

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR



Colegio de Ingeniería  
Dirección de Posgrado  
Campus Mexicali

Tesis/Proyecto de Ingeniería e Innovación

**Desarrollo de un modelo de gestión de calidad y monitoreo que permita asegurar el correcto cambio de capilar y centrado de la bola en el pad durante el proceso de wirebond**

para obtener el grado de

**Maestría en Ingeniería e Innovación**

Presenta

**Salvador López Ortega**

Director de Proyecto: Dra. Dania Licea Verduzco

Co-director de Proyecto: Dra. Karla Garduño

Asesor Industria: Ricardo Gutiérrez Lugo

Mexicali, Baja California. Marzo del 2019.

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR



Colegio de Ingeniería  
Dirección de Posgrado  
Campus Mexicali

Tesis/Proyecto de Ingeniería e Innovación

**Desarrollo de un modelo de gestión de calidad y monitoreo que permita asegurar el correcto cambio de capilar y centrado de la bola en el pad durante el proceso de wirebond**

para obtener el grado de

**Maestría en Ingeniería e Innovación**

Presenta

**Salvador López Ortega**

Director de Proyecto: Dra. Dania Licea Verduzco

Co-director de Proyecto: Dra. Karla Garduño

Asesor Industria: Ricardo Gutiérrez Lugo

Comité evaluador:

---

Dr. Jesús Mora

---

Dr. Miguel A. Salinas Yáñez

---

Dr. Carlos Solorio

Mexicali, Baja California. Marzo del 2019.



## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS**

Le dedico y agradezco a mi esposa Vanessa la oportunidad que me ha dado para cumplir mis metas, por estar siempre conmigo y sentir su apoyo en todo momento, y por llenar mi corazón de fortaleza y coraje para seguir siempre adelante, con disciplina, compromiso, paciencia y entrega. Gracias a mi familia por su apoyo incondicional.

Agradezco a mis asesores del proyecto, maestros y los integrantes de la coordinación de la maestría por el apoyo brindando durante todo el tiempo transcurrido en esta etapa de estudio, agradezco a la empresa por su apoyo y confianza, así como también a mis compañeros y amigos que conocí en esta etapa de mi vida.

# CARTA INSTITUCIONAL



SKYWORKS SOLUTION DE MEXICO S. DE R.L DE C.V  
CALZADA GOMEZ MORIN 1690 COL.RIVERA  
MEXICALI B. C  
TEL. (686)564-2100

Mexicali B. C a 20 de Marzo del 2019.

Estimados miembros del colegio de ingeniería, dirección de posgrado del campus Mexicali:

Por medio de la presente se hace constar que el proyecto:

**"Desarrollo de un modelo de gestión de calidad y monitoreo que permita asegurar el correcto cambio de capilar y centrado de la bola en el pad durante el proceso de Wire bond".**

El cual se desarrolla por el empleado:

**Salvador Lopez Ortega**

Matricula: **M035242**

Es aceptado y se considera relevante para la empresa ya que se alinea con la misión, visión y objetivos, por lo que cuenta con el apoyo directivo para los recursos necesarios, con el compromiso del empleado de cumplir con el objetivo que menciona en los detalles del proyecto.

ATENTAMENTE

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ricardo Gutierrez Lugo", written over a horizontal line.

Ing. Ricardo Gutierrez Lugo

Gerente de producción de Wire bond



## RESUMEN

El presente documento describe el proceso de *wirebond*, donde se llevó a cabo el proyecto. En la mini compañía de *Fronnd End*, en el proceso de *wirebond*, durante el año fiscal 2018 hubo un desperdicio aproximado de 253 mil piezas, por cambio incorrecto de capilar y mal centrado de la bola en *pad*. El objetivo fue desarrollar un modelo de gestión de calidad y monitoreo que permita asegurar el correcto cambio de capilar y centrado de la bola en el *pad* durante el proceso de *wirebond*. El logro de este objetivo conllevó a su vez en la disminución del número de defectos por fuera de *offset*. La metodología es mixta, se describen cada una de las cinco etapas realizadas, sus actividades, los entregables y los recursos requeridos para el desarrollo del proyecto. Así como los resultados y conclusiones del proyecto realizado.

## ÍNDICE

Dedicatoria y Agradecimientos	i
Carta Institucional	ii
Resumen	iii
Índice	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Tablas	vii
Capítulo I: Introducción	1
Introducción	1
Estructura de Skyworks Solutions Planta Mexicali	4
Descripción General del problema	8
Proceso Wire bond	8
Flujo de Material	8
Problema	10
Antecedentes	11
Justificación	12
Enunciado del Problema	13
Pregunta de Investigación	14
Problemática	14
Objetivo	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	15
Hipótesis	16
Capítulo II: Marco Teórico	17
Definición De Wirebond	17
Materiales	18
Definición De Capilar	22
Características De Los Capilares	22
Definición De Modelo De Gestión De Calidad	24
Objetivos De Los Manuales De Procedimientos	31

Tipos De Manuales De Procedimientos	32
Estructura De Los Manuales De Procedimientos	32
Uso e Importancia De Los Manuales De Procedimientos	32
Capítulo III: Metodología	35
Etapa 1 Análisis De Las Bases De Datos De Los Rechazos En El Año 2018	36
Etapa 2 LA Identificación De Los Pasos Críticos	36
Etapa 3 Establecer Una Instrucción De Trabajo Que Minimice Cambios Incorrectos De Capilar y Centrado De La Bola En El Pad.	36
Etapa 4 Desarrollo De Una Aplicacion De Monitoreo	37
Etapa 5 Validacion De Cambios De Capilar	37
Plan De Actividades	38
Recursos Requeridos	40
Capitulo IV: Resultados	41
Etapa 1 Análisis De Las Bases De Datos De Los Rechazos En El Año 2018	41
Etapa 2 La Identificación De Los Pasos Críticos	46
Instrucción usada en el <b>piso de producción</b> para cambio de capilar.	47
Instrucción de trabajo usada por el departamento de entrenamiento	52
Etapa 3 Establecer Una Instrucción De Trabajo Que Minimice Cambios Incorrectos De Capilar y Centrado De La Bola En El Pad.	56
Etapa 4 Desarrollo De Una Aplicacion De Monitoreo	64
Etapa 5 Muestreo y Validacion	65
Capitulo V: Conclusiones	68
Recomendaciones	73
Investigaciones Futuras	73
Referencias	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Línea de tiempo de planta Skyworks Solutions Mexicali	1
Figura 2 Planta Skyworks Solutions Mexicali	2
Figura 3 Gama de productos de planta Skyworks Solutions Mexicali	3
Figura 4 Estructura planta Skyworks Solutions Mexicali	4
Figura 5 Procesos de la mini compañía Back End	5
Figura 6 Procesos de la mini compañía Pruebas	6
Figura 7 Procesos de la mini compañía Frond End	7
Figura 8 Proceso de wirebond	8
Figura 9 Flujo de proceso de wirebond	9
Figura 10 Defectos de fuera de offset desperdiciadas en el año 2018	10
Figura 11 Defecto de fuera de offset	10
Figura 12 Componentes que llevan a cabo el proceso de wirebond	17
Figura 13 Ciclo de unión de dado con el tablero por medio de alambres	18
Figura 14 Fotografía de un capilar para proceso de wirebond	22
Figura 15 Características geométricas del capilar	23
Figura 16 Esquema de etapas a desarrollar	35
Figura 17 Grafica de rechazos por turno 2018	42
Figura 18 Rechazos por empleado en Turno MXA	42
Figura 19 Rechazos por empleado en Turno MXB	43
Figura 20 Rechazos por empleado en Turno MXC	44
Figura 21 Rechazos por empleado en Turno MXD	44
Figura 22 Rechazos por fecha de contratación	45
Figura 23 Rechazos por número de parte	46
Figura 24 Aplicación desarrollada para monitoreo de cambios de capilar	64
Figura 25 Información generada por la aplicación	65
Figura 26 Modelo de Gestión de Calidad Y Monitoreo de Cambio de Capilar	66
Figura 27 Opción de validar capilar	66
Figura 28 Rechazos por turno en Q1 2019 y Q2 2019	67
Figura 29 Comparativo del Impacto en la Cantidad de Rechazos	70
Figure 30 Comparativo de piezas desperdiciadas en 2018 vs 2019 por defecto de fuera de offset.	71
Figura 31 Comparativo de desperdicio en dólares entre 2018 vs 2019	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Lista de entregables y tiempos estimados de actividades por etapa	38
Tabla 2 Gráfica de Gantt	39
Tabla 3 Comparativo entre instrucciones de trabajo y clasificación de pasos críticos.	55

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

*Skyworks Solutions* es una compañía global enfocada a soluciones asociadas a redes inalámbricas, para la conexión de personas, lugares y cosas. Las aplicaciones van desde los mercados automotriz, hogar, industria, área médica, celulares, teléfonos inteligentes, militar, tabletas, portátiles, entre otros. Cuenta con amplias capacidades tecnológicas y una de las carteras de productos más extensas de la industria electrónica. Sus clientes son líderes mundiales en sus respectivas industrias que ofrecen plataformas de comunicación y conexión innovadoras que están cambiando la forma en que vivimos. Cuenta con soluciones que están potenciando la revolución de las redes inalámbricas que abarcan una serie de aplicaciones nuevas e inimaginables.

*Skyworks Solutions* tiene presencia en Asia, Europa y América. La planta de *Skyworks Solutions Mexicali* fue establecida en 1969, una línea de tiempo es presentada en la Figura 1, donde se muestra la evolución en el tiempo, en la cual se presenta como ha cambiado de nombre, así como del tipo de productos y algunas aplicaciones que ofrece.



Figura 1 Línea de tiempo de planta *Skyworks Solutions Mexicali*  
Fuente: Extraída de *Folleto Skyworks Solutions* (2018)

Actualmente Skyworks Solutions Mexicali está constituida por 5100 empleados, y dos plantas que operan las 24 horas del día, los 365 días, como se muestra en la Figura 2, una de ensamble y otra de pruebas.

La función de la planta de ensamble como su nombre lo indica, consiste en la fabricación y ensamble de microcircuitos electrónicos de inicio hasta el proceso de cortado de los microcircuitos y tiene una capacidad de 10 millones de unidades por día.

La planta de pruebas se encarga de probar eléctricamente cada pieza, encapsular en rollos y embarcar hacia el cliente final, su capacidad es 12 millones de unidades por día.



Figura 2 Planta Skyworks Solutions Mexicali  
Fuente: Extraída de Folleto Skyworks Solutions (2018)

En la Figura 3 se muestran algunos ejemplos de la gama de productos de la más alta calidad que son fabricados en la planta *Skyworks Solutions* Mexicali, algunos ejemplos de esta gama son diodos, amplificadores, atenuadores, moduladores, filtros, etc.

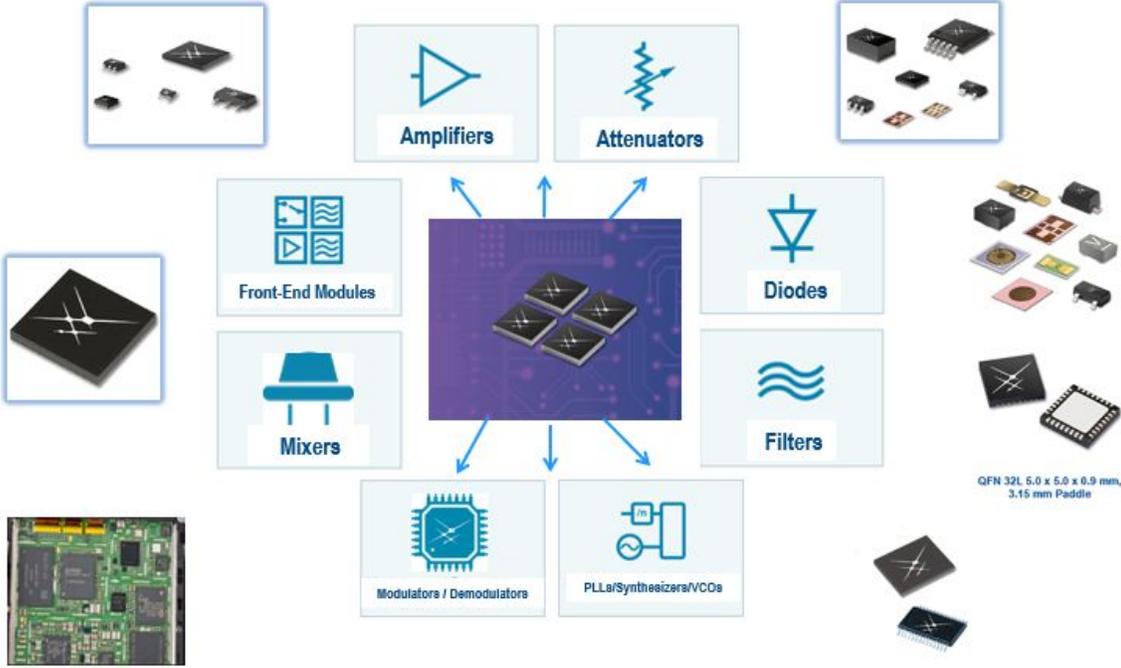


Figura 3 Gama de productos de planta *Skyworks Solutions* Mexicali  
Fuente: Extraída de *Folleto Skyworks Solutions* (2018)

## ESTRUCTURA DE SKYWORKS SOLUTIONS PLANTA MEXICALI

La planta *Skyworks Solutions* Mexicali está dividida naturalmente en tres mini compañías como se muestra en la Figura 4, las cuales son: *Back End*, *Front End* y Pruebas.

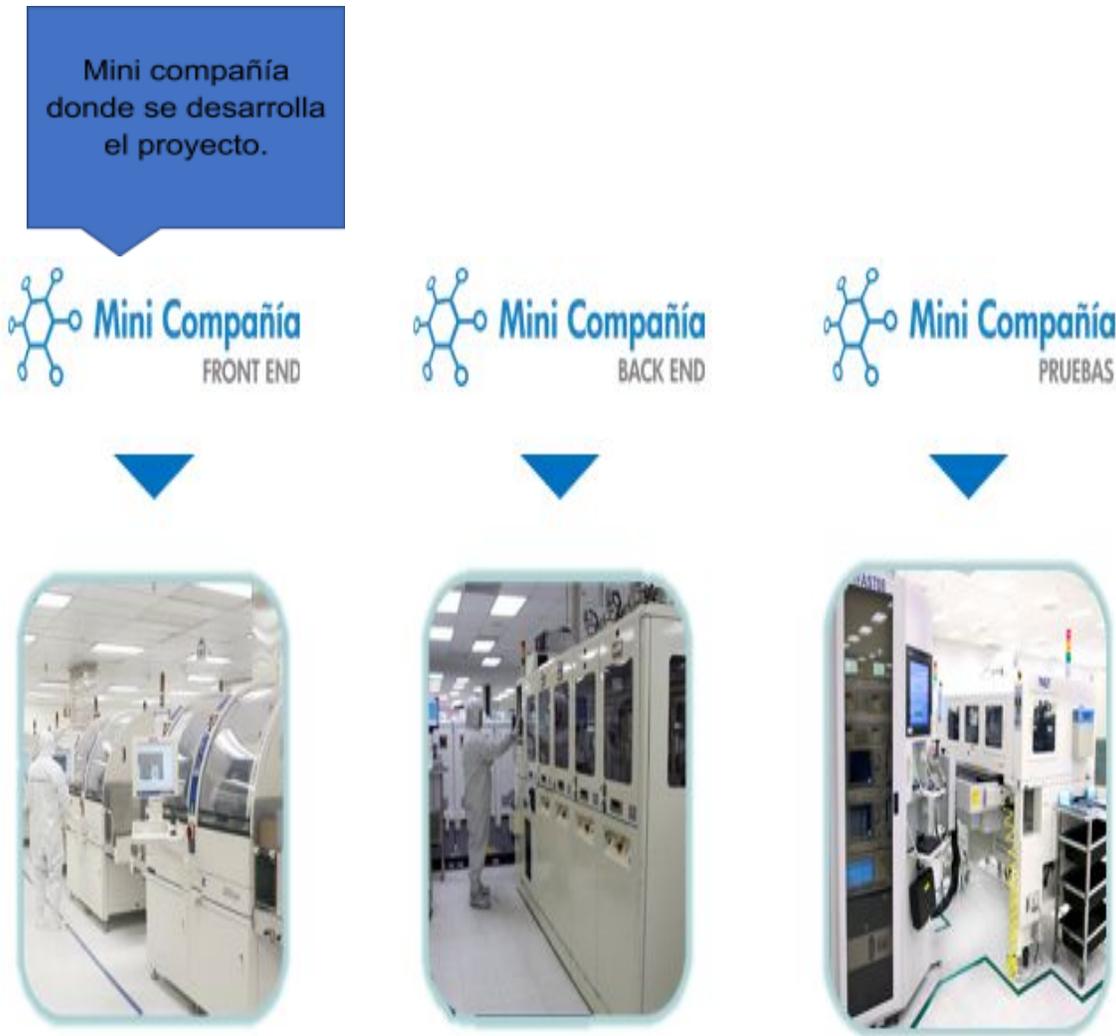


Figura 4 Estructura planta *Skyworks Solutions* Mexicali  
Fuente: Extraída de *Folleto Skyworks Solutions* (2018)

El flujo y los procesos de la mini compañía *Back End* se muestran en la Figura 5, en dicha Figura se observa al proceso de *SMT* (tecnología de montaje superficial de componentes) cuya función es el montaje de componentes. *Molding* que se encarga del encapsulado del material. *Laser Branding* donde es marcado el material. *Conformal Shielding* proceso en el que se aplica un blindaje contra frecuencias externas y por último *Singulation* donde es cortado el material y en charolado para ser enviado a la mini compañía de pruebas.

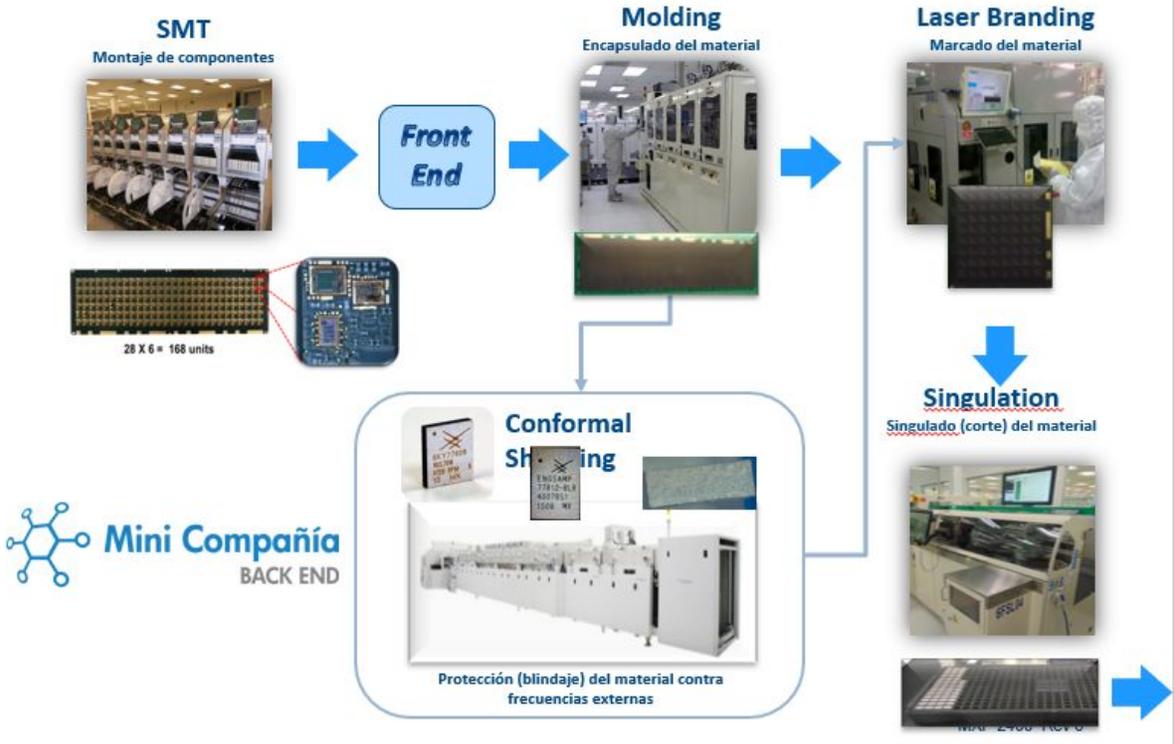


Figura 5 Procesos de la mini compañía *Back End*  
Fuente: Extraída de *Folleto Skyworks Solutions* (2018)

El flujo y los procesos de la mini compañía Pruebas como se muestra en la Figura 6 la cual está encargada de los siguientes procesos. *Test* es el proceso donde se prueban eléctricamente todos los dispositivos electrónicos. *Bake* es donde los dispositivos son secados de por medio de hornos especiales para retirar la humedad. *Tape and Reel* es donde son encapsulados los dispositivos. *Packing* proceso donde se empacan los dispositivos y por último *Shipping* proceso en la que se envían al cliente final.



Figura 6 Procesos de la mini compañía Pruebas  
Fuente: Extraída de *Folleto Skyworks Solutions* (2018)

El flujo y los procesos de la mini compañía de *Front End*, donde se enfocó este proyecto, se muestra en la Figura 7 el cual consiste en los siguientes procesos: *Wafer Level* se encarga del trazado de *wafer* de silicio y galio. *Wafer Level CSP* (encapsulado a escala pequeña) proceso de empaque de circuitos en forma de *wafer* o cinta portadora. *Die Attach* pega el dado de silicio o galio al tablero. *BGA* (encapsulado montado en superficie) en este proceso se colocan las esferas de soldadura, se adhiere el dado al tablero y se dispensa epoxi (pegamento).

Finalmente, *Wirebond* donde lleva cabo la unión del dado con los componentes del tablero a través de un hilo conductor. En este último proceso *wirebond* es el área en que se desarrolló el proyecto.

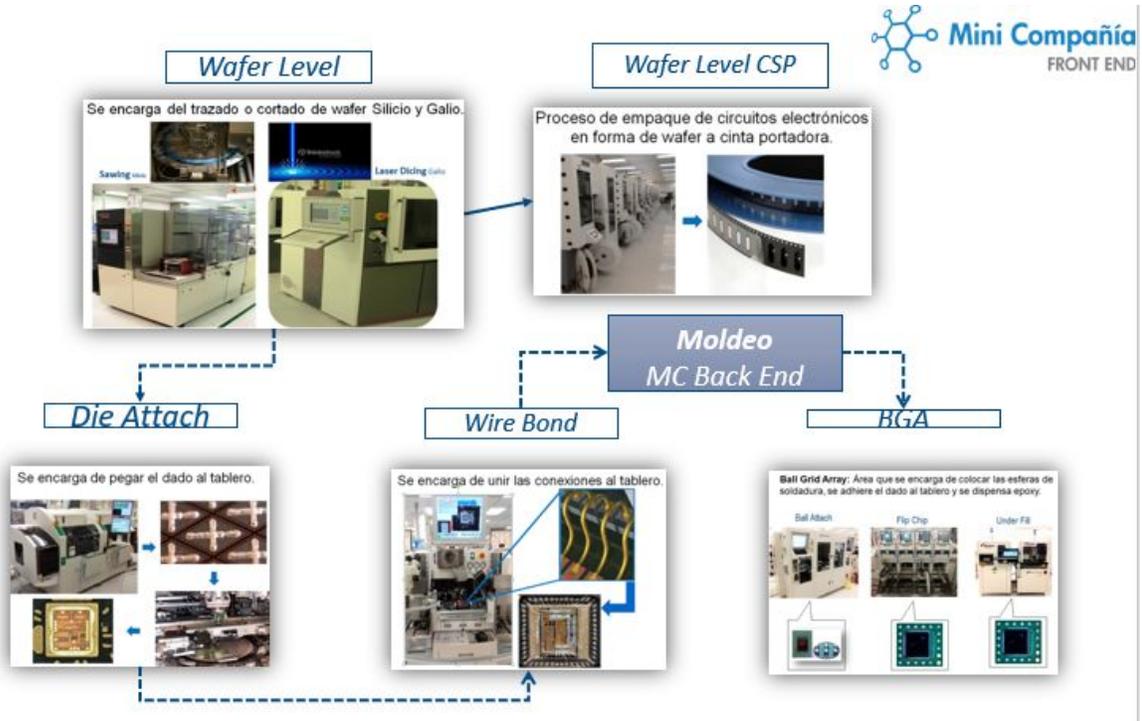


Figura 7 Procesos de la mini compañía *Front End*  
Fuente: Extraída de *Folleto Skyworks Solutions* (2018)

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROBLEMA

### PROCESO WIRE BOND

En esta sección donde se describe el proceso de *wirebond*, es donde se está llevando a cabo el proyecto. El proceso de *wirebond* es donde se unen los dados al tablero y a los componentes por medio de alambres por medio de una pieza llamada capilar, como se muestra en la Figura 8. Se debe tener mucho cuidado al momento de estar operando el equipo que se encarga de hacer el proceso de *wirebond*, ya que unen conexiones, y debido a que las conexiones están expuestas se pueden dañar. Para evitar cualquier tipo de daño es necesario seguir debidamente los procedimientos.



Figura 8 Proceso de *wirebond*

Fuente: Extraída de *Manual de wirebond de Skyworks Solutions (2018)*

### FLUJO DE MATERIAL

La Figura 9 muestra el flujo de material del proceso de *wirebond*, los tableros con los dispositivos al inicio del proceso llevan una limpieza por medio de plasma, después de pasar el material por plasma entran en los equipos que llevan a cabo el proceso de *wirebond*, el material alambrado es muestreado por personal de calidad, si el material es aceptado pasa al siguiente proceso el cual consiste en pasar el material por máquinas de conteo, una vez que salen de conteo se envían a la mini compañía de *Back End* para que se continúen con los procesos subsecuentes.

Si el material muestreado no es aceptado por personal de calidad, se inspecciona para la segregación de fallas, y es muestreado de nuevo, si pasa el muestreo continuo su proceso para ser contado y seguir su flujo.

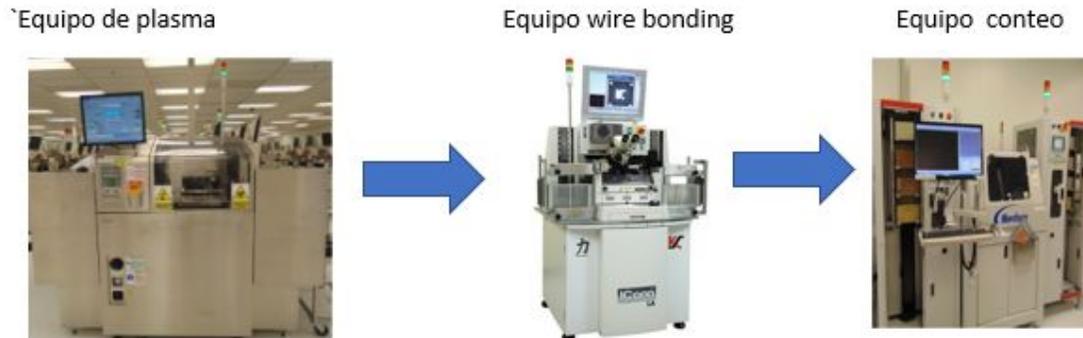


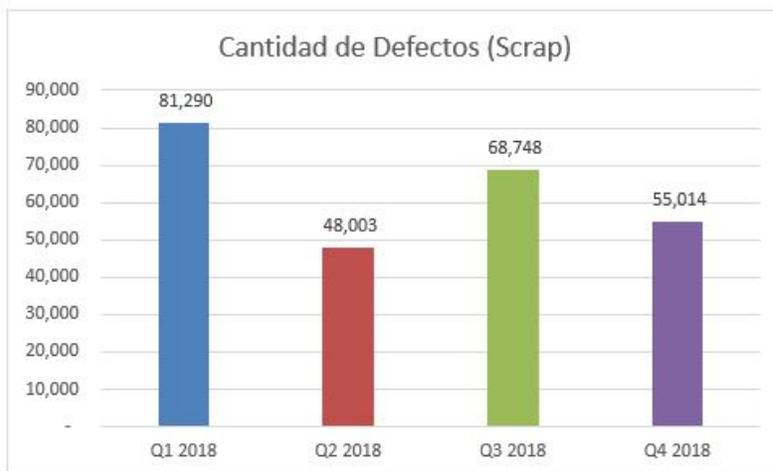
Figura 9 Flujo de proceso de *wirebond*

Fuente: Elaboración propia a partir de *manual de proceso de wirebond (2018)*

Durante el proceso de *wirebond* que se lleva a cabo en el equipo de *wirebonding*, hay un procedimiento que es básico para llevar a cabo dicho proceso, este procedimiento se llama cambio de capilar. El capilar es la herramienta que se encarga de la unión de los dados con el tablero por medio de alambres, el capilar tiene un tiempo de vida definido y debe cambiarse según el procedimiento de cambio de capilar, tal procedimiento es realizado cada que se agota la vida, cuando se tapa y cuando su punta se contamina.

## PROBLEMA

En la mini compañía de *Fronnd End* dentro del proceso de wirebond en el año fiscal 2018, se rechazaron 728 lotes por defecto de fuera offset, esto represento un desperdicio total de 253,055 piezas por defecto de fuera de offset (IF). La Figura 10 muestra el desglose por trimestres de la cantidad de defectos de fuera de offset del año fiscal 2018, como se observa el defecto tiene una tendencia errática, se observa que del trimestre 1 al trimestre 2 hay una baja, sin embargo, en el trimestre 3 hay un alza en los defectos y para el trimestre 4 baja la cantidad de defectos.



*Figure 10 Defectos de fuera de offset desperdiciadas en el año 2018*  
Fuente: Elaboración propia

Este defecto es atribuible al personal encargado de la operación de los equipos de *wirebond*, y ocurre cuando no se lleva a cabo de manera adecuada el procedimiento de cambio de capilar. Este defecto se presenta gráficamente en la Figura 10:



Figura 11 Defecto de fuera de *offset*

Fuente: Extraída de *manual de defectos de wirebond de Skyworks Solutions (2018)*

En este tipo de fallas, todas las conexiones están desplazadas hacia un mismo lado y mal centradas. Esta falla se produce en *wirebond*, al regrabar inadecuadamente los alineamientos de referencia en el dado o al no seguir el procedimiento completo de cambio de capilar.

El procedimiento de cambio de capilar es donde se está generando el fuera de *offset*, este procedimiento consta de 21 pasos.

Este tipo de defecto no es re-trabajable, lo cual impacta de manera significativa en desperdicio de piezas. A consecuencia de este defecto, cada pieza desperdiciada equivale a 50 centavos de dólar aproximadamente.

#### **ANTECEDENTES**

Las piezas desperdiciadas por fuera de *offset* y mal y centrado de la bola en el pad en el proceso de *wirebond* el año fiscal 2018 tuvo un impacto económico de aproximadamente 126 mil dólares.

Las acciones que se han hecho al momento son:

- Informar al personal del problema de defectos por fuera de *offset*.
- Entrenar a los empleados sobre el procedimiento de cambio de capilar y centrado de la bola en el pad en el proceso de *wirebond*.
- Llevar un registro de los casos de defectos por fuera de *offset* y mal centrado de la bola en el pad.

Con las acciones anteriores, no se ha logrado marcar una tendencia a la baja, como se esperaba.

## **JUSTIFICACIÓN**

Hoy en día la industria de los circuitos electrónicos tiene aplicación en todos los ámbitos de la sociedad, ya que la gama de aplicaciones es muy extensa. Con la información obtenida de este proyecto se busca solucionar una problemática de gran impacto para la planta *Skyworks Solutions Mexicali*, en la mini compañía de *Fronnd End* en el proceso de *wirebond*.

El presente proyecto se enfocó en reducir las incidencias de no seguir el procedimiento de cambio de capilar, se pretende encontrar las causas raíz que están provocando un mal cambio de capilar. El impacto que se espera de este proyecto es de tipo económico. El proyecto tiene como objetivo reducir los defectos de fuera de offset, y por lo tanto un ahorro económico al tener menos desperdicio por este defecto.

Otro de los propósitos de este proyecto es aplicar metodologías y técnicas aprendidas en la maestría de Ingeniería e Innovación, en el área de sistemas y procesos industriales, con el fin resolver problemas reales, e implementar sistemas que nos ayuden a reducir o mitigar las consecuencias del problema en cuestión.

## ENUNCIADO DEL PROBLEMA

En la mini compañía de *Fronnd End*, en el proceso de *wirebond* por cambio incorrecto de capilar y mal centrado de la bola en pad; hubo un desperdicio promedio de 63 mil piezas por defecto de fuera de offset cada trimestre fiscal del año 2018, luego del crecimiento tan rápido, la falta de monitoreo a procedimientos y el alto nivel de rotación de personal.

## PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con el problema descrito se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo asegurar el correcto cambio de capilar y centrado de la bola en el *pad* durante el proceso de *wirebond*, que permita la reducción de defectos por fuera de *offset*?

### Problemática

Para poder responder la pregunta de investigación, esta derivó en la siguiente problemática planteada en las siguientes preguntas:

¿Cómo analizar las bases de datos de los rechazos acontecidos de fuera de *offset* durante el año 2018, para detectar tendencias y comprender las causas del problema?

¿Cuáles son los pasos críticos en la instrucción de cambio de capilar y centrado de la bola en el *pad* durante el proceso de *wirebond*?

¿Cómo elaborar una instrucción de trabajo que minimice cambios incorrectos de capilar y centrado de la bola en el *pad* durante el proceso de *wirebond*?

¿Cómo monitorear los cambios de capilar y centrado de la bola en el *pad* en los equipos utilizados durante el proceso de *wirebond*?

¿Cómo validar los equipos donde se realizó un cambio de capilar y centrado en el *pad* durante el proceso de *wirebond*?

## **OBJETIVO**

### **OBJETIVO GENERAL**

Este proyecto plantea el siguiente objetivo general:

Desarrollar un modelo de gestión de calidad y monitoreo mediante una aplicación que permita asegurar el correcto cambio de capilar y centrado de la bola en el pad durante el proceso de *wirebond*. El lograr este objetivo conllevará a su vez en la reducción del número de defectos por fuera de *offset*.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Analizar las bases de datos de los rechazos acontecidos de fuera de *offset* durante el año 2018, para detectar tendencias y comprender las causas del problema.

Identificar los pasos críticos en la instrucción de trabajo de cambio de capilar y centrado de la bola en el pad durante el proceso de *wirebond*.

Establecer una instrucción de trabajo que minimice cambios incorrectos de capilar y centrado de la bola en el pad durante el proceso de *wirebond*.

Desarrollar una aplicación que permita monitorear los equipos que se llevó a cabo un procedimiento de cambio de capilar y centrado de la bola en el *pad* durante el proceso de *wirebond*.

Implementar una validación en los equipos donde se realizó un cambio de capilar y centrado de la bola en el pad durante el proceso de *wirebond*, para asegurar la confiabilidad.

## **HIPÓTESIS**

De acuerdo con el propósito del proyecto y la pregunta de investigación, este proyecto establece la siguiente hipótesis:

Si se desarrolla un modelo de gestión de calidad y monitoreo que permita asegurar el correcto cambio de capilar y centrado de la bola en el pad durante el proceso de *wirebond*, se lograra una reducción en los defectos de fuera de offset causados por cambio incorrecto de capilar y por mal centrado de la bola en el pad.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### DEFINICIÓN DE WIREBOND

*Wirebonding* según Valenta et al, (2015) es el método más usado para llevar a cabo las conexiones entre los circuitos integrados y la placa de circuito impreso. En la Figura 11 se muestran todos aquellos componentes responsables de realizar el proceso de *wirebond*, los componentes más importantes son el capilar, el alambre, el electrodo, el transductor, etc.

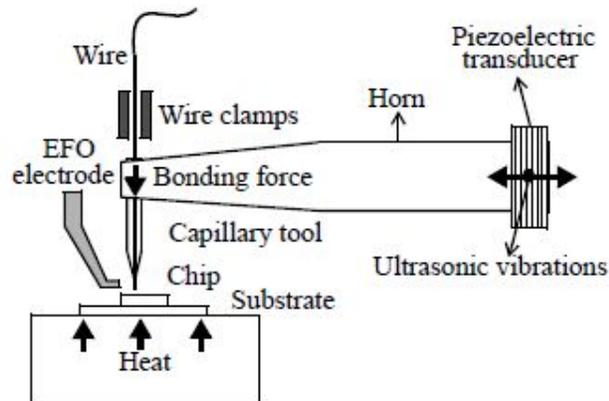


Figura 12 Componentes que llevan a cabo el proceso de *wirebond*

Fuente: Extraída de *Wire Bonding in Microelectronics: Materials, Processes, Reliability, and Yield*, (1997)

Sin embargo, la utilidad del método wirebonding no se limita sólo a este tipo de conexiones, ya que también se puede utilizar para conectar varios circuitos integrados entre sí. La conexión de cables se puede utilizar en frecuencias superiores a 100 GHz.

El método *wirebonding* consiste en crear cables de interconexión muy finos desde los contactos del chip hasta los contactos existentes en tablero o circuito impreso, o en el caso del empaquetado 3D, entre los contactos de un chip hasta los contactos de otro chip (Valenta et al, 2015).

La Figura 12 presenta cada una de las fases del proceso de *wirebond*, en todas estas etapas el capilar juega un papel muy importante.

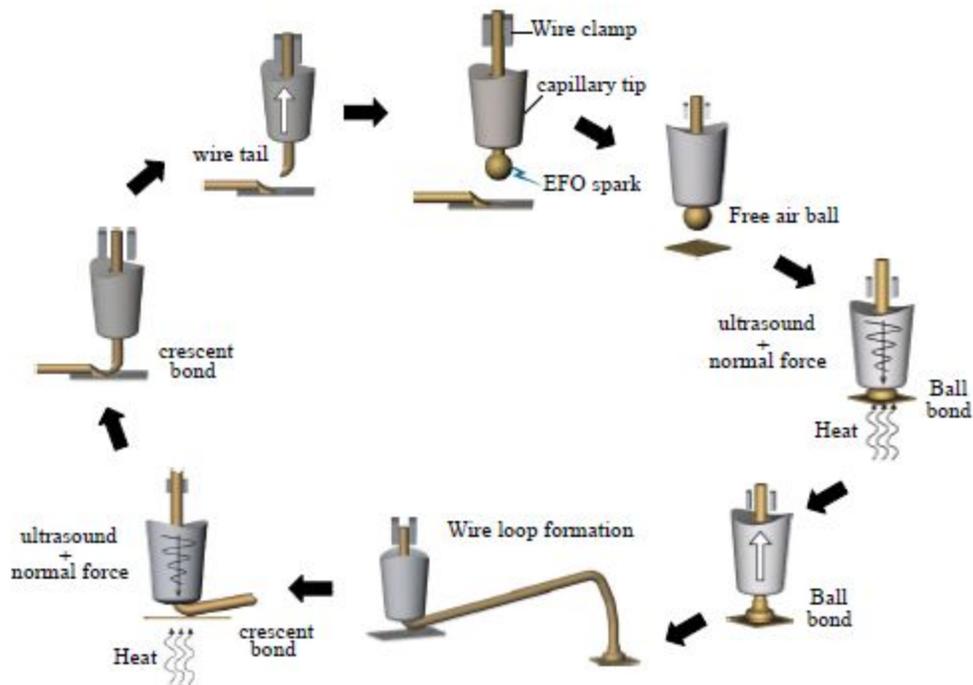


Figura 13 Ciclo de unión de dado con el tablero por medio de alambres  
 Fuente: Extraída de <http://www.smallprecisiontools.com/index.cfm>

Estos cables de unión suelen estar fabricados de aluminio, cobre u oro. En cuanto a las uniones, éstas pueden ser de dos tipos básicamente:

- Uniones mediante bolas (con aire en su interior), generalmente usadas para conectar el cable en el origen.
- Uniones en forma de cuña, usadas para conectar el cable con la zona de contacto del destino.

## MATERIALES

Los cables de enlace generalmente consisten en uno de los siguientes materiales:

- Aluminio
- Cobre

- Plata
- Oro

Los diámetros de los cables comienzan a 15  $\mu\text{m}$  y pueden alcanzar varios cientos de micrómetros para aplicaciones de alta potencia.

La industria de los circuitos semiconductores está pasando de usar el oro a usar el cobre, (Mokhoff, 2012). Este cambio ha sido motivado por el costo creciente del oro y el costo del cobre comparativamente estable y mucho más bajo. Aunque posee una conductividad térmica y eléctrica más alta que el oro, el cobre había sido visto anteriormente como menos confiable debido a su dureza y susceptibilidad a la corrosión. Para 2015, se espera que más de un tercio de todas las máquinas de conexión de cables en uso se configuran para cobre (Mokhoff, 2012).

El alambre de cobre se ha convertido en uno de los materiales preferidos para las interconexiones de unión de cables en muchas aplicaciones semiconductoras y microelectrónicas. El cobre se utiliza para la unión de bolas de alambre fino en tamaños de hasta 0,003 pulgadas (75 micrómetros). El alambre de cobre tiene la capacidad de ser usado en diámetros más pequeños, proporcionando el mismo rendimiento que el oro sin el alto costo del material (Brökelmann, Siepe, Hunstig, McKeown & Oftebro, 2015).

El alambre de cobre de hasta 500  $\mu\text{m}$ , señala se puede unir por medio del método de *wirebond* con los parámetros de configuración adecuados. El alambre de cobre de gran diámetro puede reemplazar y reemplaza al alambre de aluminio donde se necesita una alta capacidad de corriente o donde hay problemas con la geometría compleja. Los pasos de recocido y proceso utilizados por los fabricantes mejoran la capacidad de usar alambre de cobre de gran diámetro para unir por medio de *wirebonding* al silicio sin que se produzcan daños en la matriz (Brökelmann et al., 2015).

El alambre de cobre plantea algunos desafíos porque es más duro que el oro y el aluminio, por lo que los parámetros de unión deben mantenerse bajo un estricto control. La formación de óxidos es inherente a este material, por lo que el almacenamiento y la vida útil son cuestiones que deben considerarse. Se requiere un embalaje especial para proteger el cable de cobre y lograr una vida útil más larga. El alambre de cobre recubierto con paladio es una alternativa común que ha mostrado una resistencia significativa a la corrosión, aunque con una dureza más alta que el cobre puro y un precio mayor, aunque aún menos que el oro. Durante la fabricación de enlaces de alambre, el alambre de cobre, así como sus variedades plateadas, deben trabajarse en presencia de gas formador [95% de nitrógeno y 5% de hidrógeno] o un gas anóxico similar para evitar la corrosión. Un método para hacer frente a la dureza relativa del cobre es el uso de variedades de alta pureza (Chauhan et al.,2014).

El alambre de oro puro dopado con cantidades controladas de berilio y otros elementos se utiliza normalmente para la unión de bolas. Este proceso reúne los dos materiales que se unirán utilizando calor, presión y energía ultrasónica, que se denomina unión termo sónica. El enfoque más común en la unión termo sónica es unir con una bola al chip, y luego unir con costura al sustrato. Los controles muy ajustados durante el procesamiento mejoran las características de bucle y eliminan la flacidez.

El tamaño del empalme, la resistencia de la unión y los requisitos de conductividad generalmente determinan el tamaño del cable más adecuado para una aplicación específica de unión del cable. Los fabricantes típicos fabrican alambres de oro en diámetros desde 0.0005 pulgadas (12.5 micrómetros) y más grandes. La tolerancia de producción en el diámetro del alambre de oro es de +/- 3%.

Los alambres de aluminio aleados generalmente se prefieren al alambre de aluminio puro, excepto en dispositivos de alta corriente debido a una mayor facilidad de estirado para tamaños finos y mayores resistencias de prueba de

tracción en dispositivos terminados. El aluminio puro y el 0,5% de magnesio y aluminio se usan más comúnmente en tamaños más grandes que 0,004 pulgadas (101 micrómetros).

Todos los sistemas de aluminio en la fabricación de semiconductores eliminan la plaga púrpura (compuesto inter metálico de oro y aluminio frágil) asociado a veces con el alambre de unión de oro puro. El aluminio es particularmente adecuado para la unión termo sónica.

Con el fin de garantizar que se puedan obtener enlaces de alta calidad a altas velocidades de producción, se utilizan controles especiales en la fabricación de un 1% de alambre de silicio y aluminio. Una de las características más importantes del cable de unión de alta calidad de este tipo es la homogeneidad del sistema de aleación. Se otorga especial atención a la homogeneidad durante el proceso de fabricación. Los controles microscópicos de la estructura de aleación de lotes terminados de 1% de alambre de silicio y aluminio se realizan de forma rutinaria. El procesamiento también se lleva a cabo en condiciones que brindan lo último en limpieza de superficie y acabado suave y permiten un desenrollado completamente sin problemas.

## DEFINICIÓN DE CAPILAR

Capilares son las herramientas con las que se lleva a cabo la unión de alambres del dado hacia el tablero, estos fabricados de cerámica tienen simetrías axiales con orificios de alimentación verticales. La Figura 13 muestra un ejemplo de un capilar utilizado en aplicaciones de paso fino. La punta de la herramienta tiene una forma que le da la holgura necesaria en la unión de paso fino.

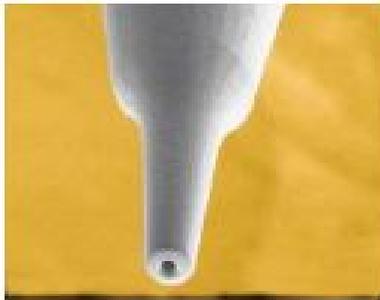


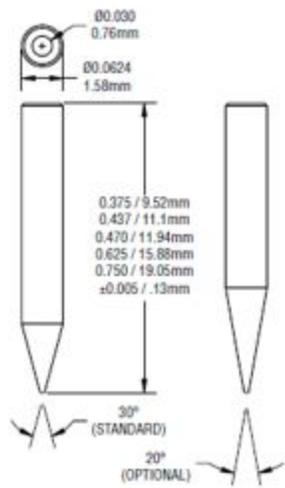
Figura 14 Fotografía de un capilar para proceso de *wirebond*  
Fuente: Extraída de <http://www.smallprecisiontools.com/index.cfm>

Inicialmente el material de carburo de tungsteno conduce a capilares más robustos y dimensionalmente consistentes. También permitieron la reducción de las temperaturas de unión, para dispositivos sensibles transfiriendo el calor directamente al capilar. El capilar metálico creó un nuevo problema que fue menor adherencia.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS CAPILARES

Los capilares tienen dos conjuntos básicos de dimensiones estándar de la industria, sus características son gran geometría y pequeña geometría como se presenta en la Figura 14. Las dimensiones geométricas grandes generalmente se refieren al vástago, agujero posterior, y cono. Las pequeñas dimensiones de la geometría se refieren a los detalles de la punta.

#### Dimensiones geométricas grandes



#### Dimensiones geométricas pequeñas

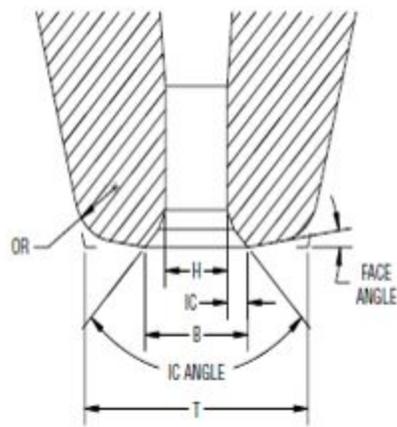


Figura 15 Características geométricas del capilar

Fuente: Imágenes extraídas de <http://www.smallprecisiontools.com/index.cfm>

#### Características de la geometría pequeña:

- Diámetro de la punta (T)
- Diámetro o tamaño del agujero (H)
- Diámetro del chaflán (CD o B)
- Chaflán interior (IC)
- Ángulo interior del chaflán (ángulo IC)
- Ángulo de la cara (Nota: puede ser plano,  $0^\circ$ )
- Radio exterior (OR)

#### Características de la geometría grande:

- Diámetro del vástago (SD)
- Longitud de la herramienta (L)
- Ángulo cónico o ángulo cónico principal
- Agujero posterior

## DEFINICIÓN DE MODELO DE GESTIÓN DE CALIDAD

Según Moreno (2001), los conceptos de calidad y de gestión de la calidad han evolucionado considerablemente a lo largo de los últimos setenta años. De esta manera existen diversos conceptos, propuestos por los autores más importantes en calidad entre los que destacan W. Edwards Deming, Joseph M. Juran, Kaosuro Ishikawa, Philip B. Crosby, Armand V. Feigenbaum, que a la fecha siguen vigentes formando parte de la teoría de la gestión de las organizaciones, a continuación, se describen algunos. El autor Edwards Deming, criticó las formas tradicionales de administrar y evaluar a los trabajadores, por lo que propuso ideas más humanistas y fundamentadas en el conocimiento de la variación natural que en todo proceso existe. Las principales aportaciones de Deming, son: catorce principios para transformar la gestión en la organización y el ciclo Deming, cuyas etapas son: planificar: establecer objetivos y procesos para obtener resultados; hacer: implementar los procesos; verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos para el producto, e informar sobre los resultados; actuar: tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos.

Los catorce principios de Deming señalan cómo se debe administrar una organización para asegurar su éxito por medio de la calidad, sirven para evaluar o autoevaluar la actuación de la dirección de cualquier organización. Estos principios son: crear constancia de objetivos, adoptar la nueva filosofía, eliminar la dependencia de la inspección en masa, acabar con la práctica de conceder un contrato sólo por su precio, mejorar constantemente el sistema de producción y servicio, instituir la formación y reformación, instituir el liderazgo, erradicar el miedo, derribar las barreras entre las áreas del personal, eliminar lemas, exhortaciones y objetivos, eliminar cuotas numéricas, eliminar barreras para dignificar la fabricación, instituir un programa de educación y reentrenamiento, actuar para lograr la transformación, (James,1997). El autor Joseph M. Juran, escribió sobre calidad, comenzado con un folleto llamado métodos estadísticos aplicados a problemas de manufactura. Conceptualizó el principio de Pareto,

enfaticó la responsabilidad de la administración para mejorar el cumplimiento de las necesidades de los clientes. Entre sus principales aportaciones destaca la trilogía de la calidad, que es un esquema de administración funcional cruzada, compuesta de tres procesos administrativos: planear, mejorar y alcanzar niveles de desempeño sin precedentes, (Gutiérrez, 2005). Juran asegura que la calidad, se da cuando un producto o servicio es adecuado para su uso; así la calidad consiste en la ausencia de deficiencias en aquellas características que satisfacen al cliente, es decir, que la opinión del usuario es la que indica que la calidad está en el uso real del producto o servicio, (Juran, 1990). El enfoque de Juran, es hacia la mejora de la calidad.

Kaoru Ishikawa, jugó un papel relevante en el movimiento por la calidad en Japón debido a sus actividades de promoción y su aporte en ideas de innovadoras para la calidad. Ishikawa estaba más orientado a las personas que a las estadísticas, promovió una mayor participación de todos los empleados. Al igual que otros autores, creía que la calidad comienza por el cliente, y entender sus necesidades es la base para mejorar; las quejas deben manejarse en forma activa, como oportunidades para reajustar la calidad (Evans, 2001). Sus principales aportaciones son: los círculos de calidad en Japón, o grupos de personas de una misma área de trabajo que se dedican a generar mejoras, el empleo de las siete básicas herramientas de la calidad en la que destaca, el diagrama de causa-efecto, también denominado diagrama de Ishikawa, y la mención del control total de calidad, como nueva filosofía de administración, ya que logra una organización superior con una mejor posición competitiva en el mercado, (Gutiérrez, 2005). El principal objetivo de Ishikawa fue involucrar a todos en el desarrollo de la calidad y no sólo a la dirección, (James,1997). Las propuestas de Philip B. Crosby se centran en los problemas de motivación y expectativas. Algunas de sus aportaciones más importantes son: catorce pasos, en donde explica paso a paso la manera en que una organización podía iniciar y continuar su movimiento por la calidad, determinó la frase hacerlo bien a la primera vez, trae como consecuencia una reducción de costos importantes, aplica el concepto de prevención para lograr cero defectos, (Gutiérrez, 2005). Philip

Crosby (1998) define qué calidad es, conformidad con las necesidades o cumplimiento de los requisitos. Esta definición se enmarca hacia la producción, se relaciona mucho con la inspección de los procesos. De acuerdo con su lema, la calidad es libre, Crosby establece el efecto de la no conformidad y enfoca la atención en temas de prevención. Para Armand V. Feigenbaum la calidad es un modo de vida corporativa, un modo de administrar una organización (Gutiérrez, 2005). En los años 50 definió la calidad total como un eficaz sistema de integrar el desarrollo de la calidad, su mantenimiento y los esfuerzos de los diferentes grupos en una organización para mejorarla, permitiendo que la producción y los servicios se realicen en los niveles más económicos que permitan la satisfacción de un cliente, (James,1997). Según Feigenbaum (1997), la calidad del producto y servicio puede definirse como, la resultante total de las características de estos, en cuanto a mercadotecnia, ingeniería, fabricación y mantenimiento, por medio de las cuales el producto o servicio tendrá como propósito satisfacer las expectativas del cliente.

Después de revisar los conceptos antes descritos se define a la calidad como aquella que tiene como objetivo la plena satisfacción de las necesidades del cliente, mediante productos y servicios elaborados con cero defectos, que logren exceder las expectativas de estos. Cabe señalar que el concepto de calidad es multidimensional, debido a que las necesidades de los consumidores son múltiples y diversas, pues incluyen aspectos como la aptitud para el uso, el diseño, la seguridad, la fiabilidad o el respeto al medio ambiente, es también flexible por lo que factores, como giro, tamaño y otros no son determinantes para su aplicación. La calidad, por lo tanto, es considerada como una estrategia administrativa primordial de los negocios, ya que principalmente fomenta firme y positivamente el sano crecimiento del negocio, proporciona una ventaja competitiva, está orientada a la plena satisfacción del cliente planeando de esta manera costos razonables de calidad. La calidad no cuesta, sino que genera utilidades en todos los aspectos, ya que cada centavo que se gaste en hacer las cosas mal, hacerlas otra vez o hacerlas en lugar de otras se convierte en medio centavo en utilidades (Crosby,1998).

De esta manera, la calidad ayuda a disminuir los costos de operación de las organizaciones al definir métodos para eliminar los retrabajos que ocasionan las equivocaciones y por medio del establecimiento de una mejora continua en los procesos, de esta manera se genera un aumento en la productividad. Goetsch (2001), menciona que la calidad, consiste en las actividades de mejora continua que involucra a cada uno de los integrantes de la organización. La calidad entonces se proyecta vigorosa y revolucionariamente como un nuevo sistema de gestión empresarial y factor de primer orden para la competitividad de las empresas.

El concepto de calidad, tradicionalmente relacionado con la calidad del producto, se identifica ahora como aplicable a toda la actividad empresarial y a todo tipo de organización. De acuerdo con Moreno (2001), el concepto de calidad se encuentra en cuatro categorías fundamentales: calidad como conformidad, es decir conformidad con las especificaciones definidas en función a los requerimientos de los clientes; calidad como satisfacción de las expectativas del cliente; calidad como valor con relación al precio y calidad como excelencia, aplica en aquellos productos o servicios que reúnen los máximos estándares de calidad en sus diferentes características. Un producto o un servicio es de calidad excelente cuando se aplica en su realización los mejores componentes, la mejor gestión y realización en de los procesos.

Un modelo es una descripción simplificada de una realidad que se trata de comprender, analizar y, en su caso, modificar. Un modelo de referencia para la organización y gestión de una empresa permite establecer un enfoque y un marco de referencia objetivo, riguroso y estructurado para el diagnóstico de la organización, así como determinar las líneas de mejora continua hacia las cuales deben orientarse los esfuerzos de la organización. Es, por tanto, un referente estratégico que identifica las áreas sobre las que hay que actuar y evaluar para alcanzar la excelencia dentro de una organización.

Un modelo de gestión de calidad es un referente permanente y un instrumento eficaz en el proceso de toda organización de mejorar los productos o servicios que

ofrece. El modelo favorece la comprensión de las dimensiones más relevantes de una organización, así como establece criterios de comparación con otras organizaciones y el intercambio de experiencias.

Los modelos de gestión de calidad más difundidos son el modelo Deming creado en 1951, el modelo Malcolm Baldrige en 1987 y el Modelo Europeo de Gestión de Calidad, EFQM. en 1992.

En este proyecto los procedimientos e instrucciones de trabajo tiene un rol fundamental, debido al tipo de actividades que se llevan a cabo. A continuación, presento las bases, importancia y ventajas que tienen los manuales de procedimientos.

Los procedimientos se han caracterizado por un fin común, que consiste en que una actividad específica sea definida y se repita la manera al hacerla. Es ahí donde nace el establecimiento de reglas que marcan la pauta y la uniformidad de las actividades para evitar los errores operativos, o errores por toma de decisión incorrecta; facilita el entrenamiento del personal, es información que se transmite, pasa a ser parte importante para gestionar el conocimiento dentro de las organizaciones.

Un manual de procedimiento es un documento formal donde se concentra información y que está al alcance del personal, sirve como una de las herramientas para lograr los objetivos organizacionales. Los manuales son la base de una correcta organización y disciplina para la realización de las actividades.

El manual de procedimientos es una de las diferentes clasificaciones que tienen los manuales administrativos. Son un elemento fundamental en las complejas estructuras de las organizaciones. En este documento se analiza específicamente al manual de procedimientos.

Para que un manual de procedimientos pueda elaborarse, es necesario tener un amplio conocimiento de las actividades, y analizar la manera óptima para realizar las actividades; esto con el fin de optimizar el uso de los recursos que intervienen y facilitar la ejecución de los procesos.

El manual de procedimientos es una de las diferentes clasificaciones que tienen los manuales administrativos, son un elemento fundamental para transmitir las reglas o normas que debe seguir el trabajo en las organizaciones. A continuación, se citan las definiciones de algunos conceptos básicos incluidos en el presente trabajo.

Manual, según Múnera (2002), es la forma en la cual se gestionan, dentro de los diferentes procesos de la empresa, mecanismos mediante los cuales se pueda aprovechar de una forma inteligente todo el conocimiento que se maneja en la organización.

Procedimiento, de acuerdo con Prieto (1997), es una serie de pasos claramente definidos, que permiten trabajar correctamente disminuyendo la probabilidad de error, omisión o de accidente. También lo define como el modo de ejecutar determinadas operaciones que suelen realizarse de la misma manera.

Gestión del conocimiento, del inglés *Knowledge Management*, Fleitas y Gil (2008) lo definen como el conjunto de metodologías, sistemas y herramientas informáticas que ayudan a las empresas, en relación con los conocimientos que son clave para su actividad, tales como: gestionar su “capital intelectual”, gestionar sus necesidades actuales y futuras, y prevenir y evitar los riesgos de descapitalización, gestionar carencias estructurales y coyunturales, acumular su base de conocimientos en cada evento de trabajo creativo individual o grupal, promover la comunicación e intercambio de ideas y experiencia entre empleados y rentabilizar su base de conocimientos.

Las tres fases de la toma de decisiones: la primera fase es la *recopilación* de datos del interior de la organización. Recopilación de datos del exterior de la organización. Recopilación de información de los modos posibles de resolver el problema. La segunda etapa es organizar los datos; seleccionar un modelo para procesar los datos. Elaborar propuestas de acciones posibles y razonables. Y la última etapa es *seleccionar* un curso de acción.

El manual de procedimientos es un medio escrito que sirve para registrar y dar información clara respecto a un actividad específica en una organización; coordina de forma ordenada las actividades a seguir para lograr los objetivos específicos, mostrando claramente los lineamientos e instrucciones necesarios para la mejora del desempeño; lo anterior significa que este documento contiene los pasos a seguir para realizar una o más funciones, basándonos en la explicación que da Susan Diamond (1983) en su libro *“Como preparar manuales administrativos”*.

Para Franklin (2009) los manuales de procedimientos constituyen un documento técnico que incluye información sobre la sucesión cronológica y secuencial de operaciones concatenadas entre sí, que se constituye en una unidad para la realización de una función, actividad o tarea específica en una organización.

La definición de Susan Diamond (1983) es la siguiente: *“el manual de procedimientos es el libro de los Cómo”*. Es la pregunta común de cómo hacer las cosas. A estos manuales también se les conocen como manuales de operaciones. La pregunta obligada que nos hacemos antes de planear la implementación de los manuales de procedimientos es ¿por qué son necesarios los manuales de procedimientos en una organización?

Son varias las respuestas que implica esta pregunta, entre ellas están:

- a) Proporcionan al usuario un sistema de referencia común y estandarizada.
- b) Proporcionan documentación; donde la información queda registrada para compartir el conocimiento.
- c) Sirven como sistema de archivo de información, fácil uso y al alcance.
- d) Los usuarios realizan las actividades en base a la especificación establecida por la organización.

- e) Se ahorra tiempo y aseguran respuesta exacta. En vez de preguntar a un subalterno, se puede optar por consultar el manual y no se corre el riesgo de que la información sea errónea.
- f) Sirven como instrumento de adiestramiento para los nuevos empleados.

## **OBJETIVOS DE LOS MANUALES DE PROCEDIMIENTOS**

Los principales objetivos de los manuales de procedimientos son:

- Contribuir a que las actividades se hagan correctamente en base a los lineamientos registrados o el estándar.
- Ayudar en la optimización de los recursos, ya sea tiempo, esfuerzo con la no repetición de alguna instrucción.
- Reclutar y seleccionar es más sencillo al tener claro los requerimientos de la actividad.
- Coordinar la elaboración, revisión, aprobación, publicación y aplicación de este.
- Diferenciar las responsabilidades de cada unidad o puesto de trabajo.
- Servir como vehículo de orientación e información para los que interactúan dentro de la organización.

Se puede decir que dentro de los objetivos del uso de los manuales de procedimientos se encuentra la estandarización de las actividades, creando un sistema basado en registros y reglas para lograr las metas deseadas y obteniendo resultados óptimos del conjunto de actividades.

No obstante, para lograr la estandarización de las actividades es necesaria una disciplina con los participantes y la debida atención para obtener resultados, hasta crear el hábito y que el sistema administrativo dé los resultados esperados.

Es importante mencionar que la gestión del conocimiento juega un papel importante, ya que en conjunto la experiencia del personal con los manuales de procedimientos tiene una trascendencia positiva los conocimientos; y con ellos la perspectiva de la mejora continua.

### **TIPOS DE MANUALES DE PROCEDIMIENTOS**

Rodríguez (2002) en su libro “*Cómo elaborar y usar los manuales administrativos*” menciona de forma muy breve los tipos de manuales de procedimientos.

La clasificación depende mucho del procedimiento que se quiera documentar, depende mucho quien elabora el documento, aunque la esencia sigue siendo la misma, la clasificación queda a criterio de quien elabora los manuales. Lo importante es que esté bien elaborado y justificado en base a la actividad.

### **ESTRUCTURA DE LOS MANUALES DE PROCEDIMIENTOS**

Lazzaro (1995) menciona que los manuales de procedimiento se diseñan con vistas a su legibilidad, sencillez y flexibilidad. La estructura de los manuales de procedimiento, como todo tiene su orden y estructura, sin embargo, hay variación de un manual a otro, todo depende de quién lo elabora y que tan detallado o sencillo lo requiera.

### **Uso e Importancia De Los Manuales De Procedimientos**

El uso y la importancia de los manuales de procedimientos hoy en día y como se ha visto tiempo atrás, es tener a la mano instrumentos que mejoren el trabajo. Lo que se busca dentro de un grupo de trabajo, empresa, organización o institución, es en sí el mejoramiento continuo de sus actividades y el aprovechamiento óptimo de los recursos que dispone.

Una oportunidad que da paso a la reducción de los costos recae principalmente en la estandarización de los procedimientos. Ya que siempre hay mejores maneras de realizar las actividades, el punto es buscar los pasos óptimos para establecerlos como un procedimiento a seguir; previa evaluación de dichas actividades para conocer la eficiencia de los resultados. Muchas ocasiones se sugiere que una persona externa observe la actividad para encontrar una posible mejora en el procedimiento, ya que la ceguera de taller impide identificar áreas de oportunidad, por lo que otra perspectiva, permite mejorar el trabajo. El no utilizar de manera correcta el procedimiento trae como consecuencia la pérdida de tiempo y esfuerzo en el trabajo, además de los costos asociados al mismo. Un elemento importante para el logro de los objetivos es la disciplina, en una organización es de suma importancia acatar correctamente los lineamientos establecidos. Lo anterior, hace necesario que los procedimientos se registren por escrito y se pongan a disposición del personal en un sencillo documento que viene a constituir una valiosa guía de trabajo.

Un punto importante por mencionar es que el establecimiento y uso de estos manuales se aplica a todos los niveles jerárquicos de la administración, desde las actividades de la gerencia hasta las actividades de los niveles más sencillos e inferiores, pero no menos importantes.

De una manera clara y sencilla la importancia de contar con los manuales dentro de su empresa: son un fuerte eslabón en el sistema administrativo que contribuye al éxito; sirven como un soporte que auxilia al usuario a aclarar sus dudas con respecto a las actividades; además dan valor agregado, ya que hace eficiente el uso de los recursos disponibles; también hay un claro enfoque por el cumplimiento de los objetivos, por lo tanto, se obtienen resultados.

Los manuales de procedimientos nos ofrecen una serie de posibilidades para la mejora de las actividades; en la investigación no se encontró que algún autor

mencionara desventajas en el uso de los mismo, sino por el contrario se consideran como una herramienta valiosa para la mejora continua dentro de cualquier organización o grupo de trabajo. De una forma sencilla a continuación se mencionan algunas de las ventajas de su uso e implementación:

- Colabora con la mejora de la eficiencia, la calidad y productividad de las actividades.
- Es fuente de información al alcance del personal sobre las actividades de la empresa y tiende a que el personal se haga responsable de sus propios deberes.
- Proporcionan la descripción de cada una de sus funciones al personal.
- Es un registro importante que facilita la revisión, evaluación y actualización de las actividades.
- Se evitan errores en las actividades por la falta de información.
- Se evitan conflictos internos por diferencia de criterios en cierto proceso, fijando dichos criterios, creando un estándar con el uso de nomenclaturas.
- Es una herramienta para un entrenamiento efectivo y capacitación. Ya que describe detalladamente las actividades de cada puesto.
- Es una herramienta de consulta.
- Es una guía de trabajo para ejecutar.
- Da facilidad para que el personal cumpla con las normas, funciones y procesos establecidos. Así como la interacción de las distintas áreas.

### CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

Este capítulo presenta la metodología utilizada para la elaboración de este proyecto el cual busca desarrollar un modelo de gestión de calidad y monitoreo que permita asegurar el correcto cambio de capilar y centrado de la bola en el *pad* durante el proceso de *wirebond*. Sera utilizada una metodología mixta.

El procedimiento será dividido en 5 etapas principales: análisis de las bases de datos de los rechazos del año 2018. Identificación de los pasos críticos en el procedimiento de cambio de capilar y centrado de la bola en el *pad*. Establecer una instrucción de trabajo que minimice cambios incorrectos de capilar. El desarrollo de una aplicación que indique en que equipos se realizó un cambio de capilar y centrado de la bola en el *pad*, y por último implementar un muestreo y validación en los equipos donde se realizó un cambio de capilar y centrado en el *pad* en el proceso de *wirebond*. La Figura 16 muestra un esquema de estas etapas a desarrollar para llegar al proyecto final.

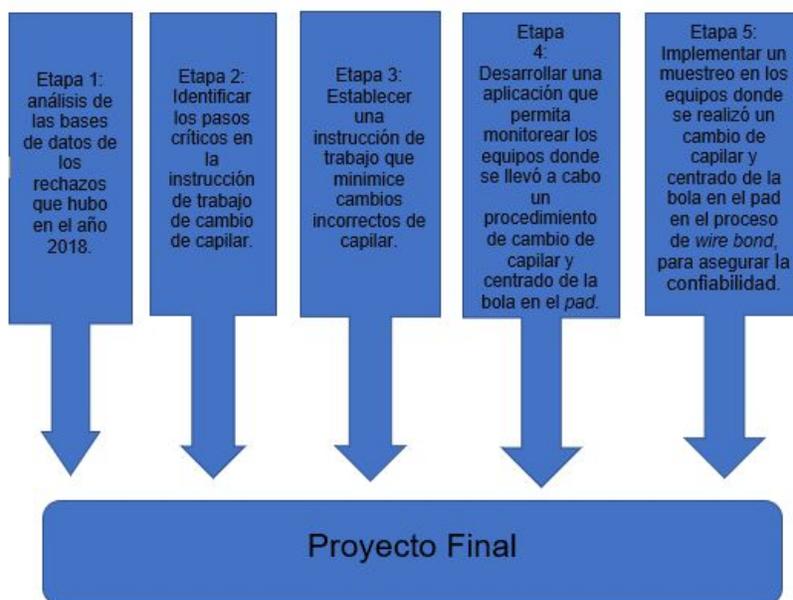


Figura 16 Esquema de etapas a desarrollar  
Fuente: Elaboración propia

#### ETAPA 1 ANÁLISIS DE LAS BASES DE DATOS DE LOS RECHAZOS EN EL AÑO 2018

La etapa 1 consiste en el análisis de las bases de datos de los rechazos que hubo en el año 2018, las actividades realizadas son las siguientes:

1. Analizar las bases de datos de los rechazos que acontecieron en 2018.
2. Graficar los datos desde varias perspectivas.
3. Interpretar las gráficas obtenidas.

## **ETAPA 2 LA IDENTIFICACIÓN DE LOS PASOS CRÍTICOS**

La segunda etapa es la identificación de los pasos críticos, se llevó mediante una investigación de cada uno de los pasos la instrucción de trabajo de cambio de capilar y centrado de la bola en el pad en proceso de *wirebond*. Las actividades realizadas son las siguientes:

1. Revisar paso a paso el documento de procedimiento de cambio de capilar y centrado de la bola en el pad en proceso de *wirebond*.
2. Revisar el manual de cambio de capilar, usado por el departamento de entrenamiento y desarrollo.

## **ETAPA 3 ESTABLECER UNA INSTRUCCIÓN DE TRABAJO QUE MINIMICE CAMBIOS INCORRECTOS DE CAPILAR Y CENTRADO DE LA BOLA EN EL PAD.**

La tercera etapa es acerca de establecer una instrucción de trabajo estandarizada de cambio de capilar y centrado de la bola en el pad, que minimice el cambio incorrecto de capilar. Las actividades por llevar a cabo son:

1. Realizar un comparativo entre la instrucción de trabajo de cambio de capilar y centrado de la bola que usa el departamento de entrenamiento y desarrollo y la instrucción de trabajo que está disponible para consulta en el área de producción.
2. Proponer una instrucción de trabajo de cambio de capilar estandarizada.

## **ETAPA 4 DESARROLLO DE UNA APLICACION DE MONITOREO**

La cuarta etapa que consiste en desarrollar de una aplicación que indique en que equipos se realizó un cambio de capilar y centrado de la bola en el pad, en esta se

requiere solicitar el apoyo del departamento de tecnología de la información para llevar a cabo las siguientes actividades:

1. Solicitar al departamento de tecnología de la información la aplicación o programa en la cual se pueda tener acceso a la información de cada cambio de capilar cambio de capilar y centrado de la bola en el pad.

#### **ETAPA 5 VALIDACION DE CAMBIOS DE CAPILAR**

La quinta etapa que consiste en implementar un muestreo y validación en los equipos donde se realizó un cambio de capilar y centrado en el pad en el proceso de *wirebond* para validar si fue cambiado de manera correcta, la validación se realizó en las máquinas que hubo un cambio de capilar y que son operadas por los empleados con mayor número de rechazos en el 2018. En esta etapa se va a llevar a cabo las siguientes actividades:

1. Muestrear y validar los equipos en base la información recolectada de la herramienta de cambio de capilar cambio de capilar y centrado de la bola en el pad, así como a la información obtenida del personal con mayor número de rechazos por fuera de offset en el 2018.
2. Registrar las validaciones dentro de la aplicación desarrollada por el departamento de tecnología de la información.

#### **PLAN DE ACTIVIDADES**

En la Tabla 1 se muestran los entregables para cada una de las actividades. La información es mostrada por etapas. También se presenta el tiempo estimado para la ejecución y generación de los entregables para el presente proyecto.

*Tabla 1 Lista de entregables y tiempos estimados de actividades por etapa*

ACTIVIDAD	PRODUCTO ENTREGABLE	DESCRIPCION DEL PRODUCTO	TIEMPO DE REALIZACION
Etapa 1 Análisis de las bases de datos de los rechazos que hubo en el año 2018	Resultado del análisis de las bases de datos de los rechazos por fuera offset registrados en 2018.	Este primer entregable indica algunas posibles causas raíz, mostrara tendencias, así como los mayores contribuidores de los rechazos por cambio incorrecto de capilar.	2 semanas.
Etapa 2 La identificación de los pasos críticos	Identificación de los pasos críticos en la instrucción de cambio de capilar.	Este entregable será de utilidad para demostrar si el procedimiento de cambio de capilar y centrado de bola en el pad, esta estandarizado y definido de manera correcta y es fácil de consultar para todos los empleados.	2 semanas.
Etapa 3 Establecer una instrucción de trabajo que minimice cambios incorrectos de capilar y centrado de la bola en el pad	Establecer una instrucción de trabajo de cambio de capilar estandarizada.	Establecer una instrucción de trabajo de cambio de capilar unificada y estandarizada que minimice los errores en el cambio de capilar y centrado de offset.	3 semanas
Etapa 4 Desarrollo de una aplicación de monitoreo de cambios de capilar	Aplicación capaz de indicar en que equipos se realizó un cambio de capilar y centrado de offset.	Esta herramienta permitirá visualizar todos los cambios de capilar y centrado de la bola en el pad, que se han hecho, para poder monitorear su calidad y confiabilidad.	4 semanas.
Etapa 5 Muestreo y validación	Validar los cambios de capilar y centrado de offset, por medio de un muestreo.	Por medio de esta validación se corrobora el correcto cambio de capilar y buen centrado de offset en el proceso de wirebond.	7 semanas.

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 2 presenta la Gráfica de Gantt, donde se muestran la lista de actividades y sus tiempos estimados de duración.

Tabla 2 Gráfica de Gantt

ACTIVIDADES	DURACION EN SEMANAS						
	1	2	3	4	5	6	7
1.1 Analizar las bases de datos de los rechazos que acontecieron en 2018.	■						
1.2 Graficar los datos desde varias perspectivas.		■					
1.3 Interpretar las gráficas obtenidas.	■	■					
2.1 Revisar paso a paso el documento de procedimiento de cambio de capilar y centrado de la bola en el pad en proceso de <i>wirebond</i> .			■				
2.2 Revisar el manual de cambio de capilar, usado por el departamento de entrenamiento y desarrollo.				■			
3.1 Realizar un comparativo entre la instrucción de trabajo de cambio de capilar y centrado de la bola que usa el departamento de entrenamiento y desarrollo y la instrucción de trabajo que está disponible para consulta en el área de producción.					■		
3.2 Proponer una instrucción de trabajo de cambio de capilar estandarizada.						■	
4.1 Solicitar al departamento de tecnología de la información la aplicación o programa en la cual se pueda tener acceso a la información de cada cambio de capilar cambio de capilar y centrado de la bola en el pad.	■	■	■	■			
5.1 Muestrear y validar los equipos en base la información recolectada de la herramienta de cambio de capilar cambio de capilar y centrado de la bola en el pad, así como a la información obtenida del personal con mayor número de rechazos por fuera de offset en el 2018.	■	■	■	■	■	■	■
5.2 Registrar las validaciones dentro de la aplicación desarrollada por el departamento de tecnología de la información.					■	■	■

Fuente: Elaboración propia

## RECURSOS REQUERIDOS

A continuación, se describen los recursos requeridos por etapa de manera general.

Tener acceso a la base de datos de rechazos del año 2018. para llevar a cabo la primera etapa, para estas actividades será necesario elaborar graficas desde varias perspectivas o criterios para conocer la causa raíz del cambio incorrecto del capilar.

Para la segunda etapa se requiere el recurso humano, es necesario el apoyo de parte del personal encargado de elaborar los procedimientos, las instrucciones de trabajo y encargado del entrenamiento de personal. Esto con la finalidad de evaluar el manual de entrenamiento y la instrucción de trabajo que se encuentra en el piso de producción.

El recurso humano es requerido para llevar a cabo la tercera etapa, para estas actividades será necesario el apoyo de parte del ingeniero de procesos en conjunto con el personal encargado de entrenamiento y desarrollo para estandarizar una instrucción de trabajo de cambio de capilar que minimice los errores en el cambio de capilar y centrado de la bola en el *pad* en el proceso de wirebond.

El recurso humano es requerido para llevar a cabo la cuarta etapa, para estas actividades será necesario el apoyo de parte del ingeniero de proyectos en conjunto con el personal encargado de tecnología de la información, para desarrollar la herramienta de monitoreo de cambios de capilar y centrado de la bola en el *pad*.

Para llevar a cabo la quinta etapa, será necesario asignar personal que se encargará de muestrear y validar los cambios de capilar y centrado de la bola en el *pad*, para validar la calidad y confiabilidad.

## **CAPITULO IV: RESULTADOS**

En este capítulo se presentan los resultados de este proyecto de aplicación el cual busco el siguiente objetivo general:

Desarrollar un modelo de gestión de calidad y monitoreo mediante una aplicación que permita asegurar el correcto cambio de capilar y centrado de la bola en el pad durante el proceso de *wirebond*. El lograr este objetivo conllevará a su vez en la reducción del número de defectos por fuera de *offset*.

Los resultados son presentados de acuerdo con la metodología presentada en el capítulo III, la cual consiste en 5 etapas.

### **ETAPA 1 ANÁLISIS DE LAS BASES DE DATOS DE LOS RECHAZOS EN EL AÑO 2018**

La primera etapa del proyecto busco analizar las bases de datos de los rechazos acontecidos de fuera de *offset* durante el año 2018, para detectar tendencias y comprender las causas del problema.

A continuación, se muestran los resultados de analizar la base de datos de los rechazos del año 2018. Este análisis se llevó a cabo desde varias perspectivas o criterios, esto con el fin de delimitar áreas de oportunidad y acción. Los datos fueron analizados desde diferentes perspectivas.

La primera perspectiva fue rechazos por turno, en el área de *wirebond* hay cuatro turnos, los turnos son de 3 y 4 días de 12 horas cada turno, dichos turnos son MXA, MXB, MXC y MXD, donde los turnos MXA y MXD, son los turnos matutinos y los turnos MXB y MXC son los turnos nocturnos. Cada turno cuenta con 78 empleados.

La Figura 17 representa los 728 rechazos con registro del año 2018, desglosados por turno, en el eje vertical se presenta la cantidad de rechazos por fuera de *offset*, mientras que en el eje horizontal no muestra los turnos donde se generaron los rechazos, donde se observa que la diferencia en cantidad de rechazos entre los turnos no es grande o tendenciosa.

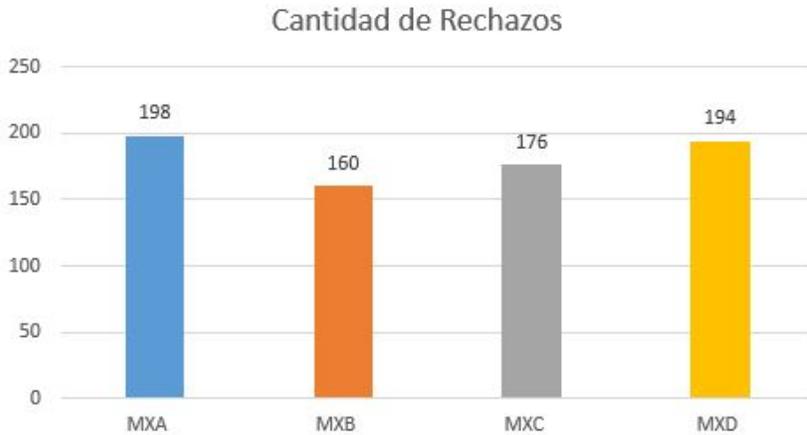


Figura 17 Grafica de rechazos por turno 2018  
 Fuente: Elaboración propia

El siguiente análisis de datos fue rechazos por empleado en cada uno de los cuatro turnos. Para el análisis de rechazos por turno, el turno con mayor problema fue el MXA, la Figura 18 donde se muestra en el eje vertical la cantidad de rechazos por empleado del turno MXA durante el año 2018, mientras que el eje horizontal nos muestra el número de empleado a quien se le asigno el rechazo, lo que nos muestra la gráfica es que 15 empleados generaron el 50 % de los 198 rechazos. Cada turno tiene alrededor de 78 empleados, estos 15 empleados representan el 19 % de los empleados de turno MXA.



Figura 18 Rechazos por empleado en Turno MXA  
 Fuente: Elaboración propia

Para el análisis del turno MXB, se presenta la Figura 19 donde se muestra en el eje vertical la cantidad de rechazos por empleado del turno MXB durante el año 2018, mientras que el eje horizontal nos muestra el número de empleado a quien se le asigno el rechazo, lo que nos muestra la gráfica es que 14 empleados generaron el 50 % de los 160 rechazos de los defectos. Cada turno tiene alrededor de 78 empleados, estos 14 empleados representan el 18% de los empleados del turno MXB.

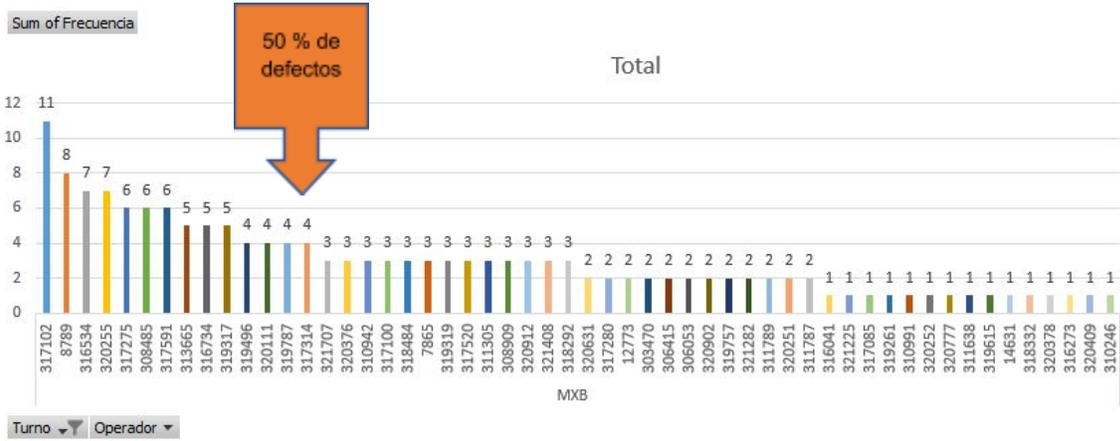


Figura 19 Rechazos por empleado en Turno MXB  
Fuente: Elaboración propia

Para el análisis del turno MXC, se presenta la Figura 20 donde se muestra en el eje vertical la cantidad de rechazos por empleado del turno MXC durante el año 2018, mientras que el eje horizontal nos muestra el número de empleado a quien se le asigno el rechazo, lo que nos muestra la gráfica es que 9 empleados generaron el 50 % de los 176 rechazos de los defectos. Cada turno tiene alrededor de 78 empleados, estos 9 empleados representan el 11% de los empleados del turno MXC.

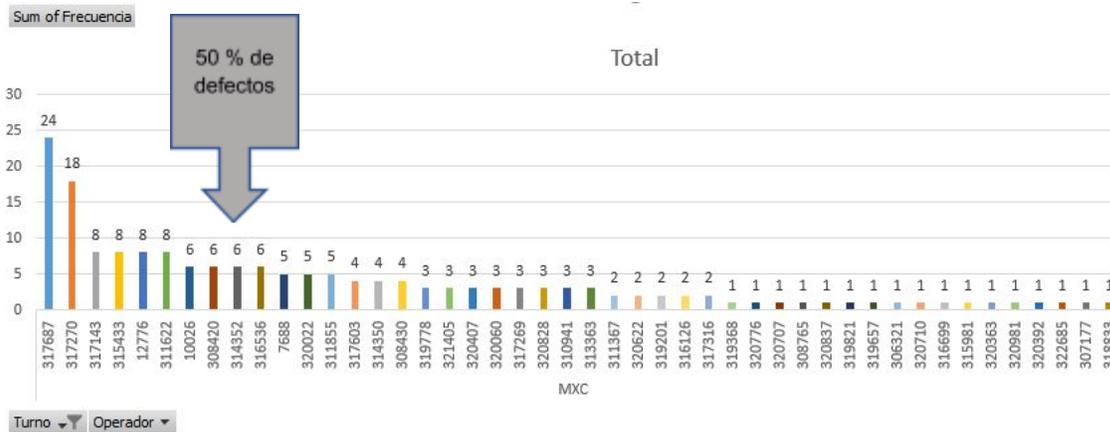


Figura 20 Rechazos por empleado en Turno MXC  
Fuente: Elaboración propia

Para el análisis del turno MXD, se presenta la Figura 21 donde se muestra en el eje vertical la cantidad de rechazos por empleado del turno MXD durante el año 2018, mientras que el eje horizontal nos muestra el número de empleado a quien se le asigno el rechazo, lo que nos muestra la gráfica es que 13 empleados generaron el 50 % de los 194 rechazos. Cada turno tiene alrededor de 78 empleados, estos 13 empleados representan el 16% de los empleados del turno MXD.

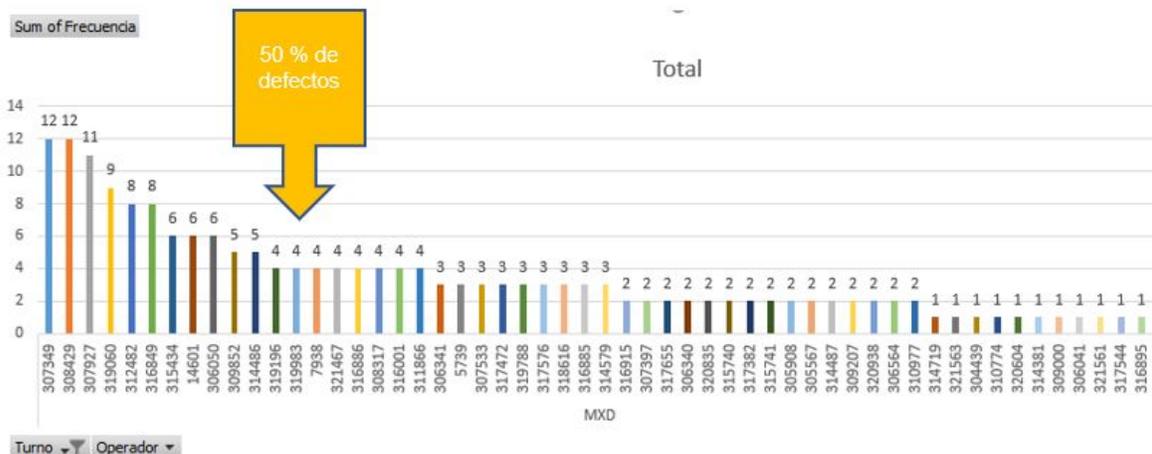


Figura 21 Rechazos por empleado en Turno MXD  
Fuente: Elaboración propia

Otra perspectiva de análisis fue el número de rechazos con respecto a la fecha de contratación de los empleados que los generaron la Figura 22 presenta una gráfica de frecuencias, donde el eje vertical representa la cantidad de rechazos, mientras el eje horizontal nos muestra la fecha de contratación del empleado al que se asignó el rechazo, en la gráfica se muestra que los empleados con antigüedad menor a 2 años generaron 357 rechazos de los 728 rechazos generados en 2018, esto representa el 49 % de los rechazos totales. Además, la gráfica también muestra que los rechazos disminuyen conforme aumenta la antigüedad del personal.



Figura 22 Rechazos por fecha de contratación  
 Fuente: Elaboración propia

La última perspectiva de análisis de los rechazos fue por número de parte. En la Figura 23 se observa una gráfica de frecuencias, donde el eje vertical muestra la cantidad de rechazos, mientras que el eje horizontal nos indica por número de parte o producto, en donde 6 números de parte o productos representan el 49 % de los rechazos totales.

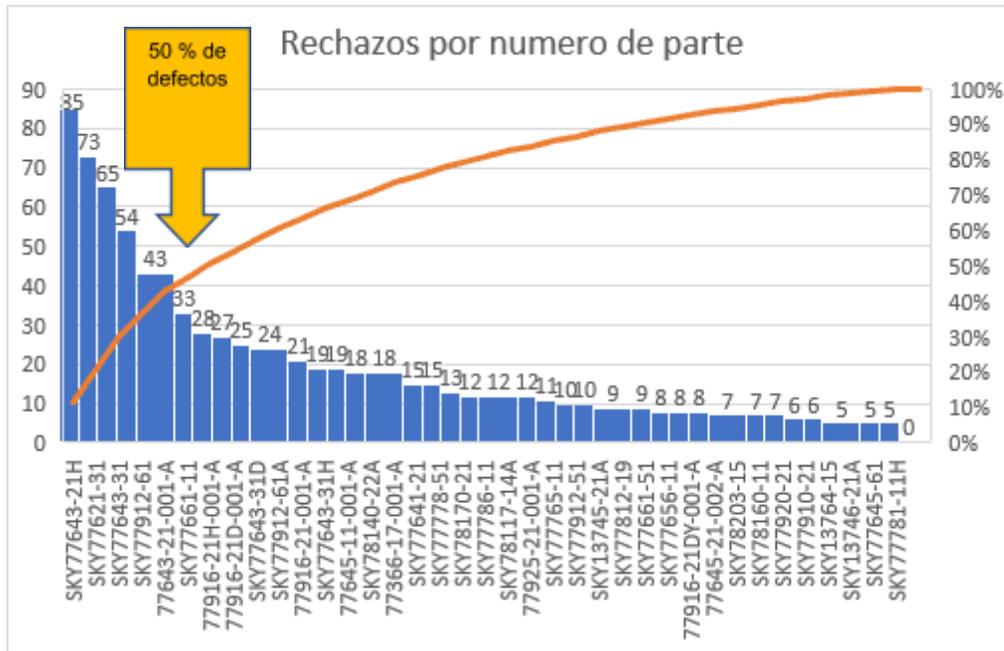


Figura 23 Rechazos por número de parte  
Fuente: Elaboración propia

## ETAPA 2 LA IDENTIFICACIÓN DE LOS PASOS CRÍTICOS

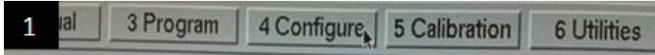
La segunda etapa es la identificación de los pasos críticos, se llevó mediante una investigación de cada uno de los pasos la instrucción de trabajo de cambio de capilar y centrado de la bola en el pad en proceso de *wirebond*. Las actividades realizadas son las siguientes:

1. Revisar paso a paso el documento de procedimiento de cambio de capilar y centrado de la bola en el pad en proceso de *wirebond*.
2. Revisar el manual de cambio de capilar, usado por el departamento de entrenamiento y desarrollo.

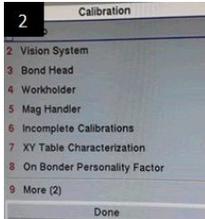
A continuación, se presenta la instrucción de trabajo completa para cambio de capilar documentada en el piso de producción:

Instrucción usada en el **piso de producción** para cambio de capilar.

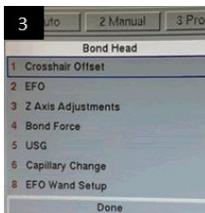
1. Seleccionar la opción 5 Calibration.



2. Después la opción 3 Bond Head.

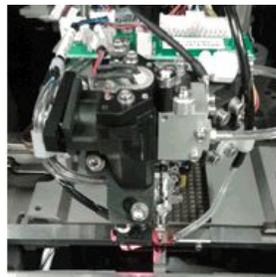
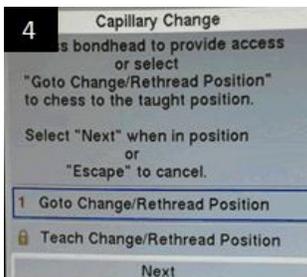


3. Seleccionar opción 6 Capillary Change.

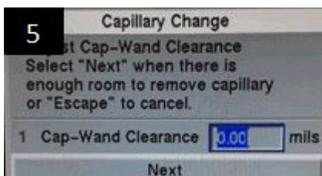


4. Posicionar bond head hacia enfrente para tener acceso a retirar capilar.

Presionar Next

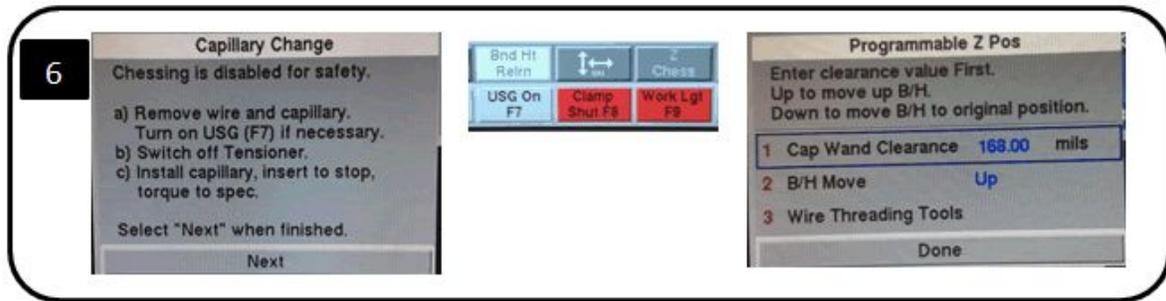


5. Verificar que Cap-wand Clearances este en cero y presionar next.



## 6. Capillary Change

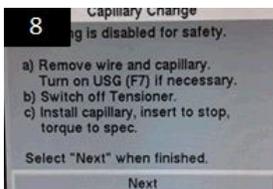
Verificar que la opción USG (F7) este apagada. Presionar F8 Para que el capilar se levante y no dañar la antorcha. Remover capilar e instalar capilar nuevo, asegurar hasta que tope y apretar con el torque. Apagar el aire del tensionador, Seleccionar Done.



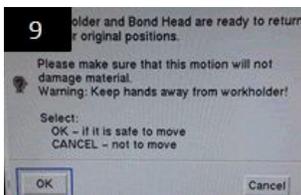
7. Presionar F8 para volver a su posición original el capilar y continuar el procedimiento de cambio de capilar.



8. Seleccionar Next, para regresar la BH a su posición original.



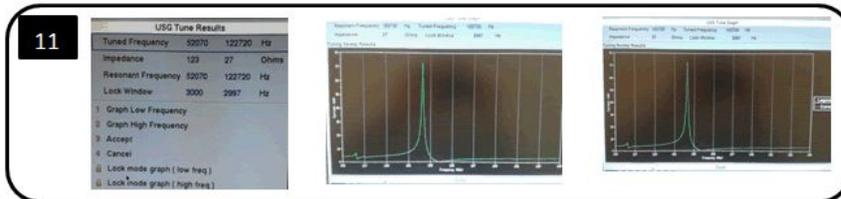
9. Presionar OK.



10. Seleccionar la opción 7 Calibrate, verificar Impedancia. Esperar hasta que termine la calibración.

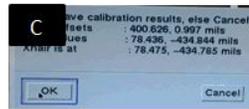
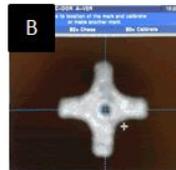
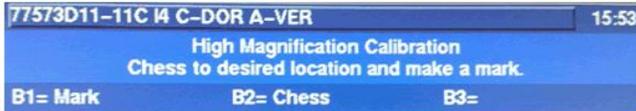


11. Seleccionar la opción 1 y 2 para verificar graficas de baja y alta frecuencia. Verificar Impedancia dentro de rango de 10 a 60 Ohms. Después seleccionar 3 Accept si la frecuencia se encuentra estable.

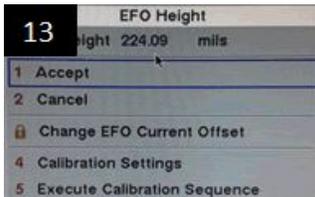


12. Centrado de Bola

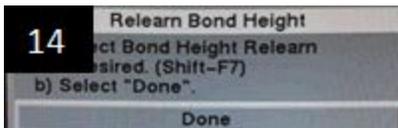
A) Realizar Crosshair Offset Calib. Esta calibración se debe de realizar en un nivel, Hacerlo en el centro del fiducial, se debe realizar en alta magnificación. (High Magnification Calibration). B) Presionar B1 para hacer la Marca del Capilar en el nivel, para una mejor claridad si es necesario modificar la luz. C) Centrar la Marca con B2 (Cursor), asegurarnos que la marca nos quede bien centrada. Presionar B3 para Calibrar. Después OK para guardar la nueva calibración. Presionar Done para salir.



13. EFO Height (Calibración de altura de la antorcha con el capilar), Verificar que el valor este dentro del rango requerido de 210 a 225 mils. Presionar Accept si el valor se encuentra dentro del rango.



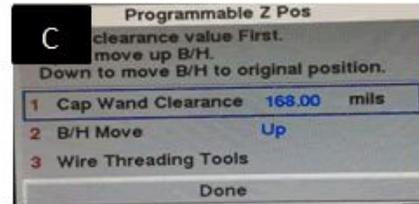
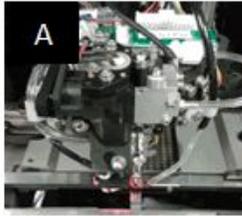
14. Seleccionar Bond Height Relearn (Alturas). Después Done



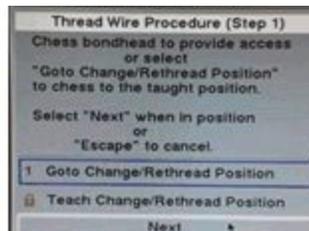
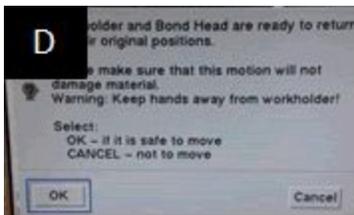
15. Enhebrar

A) Posicionar la bon head fuera del área de trabajo presionar Next, B) Abrir la grapa presionar F8. (Presionar B/H Move Up) para subir el capilar y poder enhebrar. Si es necesario usar vibración Ultrasónica presionar F7. Presionar done.C) Presionar la opción 2 B/H Move para levantar el capilar.

Al terminar de enhebrar presiona Done.



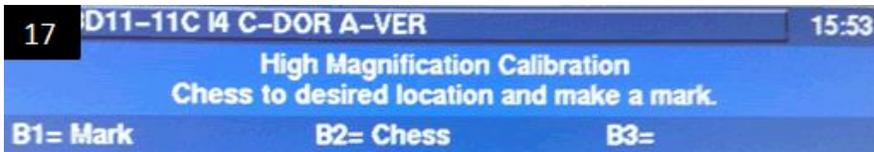
D) Seleccionar OK para regresar la Bond Head a su posición original.



16. Posicionar en un nivel para realizar el Bond Off (Corte del Alambre), una vez posicionado en el centro del nivel presiona F8 para que nos dé la opción de realizar el Bond Off.



17. Presiona B1 para realizar el corte del alambre. Asegurar de retirar el exceso de alambre con tus pinzas. Seleccionar Done para terminar.



Verificación de Offset

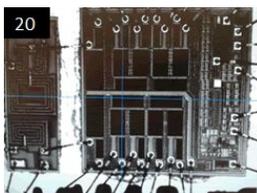
18. Antes de poner a trabajar tu maquina es importante revisar el centrado del Offset realizar una conexión en el paquete para asegurar la posición del offset.



19. En caso de que el Offset no esté centrado mueve tu retícula azul con B2 para centrar la bola una vez centrada Presiona B1, para grabar la nueva posición. El lote afectado debe enviarse a TOI para ser inspeccionado.



20. Alambrear un paquete verificar que todas las conexiones estén centradas en el pad.



21. Verificación en Alta Magnificación.

Después del cambio de Capilar se puede asegurar el centrado de bola en la estación de verificación de alta magnificación con ayuda de un microscopio NIKON.

La segunda actividad fue la de revisar los puntos críticos de la **instrucción de trabajo** de cambio de capilar utilizada por el departamento de entrenamiento y desarrollo.

A continuación, se muestra la instrucción de trabajo de cambio de capilar usada por el departamento de entrenamiento y desarrollo para entrenar al personal de nuevo ingreso.

Instrucción de trabajo usada por el departamento de entrenamiento.

### 1. Resetear información del capilar.

1.-Accesar al Menú de -> Configure

2. Seleccione -> Tool Usage

Verificar limite Maximo de golpes de capilar y horas de uso

Verificar Bond Count (Golpes del capilar)  
Hours in use (Horas de uso)  
Tool Change (Fecha de cambio de capilar)

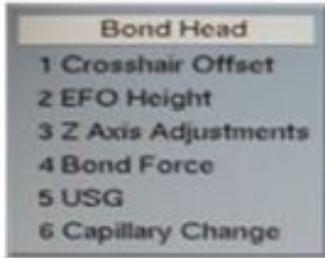
3. Seleccione -> Changed Tool  
Para poder resetear en 0  
Bond Count 0  
Hours in Use 0  
Tool Changed (Fecha Actual)

Configure	
1	Auto
2	System
3	Tool Usage
4	Temperature
5	Subsystem Selection
Tool Usage	
Tool ID Info Unknown	
Usage Limits:	
1	Bond Limit (x1000) 3500
2	Hour Limit 3600
Usage Statistics:	
	Bond count 1199178
	Hours in use 14
	Tool changed JUL.20 11. 05
Bond Counter Type UP	
3	Changed Tool
4	stop at every Device OFF
5	USG Clean Volts 7000 mVolts
	USG Frequency Selection Low
Tool Usage Privileged Functions	
	Initial Count:
8	Bond Count 0
9	Hours in Use 0
	Done

nuevo.  
eje, instale el en la misma posición,  
nductor.



### 3. Realizar calibraciones USG, EFO HEIGHT, CROSSHAIR OFFSET. En el menú principal ir a CALIBRATION, BOND HEAD (aparecerán las calibraciones a realizar).



#### 4. Calibración USG Realizar calibración de ultrasónico USG.

1

- presionando la opción **CALIBRATE**.

2

- Verificar Impedancia debe ser menor a 60ohms.

3

- La forma de la grafica debe ser similar a la foto presione accept.

#### 5. Calibración EFO HEIGHT. Realizar calibración EFO Height (calibración de la altura de la antorcha con respecto al capilar)

1

- Seleccionar Efo Height.

2

- Verificar el valor de Z este debe de estar en un rango de 260 a 280 optimo 270 si se encuentra dentro del rango presionar Accept.

3

- Verificar la de la punta de la antorcha y la punta del capilar deben de estar alineados horizontalmente ajustar antorcha si es necesario.

**Ajuste de Antorcha**

4

- Seleccionar función Z CHES para habilitar el movimiento de z mediante las flechas y bajar hasta un valor de 270 mil

5

- Ajuste hacia adelante o atrás de la antorcha, aflojar T1 primero y ajuste con T2
- Ajuste hacia arriba o abajo la antorcha 270 mils.

#### 6. Realizar Offset

1) Seleccionar **CROSSHAIR OFFSET**.

2) Colocar la retícula sobre un nivel o área despejada donde no existan conexiones

3) Con **B1** se realiza una marca cerca del lugar seleccionado.

4) Centrar retícula sobre esta marca y presionar **B3** para grabar la nueva posición

NOTA: Los equipos PPS y MAXUM utilizan dos cámaras, por lo que la calibración se realiza en ambas (4 MAGNIFICATION: LOW-Cámara Baja, HIGH- Cámara Alta), los equipos 8028 solo utilizan una cámara por lo que no es necesario el paso numero 5.

5) Presionar **B1** en **MAGNIFICATION**, para cambiarnos a la otra cámara y calibrar offset de nuevo.

A continuación, se muestra la Tabla 3 donde se presenta un cuadro donde se clasifican los pasos de la instrucción de cambio de capilar disponible en el piso de producción donde se categoriza si es crítico para el centrado del offset, y de igual forma se clasifican los pasos de la instrucción de cambio de capilar que usan en el departamento de entrenamiento y desarrollo. De acuerdo con este análisis se encontró que las instrucciones de cambio de capilar en el piso de producción establecen 21 pasos, mientras que en el manual de entrenamiento son 6. Arrojando una diferencia entre la cantidad de pasos de 15. Además, se identifican que en la primera se especifican 6 pasos críticos en relación al cambio de capilar, mientras que en la segunda solo en 1.

*Tabla 3 Comparativo entre instrucciones de trabajo y clasificación de pasos críticos.*

<b>Pasos de la instrucción de trabajo en piso de producción</b>	<b>Critico</b>	<b>Pasos de la instrucción del manual de entrenamiento</b>	<b>Critico</b>
1. Seleccionar la opción 5 Calibration.		1. Resetear información del capilar.	
2. Después la opción 3 Bond Head		2. Remover capilar viejo y colocar el nuevo.	
3. Seleccionar opción 6 Capillary Change.		3. Realizar calibraciones Usg, Efoheight, Crosshairoffset.	
4. Posicionar bond head hacia enfrente para tener acceso a retirar capilar. Presionar Next.		4. Calibracion USG.	
5. Verificar que Cap-wand Clearances este en cero y presionar next.	Si	5. Calibracion EFO HEIGHT.	
6. Capillary Change		6. Realizar Offset.	Si
7. Presionar F8 para volver a su posición original el capilar y continuar el procedimiento de cambio de capilar.			
8. Seleccionar Next, para regresar la BH a su posición original			
9. Presionar OK.			

10. Seleccionar la opción 7 Calibrate, verificar Impedancia. Esperar que termine la calibración.			
11. Seleccionar la opción 1 y 2 para verificar graficas de baja y alta frecuencia. Verificar rango de 10 a 60 Ohms.			
12. Centrado de Bola	Si		
13. EFOHeight (Calibración de altura de la antorcha con el capilar), Verificar el valor este dentro del rango requerido de 210 a 225 mils.			
14. Seleccionar Bond Height Relearn (Alturas). Después Done.			
15. Enhebrar			
16. Posicionar en un nivel para realizar el Bond Off (Corte del Alambre), una vez posicionado en el nivel presiona F8 para que nos dé la opción del Bond Off.			
17. Presiona B1 para realizar el corte del alambre. Seleccionar Done para terminar.			
18. Antes de trabajar tu maquina es importante revisar el centrado del Offset realizar una conexión en el paquete para asegurar la posición del offset.	Si		
19. Si el Offset no esté centrado mueve tu retícula azul con B2 para centrar la bola una vez centrada Presiona B1, para grabar la nueva posición.	Si		
20. Alambrar un paquete verificar que las conexiones estén centradas en el pad.	Si		
21. Verificación en Alta Magnificación.	Si		

**ETAPA 3 ESTABLECER UNA INSTRUCCIÓN DE TRABAJO QUE MINIMICE CAMBIOS INCORRECTOS DE CAPILAR Y CENTRADO DE LA BOLA EN EL PAD.**

La tercera etapa es establecer una instrucción de trabajo estandarizada de cambio de capilar y centrado de la bola en el pad, que minimice el cambio incorrecto de capilar. Las actividades por llevar a cabo son:

1. Proponer una instrucción de trabajo de cambio de capilar estandarizada.

A continuación, se muestra la instrucción de trabajo para el cambio de capilar, para llegar a esta propuesta se hizo una observación en el piso de producción de cómo se lleva a cabo paso a paso el cambio de capilar, así como contemplando los pasos críticos identificados en la etapa 2.

## INSTRUCCIONES PARA EL CAMBIO DE CAPILAR (Versión Propuesta)



### TIPS

\*Tomar torque.

\*Tomar un capilar nuevo (requerido por receta y especificado en pantalla)

\*Marcar paquete con defecto. / En caso de alarma del estado del capilar en amarillo; seleccionar en menú 1 Auto la opción 5. *Stop after Device*.



Alarma de estado del capilar:

**Verde:** Optimo

**Amarillo:** Alerta

**Rojo:** Vencido

1. Estacionar Indexer (al centro del workholder).
2. Mover el Bond Head hacia el frente.
3. Abrir grapa con función F8.

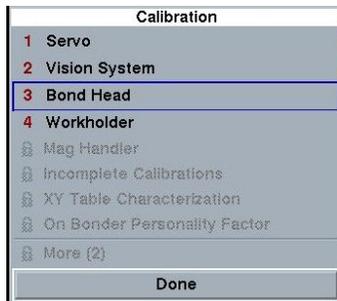


4. Desenhebrar completamente el equipo.
5. Quitar capilar utilizando tus pinzas de punta.

6. Tomar capilar nuevo con las pinzas de punta por detrás de las líneas de color.
7. Colocar capilar nuevo en el transductor hasta su tope.
8. Apretar tornillo con torque (hasta que este brinque).
9. Enhebrar (Si hay dudas con el proceso de enhebrado dar clic aquí [Instrucción para el proceso de wirebond](#)).
10. Seleccionar en el menú la opción 5. Calibration.



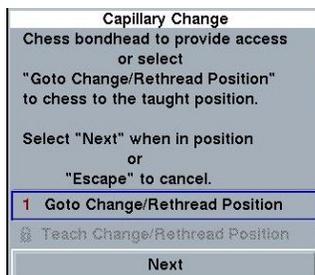
11. En el menú desplegado seleccionar la opción 3. Bond Head.



12. Seleccionar la opción 6. Capillary change.

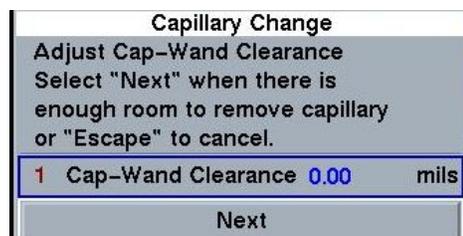


13. Dar clic en next.



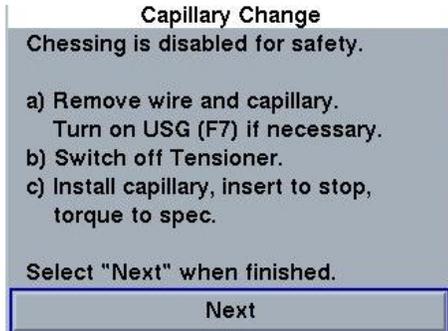
14. Dar clic en next si aparecen los dígitos en

ceros.

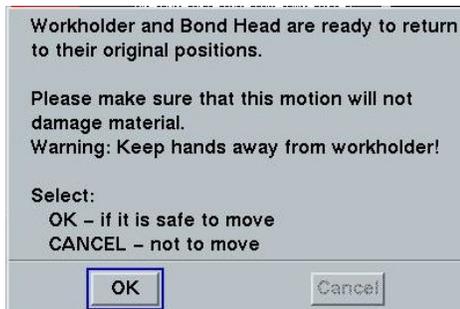


**Corroborar que se encuentre en ceros. Si no es así, editar los números a ceros.**

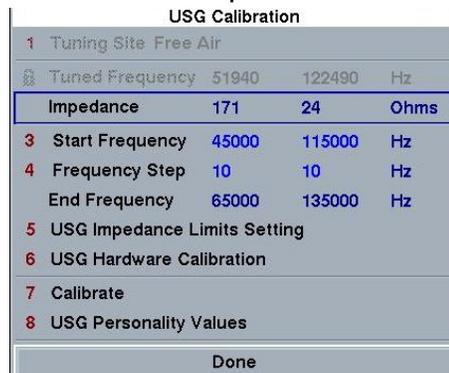
15. Dar clic en next.



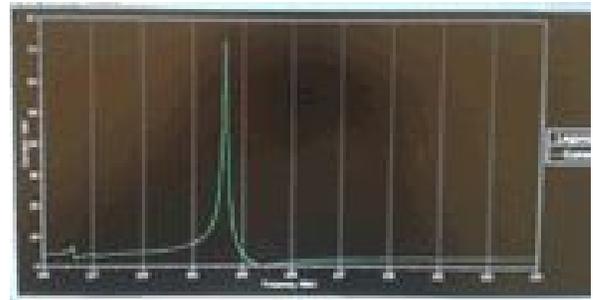
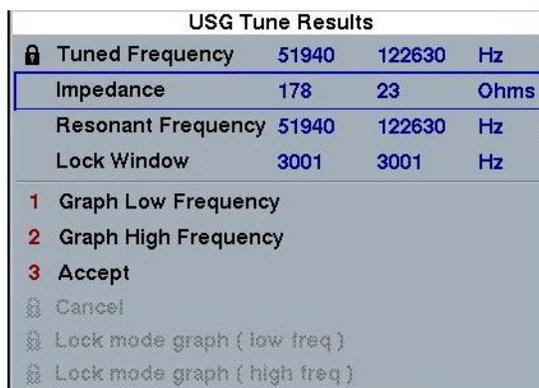
16. Dar clic en el botón de OK.



17. Seleccionar la opción 7. Calibrate para calibrar USG.



18. Revisar impedancia (debe estar dentro del rango 10-60 Ohms), en el mismo menú, revisar las gráficas de las opciones 1 y 2 (la amplitud máxima debe ser un solo pico alto como la de la siguiente imagen).



19. Seleccionar opción 3. Accept.

20. Dar clic en Done.

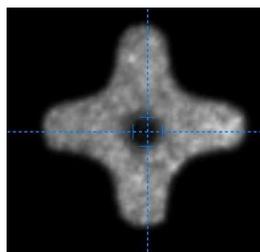
USG Calibration			
1	Tuning Site	Free Air	
2	Tuned Frequency	51940	122630 Hz
	Impedance	178	23 Ohms
3	Start Frequency	45000	115000 Hz
4	Frequency Step	10	10 Hz
	End Frequency	65000	135000 Hz
5	USG Impedance Limits Setting		
6	USG Hardware Calibration		
7	Calibrate		
8	USG Personality Values		
Done			

21. Con B2 seleccionar el área donde se desea dejar la marca.

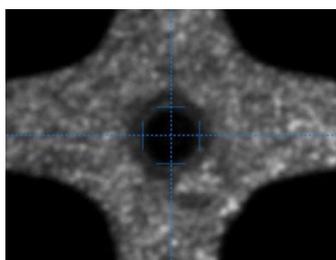
22. Damos clic en el botón del EFO para realizar la chispa.



23. Con B1 damos el golpe en el lugar antes seleccionado dejando la bola como marca.

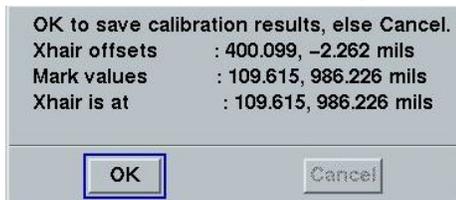


24. Con B2 centramos la bola (si es necesario utilizamos la herramienta de iluminación con el botón Optical.



25. Calibramos con B3.

26. Damos clic en OK. Para guardar la calibración del offset.



27. Seleccionamos Done.

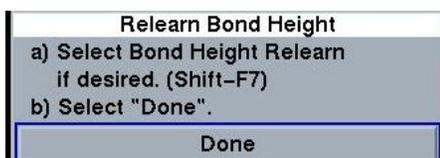


28. Revisar el Efo height (el rango debe ser de 260-280, el optimo de este es 270 en Oro, para Cobre los valores del rango cambian a 215-230 como la siguiente imagen.)

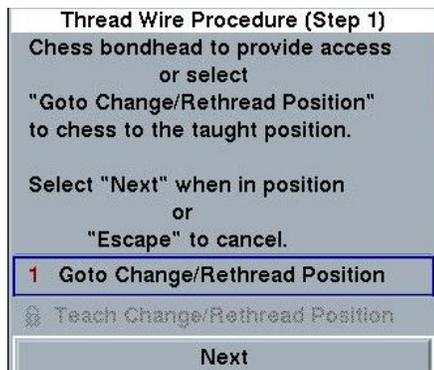


29. Si los valores son correctos seleccionamos la opción 1. Accept.

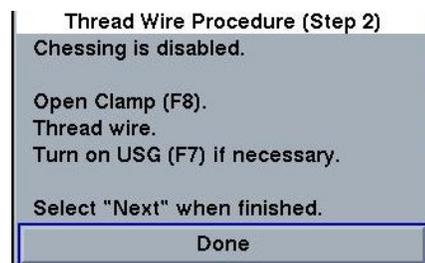
30. Dar clic en Done.



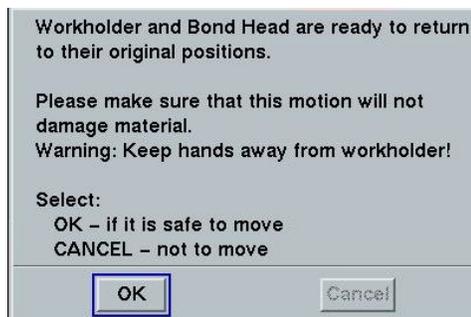
31. Dar clic en Next.



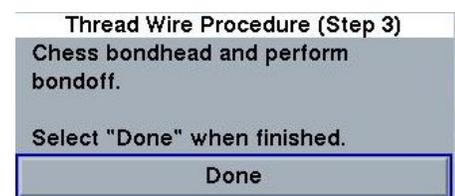
32. Dar clic en Done.



33. Dar clic en OK.



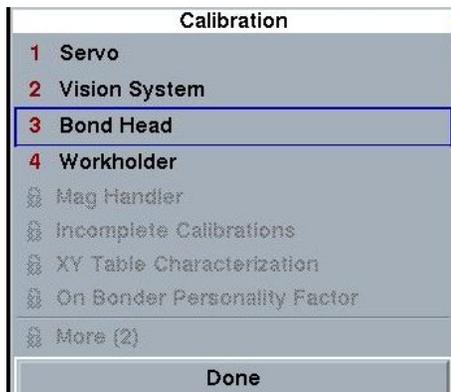
34. Dar clic en Done.



35. Dar clic en Done.



36. Dar clic en Done.



37. Selecciona en el menú Auto.



38. Da clic en el botón Efo seguido del botón de las alturas.



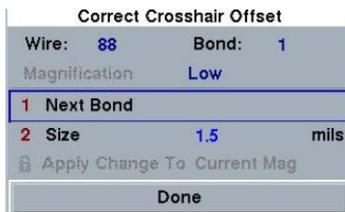
39. Presionar el botón Run en el teclado del equipo (alambrar algunas conexiones).

40. Presionar el botón Stop del equipo.

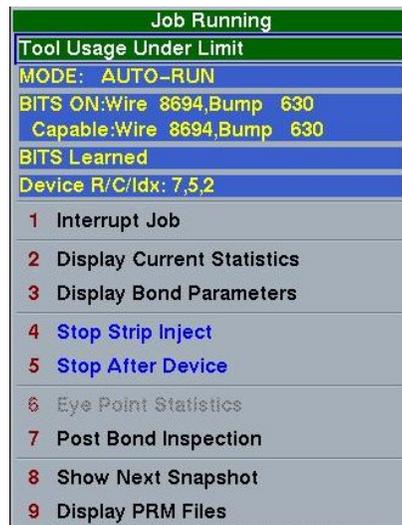
- 41. Verificar Offset de las conexiones alambradas.
- 42. Dar clic en la opción 4. Correct crosshair offset.



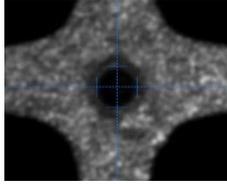
- 43. Centrar bola con B2 y guardar calibración con B1.
- 44. Dar clic en Done.



- 45. Presionar el botón de Run en el teclado del equipo.
- 46. En menú Auto seleccionar la opción 5. Stop after Device.



- 47. Revisar el offset del paquete alambrado.



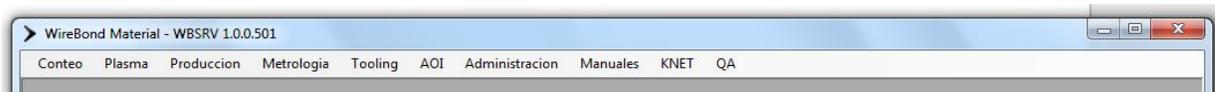
48. Poner a trabajar el equipo.

#### ETAPA 4 DESARROLLO DE UNA APLICACION DE MONITOREO

La cuarta etapa que consistió en desarrollar una aplicación que indique en que equipos se realizó un cambio de capilar y centrado de la bola en el *pad*. En esta se requiere solicitar el apoyo del departamento de tecnología de la información para llevar a cabo las siguientes actividades:

1. Solicitar al departamento de tecnología de la información la aplicación o programa en la cual se pueda tener acceso a la información de cada cambio de capilar cambio de capilar y centrado de la bola en el *pad*.
2. Tener la información hora por hora de cambio de capilar y centrado de la bola en el *pad*.

A continuación, la Figura 24 muestra el menú principal de la aplicación llamada WireBond Material para el monitoreo de cambio de capilar. Dicha aplicación permite saber hora por hora en que equipos se llevó a cabo un cambio de capilar.



*Figura 24 Aplicación desarrollada para monitoreo de cambios de capilar*  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 25 se muestra la información que va registrando la actividad de cambios de capilar en la línea de producción, la información que registra la clasifica por celda de trabajo, la sección y el número de máquina donde hubo un cambió de capilar y centrado de offset.

	Eqpid	Celda	Seccion	Cambio_Capilar	Validacion
▶	6KSIC302	1	1.A	03/13/2019 08:50:10	
	6KSIC320	1	1.A	03/13/2019 09:54:59	
	6KSPC660	1	1.C	03/13/2019 08:14:10	
	6KSPC737	1	1.C	03/13/2019 07:10:34	
	6KSPC741	1	1.C	03/13/2019 07:34:29	
	6KSPC742	1	1.C	03/13/2019 06:47:11	
	6KSPC691	1	1.C	03/13/2019 09:11:17	
	6KSPC746	1	1.D	03/13/2019 08:06:44	

Figura 25 Información generada por la aplicación

Fuente: Elaboración propia

## ETAPA 5 MUESTREO Y VALIDACION

La quinta etapa que consistió en implementar un muestreo y validación 3 veces por turno, en los equipos donde se realizó un cambio de capilar y centrado en el pad durante el proceso de *wirebond* para validar si fue cambiado de manera correcta. La Figura 26 muestra el modelo de Gestión de Calidad y Monitoreo de Cambio de Capilar, el modelo consiste en 5 fases, la primera fase es la recolección de información sobre cuales equipos se llevó a cabo un cambio de capilar, esta información es registrada en la aplicación desarrollada para esta función llamada WireBond Material. La segunda fase es identificar las secciones en donde se encuentran los empleados con mayores incidencias de rechazos por fuera de offset, esta información se obtiene del análisis de la base de datos de rechazos acontecidos en el 2018. La tercera fase es determinar los equipos a muestrear, en base a dos criterios para el muestreo, dichos criterios son: el primer criterio es aquellos equipos en los que hubo un cambio de capilar y segundo criterio es de acuerdo con el análisis de los empleados con mayores incidencias de rechazos en el año 2018, La cuarta fase es registrar los equipos validados en la aplicación WireBond Material. La quinta fase es evaluar los resultados del muestreo, para determinar la frecuencia de validación. La frecuencia se modifica si en el muestreo y validación se detectan más del 5% de capilares muestreados fueron cambiados de manera incorrecta.

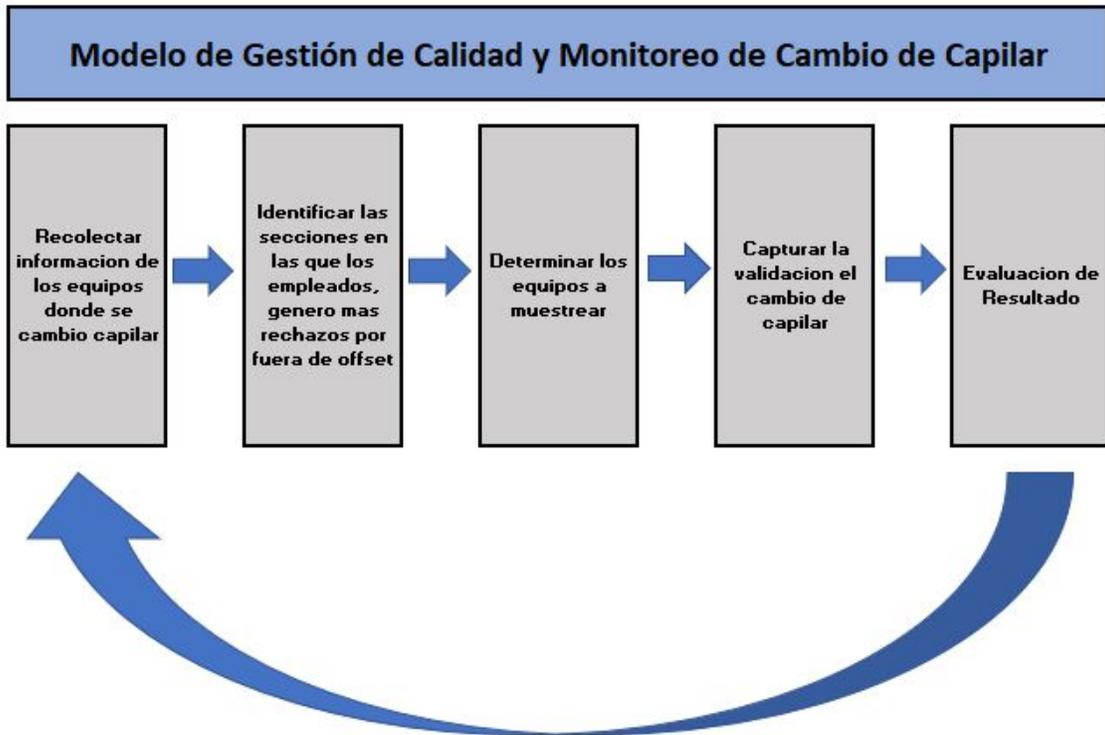


Figura 26 Modelo de Gestión de Calidad Y Monitoreo de Cambio de Capilar  
Fuente: Elaboración Propia.

La última etapa consiste en validar que los capilares fueron cambiados de manera correcta, dentro de la aplicación desarrollada tiene una opción para validar los capilares como se presenta en la Figura 27, esta validación se lleva a cabo por una persona diferente a quien hizo el cambio de capilar y esta designada para esta actividad.



Figura 27 Opción de validar capilar  
Fuente: Elaboración propia

La Figura 28 muestra el impacto en la cantidad de rechazos que han acontecido luego de llevar a cabo las 5 etapas de la investigación. La gráfica de frecuencias

presenta en el eje X los rechazos en el primer y segundo cuarto de cada turno, y en el eje Y nos indica la cantidad de rechazos por cada categoría. La cantidad total de rechazos de los cuatro turnos en el primer cuarto fiscal es de 108, los cuales fueron rechazados a 68 empleados. El total de rechazos para el segundo cuarto de 95 rechazos, los cuales fueron rechazados a 63 empleados. La reducción en rechazos entre el primer cuarto y el segundo es de 13 rechazos.

Suma de Rechazos

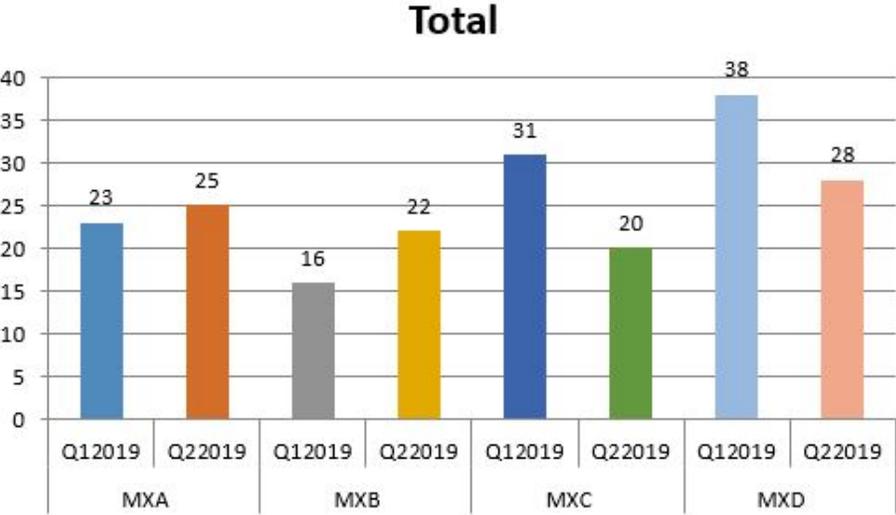


Figura 28 Rechazos por turno en Q1 2019 y Q2 2019  
Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO V: CONCLUSIONES

En este último capítulo de la investigación se discuten, de manera puntual, los principales hallazgos de la investigación. Se retoma los objetivos e hipótesis planteadas para dar respuesta a cada uno de estos elementos. Por último, se presentan recomendaciones e ideas nuevas para la realización de futuras investigaciones a partir de los resultados obtenidos.

El objetivo del proyecto realizado fue el desarrollo de un modelo de gestión de calidad y monitoreo mediante una aplicación que permita asegurar el correcto cambio de capilar y centrado de la bola en el pad durante el proceso de *wirebond*. El logro de este objetivo conllevó a su vez en la reducción del número de defectos por fuera de *offset*.

Como objetivos específicos del proyecto, se establecieron cinco. El primer objetivo fue analizar las bases de datos de los rechazos acontecidos de fuera de *offset* durante el año 2018, para detectar tendencias y comprender las causas del problema. Después de haber realizado las actividades correspondientes para este objetivo específico se concluye lo siguiente:

- No se observa una tendencia hacia algún turno en la cantidad de rechazos.
- Para el turno MXA durante el año 2018, se identificó que 15 de 78 empleados, que representan el 19 % de los empleados de turno generaron el 50 % de los 198 rechazos. Para el turno MXB durante el año 2018, se identificó que 14 de 78 empleados, que representan el 18 % de los empleados de turno generaron el 50 % de los 160 rechazos. Para el turno MXC durante el año 2018, se identificó que 9 de 78 empleados, que representan el 11 % de los empleados de turno generaron el 50 % de los 176 rechazos. Para el turno MXD durante el año 2018, se identificó que 13 de 78 empleados, que representan el 16 % de los empleados de turno generaron el 50 % de los 194 rechazos.

- Otra conclusión del análisis fue que los empleados con antigüedad menor a 2 años generaron 357 rechazos de los 728 rechazos generados en 2018, esto representa el 49 % de los rechazos totales. Además, se encontró una tendencia que muestra que los rechazos disminuyen conforme aumenta la antigüedad del personal.
- La última perspectiva de análisis de los rechazos fue por número de parte. Donde se identificó que 6 números de parte o productos representan el 49 % de los rechazos totales.

Con base a las conclusiones anteriores del análisis se cumple con el objetivo específico.

El segundo objetivo fue identificar los pasos críticos en la instrucción de trabajo de cambio de capilar y centrado de la bola en el pad en el proceso de *wirebond*. Después de haber realizado las actividades correspondientes para este objetivo se concluye. De acuerdo con este análisis se encontró que las instrucciones de cambio de capilar en el piso de producción establecen 21 pasos, mientras que en el manual de entrenamiento son 6. Arrojando una diferencia entre la cantidad de pasos de 15. Además, se identifican que en la primera se especifican 6 pasos críticos en relación al cambio de capilar, mientras que en la segunda solo en 1.

El tercer objetivo fue establecer una instrucción de trabajo que minimice cambios incorrectos de capilar y centrado de la bola en el pad en el proceso de *wirebond*. Se planteo una propuesta estandarizada de instrucción de trabajo, tanto para el piso de producción, como para el departamento de entrenamiento, de cómo se lleva a cabo paso a paso el cambio de capilar, contemplando los pasos críticos identificados en la etapa 2. Con esto se cumplió el tercer objetivo.

El cuarto objetivo fue desarrollar una aplicación que permita monitorear los equipos que se llevó a cabo un procedimiento de cambio de capilar y centrado de la bola en el *pad* durante el proceso de *wirebond*. El departamento de Tecnología de la Información creo una aplicación llamada WireBond Material para el monitoreo de cambio de capilar. Dicha aplicación permite saber hora por hora en

que equipos se llevó a cabo un cambio de capilar. Esta aplicación va registrando la actividad de cambios de capilar en la línea de producción, la información que registra la clasifica por celda de trabajo, la sección y el número de máquina donde hubo un cambio de capilar y centrado de offset. Por lo tanto, objetivo cumplido.

El quinto objetivo fue implementar una validación en los equipos donde se realizó un cambio de capilar y centrado de la bola en el pad en el proceso de *wirebond*, para asegurar la confiabilidad, esta validación se llevó a cabo por una persona diferente a quien hizo el cambio de capilar y esta asignada a realizar validaciones, esta validación de capilares es realizada a aquellas máquinas que son operadas por personas que tuvieron mayor índice de rechazos con base en el análisis hecho en la etapa 1 de este proyecto. Esta validación está gestionando una detectabilidad temprana, a concientizar y fomentar una cultura de la calidad, que es necesario en cualquier proceso o servicio. En consecuencia, el objetivo fue cumplido.

Por último, se presenta el impacto del proyecto, la Figura 29 presenta en el eje horizontal los turnos, así como los cuarto fiscales correspondientes del 2018, comparado con los cuartos fiscales del 2019, en el eje vertical se presenta la cantidad de rechazos, analizando la gráfica de frecuencias se observa que hubo una reducción de rechazos en todos los turnos, del Q1 del 2018 con respecto del Q1 del 2019, ahora bien del Q2 del 2018 con respecto del Q2 del 2019, también se observa una reducción en la cantidad de rechazos.

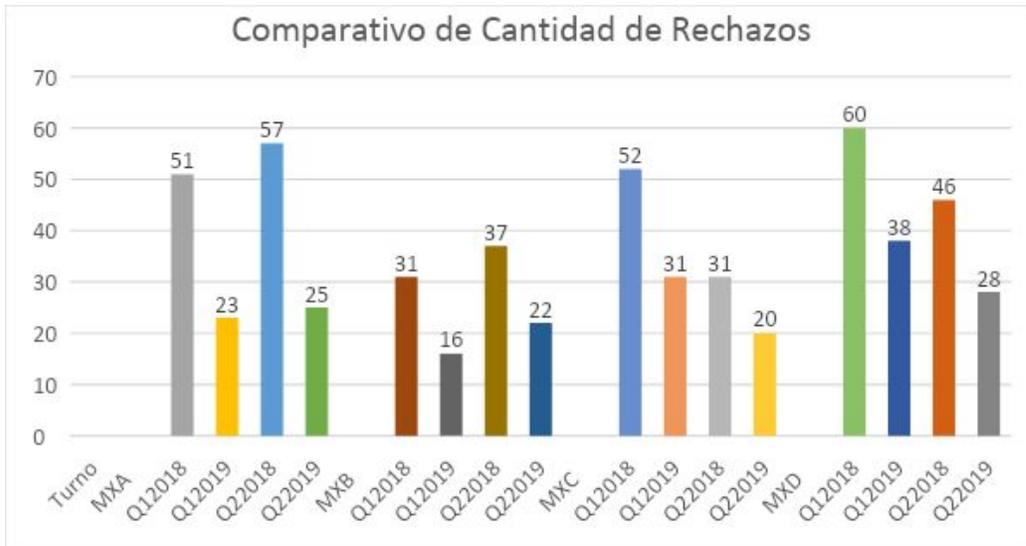


Figura 29 Comparativo del Impacto en la Cantidad de Rechazos

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 30 se presenta el comparativo de piezas desperdiciadas en el eje X cada cuarto del año 2018 y su comparativo contra el cuarto del 2019, mientras que el eje Y muestra la cantidad de piezas desperdiciadas. La grafica de frecuencias muestra que del Q1 del 2018 al Q1 del 2019 hubo una reducción del 52 % de las piezas desperdiciadas. Mientras que el para el Q2 del 2018, comparado contra el Q2 del 2019 hubo una reducción de 28 % de las piezas desperdiciadas.

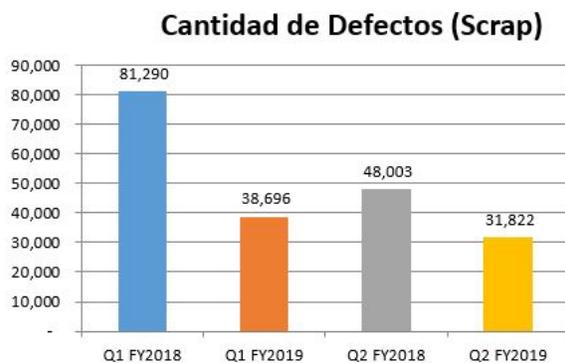


Figure 30 Comparativo de piezas desperdiciadas en 2018 vs 2019 por defecto de fuera de offset.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 31 presenta en el eje horizontal el cuarto y el año, mientras que en el eje vertical se observa la cantidad en dólares de piezas desperdiciadas por defecto de fuera de offset. La grafica de frecuencias muestra que del Q1 del 2018 al Q1 del

2019 hubo un ahorro del 52 % en dólares de las piezas desperdiciadas. Mientras que el para el Q2 del 2018, comparado contra el Q2 del 2019 hubo un ahorro de 28 % en dólares de las piezas desperdiciadas.

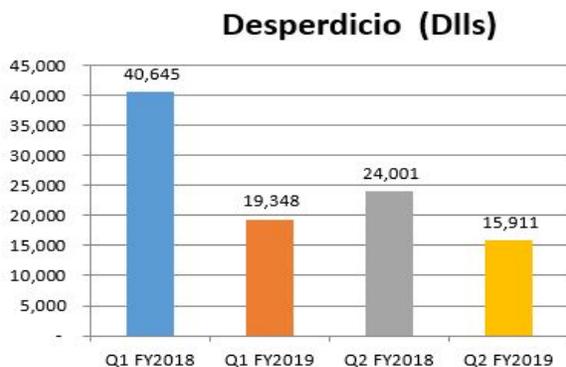


Figura 31 Comparativo de desperdicio en dólares entre 2018 vs 2019

Fuente: Elaboración propia

El objetivo general de la investigación fue desarrollar un modelo de gestión de calidad y monitoreo mediante una aplicación que permita asegurar el correcto cambio de capilar y centrado de la bola en el pad durante el proceso de *wirebond*. El lograr este objetivo conllevará a su vez en la reducción del número de defectos por fuera de *offset*.

Este objetivo se considera cumplido en base a las gráficas comparativas del impacto que muestran una reducción de rechazos, así como una disminución de piezas desperdiciadas, y en consecuencia de los dos anteriores un ahorro económico.

Como parte de las hipótesis de investigación, se estableció: sí se desarrolla un modelo de gestión de calidad y monitoreo mediante una aplicación que permita asegurar el correcto cambio de capilar y centrado de la bola en el pad durante el proceso de *wirebond*, se lograra una reducción en los defectos de fuera de *offset* causados por cambio incorrecto de capilar y por mal centrado de la bola en el pad.

Por lo tanto, con base a los resultados se afirma la hipótesis planteada.

## **RECOMENDACIONES**

Como todo proceso de aprendizaje, este proyecto es mejorable y aun cuenta con áreas de oportunidad de mejora. En este apartado especificaremos algunas recomendaciones.

- Dar una revisión a detalle del manual de entrenamiento.
- Capacitación constante y fomento de una cultura de calidad desde su entrenamiento.

## **INVESTIGACIONES FUTURAS**

De acuerdo con la experiencia de esta investigación, inevitablemente surgen algunas líneas de investigación que se exhorta se realicen posteriormente.

Primero, se recomendaría hacer un estudio a fondo de los conocimientos y habilidades técnicas a todo el personal, para detectar áreas de mejora en el personal.

Segundo implementar la instrucción de cambio de capilar de forma interactiva y más amigable.

Tercero, se recomendaría realizar un estudio acerca del tamaño de la bola, con respecto al tamaño del pad para conocer si influye en los rechazos por defecto de fuera de offset.

Finalmente, y como resultado de este extenso proceso de investigación realizado, se puede afirmar que se logró el objetivo del proyecto y que la pregunta de investigación fue respondida satisfactoriamente. Al igual que la hipótesis fue afirmada.

## REFERENCIAS

- Valenta et al, (2015) "*Design and experimental evaluation of compensated bondwire interconnects above 100 GHz*", *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, 2015.
- Mokhoff, Nicolas (2012). "*Red Micro Wire encapsulates wire bonding in glass*". *EE Times*. San Francisco: UBM plc. ISSN 0192-1541, 2014.
- Chauhan, Preeti; Choubey, Anupam; Zhong, ZhaoWei; Pecht, Michael (2014). *Copper Wire Bonding* (PDF). New York: Springer. ISBN 978-1-4614-5760-2. OCLC 864498662.
- Brökelmann, M.; Siepe, D.; Hunstig, M.; McKeown, M.; Oftebro, K. (2015), *Copper wire bonding ready for industrial mass production*.
- A.Coucoulas, "*Compliant Bonding*" Proceedings 1970 IEEE 20th Electronic Components Conference, pp. 380-89, 1970.
- G. G. Harman, *Wire Bonding in Microelectronics: Materials, Processes, Reliability and Yield*. New York: McGraw Hill, 2010.
- Atkinson, F. (1990). *Creating Culture Change: The Key to Successful Total Quality Management*. IFS Publications.

- Beckford, L. J. (2002). Quality. Taylor and Francis Group. London.
- Besterfield, D. H. (2004). Quality Control. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River N.J.
- Bord, W. G. (1996). Process Management to Quality Improvement. Publishers Since 1807, New York.
- Cantú, D. H. (2001). Desarrollo de una Cultura de Calidad. Mc Graw Hill, México.
- Child, O. (1977). Organization: A Guide to Problems Practice. Harper and Row.
- Conti, T. (1993). Building Total Quality. Chapman y Hill, Londres.
- Crosby P. B. (2003) Completeness (Plenitud) Tomo1. D VINNI Editorial LTDA, McGraw Hill. Colombia
- Crosby, P. B. (1998). Calidad Sin Lágrimas. El Arte de Administrar sin Problemas. CECSA, México.
- Crosby, P. B. (2004). La calidad no cuesta. CECSA, México
- Deming, E. (1982). Quality, Productivity and Competitive Position, MIT.
- Espinosa, I. y Pérez E. (1995). "Algunas consideraciones entorno a la problemática de la implantación de los modelos de calidad total en las pequeñas y medianas empresas mexicanas". Gestión y Estrategia.
- Evans, J. R. (2005). Administración y Control de la Calidad. International Thomson Editores, México.
- Feigenbaum, A. V. (2005). Control Total de la Calidad. CECSA, México.
- Goetsch, D. L y Stanley D. (2003). Quality Management. Introducción to Total Quality Management for Production Processing and Service. Prentice Hall. Upper Saddle River N.J.
- Goetsch, D.J y Stanley, B. D. (1999). Quality Management. Introduction to Total Quality Management for Production, Processing and Services. Prentice Hall, New Jersey.
- Gryna, F. M. y Juran J. M. (1997). Manual de Control de la Calidad, Volumen 11. McGrawHill.
- Guajardo, G. (1996). Administración de la Calidad Total, Concepto y Enseñanzas. Pax, México.
- Gutiérrez, P.H. (2005). Calidad Total y Productividad. Mc Graw Hill, México.
- Hernández, S. R. (1998). Metodología de la Investigación. McGrawHill Editorial, México.
- <http://www.smallprecisiontools.com/products-and-solutions/chip-bonding-tools/bonding-capillaries/technical-guide/basics-of-ball-bonding-process/wire-bonding-cycle-process/?oid=563&lang=en>
- [http://tecnociencia.es/especiales/sistemas\\_gestion/calidad/10.htm](http://tecnociencia.es/especiales/sistemas_gestion/calidad/10.htm) (2005). La Gestión de la Calidad.
- [http://abc.senado.gov.co/dga\\_senado/site/artic/20060223/pags/20060223120412.html](http://abc.senado.gov.co/dga_senado/site/artic/20060223/pags/20060223120412.html) (2006).
- <http://caden.unimayab.edu.mx/editorial/illian.doc> (2002). La implementación de un Sistema de Gestión de Calidad en base a la norma ISO 9001:2000 en una organización a través de la consultoría y capacitación.
- <http://www.administrativa.udea.edu.co/calidad/documentos/m-2000-001.pdf> (2006). Manual de Calidad de la Universidad de Antioquia.
- <http://www.aerocivil.gov.co/> (2005). Manual de Calidad de Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, U.A.E.A.C.

- [http://www.alpina.com.co/page20\\_\\_210.html](http://www.alpina.com.co/page20__210.html).(2005). Sistema de Gestión de la Calidad. Alpina S.A. BASC (Business Antismuggling Coalition).
- <http://www.ciateq.mx/index/sgcalidad> (2002). Sistema de Gestión de la Calidad (SGC).
- <http://www.florhuila.com> (2005). Manual del Sistema de Gestión de la Calidad, de Molino Florhuila S.A.
- <http://www.imnc.org.mx> (2007).
- <http://www.itesca.edu.mx/revista%20virtual/gestion%20de%20la%20calidad.htm> (2005). Gestión de la calidad y diseño de experimentos: Herramientas poderosas para la Competitividad Empresarial.
- <http://www.science.oas.org> (2002). Gestión de la Calidad.
- Ibarra, A.-Felgueras, M.C.-Hecker, E.(2002) Guía para la elaboración de un Sistema de Gestión de la Calidad. La Ciudad Produce y Exporta . Artes Gráficas Nesdan S.R.L. Buenos Aires.
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. (2001). Sistemas de gestión de la calidad fundamentos y vocabulario. ISO 9000:2000. Instituto Nacional de Sistemas Industriales, S.C., México.
- Jablonsky, J. R. (1996). TQM: Como Implantarlo. CECSA, México.
- James, P. T. (1997). Gestión de la Calidad Total. Un texto Introductorio. Prentice Hall, España.
- Koont, H. (1998). Administración una Perspectiva Global. McGrawHill Editorial, México.
- Martínez, I. A. (2002). La implementación de un Sistema de Gestión de Calidad en base a la norma ISO 9001:2000 en una organización a través de la consultoría y capacitación. Maestría de Gestión de Calidad de UNIMAYAB.
- Moreno, L. M. D., Peris, F. J. y González, T. (2001). Gestión de la Calidad y Diseño de Organizaciones. Teoría y Estudio de Casos. Prentice Hall, España.
- Oakland, J. S. (1993). Total Quality Management. Text with Cases. El Sevier, Butterworth- Heinemann, Ltd., Londres.
- Oligastri, E. (1988). Gerencia Japonesa y Círculos de Participación; Experiencias en América Latina. Norma Editores. Sta. Fe de Bogotá, Colombia.
- Omachonu, K V, Ross J. E. (2004). Principles of Total Quality. CRC, EUA.
- Rodríguez V. J (2002). Administración de Pequeñas y Medianas Empresas. Thomson, México. D.F.
- Scher, W. K. (1997). Ruta Deming a la Calidad y la Producción, Vías y Barreras. CECSA, México.
- Shlickman, Jay. (2003). ISO 9001:2000. Quality Management System Desing. Artech House, Boston.
- Tannenbaum, W. y Massarik (1973). How to Choose a Leadership Pattern. Harvard Business, Review.
- Taylor, F.W. (1911). The Principles of Scientific Management. Orbis, Barcelona.
- Thompson, P. C. (1994). Círculos de Calidad. Cómo hacer que funcionen. Grupo Editorial Norma. Primera Edición, Colombia.
- Unidad de organización y métodos (2005). Manual de Calidad, Sistema de Gestión de la Calidad y Ambiental. Universidad de Colima.

Vincent, K. O., Chonu, J. y Ross, E. (2000). Principles of Total Quality. CRC, Press.