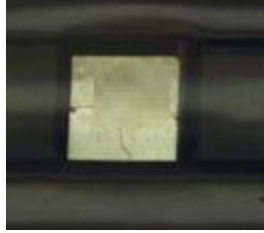


Figura 3. Dado con daño mecánico.

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Six Sigma

Six Sigma es una metodología de mejora continua de la calidad. Fue creado a partir de los conceptos de Gestión de calidad total por Motorola en la década de 1980 y posteriormente adoptado por varias organizaciones. Para lograr Six Sigma, un proceso no debe producir más de 3,4 defectos por millón de oportunidades. Una oportunidad se define como una oportunidad para no cumplir con las especificaciones requeridas. Significa que debemos ser impecables en la ejecución de nuestros procesos (Kumar, 2017).

Six Sigma gira en torno a algunos conceptos clave:

- Crítico para la calidad: Atributos más importantes para el cliente.
- Capacidad del proceso: Lo que el proceso puede ofrecer.
- Defecto: No entregar lo que el cliente quiere.
- Variación: Lo que el cliente ve y siente.
- Operaciones estables: Asegurando procesos consistentes y predecibles para mejorar.
- Diseño para Six Sigma: Diseño para satisfacer las necesidades del cliente y la capacidad de proceso.

Esta metodología proporciona una manera de mejorar los procesos para que la compañía pueda producir productos y servicios de clase mundial de manera más eficiente y predecible (Singh, Singh, & Pandher, 2017). Tradicionalmente, bajo el enfoque Six Sigma se aplica una metodología denominada DMAIC (Definir, Medir,

Analizar, Mejorar y Control). A continuación se plantean algunas preguntas que nos apoyan al planteamiento de cada etapa:

Definir: ¿Quiénes son los clientes y cuáles son sus prioridades? ¿Dónde están sus problemas? ¿A qué problemas nos enfrentamos primero?

Medir: ¿Cómo se mide el proceso y cómo se realiza? ¿Cuál es su estado actual de rendimiento?

Analizar: ¿Cuáles son las causas más importantes del fracaso del rendimiento?

Mejorar: ¿Cómo eliminamos las causas del bajo rendimiento?

Control: ¿Cómo podemos incrustar y mantener las mejoras realizadas?

2.4 Estandarización como herramienta para la competitividad

Los estándares han existido desde el principio de la historia registrada. En la actualidad se ha vuelto esencial para cualquier empresa solicitar certificaciones, para enfatizar en la estandarización de los procesos y la mejora continua. Un elemento crítico en cualquier sistema de gestión de la calidad es el establecimiento de estándares o normas consistentes con las expectativas de los clientes (Vázquez & Labarca, 2012).

Los estándares de trabajo son la cantidad de tiempo requerido para llevar a cabo un trabajo o parte de un trabajo. Cada empresa tiene sus estándares de trabajo, aunque puedan variar los que se determinan por medio de métodos informales y los que se determinan por profesionales. Los estándares deberán estar documentados, es decir escritos en papel, con objeto que sean difundidos y captados de igual manera por las entidades o personas que los vayan a utilizar (Muñoz, 2016).

2.5 Diagrama de causa-efecto

El diagrama de causa-efecto mostrado en la figura 4 es un método para el análisis detallado de la relación entre un sistema de estado en observación (efectos) y las variables influyentes que causan la aparición de una condición dada (causa). Cuando el análisis está relacionado con la mejora de la calidad de los productos y procesos de las empresas y/o organizaciones de servicios, se define lo siguiente:

Efecto. Significa un cierto resultado del trabajo de la vista observada del sistema en un momento dado y bajo circunstancias dadas.

Causa. Significa un conjunto de condiciones ambientales y procesos del sistema que dan como resultado un estado particular del resultado del trabajo (Stefanovic, Kiss, Stanojevic & Janjic, 2014).

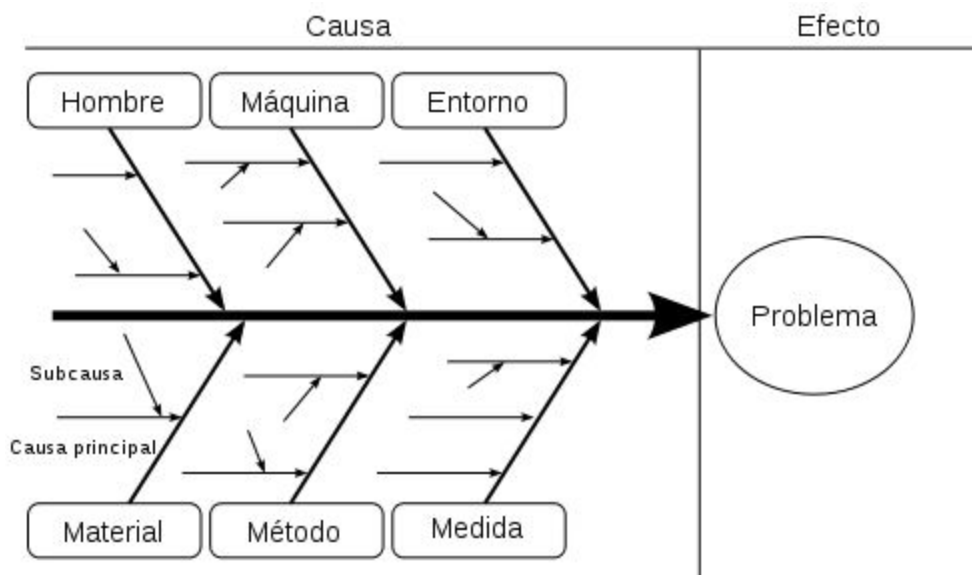


Figura 4. Diagrama Causa-Efecto (Administración de empresas, 2014)

2.6 Calidad

Calidad es un término difícil de definir, principalmente porque se ha mantenido en constante evolución. El concepto más antiguo y utilizado es el de

excelencia, es decir, lo mejor, y se remonta a los filósofos griegos, de tal forma que para Platón la excelencia era algo absoluto (Vázquez & Labarca, 2012).

Cuando la calidad es un elemento más vinculado a la operación, al proceso, a la técnica y la calidad química de componentes, es recomendable la estandarización de las operaciones y tener descritos los procedimientos operativos vinculados a la fabricación. A la vez, se incorpora a la mejora de los procesos herramientas avanzadas que disminuyen su variabilidad o aumentan su eficiencia (Fuentes-Pila & Torrubiano, 2006).

Capítulo 3. Metodología

Este capítulo tiene por objetivo presentar la metodología usada durante el proyecto de investigación. La metodología seleccionada para el desarrollo de esta investigación fue la DMAIC debido a que, como se mencionó en el anterior capítulo, es la metodología utilizada por Six Sigma, la cual representa una herramienta importante para la elaboración de productos y servicios de clase mundial de manera más eficiente.

DMAIC se trata de una metodología de resolución de problemas sobre procesos ya creados. Mediante la misma, se busca mejorar procesos, además se trata de un proceso que se puede repetir de forma constante para estar continuamente evolucionando y mejorándolo como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Metodología DMAIC.

Fuente: *Elaboración propia.*

A continuación se explica la manera en la que se fueron desarrollando cada uno de los pasos de la metodología elegida.

3.1 Definir

Para definir la problemática se tomaron en cuenta las siguientes fases:

3.1.1 Aspectos Importantes:

- Reducir 30% los tiempos de mantenimiento correctivo en problemas relacionados al desplazamiento del “carrier” en el “indexer”.

- Reducir en 25% los rollos rechazados por dado encimado.
- Se utilizara el software interno, “Front End Suite”, para monitorear los lotes rechazados.
- Alcance: Mejorar la calidad de los productos.

3.1.2 Fase de definición del caso de negocio

Esta iniciativa está enfocada a mejorar el rendimiento del área, reduciendo los tiempos de reparación por correctivo en problemas de *indexer*, disminuyendo la cantidad de rollos rechazados.

3.1.3 Fase de definición del planteamiento del problema

Durante los meses de Octubre a Diciembre del 2018, se registraron alrededor de 420 minutos por mes en mantenimiento correctivo por problemas derivados de una mala calibración del *indexer*.

3.1.4 Fase de definición del objetivo, métrico, fuente y beneficios

Objetivo: Registrar menos de 290 Minutos por mes en tiempo de mantenimiento correctivo por problemas de *indexer*.

Métrico: Tiempos de reparación de equipo.

Fuente: Reporte diario de mantenimiento.

Beneficios: Mejorar el desempeño del área de WLCSP, ofrecer productos de mejor calidad.

3.1.5 Fase de definición plan de evaluación y mitigación de la gestión de riesgos.

La tabla 1 describe el análisis de riesgo al llevar a cabo estas actividades enfocadas a reducir los tiempos de reparación de equipos. Se consideraron tres factores de riesgo que se presentan durante el proceso de reparación, entre ellos

está el crear cuellos de botella durante evaluaciones, fallas en los equipos y material dañado.

Tabla 1. Análisis de riesgo.

Fuente: Elaboración propia.

Descripción del riesgo	Riesgo actual	Responder al Riesgo	Acción	Impacto del programa	Impacto de los costos
Crear cuellos de botella durante evaluaciones.	No riesgo	Reducir	Analizar Plan de Producción	Alto Impacto	Alto Impacto
Falla en los equipos	No riesgo	Reducir	Enfoque en cada cambio de <i>indexer</i>	Alto Impacto	Alto Impacto
Material dañado	No riesgo	Reducir	Cada cambio será realizado por evaluación	Alto Impacto	Alto Impacto

3.2 Medir

Se encontró que el “Carrier” atorado en el “indexer” es el principal contribuidor del tiempo de mantenimiento correctivo. La figura 6 muestra el registro de los tiempos de reparación de los últimos 3 meses del año 2018.

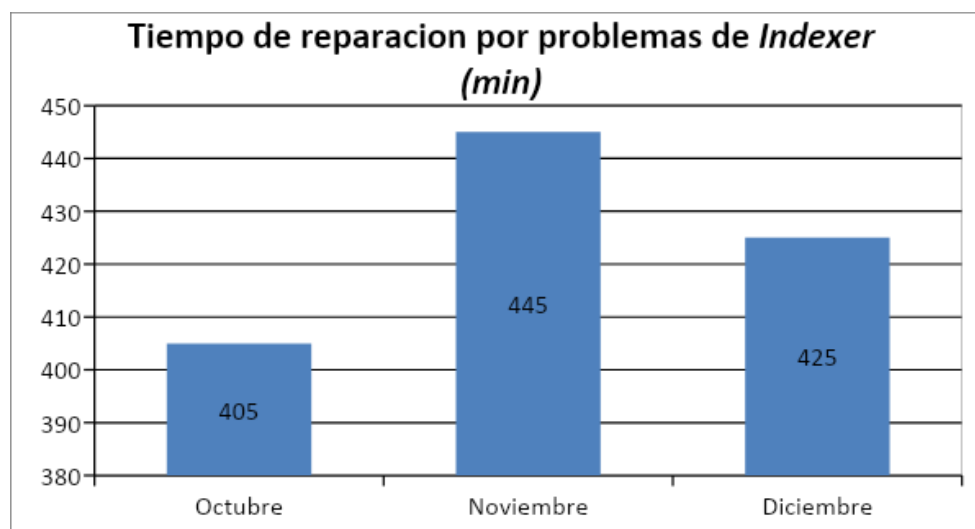


Figura 6. Gráfica de tiempo de reparación por problemas de *indexer*.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Analizar

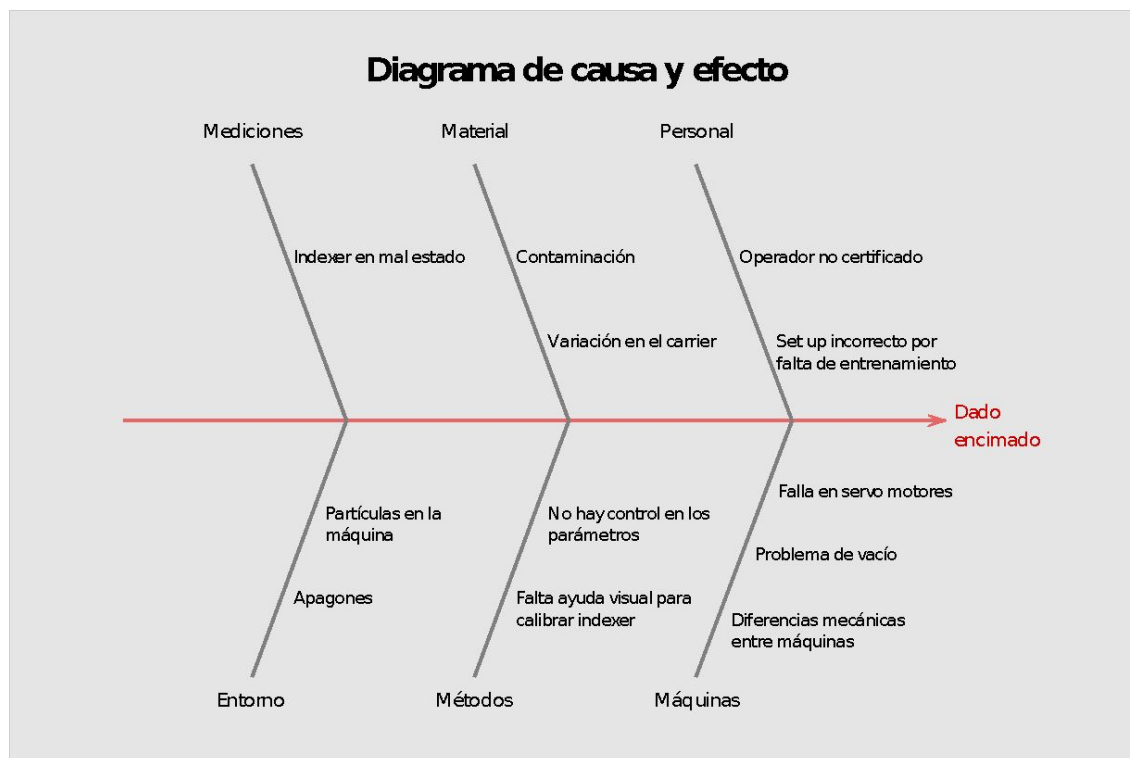


Figura 7. Diagrama Ishikawa del dado encimado.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 7 muestra que se realizó un diagrama Ishikawa para identificar los factores que contribuyen a que se presente el dado encimado, en la que nos enfocaremos será en el *indexer* mal calibrado, es por ello que se realizará una herramienta que permita realizar una correcta calibración.

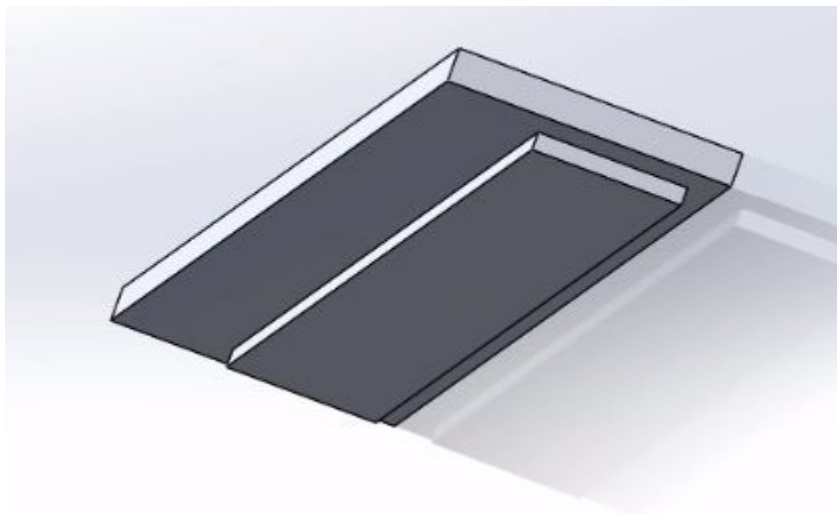


Figura 8. *Calibrador de Indexer.*

Fuente: Elaboración propia.

La figura 8 muestra la herramienta que se utilizara para calibrar el *indexer*, la cual nos permitirá ajustar las guías de vacío y la apertura del *indexer*. Esto con la finalidad que el *carrier* no se atore.

Para definir las medidas del calibrador, se tomaron varias medidas a diferentes *carriers* utilizados en diferentes números de parte, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Medidas de *carrier*

Fuente: Elaboración propia.

Carrier	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)
Modelo 1	0,20	0,41
Modelo 2	0,21	0,42
Modelo 3	0,20	0,41

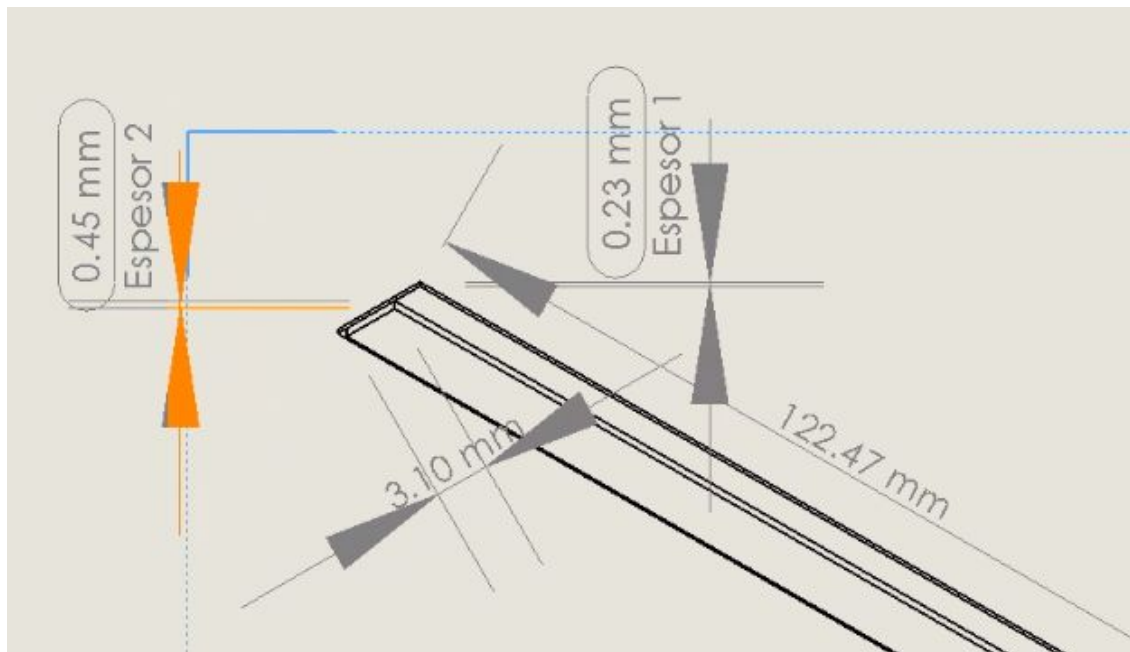


Figura 9. Identificación de espesores en el *carrier*

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Mejorar

A continuación se muestran las acciones que se llevarán a cabo:

- Elaborar instrucción de trabajo para calibrar correctamente los *indexer*.
- Documentar los parámetros de trabajo de los servomotores.
- Entrenar al personal.

3.5 Control

- Monitoreo semanal de los lotes rechazados y tiempo de mantenimiento correctivo por problemas de *indexer*.
- Implementar administrador de *indexer*.

Capítulo 4. Resultados

Al realizar este proyecto se logró reducir en un 30% la cantidad de rollos rechazados por dado encimado o daño mecánico, lo que nos dice que los rollos rechazados disminuyeron en promedio 13 rollos por mes. En la figura 10 se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar este proyecto, los últimos 2 meses se logra el objetivo, que era la obtener menos de 23 lotes rechazados por mes.

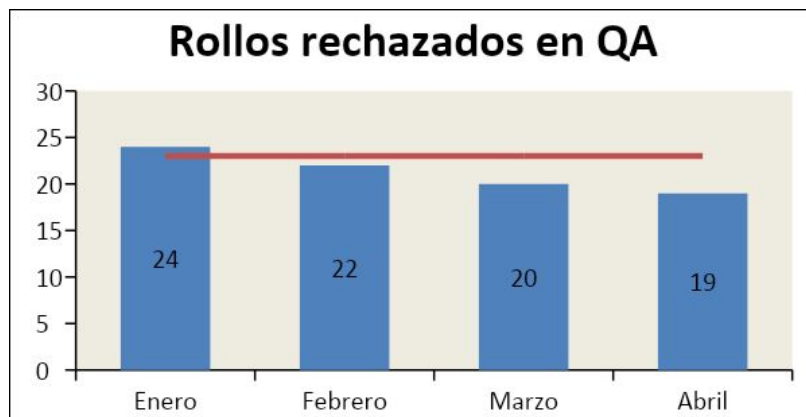


Figura 10. Gráfica de resultados de los rollos rechazados en QA.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 11 se visualizan los tiempos de mantenimiento correctivo por problemas de *carrier* atorado en el *indexer* disminuyeron de 420 a un promedio de 290 minutos por mes. En el mes de marzo se logró registrar 283 minutos de mantenimiento correctivo por problemas de *carrier* atorado.



Figura 11. Gráfica de resultados de los tiempos de mantenimiento correctivo por problemas de carrier atorado.

Fuente: Elaboración propia.

Los *indexer* fueron resguardados en el banco de herramientas del área, se entrenó al personal para realizar la calibración de estos y así mismo se registraron en un administrador de herramientas, en donde en cada cambio de numero de parte, los *indexer* se regresan para ser revisados y calibrados, y se les entrega uno verificado. Con esto se redujo los tiempos de set up en los equipos, ya que ahora reciben los *indexer* calibrados, se estandarizo el proceso de calibración de los *indexer*, dejando a un lado el criterio de cada persona encargada de realizar ajustes en los *indexer*, ahora cualquier persona encargada de atender el banco de herramientas podía realizar este ajuste.

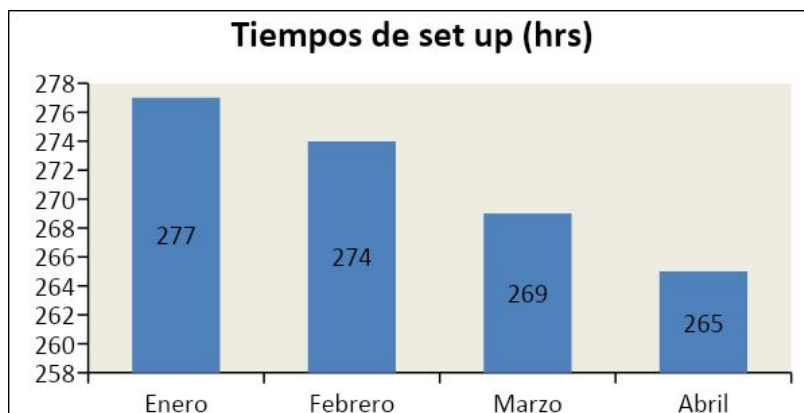


Figura 12. Gráfica de tiempos de set up.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 12 muestra los tiempos de set up mensualmente, se puede observar que de Enero a Abril se han disminuido 12 horas durante los cambios de número de parte en los equipos Mi20. Ahora los *indexer* se limpian y calibran en el banco de herramientas y se entregan al encargado de realizar el ajuste, solo para instalarlo.

Capítulo 5. Discusión, conclusiones y recomendaciones

Al realizar este trabajo se concluye que es posible desarrollar herramientas que permitan realizar una tarea cotidiana en nuestra área de trabajo, de tal manera que nos facilitan la forma de realizarlas y por ende nos ahorran tiempo.

Al diseñar la herramienta nos dimos cuenta que no basta con solo desarrollarla, sino que se requiere un plan para controlar que se esté utilizando de la manera correcta, es por ello que se definió un plan de auditoría mensual a los *indexer* para colaborar que el personal lo esté realizando de acorde a los procedimientos y así mismo se estableció un plan de revisión del calibrador para verificar las condiciones en las que se encuentra y verificar los espesores de las placas del calibrador. Se optó por registrar el calibrador en el área de metrología de la empresa, para asegurar las condiciones del mismo a largo plazo, ya que este departamento se encargara de revisar semestralmente las condiciones del calibrador, revisara que los espesores estén dentro de las medidas especificadas, así como que no presente golpes o deformaciones el calibrador. Esta decisión se sustenta en que hace unos meses se nos presentó una situación, contamos con un equipo que mide fuerza de desprendimiento del *cover* en el *carrier*, este equipo se calibra con una pesa de 100 gr., en una auditoría de procesos se decidió comprobar que realmente la pesa contenía los 100 gr., al medirla resultó que eran 95 gr. en vez de 100 gr. Ante esto radica la importancia de mantener en control todos los calibradores, para asegurar un buen sistema de medición.

Por último, nos dimos cuenta que el mayor impacto del proyecto se reflejó en los tiempos de set up, ya que al momento de realizar cambio de número de parte en los equipos, los *indexer* se entregaban ya ajustados con la herramienta, debido a la gran cantidad de set up realizados durante un mes, se logró observar una mejoría en la reducción de tiempos.

Referencias

- Administración de empresas (2014) Calidad y diagrama de causa efecto. Recuperado de: <http://admindeempresas.blogspot.com/2014/10/calidad-y-el-diagrama-causa-efecto.html>
- Fuentes-Pila, Joaquín y Torrubiano, Juan (2006). Interpretación de la Calidad en el Sector Agroalimentario. ISSN11-39-5567, Año N° 17, N°167.
- Gijo, E., & Scaria, J. (2014). Process improvement through Six Sigma with Beta correction: a case study of manufacturing company. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71(1–4), 717–730. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5483-y>.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implantación. Madrid: Escuela de Organización Industrial. ISBN 978-84-15061-40-3.
- Kumar, D., & Kaushish, D. (2015). Scrap Reduction in a Piston Manufacturing Industry: An Analysis Using Six Sigma and DMAIC Methodology. *IUP Journal of Operations Management*, 14(2), 7–24.
- Kumar, G. (2017). Six Sigma: A Problem Solving Methodology. *Bulletin of Pure & Applied Sciences-Mathematics*, 36(2), 202–206. DOI:10.5958/2320-3226.2017.00022.4
- Mi Technovation Berhad (2019). *Our Mission and Vision*. Recuperado de <https://www.mi-eq.com/>
- Muñoz Gutierrez, Deisy Johanna (2016). Estandarización de los procesos de producción de los productos elaborados para los puntos de venta de yogen früz. Recuperado de: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15561/T43.07%20M926e.pdf?sequence=1>

- Singh, J., Singh, H., & Pandher, R. P. S. (2017). Role of DMAIC Approach in Manufacturing Unit: A Case Study. *IUP Journal of Operations Management*, 16(4), 52–67.
- Stefanovic, S., Kiss, I., Stanojevic, D., & Janjic, N. (2014). Analysis of Technological Process of Cutting Logs Using Ishikawa Diagram. *Acta Technica Corvininensis - Bulletin of Engineering*, 7(4), 93–98. Recuperado de <https://ebiblio.cetys.mx/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=98568166&site=ehost-live>
- Tao-Chi Liu, Chih Chen, Shih-Ting Liu, Ming-Lun Chang, & Jandel Lin. (2011). Innovative methodologies of circuit edit by focused ion beam (FIB) on wafer-level chip-scale-package (WLCSP) devices. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 22(10), 1536–1541. DOI:10.1007/s10854-011-0457-z.
- Vásquez, C. y Labarca, N. (2012). Calidad y estandarización como estrategias competitivas en el sector agroalimentario. *Revista Venezolana de Gerencia*, 17 (60), 695-708. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/290/29024892002.pdf>