

UNIVERSIDAD PANAMERICANA  
CAMPUS GUADALAJARA

"PROCESO DE MANUFACTURA DE CABEZAS MAGNETO  
RESISTIVAS VERTICAL LAP"

MANUEL FABRICIO LUNA VALDEZ

Tesis presentada para optar por el grado de Maestro en  
Optimización de Sistemas Productivos con  
Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios de la  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,  
según acuerdo número 994189 con fecha 09-VII-99.

Zapopan, Jal., Diciembre del 2007



73363





# UNIVERSIDAD PANAMERICANA CAMPUS GUADALAJARA



UNIVERSIDAD PANAMERICANA  
CAMPUS GUADALAJARA  
BIBLIOTECA

## **"PROCESO DE MANUFACTURA DE CABEZAS MAGNETO RESISTIVAS VERTICAL LAP"**

**Manuel Fabricio Luna Valdez**

Tesis presentada para optar por el grado de Maestro en  
Optimación de Sistemas Productivos con  
Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios de la  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,  
según acuerdo número 994189 con fecha 09-VII-99.

Zapopan, Jal., Diciembre del 2007

CLASIF: TE Mos 2007 LUN

ADQUIS: 73363 Ej: 1

FECHA: 05/03/2010

DONATIVO DE Servicios

\$ escolares

[1a ed.]

83 p. : il., gráfs. ; 27 cm

670.427 LUN 2007

Tesis (Maestría) Universidad Panamericana Campus Guadalupe, 2007

Bibliografía: p. 83

1. Procesos de manufactura - Tesis y disertaciones académicas



**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**  
CAMPUS GUADALAJARA

MAESTRÍA EN OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

Diciembre 18, 2007

ING. FRANCISCO ERTZE  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE  
EXÁMENES DE GRADO.  
P R E S E N T E:

Me permito hacer de su conocimiento que el Ing. Manuel Fabricio Luna Valdez de la Maestría en Optimización en Sistemas Productivos, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de titulación con la alternativa Tesis , titulado:

**“PROCESO DE MANUFACTURA DE CABEZAS MAGNETO  
RESISTIVAS VERTICAL LAP”**

Manifiesto que, después de haber dirigida y revisada previamente, reúne todos los requisitos técnicos para solicitar fecha de Examen de Grado.

Agradezco de antemano la atención prestada y me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración.

ATENTAMENTE

Mtro. Luis Felipe Guerrero Sandoval  
ASESOR DE TESIS



**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

**CAMPUS GUADALAJARA**

**MAESTRÍA EN OPTIMACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS**

**DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO.**

**Diciembre 2007**

Sr. Manuel Fabricio Luna Valdez  
Presente.

En mi calidad de presidente de Comisión de Exámenes de Grado y después de haber analizado el trabajo de titulación presentado por usted en la alternativa de Tesis, titulado:

**“PROCESO DE MANUFACTURA DE CABEZAS MAGNETO  
RESISTIVAS VERTICAL LAP”**

Le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. Jurado del Examen de Grado por lo que deberá de entregar siete ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

ATENTAMENTE

Mtro. Francisco Innmanol Ertze Encinas  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN

## DEDICATORIAS

A Dios, a mis Padres e Hijos, por estar conmigo en todo momento...

A mi Esposa, por su capacidad creadora...



## INDICE

<b>Introducción</b>	8
Planeamiento y descripción del problema	10
Justificación	13
Objetivo del Proyecto	14
Metodología	15
Hipótesis	16
Organización estructural del reporte	18
<b>1. Definir (Define)</b>	
1.1 Antecedentes y Alcances del proyecto	19
1.2 Mapa de Proceso	21
1.3 Análisis Financiero	22
1.4 Calendarización del proyecto	23
1.5 Definición de Grupo de trabajo	24
<b>2. Medir (Measure)</b>	
2.1 Mapa detallado de Proceso	25
2.2 SIPOC	26
2.3 Diagrama Causa y Efecto	27
2.4 Matriz Causa Efecto	27
2.5 Análisis del Sistema de Medición	31
2.6 Análisis de Capacidad de Proceso	34
2.7 Identificación de X's potenciales de proceso	37
2.8 Conclusiones de la etapa de medición	39
<b>3. Analizar (Analyze)</b>	
3.1 Análisis de Modo y efecto de falla (FMEA).	40
3.2 Análisis de Correlación y Regresión	42
3.3 Análisis de Falla inicial para pérdida de contactos	43
3.4 Pruebas de Hipótesis a X's críticas	44
3.4.1 Prueba de validación de cortos debido a tool loop set point	45
3.4.2 Prueba para fixture de Wire bond	46



3.4.3 Prueba del sistema de tack tool	47
3.4.4 Prueba de Efecto de la cubierta con tape	48
3.4.5 Prueba validación de efecto de cubierta de tape vs. Rc Sigma	49
3.4.6 Prueba validación de efecto de cubierta de tape vs. Rc Median	50
3.4.7 Prueba de validación de pérdida de contactos vs. Corridas tape	51
3.4.8 Prueba de validación de pérdida de contactos vs. Deformación tape	52
3.4.9 Prueba de validación de sigma de Rc por celdas de producción	53
3.4.10 Contactos por tipo de cabeza para Vertical Lap	54
3.5 Conclusiones para la fase de Análisis	54
<b>4. Mejorar (Improve)</b>	
4.1 Fase de mejora	56
4.2 Experimento 1.0: Nuevo diseño de PCB vs. Cover tape	58
4.3 Experimento 2.0: Alambre 1.3 Mil vs. Método de cubierta de tape	60
4.4 Experimento 3.0: New PCB + Alambre 1.3 mil vs. Cover tape	62
4.5 Diseño de experimentos en X's (Optimización) – DOE	63
4.6 Experimentación de optimización de cantidad de contactos	64
4.6.1 Desviación Standard de Rc después del proceso de Vlap	66
4.6.2 Pérdida de contactos en Vertical Lap	67
4.6.3 Análisis de multivarianza	68
4.6.4 Simulación reporte de la salida del optimizador	69
4.7 Condiciones de proceso optimizadas vs. Condiciones actuales	70
4.7.1 Resultados del DOE POR contra condiciones experimentales	71
4.7.2 Pérdida de Contactos durante el pulido	72
4.8 Experimento tape cover y Process of record (POR) tape cover	73
4.9 Conclusiones de la fase de Mejora	74
<b>5. Control (Control)</b>	
5.1 Control Estadístico de Procesos	75
5.2 Conclusiones para la etapa de Control	80
<b>6. Conclusiones del Proyecto</b>	
5.1 Acciones claves del proyecto	81



## 7. Anexos



## Introducción

Dentro de los procesos de manufactura de alta tecnología de componentes en el área de sistemas de almacenamiento de datos por medios magnéticos (conocidos como discos duros), la interacción de cada componente además del correcto funcionamiento de cada sub-ensamble representa la disponibilidad y confiabilidad de la información que será almacenada y utilizada dentro de estos dispositivos por parte del usuario.

Para cada sub-ensamble, existen componentes claves del que depende el sistema en su conjunto que cumplen funciones específicas dentro del producto y que, por sus características, requieren un proceso de manufactura de alta tecnología específico diseñado para este fin.

Tal es el caso de las cabezas lectoras magneto resistivas (MR heads o sliders) que se encuentran dentro de los discos duros, cuya función es la de proveer el medio de "comunicación" entre la parte que genera la información (datos) y el medio de almacenamiento (discos metálicos), a través de una interacción por medios magnéticos que permiten la correcta lectura y escritura de datos sobre la superficie metálica.

El proceso de manufactura específico para estos componentes, requieren condiciones controladas en medio ambiente y procesos muy especializados de pulido, corte y equipos de gravado al alto vacío los cuales van creando las características únicas del producto que permitan cumplir su función dentro del sistema completo.

Dentro de los procesos de pulido, la cabeza lectora se transforma en una de sus superficies o caras ( conocida como ABS ), a través de la exposición continua del producto contra una área abrasiva ( pre-cargada con partículas de diamante), y se pretende desbastar cierta cantidad de material ( en el rango de los manómetros), con el fin de dar un acabado tal para procesos posteriores además de proveer la correcta longitud del elemento magneto resistivo ( MR element), medido en Ohms, que cumple con las funciones de lectura y escritura en el sistema.

La correcta interacción entre los elementos dentro de este proceso, garantizara el producto adecuado para procesos posteriores, con características específicas que cumplen una serie de especificaciones y que son medidas posteriormente en equipos ópticos enfocados a parámetros de planicidad y eléctricos enfocados a pruebas en componentes internos del sistema.

El proyecto motivo de este reporte, se enfocara en una nueva tecnología de pulido, la cual se presenta como una alternativa al proceso actual de desbaste, garantizando una sustancial reducción de variabilidad en el parámetro de resistencia, que se identifica como la variable clave de



salida de este proceso y que además provee un lazo de control en tiempo real hacia el equipo que realiza esta función.

El nombre del proyecto es Vertical Lap ( Pulido de forma vertical), el cual será discutido a lo largo de este reporte publicando de manera detallada la función del proceso además de las variables de entrada que interactúan en la salida del mismo.

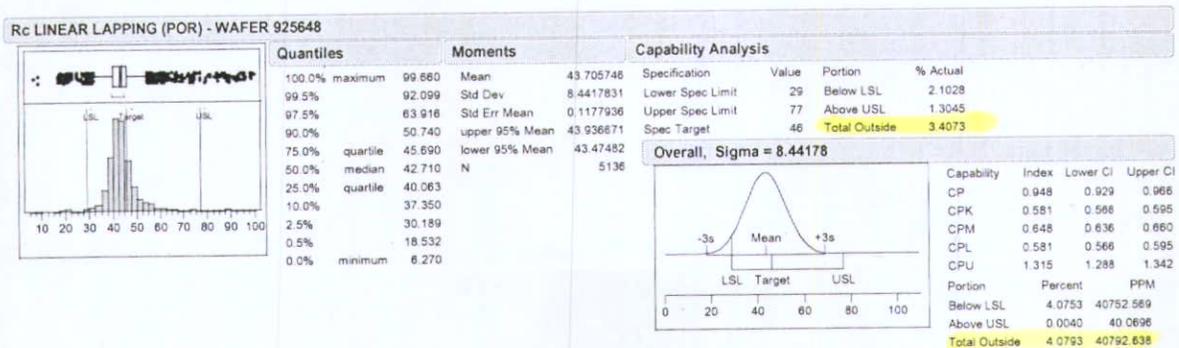
Sirva la presente introducción para establecer un marco de referencia, entendiendo que la información aquí presentada, será administrada a través de la actual política de confidencialidad de la empresa Hitachi GST.



## Planteamiento y descripción del Problema

El Proceso actual de pulido final dentro del proceso de fabricación de cabezas lectoras magneto resistivas, dentro de su parámetro de salida clave, conocido como el valor de Resistencia Rc del elemento de lectura / escritura presenta una variación en su distribución final de salida de 10 Ohms, aproximadamente en la tecnología actual de fabricación.

Una distribución típica para valores de resistencia dentro del actual proceso de manufactura, se presenta de la siguiente manera:



Grafica 1.0 Análisis estadístico de distribución de Resistencia Rc en Proceso Actual (POR), y análisis de capacidad del procesos para Resistencia Rc.

Medidas de Tendencia Central:

Media: 43.7 Ohms (definida por el tipo de producto, para este caso el target del producto es 46 Ohms).

Desviación Estándar: 8.4 Ohms (Definida por el tipo de proceso de manufactura).

Por lo que, aplicando las especificaciones de este producto dentro de la distribución del análisis presentado, nos arroja una pérdida de un total de 3.4% de la misma, dividida de la siguiente manera:

Rc OHL: 1.3%

Rc ULL: 2.1%

La propuesta es reducir la variabilidad del proceso medido como sigma de Resistencia final posicionado en Quasi Fab 2 en productos femto, de 10 Ohms a 6 Ohms.



## Entitlement del Proceso

Conocido como el mejor nivel del proceso visto y registrado de forma histórica, el entitlement del proceso nos permite visualizar a través de registros, los mejores niveles que se han reportado para el proceso a analizar.

Anexo un comparativo, de forma tabular entre lo que se conoce como el proceso actual (POR – process of record), y el nuevo proceso vertical lap, en donde se identifica, entre otros parámetros, el entitlement de ambos procesos, medidos como sigma de resistencia y reportados como Rc sigma:

□ Rc Sigma entitlement (4.4 ohms)

MPC results in qualification in June-July 2006.

ec	VL	POR
statsSS	26016	84799
rcavg	53.1	52.8
rcstd	4.4	8.9
ampavg	1405.6	1324.9
ampstd	499.5	508.1
asymavg	-5.3	-2.5
asymstd	23.5	24.0
tntavg	6.9	7.2
tntstd	9.2	14.4
kinkmd52avg	101.6	104.2
kinkmd52std	257.3	269.5
tmen vb rngavg	384.3	387.2
tmen vb rngstd	150.8	150.0
tmen vb wsumavg	50326.2	48742.0
tmen vb wsumstd	237079.5	226433.1
hf rngavg	155.5	160.1
hf rngstd	204.3	211.3
hf wsavg	58.4	59.8
hf wsstd	401.1	402.1
hf sigmaavg	11.1	11.2
hf sigmstd	11.2	12.9
hf rgnavg	382.7	393.9
hf rgnstd	502.3	516.0
hf wsnavg	142.7	144.3
hf wsnstd	978.8	950.4
hf signavg	27.3	27.5
hf signstd	27.3	31.3
uqsnravg	35.4	35.1
uqsnrstd	3.7	3.9

Tabla 1) Tabla comparativa de parámetros eléctricos medidos por elemento para el proceso POR y nuevo proceso Vertical Lap.

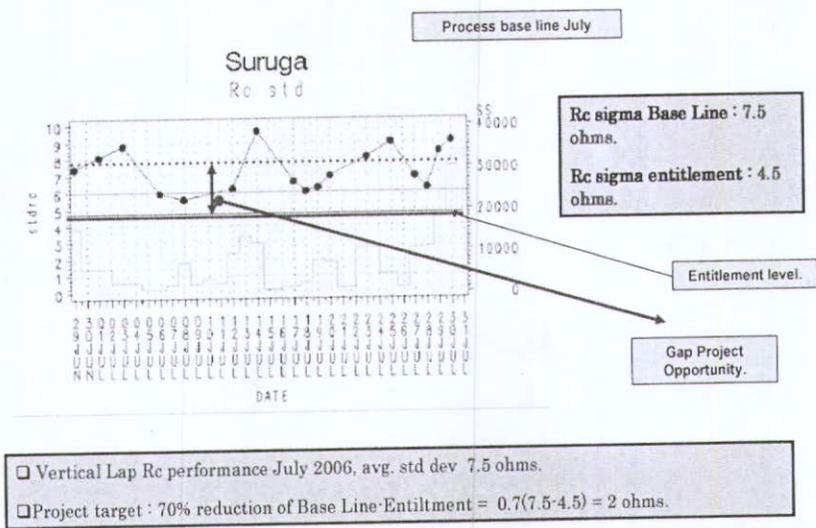
## Baseline del Proceso:

Conocido como el promedio de largo plazo, en donde las variables de entrada del proceso operan sin ninguna restricción, el baseline nos permite conocer una referencia de largo plazo de comportamiento de proceso a partir del promedio de medias del mismo.

A continuación se anexa un grafico histórico del mes de Julio del 2006, en donde se identifican ambos métricos antes descritos, medidos como sigma de resistencia vs. Tamaño de muestra. Cabe mencionar que el métrico es para un solo producto, de nombre Suruga, que fue pionero en la aplicación de esta tecnología.



Cada uno de los conceptos está identificado en la gráfica, donde se pueden leer, el baseline, entitlement y el delta de oportunidad producto del proyecto.



Grafica 2.0 Tendencia de sigma de Rc para Suruga en el mes de Junio del 2006.



## Justificación

Lo anterior, representa una pérdida económica del alrededor de \$500 K USD en un año, bajo los siguientes supuestos:

- a) Ejercicio durante el 2006 en base a los volúmenes producto del forecast de ese año (para los productos con potencial de mejora, tecnología femto, Suruga, Goldcrest Slim y Moraga Plus C).
- b) Demanda presentada para el periodo publicado en el tercer mes, conocido como 3U.
- c) Perdidas por punto de yield ( medidas como porcentaje de scrap de producto sobre total de producto fabricado): \$ 172,747.00

Por lo que se identifica una oportunidad dentro de este parámetro que representa el métrico de mayor pérdida dentro de la categorización de códigos de defectos para el proceso de manufactura de cabezas lectoras magneto resistiva.

## Objetivo del Proyecto

Reducción de la **variación del proceso de manufactura** (desviación estándar), del proceso actual de manufactura conocido como proceso de pulido lineal o linear lapping process por su terminología en Ingles, a través de la implementación de una nueva tecnología de pulido que elimine el concepto actual e implemente un nuevo esquema de pulido que permita mejorar la desviación estándar del mismo en aproximadamente 4 Ohms, sin alteraciones en el resto de los parámetros claves del producto.

Los ahorros de esta mejora, se identifican dentro de la sección de justificación del proyecto.

## Metodología

El presente reporte se estructura a través de la metodología de 6 sigma, que busca, a través de análisis estadístico, identificar fuentes potenciales de variación que afectan la variable de salida Resistencia Rc ( Y1), a través de las diferentes variables de entrada (X's) de los procesos que interactúan para este fin.

La metodología consta de los siguientes pasos:

- a) Define ( Definir)
- b) Measure ( Medir )
- c) Analyze ( Analizar)
- d) Improve ( Mejorar)
- e) Control (Controlar).

Cada uno de los pasos será demostrado y reportado dentro del proyecto con sus respectivas conclusiones y resultados a partir de las pruebas estadísticas realizadas para las diferentes pruebas de hipótesis planteadas.

## Hipótesis

La Hipótesis a demostrar, producto de este reporte de proceso, es la siguiente:

Demostrar que la distribución de Resistencia medida en los elementos de lectura/escritura de los discos duros magnéticos, a través de la nueva tecnología de Pulido Vertical lap, es estadísticamente diferente (significativo), al proceso actual de pulido.

Un comparativo lado a lado se describe en la página 18, en la sección mapa de proceso, entre ambas tecnologías identificando las diferencias significativas entre ambas tecnologías.

## Contextos

El contexto del proyecto, entendido como el conjunto de las circunstancias en la que el mismo es preparado, ocurre a un año de su implementación dentro del proceso de fabricación de cabezas lectoras magneto resistiva dentro de la planta Hitachi GST en Guadalajara.

El antecedente técnico, su justificación, posterior desarrollo e implementación del proceso, no son parte de este reporte, el cual se enfoca, en su totalidad, en el soporte técnico y justificación, describiendo brevemente la parte de desarrollo del nuevo proceso y un comparativo con el proceso actual a través de un diagrama de flujo del mismo.

Cabe mencionar, que esta nueva tecnología es necesaria para los productos actuales y futuros, como un requisito de mejora con el fin de reducir costos de operación dentro del ambiente de manufactura.

## **Organización Estructural del Reporte**

El reporte estará organizado a través de secciones específicas en las cuales se desarrollaran todas y cada una de las secciones que componen la metodología DMAIC (definidas anteriormente), mismas que mostraran el proceso de análisis de manera grafica y/o tabular, según sea el caso.

El desarrollo de los experimentos, será incluido dentro de las fases correspondientes, además de las conclusiones y resultados de los mismos manteniendo en todo momento, un estricto apego a la metodología dentro de este reporte de proyecto.

## DEFINE (Definir)

### Antecedentes y Alcance del Proyecto:

Como se ha mencionado anteriormente, el proceso de pulido dentro de la fabricación de cabezas lectoras magneto-resistivas, ha existido durante la evolución de los diferentes productos, como un proceso inherente al desarrollo de los mismos.

Así, desde el inicio de la manufactura de estos elementos dentro de la planta Hitachi GST Guadalajara en 1997, la evolución de los productos ha demandado nuevas definiciones de procesos, que fundamentalmente, tienen como objetivo lograr la mejor distribución de Resistencia  $R_c$  (Ohms), medida en los elementos individuales de lectura y escritura conocidos como sliders.

→ Como  
afecta  
al P10

El parámetro de resistencia  $R_c$ , ha sido históricamente el principal detractor de los métricos de yield y calidad del producto dentro de el proceso de Slider fabrication.

El desarrollo de un nuevo proceso es parte fundamental del grupo de desarrollo del negocio, con el fin de optimizar costos de operación y mantenerse dentro del competitivo mercado de fabricación de componentes electrónicos.

Vertical lap representa la última tecnología de pulido en manufactura de cabezas magneto-resistivas, enfocadas a mejorar la distribución de resistencia  $R_c$  en conjunto con las características de superficie necesarias para mantener el performance del producto terminado a nivel ensamble final.

A continuación se presenta una tabla descriptiva con los diferentes desarrollos de procesos y su respectivo impacto en sigma de  $R_c$  por tiempo ( años), en donde se describe, por columnas, el año de implementación, el nombre del proceso, la cantidad de pasos de pulido, el impacto en  $R_c$  reportado como sigma ( Ohms) y una breve descripción del cambio del proceso.



**Antecedentes del Proyecto (Technology Road Map):**

<b>Año</b>	<b>Nombre de Proceso</b>	<b>Pasos de Proceso</b>	<b>Sigma Rc. Final</b>	<b>Cambio de Proceso</b>
1997	Abs Lap	1	> 15	Proceso Original
1999	FCL	2	~ 15	1 nuevo paso de pulido
2002	XIFP BCL	2	~13	Nuevo plato de pulido y una distribución de tamaño partícula de diamante menor.
2004	PPL	3	~10	1 nuevo paso de Pulido
2005	PPL Wire Bond	3	~8	Introducción de proceso de Soldado (Wire Bond) al sensor para control de Rc.
2006	Vertical lap	2	< 6	Reducción de 1 proceso de pulido, una distribución de tamaño de partícula de diamante menor, Nueva cinemática de proceso de pulido.

*Tabla 2.0 Evolución de procesos de pulido dentro del proceso de manufactura Slider Fabrication Hitachi GST.*

## Mapa de Proceso (Macro):

El nuevo proceso de pulido, integra los 2 últimos pasos de pulido en uno solo. La manera de lograrlo es a través de la implementación de una nueva tecnología que, de manera grafica, se presenta con el siguiente mapa de proceso (comparativo entre proceso actual y nueva tecnología):

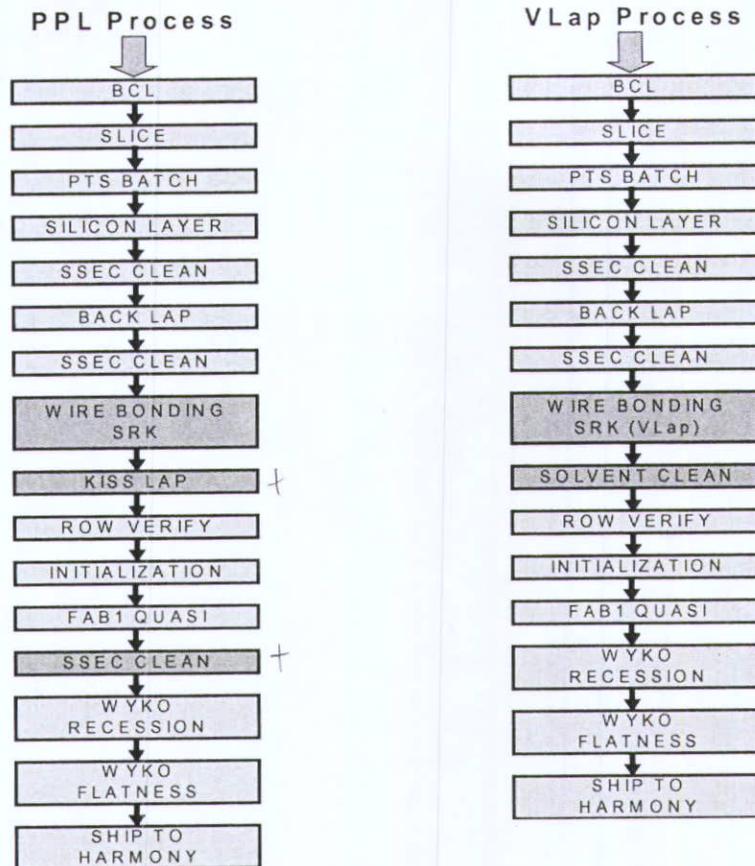


Diagrama 1.0 Mapa de Proceso PPL Lapping vs. Vertical Lap. Operaciones en naranja identifican los cambios fundamentales dentro de la nueva tecnología de pulido Vertical lap.

## Análisis Financiero:

En base a los costos de operación reportados, los estimados de ahorros por la implementación de esta tecnología, se presentan en la siguiente tabla:

	3Q06	4Q06	Total
Scrap Impact	\$ 203.71	\$ 345.23	\$ 548.94
Spending Impact	\$ 83.28	\$ 106.62	\$ 189.90
	\$ 286.98	\$ 451.86	\$ 738.84

*Tabla 3.0 Sumario de Impacto por desperdicio y gastos por operación referidos a los 2 últimos cuartos del 2006, para producción estimada del mismo periodo.*

Por lo anterior, se identifica una oportunidad de ahorro del rango de \$738K USD (suma de Impactos por desperdicios + Impacto por gastos), para el periodo del 3er y 4to cuarto del 2006 referenciado a producción de producto Suruga y Moraga Plus C para el periodo de demanda mensual 8U. Lo anterior únicamente como resultado de la reducción de la variación de proceso definida en la sección de descripción del problema.

## Calendarización de Proyecto:

El calendario propuesto para el proyecto listado, se anexa a continuación dentro de la grafica de tubo de la figura 2. Incluye la cronología del desarrollo del proyecto por un periodo de tiempo de 6 meses calendario, en donde cada fase se especifica en duración y hitos por cada una de las fases de la metodología. El calendario es soportado por un recurso black belt dedicado para el proyecto, soportado por un grupo técnico definido para el desarrollo del mismo.

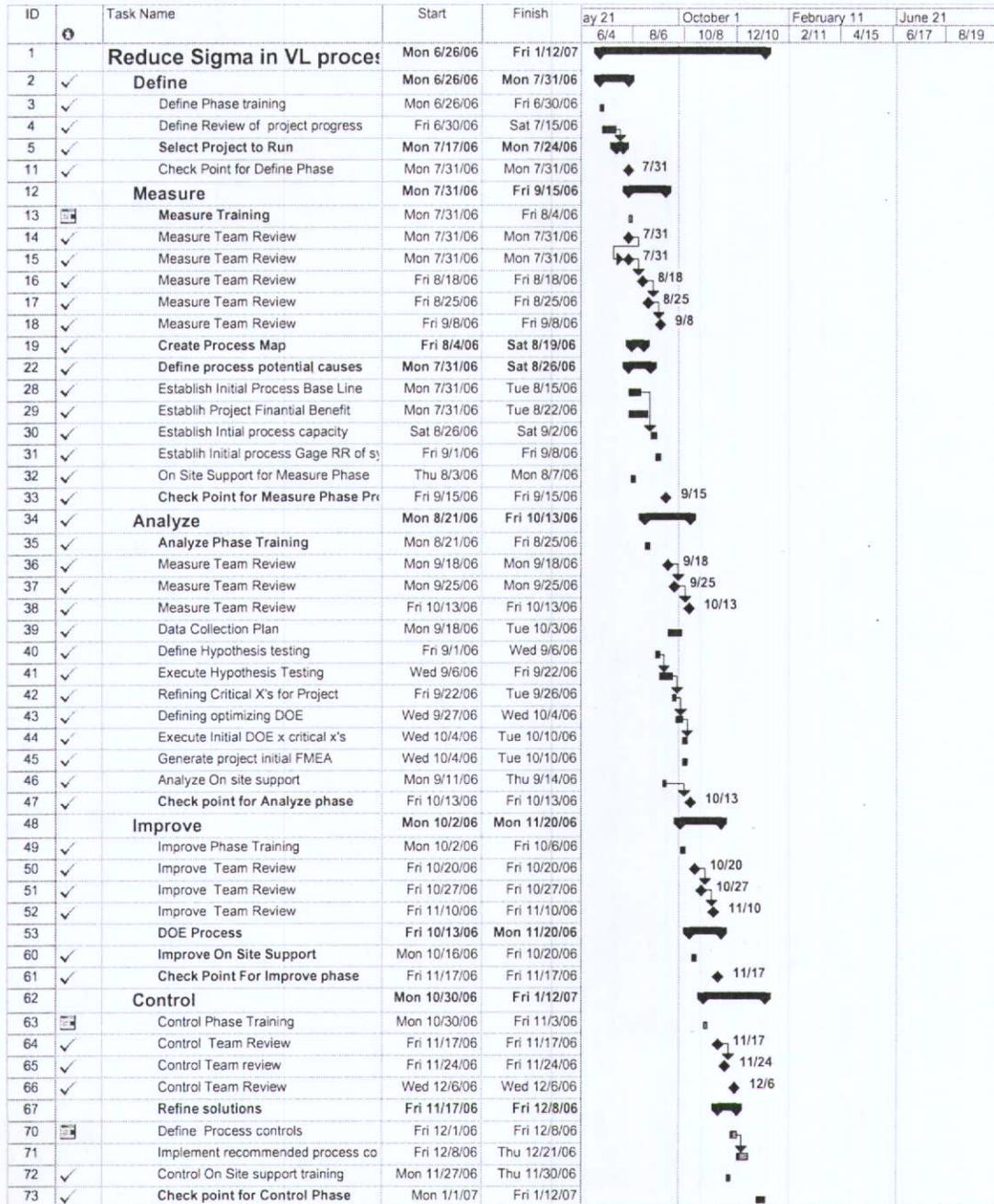


Diagrama 2.0 Calendarización (Gantt) de desarrollo de metodología DMAIC para el proyecto Vertical Lap.



## Definición de Grupo de Trabajo:

El grupo de trabajo identificado para el proyecto, se incluye a continuación. Se identifica un equipo multidisciplinario experto en cada una de sus áreas de competencia, esto a través de un conocimiento adquirido del proceso además de entrenamiento técnico en uso de herramientas estadísticas de análisis.

Se incluye además el nombre del Project Sponsor o Six Sigma Champion responsable de los resultados del proyecto, además del Black Belt, líder de tiempo completo del proyecto.

- **Black Belt:** Jesús Nuño.
- **Ingenieros Pulido:** Carlos Meza, Martín Fajardo, Sergio Amezcua.
- **Ingenieros de Herramental:** Rodrigo Montemayor, Armando Juárez.
- **Ingeniero Químico:** Elizabeth Centeno.
- **Ingeniero de Wire Bond:** Juan Carlos Pérez.
- **Ingeniero de prep. Platos:** Hugo Rocha.
- **Producción y Mantenimiento** Jorge Sigala, Oscar Godinez.
- **Project Sponsor :** Fab 1 Process Engineering Manager Fabricio Luna
- **Finance Manager:** Hartmut Fisher de la Mora

## Medir (Measure)

### Mapa detallado de Proceso:

El mapa detallado de proceso describe una fotografía actual de los pasos de proceso, en donde se identifica lo siguiente:

- ✓ Relaciones entre clientes y proveedores
- ✓ Pasos que agregan y que no agregan valor (que transforman el producto o no).
- ✓ Hidden factories (fabricas ocultas).
- ✓ Un listado completo de entradas y salidas
- ✓ Un listado de variables.

A continuación se muestra, el diagrama de flujo y el SIPOC del proceso.

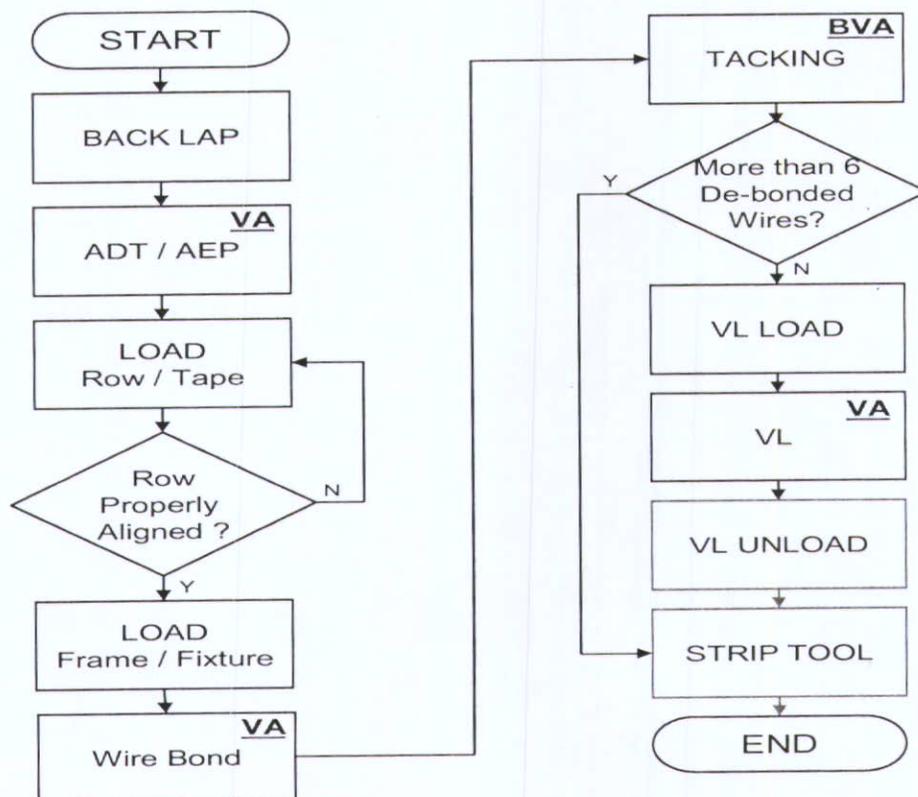


Diagrama 3.0 Flujo de proceso vertical lap. Las operaciones con valor agregado se identifican la leyenda VA (Value Add) y BVA (Business Value Add).

# S I P O C

■ Suppliers:	■ Inputs:	■ Process:	■ Outputs:	■ Costumers:
<ul style="list-style-type: none"> <li>-BCL</li> <li>-Deposito de Silicio</li> <li>-Back Lap</li> <li>-ADT</li> <li>-Equipo de Fixtures</li> <li>-Wire Bond</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Resistencia Sigma</li> <li>-Limpieza y rugosidades en gold pads</li> <li>-Condiciones de fixtures</li> <li>-Cantidad de contactos en gold pads</li> <li>-Condiciones de soldado</li> <li>-Alineamiento de row dentro del proceso de soldado.</li> <li>-Condiciones de platos de pulido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidad de plato.</li> <li>-Velocidad del carro.</li> <li>-Flujo de Glicol.</li> <li>-Presión en cámaras</li> <li>-Contactos durante pulido.</li> <li>-Condiciones de cables.</li> <li>-Especificaciones de brackets para resistencia.</li> <li>-Condiciones e los equipos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Media de resistencia en el row.</li> <li>-Sigma de resistencia en el row.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Quasi Fab1</li> </ul>

Diagrama 4.0 SIPOC Proceso de Vertical Lap.

En ambas herramientas, se identifican un total de 4 operaciones, que agregan valor, dentro del proceso, además, el SIPOC identifica de manera tabular entradas y salidas críticas del proceso.

## Herramientas Causa y Efecto

### Grafica de Pescado o Ishikawa:

Un diagrama de pescado o de Ishikawa, identifica las diferentes variables de entrada que pudieran afectar la variable de salida, en este caso el valor de resistencia Rc.

Consiste en una representación grafica, en donde se definen cada una de las variables antes mencionadas y se categorizar en 6 grandes grupos, que se listan a continuación:

- ✓ Mediciones
- ✓ Material
- ✓ Personal
- ✓ Medio Ambiente

- ✓ Métodos
- ✓ Maquinas

A continuación, a través de una tormenta de ideas, se generan y registran todas y cada una de las aportaciones de los miembros del equipo y se registran dentro de la grafica.

Para este proyecto, el diagrama de causa efecto, se muestra a continuación:

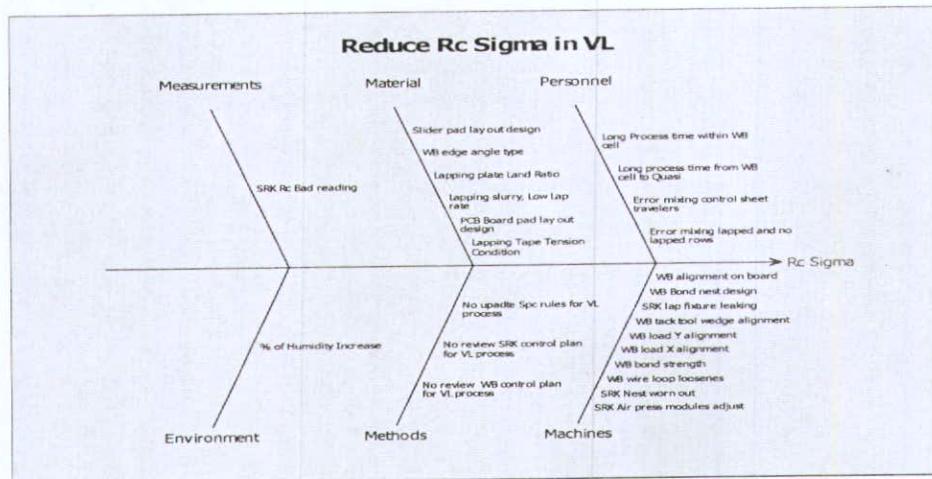


Diagrama 5.0 Causa Efecto para el proceso de Vertical Lap, describiendo las variables de entrada por categoría que se identificaron como potenciales para la variable de salida ubicada al extremo derecho (en rojo).

Cabe mencionar que se identificaron la parte de maquinaria con mayor número de variables de entrada por categoría.

### Matriz Causa Efecto:

Los objetivos de crear una matriz causa-efecto son los siguientes:

- ✓ Aplicar el conocimiento adquirido por experiencia del grupo en eliminar entradas y salidas poco significativas antes de que se designe un sistema de medición.
- ✓ Proveer un procedimiento lógico para la eliminación de variables de proceso para consideraciones posteriores.

A continuación, se muestra la matriz causa-efecto, ordenada y ponderada por cada variable de salida conocida del proceso (como referencia, utilizar el diagrama 3.0 de flujo de proceso para la secuencia de operaciones), contra la identificación de variables de entrada, identificadas como paso de proceso y Variable de entrada.



		1	2	3	4	5	6	7	
		Resistance mean	Resistance Sigma	Row Rework	Row abort	Row lap time	Row Facet	Type II residual	
	Priority	4	9	9	6.5	4	4	9	
Process Step	Process Input								Total
1	Wire Bond Tool Wire Bond loop set point	1	9	9	9	0	0	1	233.5
2	SRK Lap fixture No leaks on lap fixture	1	9	4	4	9	9	0	219
3	Wire Bond Tool Wire Bond Nest Type (psher type on line)	4	4	9	9	4	0	1	216.5
4	Wire Bond Tool Wire Bond physical vs virtual bond point on board	1	4	9	9	0	0	4	215.5
5	Plates Plate scratched on tool not replaced	4	9	4	9	4	1	0	211.5
6	Lapping Tape Low Lapping Tape tackiness	1	4	9	9	1	4	0	199.5
7	SRK Tool Lapping nest Heigth, increased row friction	1	9	4	4	4	9	0	199
8	SRK Tool Aire Pressure transducer failing	1	9	4	4	4	9	0	199
9	Wire Bond Tool Wire Bond Feed Angle	1	4	9	9	1	1	1	196.5
10	Wire Bond Load tool condition Alingment on X axis	1	4	9	9	1	1	1	196.5

			1	2	3	4	5	6	7	
			Resistance mean	Resistance Sigma	Row Rework	Row abort	Row lap time	Row Facet	Type II residual	
		Priority	4	9	9	6.5	4	4	9	
	Process Step	Process Input								Total
11	Lapping Tape	Lapping Tape stretching condition	1	4	9	9	1	1	1	196.5
12	Wire Bond Load tool condition	Alignment on Y axis	1	4	4	4	9	9	1	183
13	Wire Bond Tool	Wire Bond force	0	4	4	4	0	0	9	179
14	Wire Bond Tool	Wire Bond wedge angle type	0	4	4	4	0	0	9	179
15	Product	Row cleanliness	0	4	9	4	0	0	4	179
16	Plates	Correct plate type for VL process	4	4	4	9	4	4	0	178.5
17	Logistics	Logistic error (top as bottom)	1	1	9	9	1	1	1	169.5
18	SRK lap frame	Bad Tag level condition	9	4	9	0	4	0	0	169
19	Wire Bond Tool	Wire Bond wedge life	1	1	4	4	0	0	9	156
20	SRK lap frame	Frame shunt condition	1	1	9	9	0	0	0	152.5
21	SRK lap software	Software sensitivity to short and smears	1	4	4	9	1	1	0	142.5
22	SRK lap software	Software capability to reconsider good elements	1	4	4	9	1	0	0	138.5
23	Process Logistics	Mixture of Products&Travelers for the process	4	1	9	1	0	0	1	121.5
24	Slurry	Slurry sulot variation	1	1	4	4	9	1	0	115
25	SRK Tool	Torque and speed operation	1	1	4	4	9	0	0	111



		1	2	3	4	5	6	7		
		Resistance mean	Resistance Sigma	Row Rework	Row abort	Row lap time	Row Facet	Type II residual		
		Priority	4	9	9	6.5	4	4	9	
Process Step	Process Input									Total
26	Wire Bond Tool Visual system performance	1	4	4	4	0	0	1		111
27	Wire Bond Tool Wire Bond wire diameter	0	4	4	4	0	0	1		107
28	SRK Tool Flex nest cable contact condition	1	4	4	4	1	0	0		106
29	Plates Plate LR%	4	4	0	0	9	4	0		104
30	Product Pad Lay out design top vs bottom.	1	4	4	4	0	0	0		102
31	Product Row position in quad	1	9	1	1	0	0	0		100.5
32	Proceduress Control plan for VL, not ready	0	4	4	4	0	0	0		98
33	Process Logistics Cycle time inside Cell	4	9	0	0	0	0	0		97
34	Process Logistics Cycle time from cell to Quasi tool	4	9	0	0	0	0	0		97
35	SRK Tool Pre amp box calibration	9	4	1	1	1	0	0		91.5
36	SRK Tool Bad Scanner reader condition	1	1	4	4	0	0	0		75
37	SRK Operator training Operator decision for stopping tool	1	1	4	4	0	0	0		75
38	Wire Bond Tool Wire Bond PCB damaged contacts	1	4	1	1	0	0	0		55.5
39	SRK Tool Servo Motor Operation	1	1	1	1	1	4	0		48.5
40	Environment Variations in humidity inside clean room	1	4	0	0	0	0	0		40
41	SRK Lap fixture Bad Tag level condition	1	1	0	0	1	0	0		17
<b>Total</b>		<b>284</b>	<b>1521</b>	<b>1728</b>	<b>1235</b>	<b>316</b>	<b>236</b>	<b>405</b>		

Tabla 4.0 Matriz Causa efecto identificando variables de salida en la parte superior, su ponderación (escala 1-10), donde 10 significa mayor prioridad. Los pasos de proceso y entradas de proceso se listan a la izquierda del formato.

El totalizar las variables críticas de entrada, nos permite identificar las de mayor aportación a las diferentes variables de salida identificadas.

Para este caso, la tabla muestra el orden de los 10 principales entradas de proceso, por ponderación, son:

1. Wire Bond loop set point
2. No leaks on lap fixtures
3. Wire bond nest type
4. Wire Bond physical vs. virtual bond point
5. Plates
6. Lapping Tape
7. Lapping nest
8. Air pressure transducer
9. Wire Bond Feed angle
10. Alignment on X axis

## **Análisis del Sistema de Medición (Measurement System Analysis MSA):**

El objetivo de un análisis del sistema de medición, consiste de 3 partes específicas, que son:

- ✓ Exactitud de la Medición.
- ✓ Precisión de la Medición.
- ✓ Consistencia de la medición con respecto al tiempo.

El proceso de medición del parámetro de Rc, sucede en 2 etapas críticas del proceso, las cuales son:

- ✓ Durante el proceso de pulido (Lapping).
- ✓ Durante el proceso final de medición y disposición del producto (Quasi).

Por esta razón, el análisis del sistema de medición (MSA), será realizado en ambos sistemas por separado.

Para este fin, un estudio de gage R&R (Repetitibilidad y Reproducibilidad), será efectuado en ambos sistemas. Algunas consideraciones deben de tenerse en cuenta para este fin:

Para el proceso de Pulido:

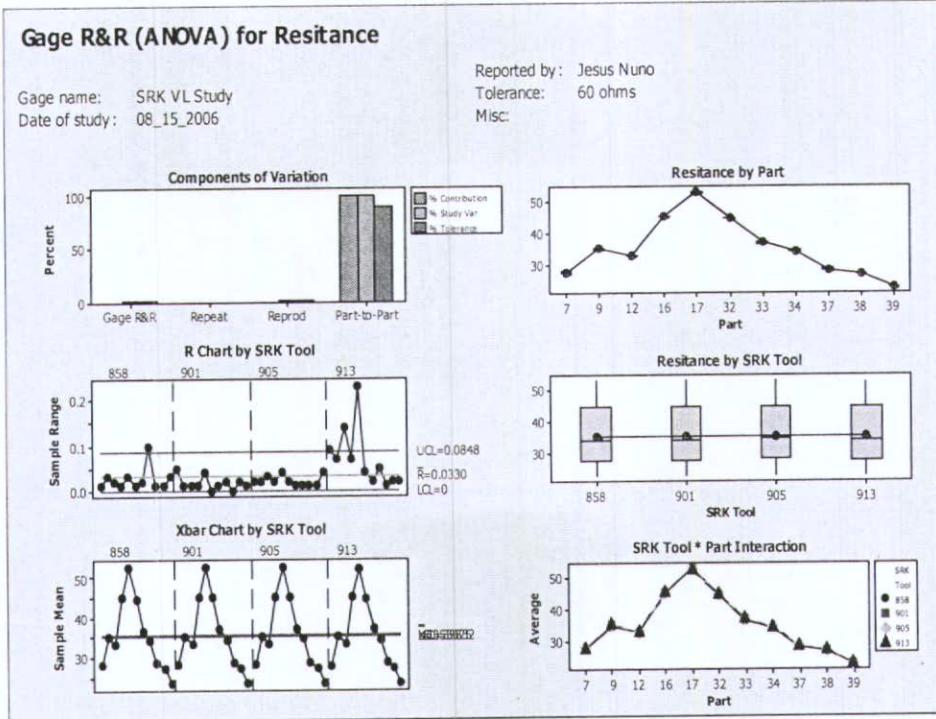
- El estudio se aplicara directo al equipo de pulido, donde se identificó una muy baja dependencia del operador.
- El Estudio se llevara a cabo sobre el producto Suruga, con 11 posiciones de medición seleccionadas sobre 4 maquinas de pulido, en un solo turno con una diferencia máxima de tiempo de 3 horas entre la primera y la ultima medición.

Para el proceso de Medición Quasi:

- El estudio se hará sobre 1 job de 22 rows completo.
- Se incluirán 2 maquinas Quasi de medición, dedicadas a producto Suruga de producción.

El reporte inicial de resultados del primer Gage R&R del equipo de pulido a través de un anova, se anexa a continuación:





Grafica 3.0 Reporte de Análisis de Gage R&R (Anova), para el parámetro de resistencia por maquina de pulido listadas 858, 901, 905 y 913.

El análisis del reporte identifica lo siguiente:

- a. Dentro de los componentes de variación, se identifica una variación mayor entre partes comparada con el gauge R&R de los equipos.
- b. La media y distribución de las distribuciones de Rc por equipo reportadas dentro del grafico de Resistencia por SRK tool, muestra consistencia entre equipos.
- c. Los gráficos de resistencia por parte y media de Rc por SRK tool (equipo de pulido), muestran un comportamiento típico de un proceso de pulido con estas características.
- d. La grafica de rangos por SRK tool (equipo de pulido), muestra un comportamiento atípico en el rango del equipo 913, lo cual pudo presentarse por cambio de condiciones de proceso para el equipo específico.

La tabla de resultados, reporta los valores calculados del gauge R&R y se anexan a continuación:



**Gage R&R**

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000	0.01
Repeatability	0.0007	0.00
Reproducibility	0.0032	0.01
SRK Tool	0.0060	0.01
SRK Tool*Part	0.0032	0.00
Part-To-Part	81.3172	99.99
Total Variation	81.3271	100.00

Process tolerance = 60

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.09971	0.5983	1.11	1.00
Repeatability	0.02736	0.1642	0.30	0.27
Reproducibility	0.09588	0.5753	1.06	0.96
SRK Tool	0.07767	0.4660	0.86	0.78
SRK Tool*Part	0.05622	0.3373	0.62	0.56
Part-To-Part	9.01760	54.1056	99.99	90.18
Total Variation	9.01816	54.1089	100.00	90.18

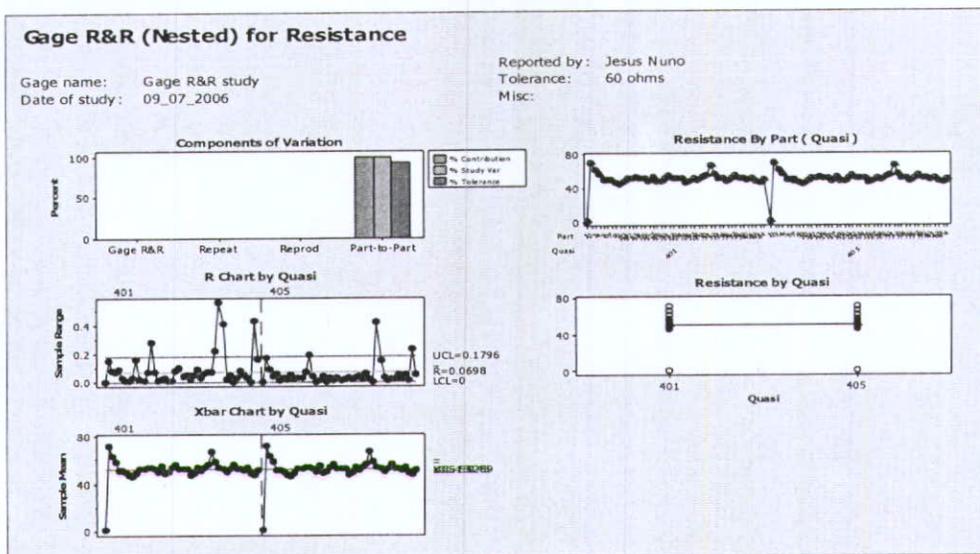
Number of Distinct Categories = 127

Tabla 5.0 Análisis de Gage R&R resultados tabulares para el parámetro de resistencia medido en maquinas de Pulido.

El análisis refleja un gage R&R de 0.01, por lo que se concluye que el sistema de medición del equipo o MSA de equipo de pulido cumple con lo necesario para continuar el proceso.

Cabe mencionar, que el equipo de medición de proceso de pulido detecto problemas de medición en un equipo, que no fue posible leer el valor de resistencia de un elemento durante el proceso. Esta condición es específica para este proceso e implica un detractor para el control de este parámetro durante el pulido de los elementos.

En complemento, el gage R&R del equipo de medición Quasi, se presenta a continuación, bajo las condiciones antes descritas:



Grafica 4.0 Análisis de Gage R&R (Nested), para el parámetro de resistencia por equipo de medición Quasi 401 y 405.



Al igual que el ejercicio anterior, el análisis del reporte identifica lo siguiente:

- a. Dentro de los componentes de variación, se identifica una variación mayor entre partes comparada con el gauge R&R de los equipos.
- b. El resto de los gráficos de medias y rangos de resistencia, presentan un comportamiento típico para los productos a través de ambos equipos de medición.

La tabla de resultados, reporta los valores calculados del gauge R&R de equipos de medición se anexan a continuación:

**Gage R&R**

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0043	0.00
Repeatability	0.0043	0.00
Reproducibility	0.0000	0.00
Part-To-Part	86.6319	100.00
Total Variation	86.6362	100.00

Process tolerance = 60

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.06572	0.3943	0.71	0.66
Repeatability	0.06572	0.3943	0.71	0.66
Reproducibility	0.00000	0.0000	0.00	0.00
Part-To-Part	9.30762	55.8457	100.00	93.08
Total Variation	9.30786	55.8471	100.00	93.08

Number of Distinct Categories = 199

Tabla 6.0 Análisis de Gage R&R resultados tabulares para el parámetro de resistencia a través de equipos de medición quasi.

El análisis refleja un gage R&R de 0.01, por lo que se concluye que el sistema de medición MSA del equipo de medición quasi cumple con lo necesario para continuar el proceso.

### Análisis de Capacidad de Proceso:

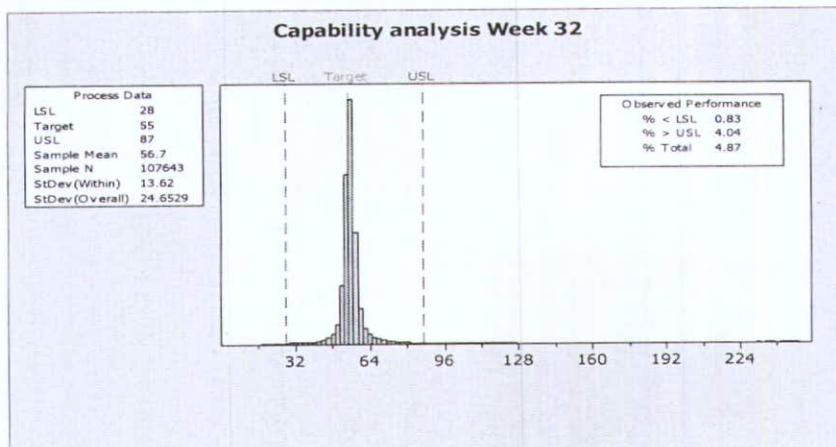
La capacidad de proceso, nos permite, a través de estadísticos, entender y reportar los siguientes puntos:

- Creación de estadísticos que reporten que tan bien el proceso cumple las especificaciones definidas por el cliente.



- Prioritiza las fuentes potenciales del problema:
  - ✓ Variaciones de largo plazo
  - ✓ Variaciones de corto plazo
  - ✓ Una pobre ubicación del proceso.

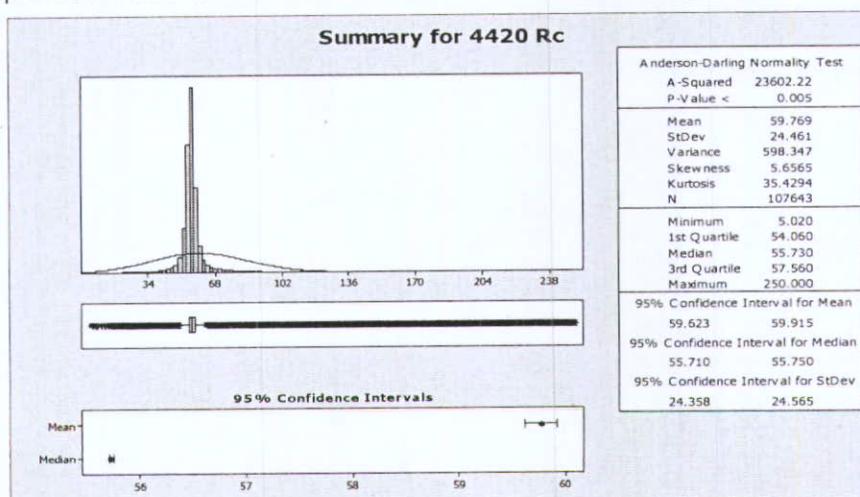
Un análisis de capacidad de proceso se presenta a continuación, se realiza a través de un periodo de una semana, con una muestra representativa de 107K sliders procesados en total. La grafica es la siguiente:



Grafica 5.0 Análisis de Capacidad para el parámetro de resistencia Rc a través de un histograma de un periodo de tiempo específico ( 1 semana), aplicando los limites de especificación superiores e inferiores.

Del grafico anterior, se nos muestra que en total, el 4.87% de los datos caen fuera de la especificación definida por el cliente.

Además, la prueba de normalidad de la distribución nos muestra lo siguiente:



Grafica 6.0 Prueba de Normalidad para distribución de Resistencia Rc dentro de la operación de medición Quasi.

La semana 32, nos presenta una desviación estándar de 24.46 Ohms, con rangos de mavericks de 5 a 250 ohms.

**Los datos no son normales, con largas colas en los extremos de la distribución.**

Los datos del análisis anterior, nos arrojan las siguientes conclusiones:

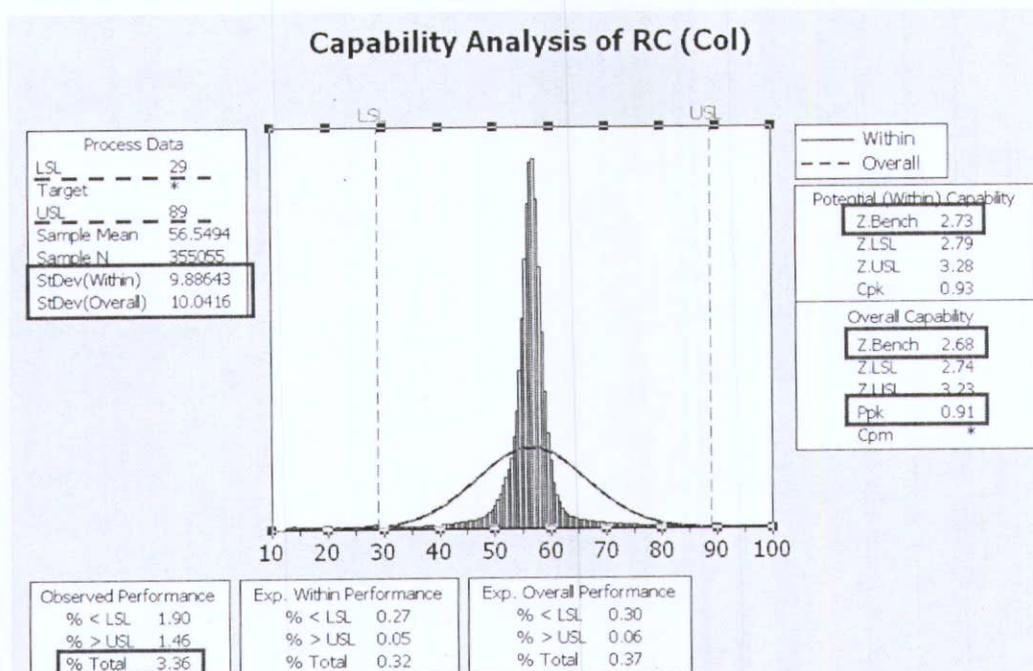
Especificaciones actuales del Producto:

- Rc Process Target 55 Ohms
- Rc LSL 28 Ohms
- Rc USL 87 Ohms

El análisis de datos corresponde a un periodo en el tiempo de una semana de producción.

- **La distribución del proceso no se distribuye normalmente, por lo que el proceso se analiza solo en base a su performance actual.**

Como referencia y tomando en cuenta el comentario anterior de la no-normalidad de datos, se presenta el análisis de capacidad de proceso de Rc Resistencia (los datos no están normalizados):



Grafica 7.0 análisis de capacidad del parámetro de Rc. Se identifican los índices de Process Capability Ppk 0.91.

Cabe mencionar que debido a la condición de no-normalidad de datos, el enfoque del proyecto será en minimizar el efecto de las colas de la distribución para la reducción de sigma de Rc.

EL proceso actual de Vertical Lap muestra las colas de la distribución con alta pérdida la cual es indicativa de fuentes de degradación del proceso que evitan un comportamiento normal. Las causas de este comportamiento deberán ser identificadas a través del análisis a efectuar durante las fases de Análisis (Analyze), y Mejorar (Improve).

**Identificación de X's potenciales de proceso:**

La correcta identificación de las X's potenciales del proceso (variables de entrada), nos permiten enfocarnos en factores de peso dentro del análisis del mismo.

Como se reporto previamente en las secciones de herramientas de causa y efecto, la lista de las 13 X's identificadas de manera potencial, se presentan a continuación:



#	X Factor	Wire Bond Process	Process Effect.
1	Wire Bond set point lazo	Wire Bond	La soldadura de los alambres genera cortos durante el proceso de pulido.
2	SRK Lap fuga fixture	Vertical Lap	Fugas en fixture de pulido generan un pobre control.
3	Tipo de nido WB	Wire Bond	Influye en la soldadura de los alambres.
4	Error de alineamiento WB	Load Row / Tape	Error de alineamiento genera contactos abiertos en las tarjetas.
5	Plato rallado	Vertical Lap	Ralladuras en los platos degradan el perfil de Resistencia Rc.
6	Aplicación de tape	Tacking	Los rows se mueven durante el pulido.
7	Altura de nido de pulido	Vertical Lap	El pulido no es uniforme, incremento de cortos.
8	Sistema de control de presión	Vertical Lap	Mal control de Rc debido a sistema de presiones.
9	Angulo de alimentación de alambre	Wire Bond	La soldadura de los alambres genera cortos durante el proceso de pulido.
10	Alineamiento de carga de WB (X)	Load Row / Tape	Incremento de alineación, genera cortos durante el pulido.
11	Estiramiento de tape de pulido	Tacking	Incremento de cortos de pulido.
12	Alineamiento de carga de WB (Y)	Load Row / Tape	Incremento de errores de alineamiento genera cortos y/o abiertos.
13	Fuerza de Soldado WB	Wire Bond	Pobre fuerza de soldado genera abiertos durante el pulido.

Tabla 7.0 Identificación de X's potenciales obtenidas a través de las herramientas de causa y efecto.



## Conclusiones de la etapa de medición:

Como conclusiones de esta etapa dentro de la metodología, podemos listar lo siguiente:

### Sistema de Medición:

- El sistema de medición del equipo de Pulido y del equipo de medición de parámetros eléctricos Quasi, presentan ambos un gage R&R menor al 5% por lo que ambos sistemas son capaces para el monitoreo del proceso de Rc y el control del mismo.

### Capacidad de Proceso:

- El proceso de Vertical Lap muestra un buen Rc Mean control capability.
- Las colas de la distribución de Rc en la parte alta y baja son un claro indicador de la presencia de factores dentro del proceso que degradan la capacidad del mismo para mantener el perfil de Rc dentro de una distribución normal.

### Factores de Proceso:

Existen potencialmente factores que pueden tener una relación cercana y que afectan los retrabajos y la sigma de resistencia.

Además, se puede identificar que potencialmente la pérdida de contactos dentro del row durante el proceso de pulido puede ser un contribuidor al proceso de retrabajo de Vertical Lap además de la degradación de las capacidades de control del proceso de Vertical Lap para el parámetro de Resistencia.



## **Analizar (Analyze)**

La fase de análisis es la tercera dentro del proceso de DMAIC. La intención de esta fase es la de entregar lo siguiente:

- ✓ Una lista de factores de entrada que afectan de manera significativa el comportamiento de la variable de salida.
- ✓ Evidencia de la significancia a través de el uso de herramientas analíticas en datos de proceso.

Las herramientas disponibles para este proceso, son las siguientes:

### **Análisis grafico:**

- Histogramas, dot plots, scatter plots, box plots, and matrix plots.

### **Pruebas de Hipotesis:**

- Pruebas de ubicación, spread y forma.

### **Análisis de Modo y efecto de falla (FMEA).**

#### **FMEA de Proceso**

El FMEA identifica, de manera grafica, los posibles modos de falla y efecto a través de un análisis del proceso.

Se presenta de manera tabular definiendo cada modo de falla, su categorización y su impacto medido como un factor de riesgo RPN, calculado a través de la multiplicación aritmética de 3 parámetros identificados como Severidad, ocurrencia y detección.

El valor de este factor se categoriza en la escala del 1 al 10, siendo la primera la de menor riesgo y el segundo factor la de más alto riesgo.

El FMEA del proceso de soldado de vertical lap de presenta a continuación:



The highest value process steps from the CAE matrix.	In what ways might the process potentially fail to meet the process requirements and/or design intent?	What is the effect of each failure mode on the outputs and/or customer requirements? The customer could be the next operation, subsequent operations, another division or the end user.	How Severe is the effect to the customer?	How can the failure occur? Describe in terms of something that can be corrected or controlled. Be specific. Try identify the causes that directly impacts the failure mode, i.e., root causes.	How often does the cause of failure mode occur?	What are the existing controls and procedures (inspections and tests) that either prevent failure mode from occurring or detect the failure should it occur? Should include an SOP number.	How well can you detect cause of PM?	NEW RPN = DET x SEV x OCC x DET	What are the actions for reducing the occurrence, or improving detection, or for identifying the root cause if it is unknown? Should have actions only on high RPN's or easy fixes.	Who is responsible for the recommended action?	List the completed actions that are included in the recalculated RPN. Include the implementation date for any changes.		
Wire Bond Electrical contacts after Bond	The number of good electrical contacts for Vertical lap operation is short or beyond the optimal set point for Vertical Lap operation.	Increased Resistance Std. dev by row after Vertical Lap operation. Lapping Rework at vertical lap operation, scrap of rows under code 7742 due to lack of electrical contacts.	7	Wire Bond nest damaged, causing a low tension of wire during wire bond operation.	6	Fixturing PM maintenance	8	336	New WB fixturing maintenance practices	Rodrigo: 04/15/07 In progress			
			7	Wrong type of wire bond nest assigned to wire bon operation.	6	Fixture Tag	7	264	Set Up Wire Bond nest design to version 2	Juan Carlos: 04/06/07 In progress			
			3	Bond pull strength after wire bond is low due to a low settings of US power at the Wire Bond tool	6	Pull strength SPC system for Wire Bond operation	4	162	Spic for pull strength force for Wire Bond Calls	Juan Carlos: 03/15/07 DONE	SPC for Wire Pull test in place under control of quality team		
			5	Bad alignment at the Wire Bond load station causes a poor bond condition , having a increased loss of contacts.	8	Daily alignment check up in tool PM check list	5	150	Implemented UV light alignment checker alignment check up in the WB load PM practices.	Rodrigo: 03/15/07 DONE	New bonding alignment check up implemented in the VL operation.		
			5	Wire Bond shunts have shorted leads causing a reduction in the availability of good electrical contacts	5	Fixturing PM maintenance	5	125	New WB fixturing maintenance practices	Rodrigo: 04/15/07 in progress			
			6	Wire feed angle set out of target at the wire bond operation	3	Wire Bond tool PM	8	108	Include Wire angle in the new Wire Bond PM check list	Juan Carlos: 04/15/07 In Progress			
			4	Wire Bond tool, bond alignment capability low (vision system damaged)	5	Wire Bond Maintenance program updates.	5	100	Include Wire Bond tool alignment capability studies as part of monthly PM	Juan Carlos & Maintenance: 03/15/07 DONE	Check list for maintenance updated.		
			5	Air guide pressure set out of target at the wire bond operation	3	Wire Bond tool PM	5	75	Include Wire angle in the new Wire Bond PM check list	Rodrigo: 04/15/07 in progress			
			5	Wire Bond wedge outside the life range limit causing a poor quality bond	3	Wire Bond tool display	5	75	Wedge life limit set to +25k bonds	Juan Carlos: 03/15/07 DONE	Maintenance in control of wedge replacement in correct time		
			5	The flex cable at the Vertical Lap tool is damaged causing additional loss of good contacts	3	SRK tool daily and weekly PM.	5	75	Included in the new release of VL PM maintenance practices	Romney: 03/15/07 DONE	VL PM tool updated with flex cable verification.		
			4	Wire Bond PCB damaged having damaged contact leads, reducing the number of good electrical contacts	3	Electrical test of board after Wire Bond Load	4	48	New WB fixturing maintenance practices	Rodrigo: 04/15/07 In progress			
			Wrong Resistance Data for executing Vertical Lap Operation.	Lapping Rework at vertical lap operation, scrap of rows under code 7742 due to wrong resistance values.	7	The Jobs and traveler sheets are mixed from one job to another causing wrong Resistance set Up.	5	Row verify before wire bond operation	5	175	Row verify applied before wire bond process.	Manufacturing: 06/15/06 DONE	Row verify operation enabled before wire bond
					8	Rows for wire Bond are wrongly loaded upside down at the Wire bond load station.	6	Inspection camera after wire bond	3	144	New WB load station implemented with camera to validate correct row setting	Rodrigo: 03/15/07 DONE	Ferito load station implemented with cameras.
					6	The tape cover over the row after Wire Bond load is wrongly aligned causing cable to cable short & potential crown facet.	5	None	4	120	Implement new tape cover dispenser to eliminate operator dependency for alignment of row at WB load.	Rodrigo: 03/15/07 DONE	New tape cover dispenser implemented in wire bond calls.

Tabla 8.0 FMEA del proceso de Vertical Lap.

El ejercicio anterior, identifica los modos de falla por su cálculo de RPN y documenta las acciones específicas para cada uno de ellos enfocados a la reducción de este factor.

Los modos de falla se ordenan en base al cálculo del RPN, mismo que resulta de la multiplicación de los factores individuales de Severidad, Ocurrencia y Detectabilidad.

Conclusiones del FMEA:

- Se identifica el proceso de Wire Bond (primera columna), con el valor mayor en base a la matriz causa efecto (primera columna).
- Modos de falla específicos se listan en la columna 2, uno específico a contactos disponibles antes de pulir y el segundo específico a la calidad de datos de Resistencia disponibles posterior al proceso de Vlap (potencial error de retrabajo).
- Para cada modo de falla, se lista el efecto del mismo, aumento en la variación del parámetro de salida Rc Sigma debido a reducción de contactos. Aumento potencial de scrap por códigos de yield 7742 por disposición de rows no pulidos en vlap.
- 11 modos de falla potenciales identificados para el primer grupo, rango de RPN desde 48 hasta 336, siendo un daño mecánico a un herramental como el modo de falla más alto.

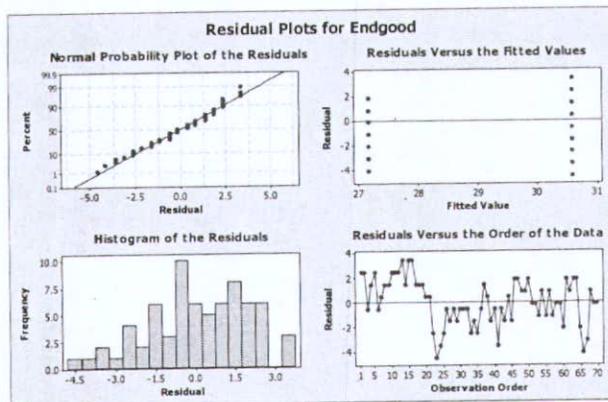
- 3 modos de falla para el segundo grupo, son rango de RPN de 120 a 175, siendo un problema de logística el modo de falla de mayor peso.
- Las acciones específicas para cada modo de falla se listan en la columna 10 y responsable de implementación en la columna 11. Para el modo de falla mayor del primer grupo, se identifico un programa de mantenimiento y verificación de calidad de herramientas dentro del proceso de soldado. Para el modo de falla en la parte de logística, se implemento un proceso de verificación de secuencia de rows dentro de un job que garantice los datos del sistema vs. el arreglo de los rows dentro del job.

### Análisis de Correlación y Regresión:

Un análisis estadístico de correlación y regresión nos permitirá entender la relación entre 2 parámetros clave que históricamente han afectado el comportamiento del proceso, se conocen como el número de contactos disponibles al final del ciclo de pulido (Endgood), vs. La desviación estándar (sigma), de resistencia medida en Ohms del sensor pulido.

Correlations: Rc Sigma, Endgood, Startgood

	Rc Sigma	Endgood
Endgood	-0.680	0.000



Residual Plots for Endgood

Regression Analysis: Rc Sigma versus Endgood

The regression equation is  
 $Rc\ Sigma = 7.97 - 0.167\ Endgood$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	7.9675	0.6428	12.39	0.000
Endgood	-0.16678	0.02181	-7.65	0.000

S = 0.454508 R-Sq = 45.2% R-Sq(adj) = 45.4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	12.081	12.081	58.48	0.000
Residual Error	68	14.047	0.207		
Total	69	26.129			

Grafica 8.0 Análisis de correlación y regresión para los parámetros de Rc Sigma vs. Endgood contactos de vertical lap.



73363

Del análisis anterior, podemos concluir lo siguiente:

- a) La pérdida de contactos al final del proceso de pulido explica el 45% de la variación total del proceso.
- b) La falta de contactos eléctricos va en conjunto con el hecho que los niveles de retrabajo dentro del proceso de Vertical Lap son primordialmente afectados por este fenómeno.
- c) Aunque otros factores pueden afectar el comportamiento de la sigma de Rc dentro del proceso de Vertical lap (por ejemplo, variaciones entre equipos de pulido), el enfoque del proyecto será sobre la disponibilidad de contactos como un factor para el métrico de Rc y retrabajos dentro del proceso de Vertical Lap.
- d) Pruebas de hipótesis y experimentación en este proyecto evaluara la disponibilidad de contactos en pulido como una de las áreas claves para el proceso de mejora.

### Análisis de Falla inicial para perdida de contactos:

Un análisis de falla inicial en proceso, nos permite identificar un contribuidor potencial para la perdida de contactos durante el proceso de pulido, se anexa el mecanismo de falla ilustrado en la figura.

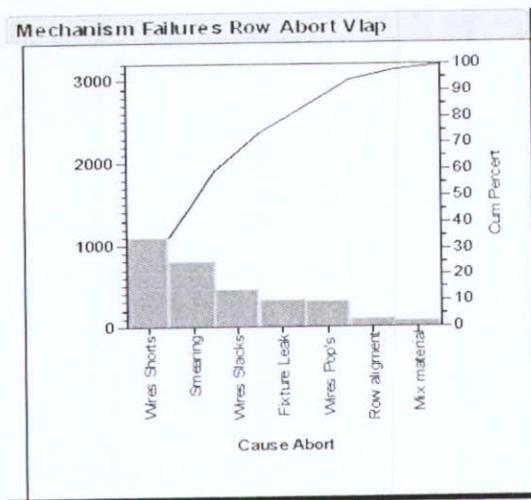


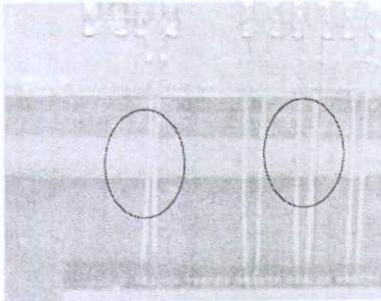
Grafico 9.0 Pareto de fallas en rows abortados del proceso de pulido.

El grafico anterior, identifica 3 factores principales como contribuidores al métrico secundario de abortos de proceso (dentro del grupo retrabajos), que se definen como rows que no terminaron el proceso de pulido en su primera ocasión.

El 80% de los abortos ocurren en las 3 categorías listadas, cortos, smear y alambres flojos. Se anexa una descripción grafica del la primera y tercera categoría.



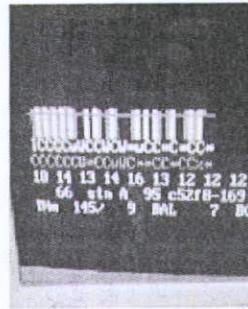
## Fenomeno



Cortos

Flojo

## Sintoma



Las barras en la pantalla muestran Rc Performance a través de Vlap. Los elementos faltantes muestran el fenómeno de cortos.

Figura 1.0 Fotos de fenómenos descritos como causas principales de retrabajos en Vertical Lap.

Se define SMEAR como una condición dentro del proceso de pulido en donde los elementos con mediciones de Rc menores a 20 Ohms no son considerados dentro del algoritmo de pulido, y detienen las fases del mismo al rebasar cierta cantidad.

Las conclusiones del anterior análisis de falla son las siguientes:

- Pérdida de contactos en el proceso de pulido suceden bajo varios mecanismos de falla diferentes.
- Los cortos y los smears en el proceso de pulido son los efectos principales observados para la pérdida de contactos. Pruebas de hipótesis serán utilizadas para validar este efecto.
- Ambas causas son potenciales generadoras de retrabajos y control de pulido en Rc dentro del proceso de Vertical Lap.

### Pruebas de Hipótesis a X's críticas:

A continuación se presenta una serie de pruebas de hipótesis aplicadas a las X's críticas que potencialmente propician cortos dentro del proceso de pulido de Vertical Lap.

El listado de las X's críticas, su ubicación dentro del proceso además del efecto dentro del mismo, se presenta en la tabla que se encuentra a continuación:

#	X (factor)	Proceso dentro de Wire Bond	Efecto dentro del Proceso
1	Wire Bond loop set point	Wire Bond	Wire looseness afecta cortos en le proceso de pulido.
2	Wire Bond tack tool system	Wire Bond	Una pobre adhesión del alambre al tape.
3	Wire Bond nest tipo	Wire Bond	A mayor cantidad de alambres flojos, aumentan los cortos.
4	Cover Tape	Wire Bond	Evita los cortos en pulido
5	Lapping tape tackiness	Wire Bond	Row se mueve durante el pulido
6	Lapping tape type (Tape stretching).	Vertical Lap	Existe diferencia en resultados de cortos debido al tipo de tape.
7	Vertical Lap tool performance	Vertical Lap	Una pobre capacidad de proceso al controlar el performance de Rc en Vlap

Tabla 9.0 X's críticas para los cortos eléctricos a analizar a través de pruebas de hipótesis.

Prueba de validación de efecto de cortos debido a tool loop set point.

Hipótesis a validar:

Ho: No existe diferencia en % cortos durante el pulido debido al rango del set point set up en el proceso de Wire Bond.

Ha: Al menos 1 grupo es diferente al resto.



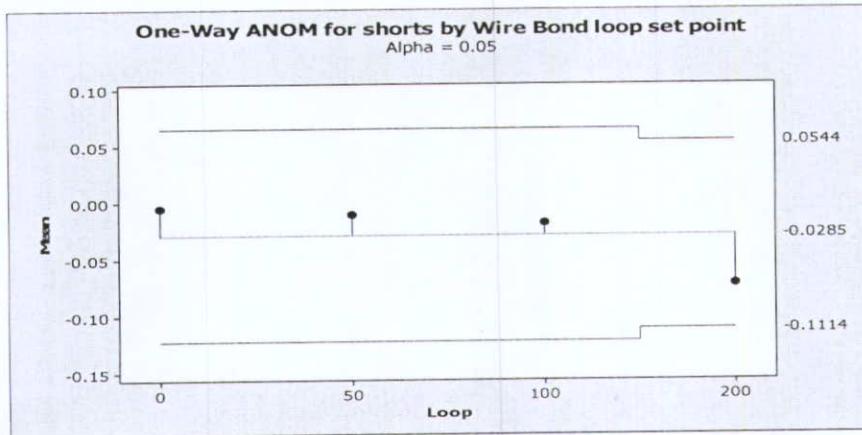


Gráfico 10.0 Comparativo Loop vs. Mean Set up loop.

### Conclusión:

No existe evidencia estadística que pruebe que existe una diferencia en cortos debido al parámetro de loop set point utilizados en equipo de Wire Bond.

Se decide: {Ajuste a 0 set point}.

### Condición de Exp:

Se mueve el parámetro en el proceso de manera deliberada.

Se generan 2 jobs de experimentación, 12 rows por grupo, 1 equipo de WB, versión de Nest 1.0 y no uso de cover tape.

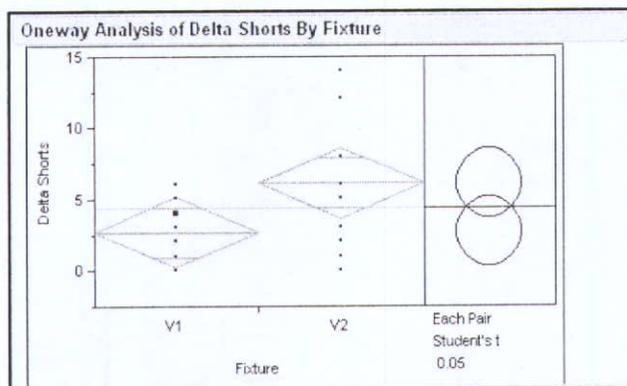
### 2.0 Prueba para fixture de Wire bond.

### Hipótesis a validar:

Ho: Cantidad de cortos de nest de wire bond tipo 2 (Nuevo) = tipo 1 (Anterior).

Ha: Cantidad de cortos entre nidos son diferentes.

El análisis de varianza anexo muestra los cortos por fixture:



Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Fixture	1	65.63636	65.6364	4.1831	0.0542
Error	20	313.81818	15.6909		
C. Total	21	379.45455			

Gráfica 11.0 Comparativo Loop vs. Mean Set up loop.

#### Conclusiones:

No existe evidencia estadística que demuestre que existe diferencia entre los cortos entre versiones de fixtures con un alfa = 0.05.

Para una alfa de 0.1, rechazamos la hipótesis  $H_0$  en favor de  $H_a$ , se decide remover el fixture ver. 2.0 de vlap dejando la versión 1.0 en producción con fecha del 09/05.

#### Condiciones de experimentación:

1 split Job, 12 rows procesados en 1 fixture versión 1, vs. 12 rows procesados en fixture ver 2.0, mismo equipo de Wire Bond, mismo equipo de pulido.

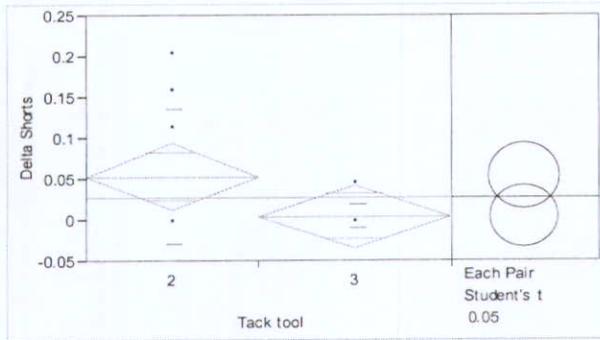
3.0 Prueba del sistema de tack tool (aplicación de cubierta de tape).

#### Hipótesis a validar:

$H_0$ : Cantidad de cortos del tack tool ver 3.0 (nuevo)= versión 2.0 (producción).

$H_a$ : Cantidad de cortos entre equipos es similar.

El análisis de varianza y prueba t student anexo muestra los cortos por fixture:



Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Tack tool	1	0.01113528	0.011135	3.3438	0.0851
Error	17	0.05661157	0.003330		
C. Total	18	0.06774685			

Grafico 12.0 Análisis de varianza entra Tack tool y cortos en pulido.

Conclusiones:

No existe evidencia estadística que pruebe que existe significancia entre los cortos de ambas versiones de tack tool con  $\alpha = 0.05$ .

Para un  $\alpha = 0.1$ , rechazamos  $H_0$ , en favor de  $H_a$  – se decide utilizar el tack tool versión 3.0.

Condiciones de Experimentacion:

1 split Job, 12 rows procesados con tacktool ver 3.0, vs 12 rows procesados en fixture versión 2.0, mismo equipo WB tool, mismo equipo de pulido.

4.0 Prueba de Efecto de la cubierta con tape.

Hipótesis a validar:

$H_0$ : Cantidad de cortos en rows cubiertos con tape = cantidad de cortos con rows libres de tape.

$H_a$ : Cantidad de cortos dentro de los grupos, son iguales.

Anexo diagrama esquemático de cubierta de tape sobre el row:

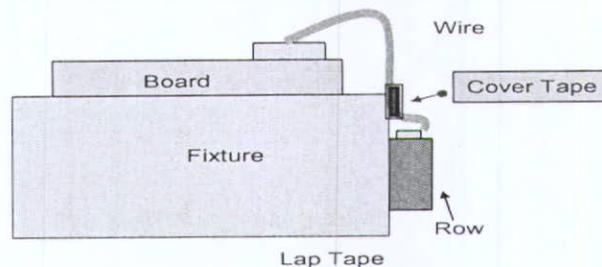
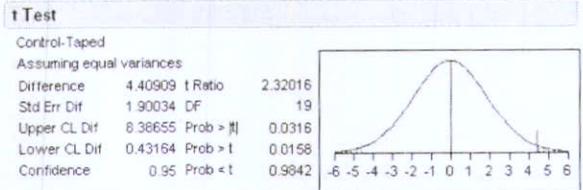
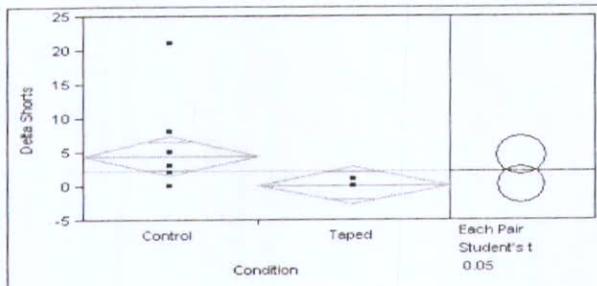


Figura 2.0 Esquemático de Cubierta de Tape sobre alambres de soldado.



**Analysis of Variance**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Condition	1	101.82900	101.829	5.3831	0.0316
Error	19	359.40909	18.916		
C. Total	20	461.23810			

Grafico 13.0 Prueba t student para tape cover vs. Non tape cover en Vertical Lap.

Conclusion:

Tenemos diferencia estadística para rechazar  $H_0$ , la cantidad de cortos durante el proceso de pulido con rows cubiertos por tape es menor comparada con rows no cubiertos { Que causa los cortos, como evitarlos durante el pulido?}

Condiciones de experimentación:

1 split Job, 12 rows cubiertos con tape vs 12 rows sin cubrir, ambos grupos soldados en mismas condiciones de proceso soldado y pulido, mismo equipo.

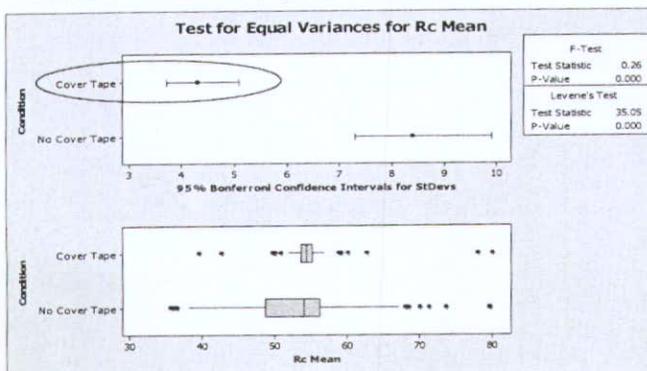
5.0 Prueba validación de efecto de cubierta de tape (continuación, evaluación del tape contra el performance de sigma de resistencia).

Las hipótesis a validar son:

$H_0$ : Rc Sigma de rows con cubierta de tape = Sigma de Rc sin cubierta de tape.

$H_a$ : Rc Sigmas son diferentes.

Prueba de varianzas para Rc Mean:



**Test for Equal Variances: Rc Mean versus Condition**

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Condition	N	Lower	StDev	Upper
Cover Tape	103	3.69982	4.28250	5.07265
No Cover Tape	109	7.28280	8.39738	9.89580

F-Test (normal distribution)  
Test statistic = 0.26, p-value = 0.000

Levene's Test (any continuous distribution)  
Test statistic = 35.05, p-value = 0.000

Grafica 14.0 análisis estadístico prueba de varianzas para Rc Mean



Conclusiones:

Tenemos evidencia estadística para rechazar  $H_0$ , la sigma de la cubierta del tape es diferente cuando se compara con el tape no cubierto.

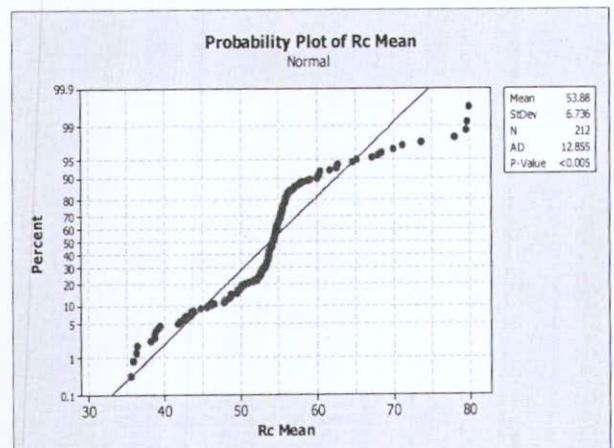
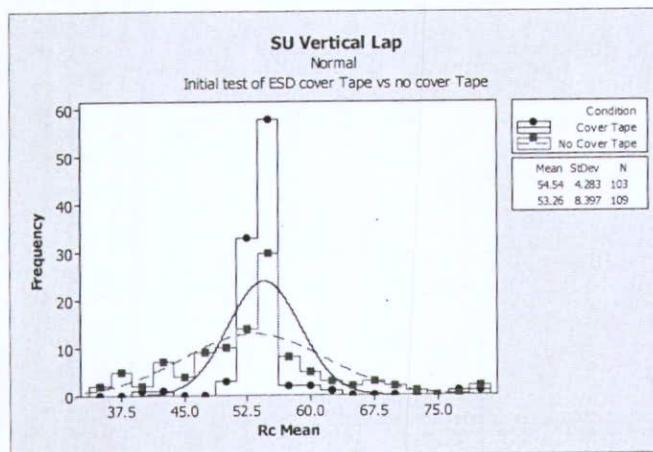
Condiciones del experimento: 1 split Job, 4 rows cubiertos con tape vs 4 rows sin tape, ambos grupos asociados al mismo equipo de soldado y al mismo equipo de pulido.

6.0 Prueba validación de efecto de cubierta de tape (continuación, evaluación del tape contra el performance de Mediana del parámetro de Rc).

Hipótesis a comprobar:

$H_0$ : Rc Median del cover tape = Rc median sin cover tape.

$H_a$ : Las Medianas son diferentes.



Mann-Whitney Test and CI: Cover Tape, No Cover Tape

	N	Median
Cover Tape	103	54.260
No Cover Tape	109	53.993

Point estimate for  $ETA1-ETA2$  is 0.404  
 95.0 Percent CI for  $ETA1-ETA2$  is (-0.495, 1.579)  
 $W = 11371.0$   
 Test of  $ETA1 = ETA2$  vs  $ETA1 \neq ETA2$  is significant at 0.3690  
 The test is significant at 0.3690 (adjusted for ties)

Grafica 15.0 Histograma y grafica de probabilidad acumulada para parámetro de Rc Mean. Análisis Mann-Whitney productos con tape vs. No tape

Conclusiones:

Se realizó la prueba de Mann-Whitney debido a la condición de no-normalidad de los datos.

Las Medianas son iguales, {Se decide implementar cover tape como contención teniendo una mediana Rc igual y menor varianza} se implementa en Sep. 27th 2006.

Condiciones de operación: 1 split Job, 4 rows cubiertos con tape vs 4 rows son tape, ambos grupos procesados en mismo equipo de soldado y mismo equipo de pulido.

7.0 Prueba de validación de efecto de perdida de contactos en base al numero de corridas del tape.

Hipótesis a Validar:

Ho: Varianza de pérdida de contactos en corridas de tape del 1 al 10 son idénticas.

Ha: Al menos 1 nivel es diferente.

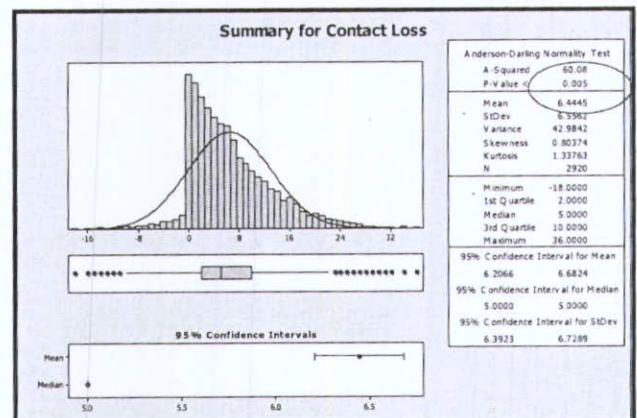
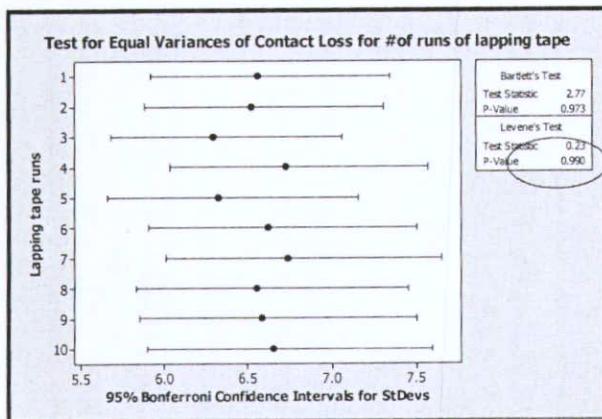


Grafico 16.0 Prueba de Varianzas de perdida de contactos vs. # De corridas de tape. Prueba de Normalidad Anderson-Darling para perdidas de contactos.

Del grafico 15.0 donde se muestra la prueba de Normalidad, se confirma que el comportamiento de la perdida de contactos no es normal, con un valor  $p < 0.05$ .

Se reporta una prueba de equidad de varianzas para validar la diferencia en la media de cortos en el proceso de pulido basados en el número de corridas de tape.



Conclusiones:

No se reporta diferencias observadas para pérdidas de contactos en el proceso de pulido en base al número de corridas del tape en vertical lap. {Decisión, no reducir el factor de uso del tape dentro del proceso}

Condición de Experimentación: análisis de datos históricos de proceso, semana 35, en producción Suruga.

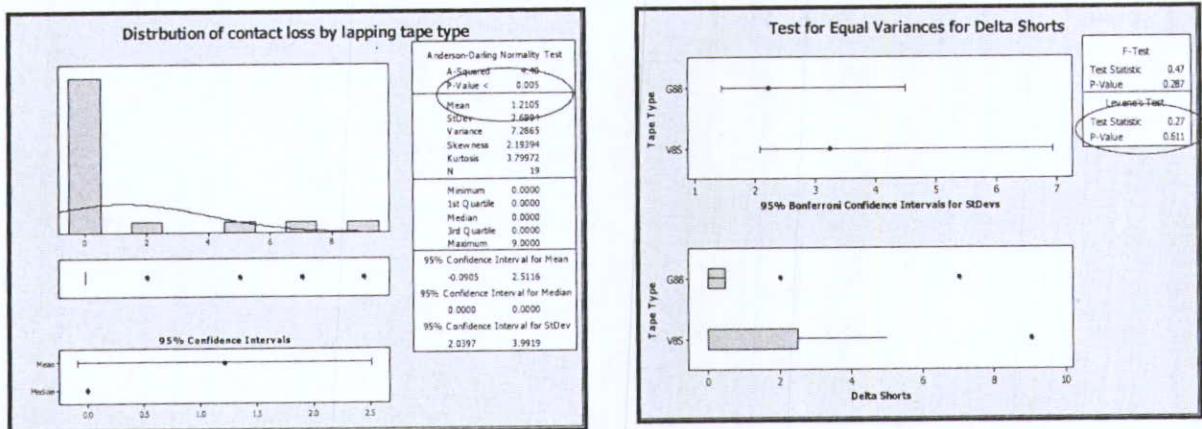
8.0 Prueba de validación de efecto de pérdida de contactos en base a la deformación del tape de los tipos G88 y V8S.

Hipótesis a Validar:

H<sub>0</sub>: Varianza de pérdida de contactos por uso de tape de pulido del tipo G88 = Varianza de pérdida de contactos utilizando tape V8S.

H<sub>a</sub>: Varianza de la pérdida de contactos es diferente.

Un análisis estadístico de comportamiento de la distribución de contactos por tipo de tape se anexa a continuación:



Grafica 17.0 Distribución de pérdida de contactos por tipo de tape de pulido y prueba de equidad de varianzas para cortos.

La distribución de los cortos mostrada en la prueba estadística de equidad de varianzas muestra que la distribución no es normal, ya que  $p < 0.05$ .

Se lleva a cabo una prueba de varianzas para validar la diferencia en la media de los cortos en el proceso de pulido en base al tipo de tape.

Conclusión:

Se realizaron 2 pruebas de varianza.

Existe una diferencia en las varianzas de las perdidas de contactos durante el proceso de pulido en base al tipo de tape que se utiliza. {Se decide utilizar tape G88 como alternativa al proceso de pulido de Vertical Lap} 09/27.

Condiciones de experimentación: 1 split Job, 4 rows cubiertos con tape G88 vs. 4 rows con tape V8S. Mismas condiciones de soldado y condiciones de pulido.

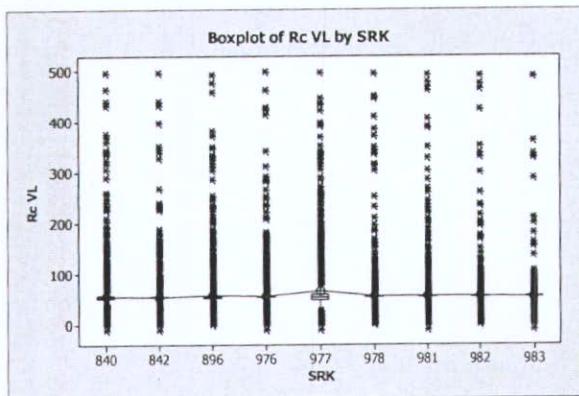
9.0 Prueba de validación de efecto de comportamiento de la distribución de sigma de Rc por celdas de producción.

Hipótesis a Validar:

H<sub>0</sub>: La varianza de Rc controlada en Vertical Lap entre celdas de producción es igual.

H<sub>a</sub>: Al menos una celda e diferente.

Un análisis estadístico de varianza entre los equipos de pulido identificados con números específicos, nos arroja los resultados mostrados en la grafica anexa.



One-way ANOVA: Rc VL versus SRK

Source	DF	SS	MS	F	P
SRK	8	540781	67598	29.36	0.000
Error	65524	147861827	2257		
Total	65532	148402608			

S = 47.50 R-Sq = 0.36% R-Sq(adj) = 0.35%

Level	N	Mean	StDev	95% CI
840	8804	56.20	52.50	(--*)
842	7967	54.40	39.96	(--*)
896	7747	58.14	51.80	(--*)
976	6744	55.79	51.69	(--*)
977	4511	65.81	72.69	(--*)
978	7411	55.29	43.67	(--*)
981	10068	55.28	42.49	(--*)
982	8718	55.37	35.43	(--*)
983	3563	52.52	37.46	(--*)

Grafica 18.0 Box plot de equipos individuales de pulido contra Resistencia en proceso de Vertical lap. Análisis de varianza de Rc Vlap contra proceso SRK.

Conclusión:

Prueba de Anova para el performance de equipos de Vlap.

Debido a que el p value < 0.05 existe diferencia estadística en el comportamiento de los equipos de pulido. {Decisión, iniciar un plan de mantenimiento preventivo en Vertical Lap} 09/27.



Condiciones de experimentación: Análisis de datos de proceso semana 45.

10.0 Contactos iniciales y finales por tipo de cabeza para Suruga Vertical Lap semanas 43 a 45.

Hipótesis a Validar:

Ho: Media de contactos eléctricos del tipo de cabeza top es igual a la media de contactos eléctricos en las cabezas del tipo bottom.

Ha: La media de contactos eléctricos es diferente en ambos tipos de cabezas top vs. Bottom.

Un análisis estadístico realizado por tipo de cabeza top vs. Bottom se muestra a continuación referenciado a contactos de inicio y a contactos finales.

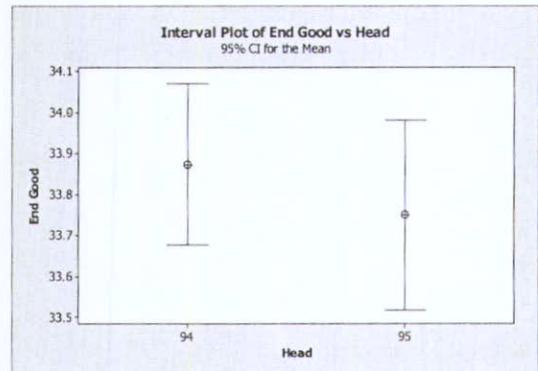
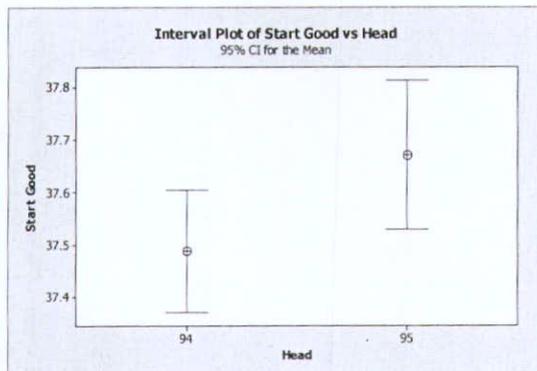


Grafico 19.0 Contactos de inicio y finales por tipo de cabeza top y bottom.

Conclusión:

No existe diferencia significativa entre contactos de inicio y finales por tipo de cabeza top vs. Bottom.

El resultado indica baja dependencia referente a estaciones de carga en el proceso de Wire Bond.

**Conclusiones para la fase de Análisis:**

2. La falta de contactos eléctricos durante el proceso de pulido es el factor más significativo para la pérdida de capacidad de control dentro del proceso de vertical lap.
3. Cortos eléctricos entre alambres de soldado es el modo de falla que cauda la pérdida de contactos eléctricos durante el proceso de pulido.



4. Las X's críticas dentro del proceso de Wire Bond que potencialmente impactan el fenómeno de cortos se identifican como:

Diseño de Nido

Tipo de PCB

Angulo de alimentación de alambre de oro.

Guía neumática de alimentación de alambre de oro.

5. Las X's críticas para la operación de Vertical Lap que potencialmente impactan el fenómeno de Control de dispersión de Rc.

Falla en transductores neumáticos

Control en caja Pre Amp.

Acciones ejecutadas durante la fase de Análisis:

- Cambio de versión de nido de solado 09/05.
- Implementación de Cubierta tape G88 para eliminar cortos durante el pulido. 09/27.

Efecto de las acciones en el métrico principal:

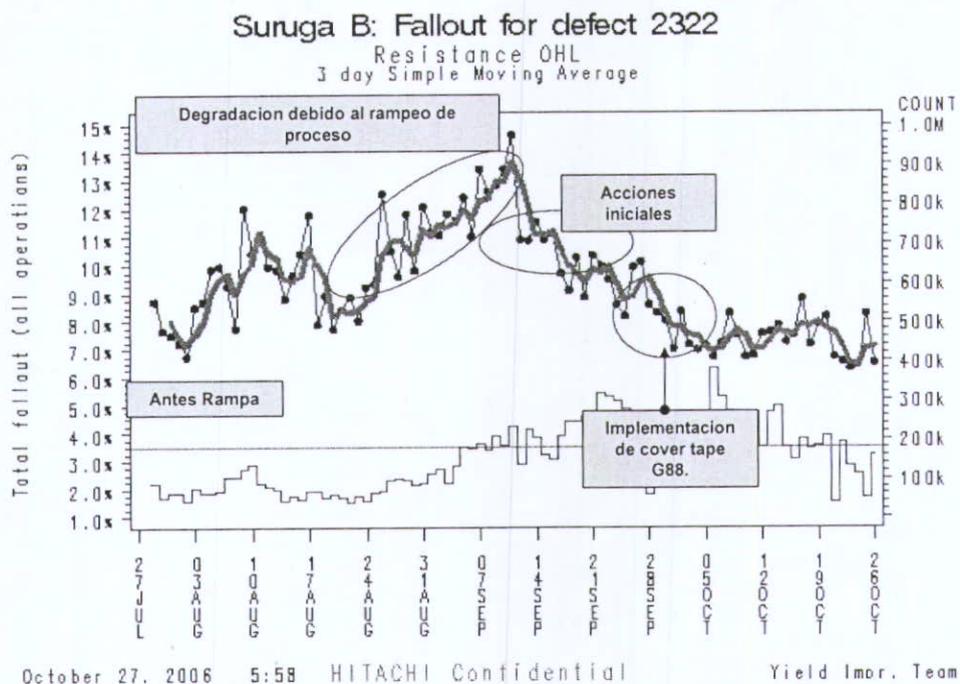


Grafico 20.0 Tendencia en métrico principal (Perdida de Yield código de defecto 2322 Rc OHL), para SU a través del tiempo y el efecto de las acciones listadas en el mismo.



## Mejorar (Improve)

La fase de mejora (improve), investiga las relaciones existentes entre aquellas variables de entrada que fueron relevantes después del filtro de la fase de análisis y el comportamiento de la variable de salida clave del proceso.

Durante la fase de análisis, el método de cubierta de tape mostró que podríamos prevenir los cortos durante el proceso de pulido, teniendo como consecuencia, un comportamiento dentro del proceso de Vertical lap más estable además de reducir la sigma del parámetro de resistencia. En septiembre 26, el proceso de colocación del tape fue liberado como contención temporal.

El equipo procedió a probar otras opciones que pudieran tener un efecto similar en la reducción de cortos eliminando la necesidad de crear una nueva operación.

#	Concepto	Hipótesis	Tamaño de Muestra y condición	( Y ) Salida
1	La PCB actual permite un espacio entre alambres <75 um, un Nuevo diseño de PCB que incremente el espacio entre ellos (150 um), la expectativa es que a mayor espacio entre alambres, menor sea el riesgo de cortos entre los mismos.	Ho: Mayor espacio entre pistas de la PCB equivale al Nuevo proceso de contención de aplicar un tape sobre el alambre.  Ha: No hay diferencia entre Nuevo diseño de PCB y tape cover.	2 split Jobs, mismo proceso de soldado, mismo equipo de pulido.	Cortos durante el pulido. Sigma de Rc
2	Alambre de Oro de mayor diámetro (actual 1.0 mil propuesta de 1.3 mil) incrementa la tracción mecánica y es menos sensible a stress mecánico, por lo tanto, potencialmente no genera cortos durante el pulido	Ho: Los cortos con alambre de mayor diámetro son iguales al método de aplicación de tape.  Ha: Cortos con diferente diámetro d alambre son diferentes al método	2 split Jobs, mismo proceso de soldado, mismo equipo de pulido.	Cortos durante el pulido. Sigma de Rc. Residuos de oro sobre el pad.



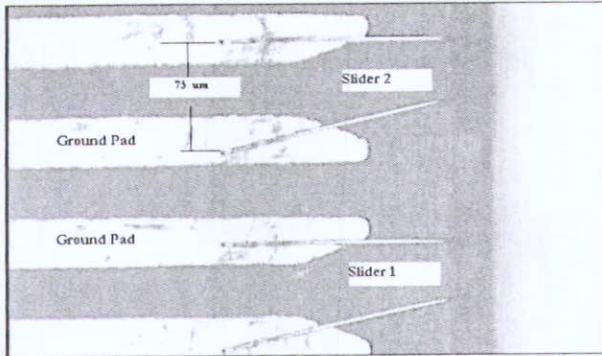
<p>3 Combinación de ambos Nuevo diseño de PCB y alambre de mayor diámetro puede ser el mayor método para minimizar la generación de cortos durante el proceso de pulido.</p>	<p>de tape cover.          Ho: Shorts with new wire+PCB are equal to contention tape cover method.          Ha: Shorts with new wire &amp; PCB &lt;&gt; Shorts with tape cover.</p>	<p>2 split Jobs, mismo proceso de soldado, mismo equipo de pulido.</p>	<p>Cortos durante el pulido. Sigma de Rc. Residuos de oro sobre el pad.</p>
--	---	--	---

Tabla 10.0 Sumario de experimentos asociados a minimizar cortos durante el proceso de pulido.

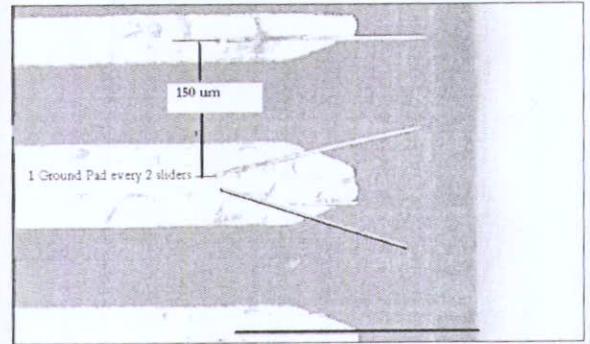
Definición del Problema. El grafico anexo, describe, a manera de ilustración, el fenómeno descrito en la tabla 10.0.

Cabe la mención, que todo el proceso de pulido en Vertical lap depende al 100% de la calidad de la medición que se tenga del sensor durante este proceso. Por lo cual, se hace crítico este punto que se describe a continuación:

Vertical Lap Actual Bond Pad Lay Out



New PCB Design Concept



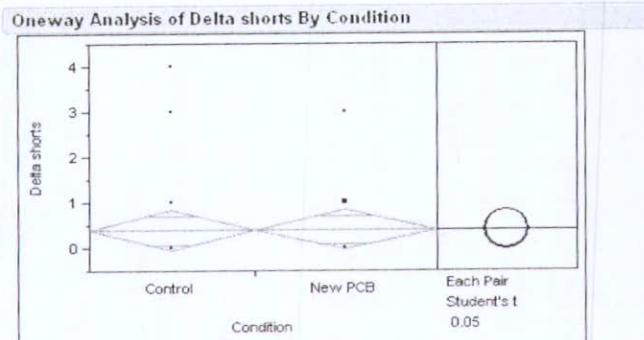
Actual Wire to Wire Spacing on row Side during lapping stage



Figura 3.0 Definición del problema. PCB al espacio entre alambres {Actual vs. Propuesta.}

Experimento 1.0: Nuevo diseño de PCB vs. Cover tape.

a) Anexo el análisis estadístico comparando los resultados del experimento listado en la tabla 10.0, referenciados a contactos durante el pulido.



Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Condition	1	0.000866	0.00087	0.0009	0.9767
Error	40	40.118182	1.00295		
C. Total	41	40.119048			

Grafico 21.0 Análisis estadístico de grupos de control vs Nuevo diseño de PCB referido a contactos de pulido.

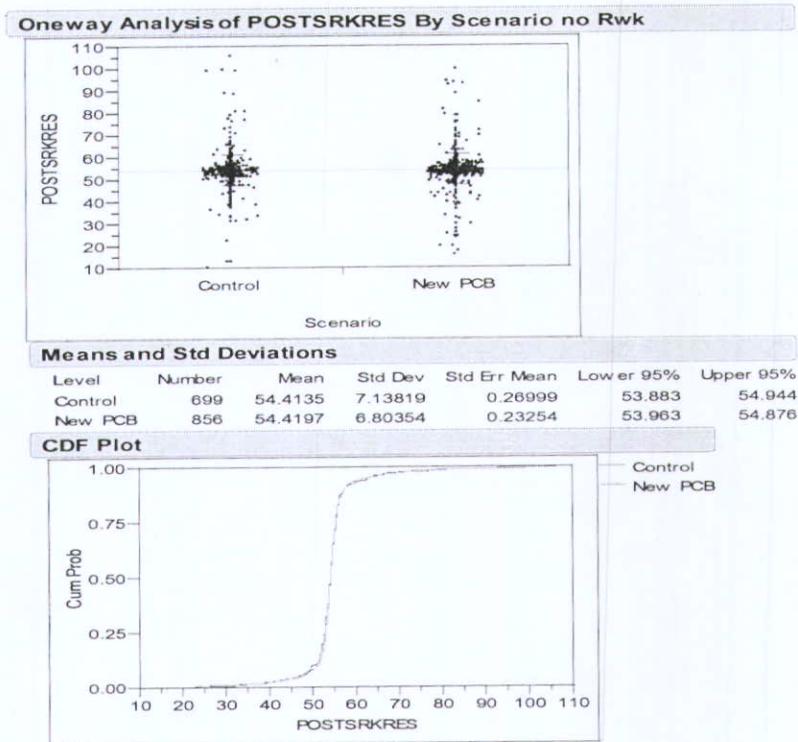
Conclusiones:

El Nuevo diseño de PCB tiene resultados equivalentes cuando se compara con el método de cover utilizado para prevenir cortos durante el proceso de pulido.

b) Anexo el análisis estadístico comparando los resultados del experimento listado en la tabla 10.0, referenciados a Rc Sigma y Retrabajos.

Contactos & Rc Sigma						Retrabajos				
Scenario	N Rows	Mean(%Initial)	Mean(%Final)	Std Dev(%Initial)	Std Dev(%Final)	Scenario	N Rows	N(no)	N(yes)	% Reworks
Control	19	0.88345865	0.84461153	0.07269371	0.10834668	Control	26	19	1	0.053
New PCB	20	0.94880952	0.89404762	0.05022625	0.08192509	New PCB	21	20	1	0.050

Tabla 11.0 Sumario de datos tabulados para contactos finales, sigma de Rc y Retrabajos entre grupo de control y el nuevo diseño de PCB.



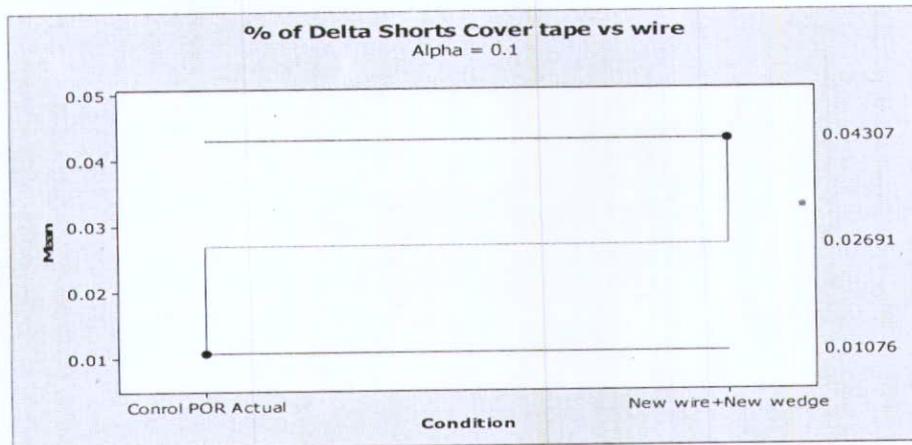
Grafica 22.0 Análisis estadístico comparativo de medias y desviaciones estándares para ambas condiciones de experimentación y grafica CDF (probabilidad acumulada), para los valores de Rc entre ambos grupos de experimentación

Conclusiones:

El Nuevo diseño de PCB tiene resultados equivalentes de Rc sigma y Retrabajos cuando se compara entre ambas condiciones de experimentación.

Experimento 2.0: Alambre de Oro 1.3 Mil vs. Método de cubierta de tape.

Tal y como se describe en la tabla 10.0, el análisis estadístico del experimento listado arroja el siguiente resultado:

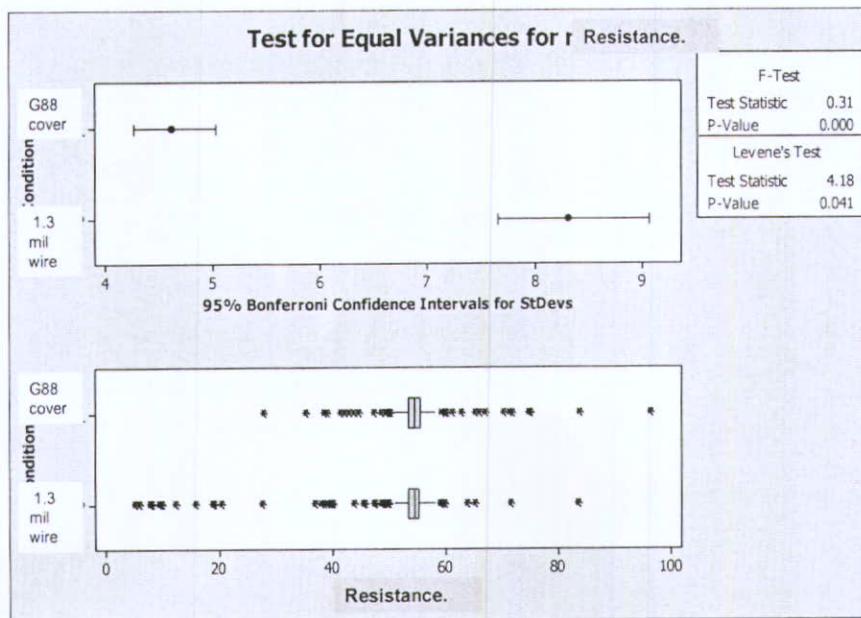


Grafica 23.0 Análisis estadístico comparativo de medias y condiciones de experimentación listadas como Control POR actual y New Wire + New Wedge (punta de soldado).

Conclusiones:

El alambre de oro de 1.3 tiene una mayor proporción de cortos de alambre durante el pulido con una alfa de 0.1.

Además, se efectuó un análisis estadístico de prueba para equidad de varianzas para el parámetro de Rc (resistencia), los resultados se presentan a continuación:

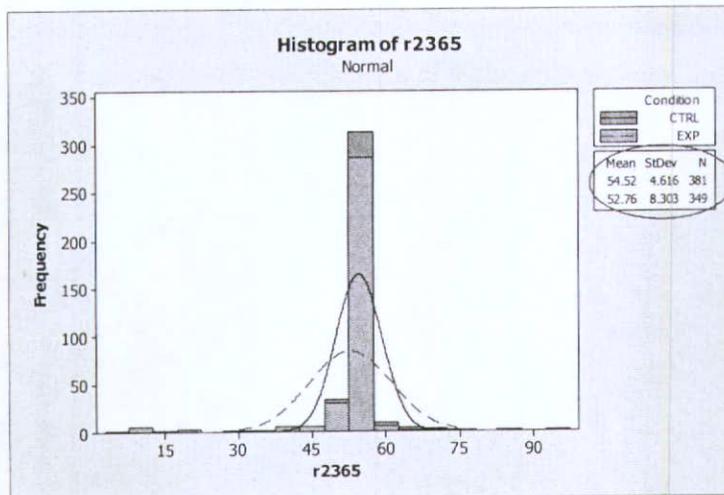


Grafica 24.0 Análisis estadístico prueba de equidad de varianzas para el parámetro de Rc Resistencia entre ambos métodos de experimentación, en donde se puede observar una diferencia entre la dispersión de ambos métodos y su equivalente en grafico de resistencia

**Conclusion:**

La prueba estadística de equidad de varianzas muestra que para el parámetro de Rc Resistencia en Vertical Lap se muestra diferencias entre las varianzas para el experimento con alambre de 1.3 mils. Contra el método de cover tape.

En complemento al análisis anterior, una prueba estadística comparativa de medianas, además del histograma respectivo, se presenta a continuación.



Test for Equal Variances for r2365

Histogram of r2365

Kruskal-Wallis Test: r2365 versus Condition

Kruskal-Wallis Test on r2365

Condition	N	Median	Ave Rank	Z
CTRL	381	54.39	370.3	0.64
EXP	349	54.36	360.3	-0.64
Overall	730		365.5	

H = 0.41 DF = 1 P = 0.523  
H = 0.41 DF = 1 P = 0.523 (adjusted for ties)

Grafica 25.0 análisis estadístico de prueba de equidad de varianzas muestra las medianas de cada experimento y su valor correspondiente, el cual se considera similar. El histograma muestra las distribuciones de Rc entre ambos grupos de experimentación, en donde se reporta una considerable reducción en la variabilidad del parámetro Rc para la parte experimental.

Conclusión:

La prueba de Rc Resistencia equidad de varianzas muestra equivalencia entre las medianas de ambas condiciones de experimentación. Se reporta en el histograma, una distribución significativamente menor (casi por mitad), con el proceso de tape cover.

Experimento 3.0: New PCB + Alambre 1.3 mil vs. Cover tape.

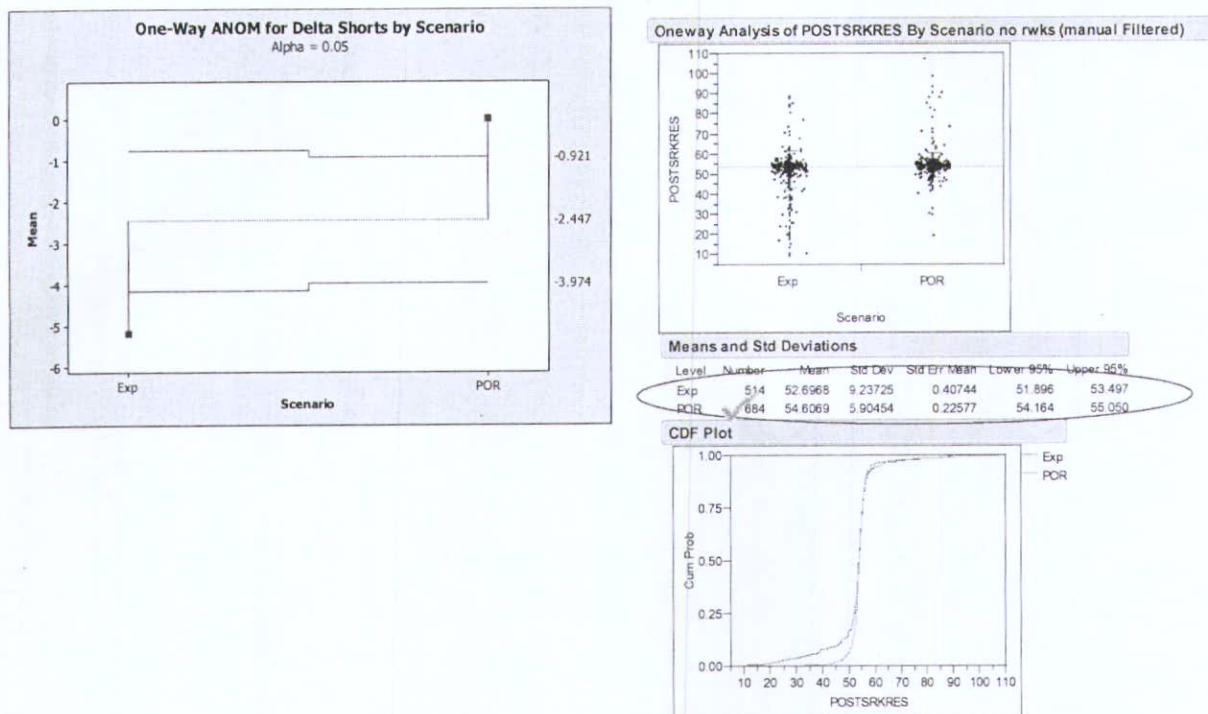
Se realiza un experimento con las condiciones listadas, para los parámetros de retrabajos, contactos y sigma de Rc.

Los resultados se presentan a continuación:

Scenario	% Retrabajos				Scenario	% Contactos				
	N Rows	N(no)	N(yes)	% Rws		N Rows	Mean (%Initial)	Mean (%Final)	Std Dev (%Initial)	Std Dev (%Final)
Exp	23	17	6	0.352941	Exp	17	0.90616246	0.74089636	0.06965587	0.12873731
G88 tape.	24	18	6	0.333333	G88 taper	18	0.92460317	0.88095238	0.10466318	0.15430335

Tabla 12.0 Reporte de análisis estadístico por condiciones de experimentación para los parámetros de retrabajos y contactos.

Se anexan los gráficos de pérdidas de contactos por grupo de experimentación, medias de resistencia (análisis de dispersión), y Rc CDF.



Grafica 25.0 Análisis estadístico de contactos, dispersión de resistencia (media y sigma incluida), además de CDF del parámetro de Rc.

#### Conclusión:

La combinación de las nuevas condiciones de experimentación mostró un mayor nivel de cortos durante el proceso de pulido.

Se muestra una dispersión mayor en el proceso de experimentación vs. POR por consecuencia de lo anterior.

No se recomienda esta condición para el proceso de Vertical Lap (nuevo PCB + Alambre 1.3), por lo que se decide mantener el proceso actual, esto es, cover tape como medida permanente para evitar degradación en el comportamiento de la dispersión en la sigma de Rc.

#### Diseño de experimentos en X's (Optimización) – DOE.

Como parte del proceso de Mejora, el diseño de experimentos en X's significativas, representa la etapa de evaluación del impacto de cada una de ellas y su peso sobre la variable de salida.



La intención de esta sección, se centra en optimizar dichas X's a través de un DOE dentro del proceso de Vertical Lap, que incluye parte del proceso actual de soldado conocido como Wire Bond.

Se define de manera grafica, las variables de entrada y de salida a través del bloque de proceso Vertical lap. Se definen además las condiciones de experimentación para el DOE y se clasifican como variables de entrada controlables, entradas discretas (ruido), variables de salida (ruido).

A continuación un esquemático que resume el punto anterior:

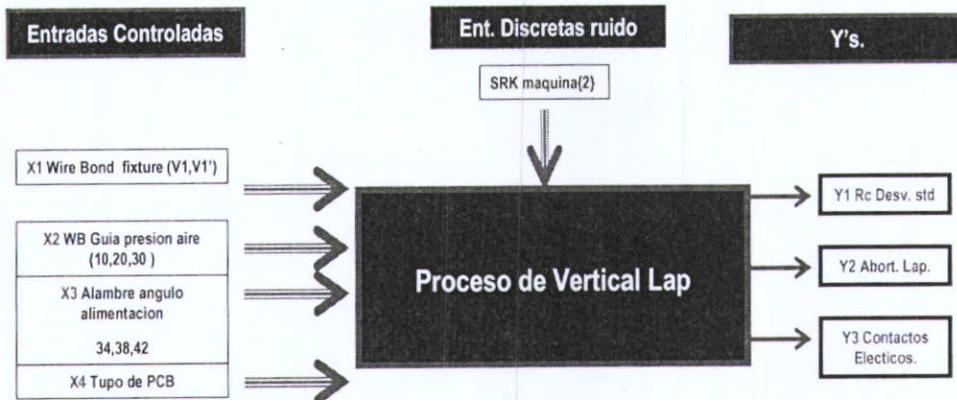


Diagrama 6.0 Esquemático de variables de entrada y salida del proceso de Vertical lap a evaluar en el DOE de X's significativas.

Experimentación de optimización de cantidad de contactos en el proceso de Wire Bond / Vertical Lap.

Factores: 4 {2 discretos}, {2, continuos}.

Bloqueado: 2 {SRK Tool} – Maquinas de Pulido

Tipo DOE: Full factorial, 2 puntos centrales, 2 replicas {48 corridas (48 rows SRB)}

A continuación se presentan de manera tabular, las condiciones de experimentación definidas para el gráfico de la figura 19.0.

#	X	Condición	Efecto probado en Wire Bond
1	Diseño de nido de Wire Bond	Versión 1	Condición de Proceso Actual
		Versión 1"	Incrementar tensión de alambre de oro del PCB al row enfocada a minimizar el efecto de cortos.
2	Presión de alimentación guía de aire.	30	condición de Proceso Actual
		10	Permitir un proceso de alimentación más suave a través del wedge de soldado enfocada a maximizar contactos de alambres disponibles después del proceso de soldado.
3	Angulo de alimentación de alambre.	38	condición de Proceso Actual
		34	Incrementar tensión de alambre de oro del PCB al row enfocada a minimizar el efecto de cortos.
4	diseño de PCB	PCB ver 1	Diseño actual de proceso, con espacio entre pistas de 75 micrones.
		PCB ver 1"	Nuevo diseño de PCB, con espacio entre pistas de 150 micrones, enfocada a minimizar los cortos durante el proceso de pulido.
5	Pulidora Vertical Lap {Factor bloque}	Equipo 1	Ejecución de condiciones de DOE con diferentes equipos de Vlap, enfocados a identificar variabilidad de los equipos sobre las Y's de salida.
		Equipo 2	

Tabla 13.0 Descripción de Factores DOE sobre el proceso de Vertical Lap.

Para lo anterior, el modelo genera las siguientes condiciones de experimentación:

Full Factorial Design			
Factors:	4	Base Design:	4, 16
Runs:	48	Replicates:	2
Blocks:	2	Center pts (total):	16
Block Generators: replicates			
All terms are free from aliasing.			

Tabla 14.0 Salida del DOE en base a las condiciones de entrada del mismo. Full Factorial Design, 48 corridas o runs, 2 replicas.

Los resultados del DOE se presentan a continuación para cada una de las Y's identificadas:



1.0 Desviación Standard de Rc después del proceso de Vlap.

Effects Pareto for Rc\_x (rfinal)

Factorial Fit: Rc\_Std (rfinal versus Block, Wire feed An, Guide Pressu, ...

Estimated Effects and Coefficients for Rc\_Std (rfinal) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		10.520	0.9619	10.94	0.000
Block		-0.516	0.7854	-0.66	0.516
Wire feed Angle	-0.340	-0.170	0.9619	-0.18	0.861
Guide Pressure	0.915	0.457	0.9619	0.48	0.638
Nest Dsygn	-4.734	-2.367	0.7854	-3.01	0.005
PCB Board type	-0.744	-0.372	0.7854	-0.47	0.639
Wire feed Angle*Guide Pressure	0.973	0.486	0.9619	0.51	0.617
Wire feed Angle*Nest Dsygn	-0.364	-0.182	0.9619	-0.19	0.851
Wire feed Angle*PCB Board type	-4.428	-2.214	0.9619	-2.30	0.028
Guide Pressure*Nest Dsygn	1.658	0.829	0.9619	0.86	0.396
Guide Pressure*PCB Board type	3.650	1.825	0.9619	1.90	0.067
Nest Dsygn*PCB Board type	0.532	0.266	0.7854	0.34	0.737
Wire feed Angle*Guide Pressure* Nest Dsygn	-0.716	-0.358	0.9619	-0.37	0.712
Wire feed Angle*Guide Pressure* PCB Board type	-1.733	-0.867	0.9619	-0.90	0.375
Wire feed Angle*Nest Dsygn* PCB Board type	0.026	0.013	0.9619	0.01	0.989
Guide Pressure*Nest Dsygn* PCB Board type	-0.484	-0.242	0.9619	-0.25	0.803
Wire feed Angle*Guide Pressure* Nest Dsygn*PCB Board type	1.369	0.685	0.9619	0.71	0.482
Ct. Pt		3.331	1.6660	2.00	0.055

Factores significativos para Sigma Rc.

Equipo Pulido (bloque) no significativo.

Diseño de Nido de WB, significativo.

Interacción de 2 nivel (Angulo de alimentación & Tipo PCB), significativo.

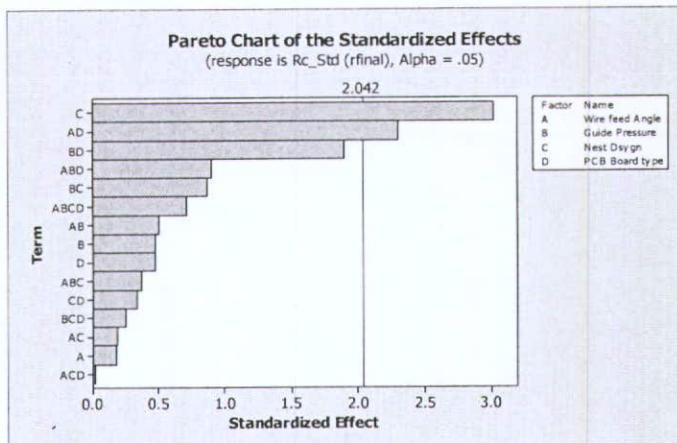
No se detecta curvatura.

Bajo valor de Rsquare adjusted

S = 5.44108 R-Sq = 46.01% R-Sq(adj) = 15.41%

Tabla 15.0 Resultados de DOE Rc Sigma vs. Factores a evaluar e identificación de significancia para cada uno de ellos.

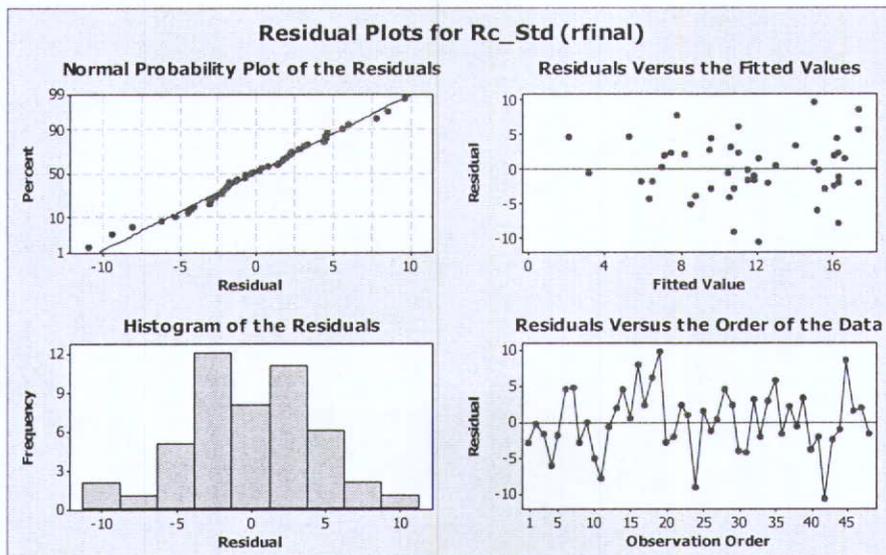
A continuación se muestra el pareto de los efectos en la variable se salida (incluyendo las interacciones entre ellos).



Grafica 26.0 Grafica de Pareto de factores significantes que afectan el parámetro de salida Y sigma Rc.



El parámetro de error de residuo (residual error), se presenta a continuación, el cual muestra una distribución de tipo normal y no muestra ningún patrón establecido, por lo que se considera que el modelo es representativo.



Grafica 27.0 Grafica de Residuos para el parámetro de Rc Final.

## 2.0 Perdida de contactos en Vertical Lap

Factorial Fit: % Vcontact l versus Block, Wire feed An, Guide Pressu, ...

Estimated Effects and Coefficients for % Vcontact loss during lapping (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		24.228	4.735	5.12	0.000
Block		-6.260	3.865	-1.62	0.116
Wire feed Angle	7.251	3.625	4.735	0.77	0.450
Guide Pressure	4.520	2.260	4.735	0.48	0.637
Nest Dsygn	-0.477	-0.238	3.865	-0.06	0.951
PCB Board type	-3.734	-1.867	3.865	-0.48	0.633
Wire feed Angle*Guide Pressure	0.084	0.042	4.735	0.01	0.993
Wire feed Angle*Nest Dsygn	-5.131	-2.565	4.735	-0.54	0.592
Wire feed Angle*PCB Board type	5.210	2.605	4.735	0.55	0.586
Guide Pressure*Nest Dsygn	4.603	2.302	4.735	0.49	0.630
Guide Pressure*PCB Board type	-0.680	-0.340	4.735	-0.07	0.943
Nest Dsygn*PCB Board type	-4.987	-2.493	3.865	-0.64	0.524
Wire feed Angle*Guide Pressure* Nest Dsygn	19.524	9.762	4.735	2.06	0.048
Wire feed Angle*Guide Pressure* PCB Board type	-13.950	-6.975	4.735	-1.47	0.151
Wire feed Angle*Nest Dsygn* PCB Board type	-6.829	-3.414	4.735	-0.72	0.476
Guide Pressure*Nest Dsygn* PCB Board type	-1.319	-0.659	4.735	-0.14	0.890
Wire feed Angle*Guide Pressure* Nest Dsygn*PCB Board type	12.310	6.155	4.735	1.30	0.204
Ct Ft		3.980	8.201	0.49	0.631

Factores Significativos para el % de contactos durante el proceso de pulido.

Equipo Block no significativo

Interaccion de 3er orden se reporta como significativa.

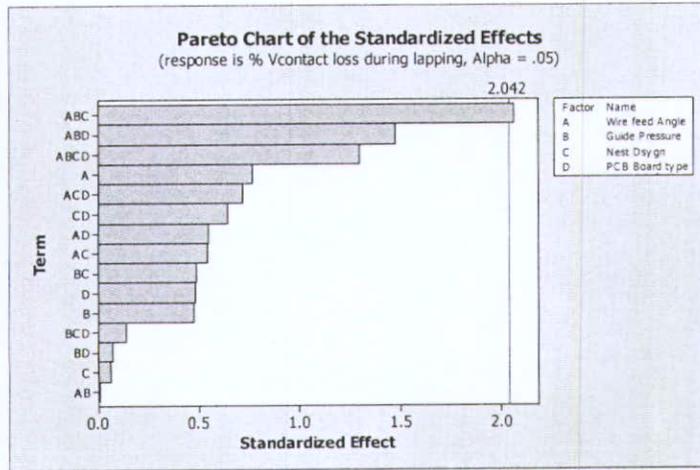
No se reporta curvatura en el modelo.

Parametro de Rsquare adjust no significativo.

Tabla 16.0 Resultados de DOE Perdida de Contactos vs. Factores a evaluar e identificación de significancia para cada uno de ellos.

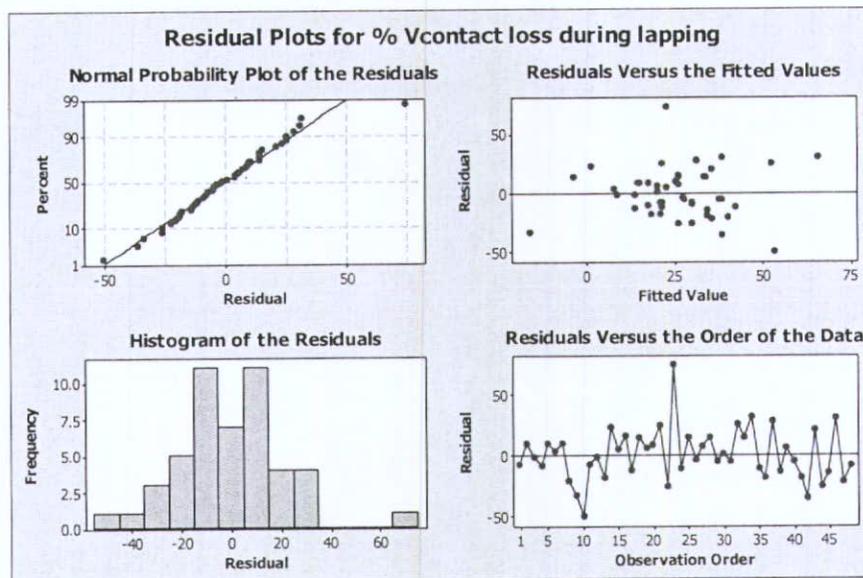


A continuación se muestra el pareto de los efectos en la variable se salida (incluyendo las interacciones entre ellos).



Grafica 28.0 Pareto de factores significantes a la pérdida de contactos durante el Pulido.

Al igual que el análisis anterior, el parámetro de error de residuo (residual error), se presenta a continuación, el cual muestra una distribución de tipo normal y no muestra ningún patrón establecido, por lo que se considera que el modelo es representativo.



Grafica 29.0 Grafica de Residuos para el parámetro de % Perdida de contactos durante el pulido.

3.0 Un análisis de multivarianza de los diferentes tipos de wire nest mixtures sobre las variantes de guide pressure y wire feed angle sobre el parámetro de salida Rc Sigma, nos muestra lo siguiente:



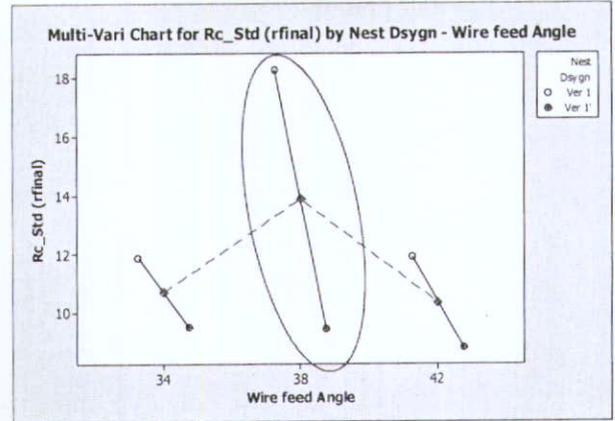
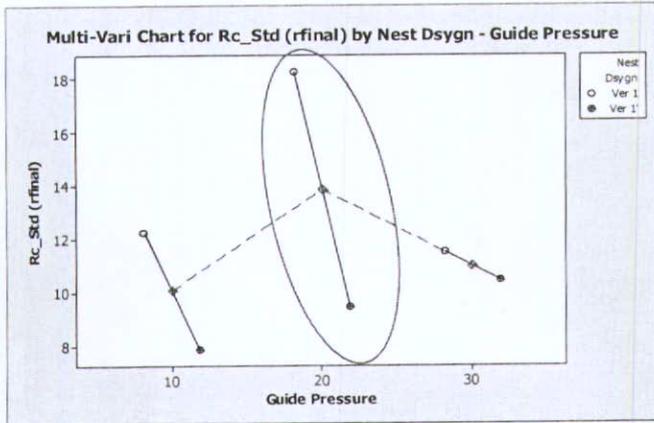


Grafico 30.0 análisis Multivari para los nidos de soldado (ver. 1 y ver. 1'), se muestran en la grafica. El área delimitada con el ovalo, muestra las condiciones actuales de proceso.

Sobre el análisis anterior, se puede reportar que el punto de operación actual para la presión = 20 y el Angulo de 38 grados no presenta el mejor modelo para la variable de respuesta.

4.0 Como parte final, se realiza una simulación y se reporta la salida del optimizador del modelo para la variable de Rc Standard de salida.

	Wire fee	Guide Pr	Nest Dsy	PCB Boar
New	42.0	30.0	Ver 1'	Ver 2
Hi	34.0	10.0	Ver 1'	Ver 1
D				
0.00000	34.0	10.0	Ver 1	Ver 1
Lo				
Rc_Std (				
Minimum				
y = 4.7830				
d = 1.0000				
% Vconta				
Minimum				
y = 18.8884				
d = 0.00000				
%Startgo				
Maximum				
y = 85.5654				
d = 1.0000				

Grafica 31.0 Modelo Optimizado para la variable de salida Rc Sigma.



En base al análisis experimental, podemos concluir que la mejor condición para minimizar la sigma de Rc es:

Anglo Wire feed: 34, Presión = 10 Psi, PCB Bond = POR version 1, Nido Wire Bond= Version Modificada 1'.

A continuación, se presenta el grafico inicial de condiciones de experimentación sumalizando los resultados hasta ahora presentados:

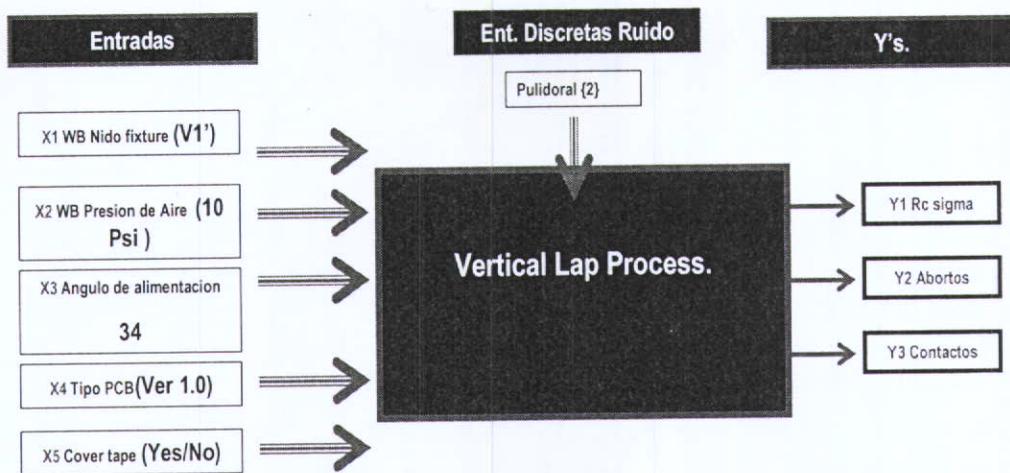


Diagrama 7.0 Esquemático de variables de entrada y salida del proceso de Vertical lap identificando su mejor condición de entrada e incluyendo nueva variable significativa de proceso a evaluar.

Se realizara el siguiente experimento de validación:

Condiciones de proceso optimizadas en Wire Bond con y sin cubierta de tape serán comparadas contra condiciones actuales de proceso con cubierta de tape.

A continuación se presentan de manera tabular, las condiciones de experimentación definidas para el grafico anterior.

X	X Nombre	condición	Efecto probado en Wire Bond
1	Condiciones de Experimento	Nido Wire Bond = modificado ver 1'. Angulo alimentación = 34°, presión guía Aire=10, Pcb=ver 1.0, No cover tape.	Validar las mejores condiciones de proceso producto del experimento anterior sin cover tape contra proceso POR.
		Nido Wire Bond = modificado ver 1'. Angulo alimentación = 34°, presión guía Aire=10, Pcb=ver 1.0, Cover tape.	Validar las mejores condiciones de proceso en base a las conclusiones del experimento anterior con cover tape contra proceso POR.
2	Condiciones POR	Nido Wire Bond = ver 1.0, Angulo de alimentación=38°, presión de guía Aire=20, Pcb=ver 1.0, Cover tape.	Condiciones POR con cover tape el cual se compara a condiciones experimentales con y sin cover tape.

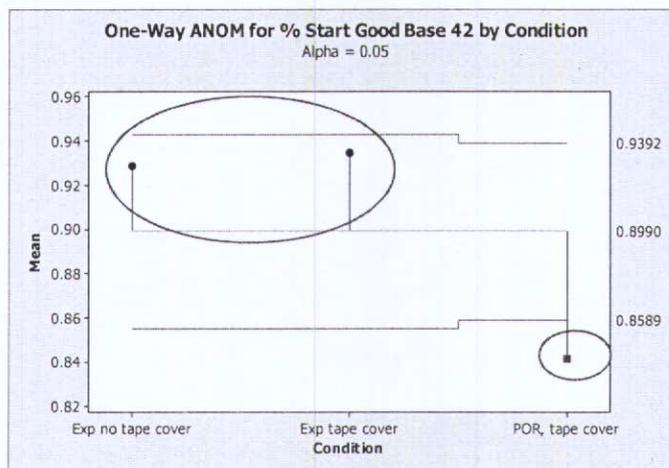
Tabla 17.0 Descripción de Factores DOE específicos sobre el proceso de cover tape en vertical lap.

En base a lo anterior, se reportan los siguientes resultados:

1.0 Resultados del DOE del proceso POR contra condiciones experimentales.

El Experimento de validación se llevo a cabo de la siguiente manera:

2 jobs {48 rows} dividido en exp con tape {tape cover}, Experimento sin tape cover & POR {tape cover}.



Grafica 32.0 Grafica de Contactos por condición experimental en base 42 (máximos contactos disponibles).

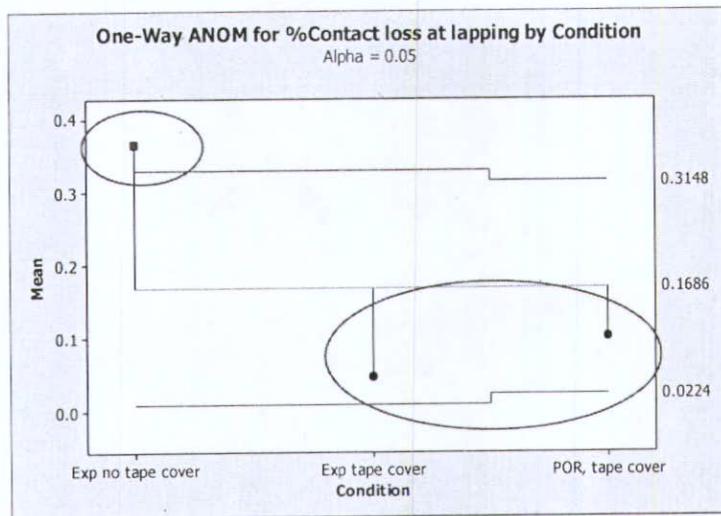


Resultados:

% Contactos de inicio después del proceso de Wire bond se incrementaron ~10% con las condiciones experimentales (área en rojo).

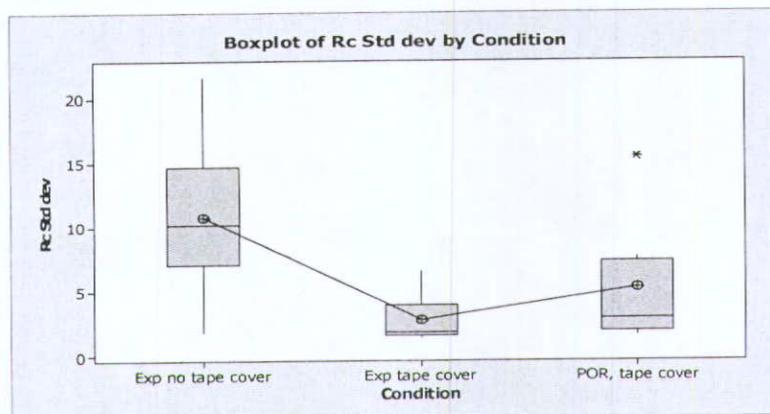
## 2.0 Pérdida de Contactos durante el pulido.

La pérdida de contactos durante el pulido se reporta a continuación, cabe mencionar que este es un factor crítico para el control de sigma de Rc debido a la condición de lazo de control cerrado definido a través del proceso de Vertical Lap, expuesto inicialmente.



Grafica 33.0 Contactos finales (después del proceso de pulido), por condición experimental.

La grafica de boxplot, para cada condición sobre el efecto de Rc sigma, se muestra a continuación:



Grafica 34.0 Grafica de Boxplot de Rc Sigma por condición experimental.



Resultados:

Sigma de Rc después de Vlap, el grupo de experimentación sin cover tape muestra la más alta variación.

Un análisis de varianza, nos presenta el resultado de manera tabular, de la diferencia existente en las distribuciones de Rc.

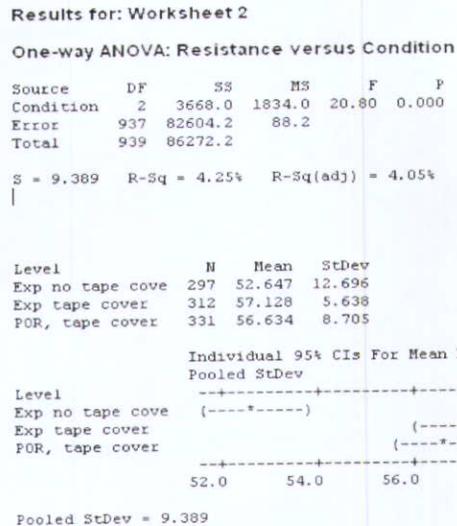


Tabla 18.0 Reporte de Anova para Rc por condición de experimentación.

Resultados:

Desviación Standard del tape cover sobre Rc sigma se muestra significativamente diferente del grupo POR y experimental con tape cover.

Experimento cubierta de tape y POR cubierta de tape son similares.

Un último análisis de regresión entre la relación de contactos iniciales y finales contra la variación en la dispersión de la Rc sigma, nos arroja lo siguiente:



**Regression Analysis: Rc Std dev versus % Start Good, %Contact los**

The regression equation is  
 $Rc\ Std\ dev = 8.39 - 6.24\ \% \text{ Start Good Base } 42 + 20.5\ \% \text{ Contact loss at lapping}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	8.394	4.976	1.69	0.106
% Start Good Base 42	-6.245	5.508	-1.13	0.269
%Contact loss at lapping	20.541	1.591	12.91	0.000

S = 1.92089 R-Sq = 88.4% R-Sq(adj) = 87.4%

**Analysis of Variance**

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	620.86	310.43	84.13	0.000
Residual Error	22	81.18	3.69		
Total	24	702.04			

Source	DF	Seq SS
% Start Good Base 42	1	5.58

Post VL Rc Sigma	% Contactos Inicio	% Contactos Finales
2.15	1	0
4.82	0.9	0.1
6.16	0.85	0.15
6.47	0.8	0.15
7.81	0.75	0.2
10.17	0.7	0.3

*Tabla 19.0 Análisis de regresión de Sigma de Rc contra % de contactos iniciales y contactos perdidos durante el pulido (finales), además de proyección de relación de sigma de Rc vs. Disponibilidad de contactos de inicio y finales.*

**Conclusiones de la etapa de Mejora (Improve):**

Condiciones óptimas en el proceso de soldado de Wire bond incrementan la cantidad de contactos disponibles en Vertical Lap de 80% a 90%.

Nido de Soldado WB: Diseño versión 2.0.

Angulo de alimentación de alambre: 34°.

Presión de guía de alimentación: 10 Psi.

PCB Soldado Wire Bond: Versión POR 1.0.

En la fase de control, los puntos antes listados serán actualizados en el plan de control del proceso.

El método de contención de aplicación del tape cover es hasta ahora, el mejor método para minimizar la pérdida de contactos durante el pulido.

Este proceso necesita ser mantenido como parte del POR de Vertical Lap.

La sigma de Rc es una función de contactos de inicio después de Wire Bond y contactos disponibles durante el pulido. Los cambios propuestos a través del proyecto ofrecen alternativas de proceso para maximizar la cantidad de contactos iniciales y minimizar la pérdida de los mismos durante el proceso de pulido.



## Control

### Control Estadístico de Procesos:

Enfocado a monitorear variables críticas de proceso que se identificaron como impacto directo a la Y's de salida.

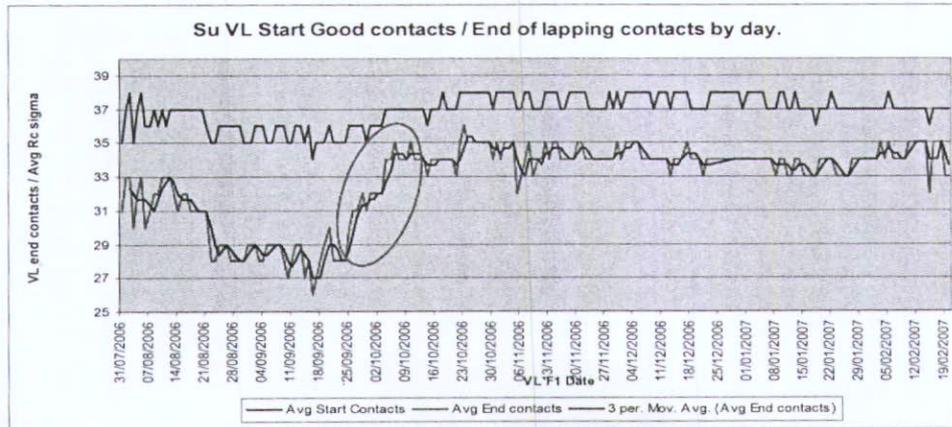
A continuación, se incluye el plan de control para las variables críticas del proceso identificadas, descripción, unidades de medida, objetivo, especificación, metrología, método de control, frecuencia, responsable del métrico, registros y reglas de decisión / acciones correctivas.

Process Step	Metric	Input or Output	Description	Unit of Measure	Nominal Tgt	Specification	Metrology	Control method	Freq	Metric Controlled by	Process Control	Decision Rule/Corrective Action
Wire Bond	A. Wire Bond Strength	Output	Pull Test - Destructive	gmf	1.8 gmf	$X > 1.5$ $X < 2.1$ Sigma < 1	Pull and Shear test tool, Dage 5000	SPC X y S chart	2 rows and 6 wires per row, every wedge change or after tool calibration adjust	Wire Bond Maintenance	Web SPC log book.	1 point above or below spec limits / Maintenance adjust tool Wire bond ultrasonic power.
Wire Bond	B. Type II Defect	Output	Inspection for residual after Wire Bond Process	# of defects	0	UWL=5 UCL=7	Microscope Inspection Leica DM 300	SPC P chart	5 rows/hour/wb	Quality Inspection team	WebSPC SRK_Strip_Case_2 para op. 4400WB_SRK	>7 sliders with defect, or 2 out of 3 sliders with > 5 defects, // Stop tool execute maintenance OCAP.
Wire Bond	C. Open Wires	Output	Inspection for not bond wires after wire Bond process.	% of Good contacts	85%	LCL = 80% UCL = N/A	Electrical contact check at Vertical lap operation	SPC P chart	100% rows on bond points (change product to product).	SPC team	Web Spc VL_Op4400_Sta rigood_femto cell	1 point below LCL // Stop Wire Bond cell execute Ocap in BULLETIN Request #02803602
Wire Bond	D. Air Guide pressure at Wire Bond	Input	Air pressure that allow gold wire flow through bond wedge at the WB tool.	PSI	100%	UCL=15 LCL=10	Gauge reading	Maintenance log sheet	Daily	Maintenance	Maintenance tool log sheet	Adjust pressure to target, Wire Bond MMP DF1MA14034
Wire Bond	E. Wire feed angle	Input	Angle of gold wire entrance through wire bond wedge.	degree	100%	UCL=38 LCL=34	Gauge reading	Maintenance log sheet	Weekly	Maintenance	Maintenance tool log sheet	Adjust angle to target, Wire Bond MMP DF1MA14034
Wire Bond	F. Tape Placement alignment	Input	Alignment of g88 cover tape at load station	mm	1.25	UCL=1.29 LCL=1.21	Quadracheck	Maintenance log sheet	Daily	Maintenance	Maintenance tool log sheet	1 point out limits // Stop Wire Bond cell execute Ocap in BULLETIN Request #02803602 and MMP de fixtures No. DF100362
Wire Bond Load	G. Wire Bond load	Input	Alignment of row on wire bond tape	mm	10.1	UCL=10.13 LCL=10.07	Quadracheck	Maintenance log sheet	Daily	Maintenance	Maintenance tool log sheet	1 point out limits // Stop Wire Bond cell execute Ocap in BULLETIN Request #02803602 and MMP de fixtures No. DF100362

Tabla 20.0 Plan de Control Vertical Lap en variables críticas dentro del proceso. Cada proceso esta listado en la primera columna referenciado al diagrama de proceso.



1.0 Métrico Secundario, disponibilidad de contactos de Wire Bond.

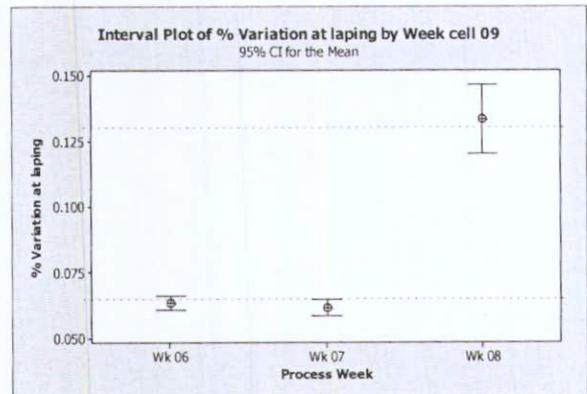
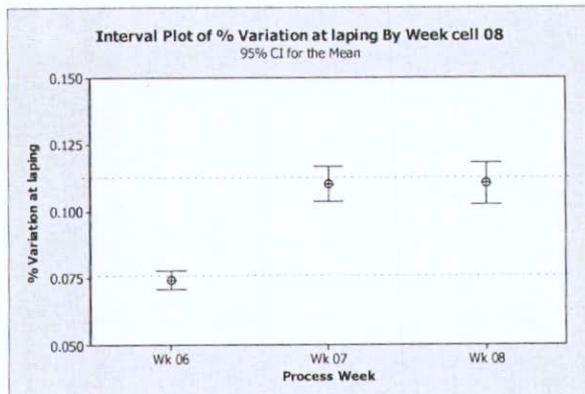


Grafica 35.0 Vertical Lap Suruga, grafica de tendencias de contactos de inicio y finales durante el pulido.

La grafica anterior muestra la tendencia de contactos promedio de inicio (línea azul), promedio de contactos finales (línea roja), 3 day moving average de contactos finales (línea negra).

El área en rojo muestra el periodo de implementación de cover tape, que presenta una recuperación en la cantidad de contactos disponibles al final del proceso de pulido.

Como complemento, un análisis de cantidad de contactos finales, por celda de producción de vertical lap, nos arroja los siguientes resultados:



Grafica 36.0 análisis por semana (total de 3 semanas), de % Variación durante el proceso de pulido de contactos para 2 celdas de producción de vertical lap.

El análisis anterior, nos muestra una variación de perdida de contactos de alrededor de 5% entre semanas para las celdas listadas.



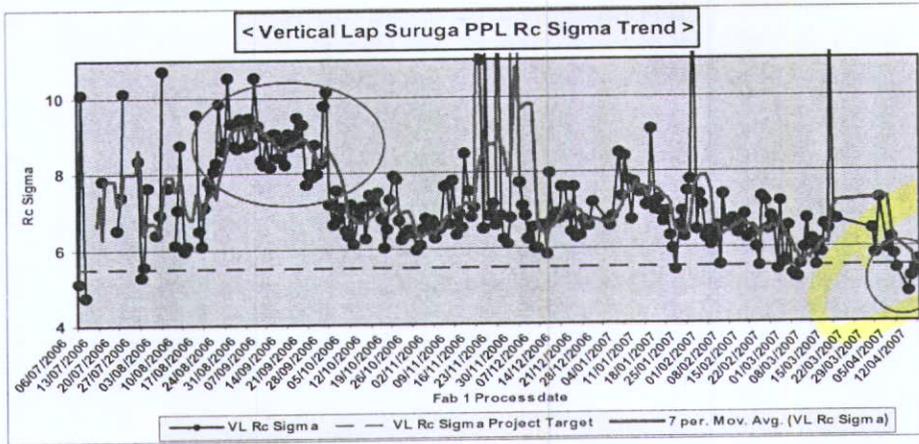
En base a lo anterior, se establece un esquema de SPC en línea, para el monitoreo de contactos de inicio y finales para el proceso de pulido por cada equipo de pulido por celda de trabajo.

Anexo un ejemplo del grafico una vez publicado en web SPC local:



Grafica 37.0 Web SPC grafica de ejemplo de contactos de inicio por celda de producción. Calculo de límites por históricos de proceso.

El grafico primario del proyecto, se presenta a continuación. Cabe mencionar que factores como el rampeo del producto dentro del proceso y estabilización del mismo a través del proceso listado, jugaron un rol crítico para la correcta ejecución del proyecto.



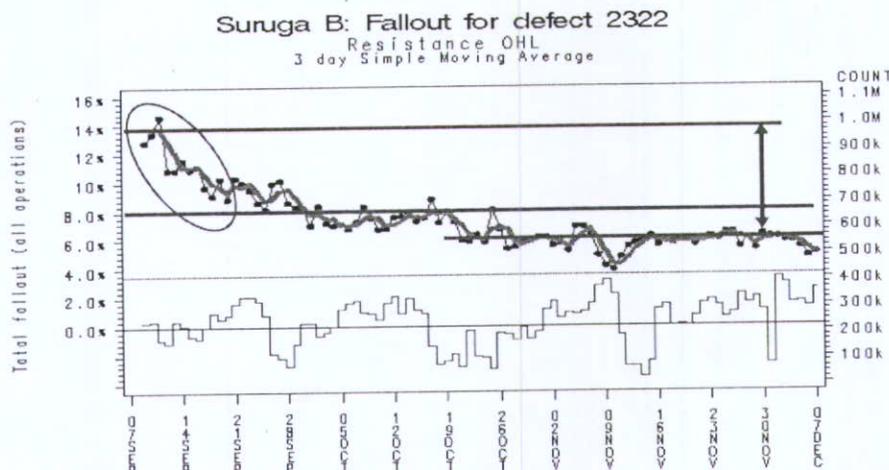
*OK*  
*PAG 10*

Grafica 38.0 Tendencia de Sigma de Rc para producto SU en proceso de Vertical Lap desde Julio 06 a Abril 07.

La grafica anterior, presenta a manera de tendencia, el trabajo reflejado en variación de proceso producto de la introducción del nuevo proceso de vertical Lap y la estabilización del mismo (en áreas en rojo), a través del control de variables críticas de entrada.

El impacto directo en yield medido a la salida del producto, se presenta a continuación. Como antes hemos mencionado, la prueba eléctrica se realiza en la etapa final de manufactura a través de un equipo de medición específico que disposición bajo códigos asociados a los parámetros de Resistencia Rc identificados con el numero 2322 Resistencia Over High limit (OHL).

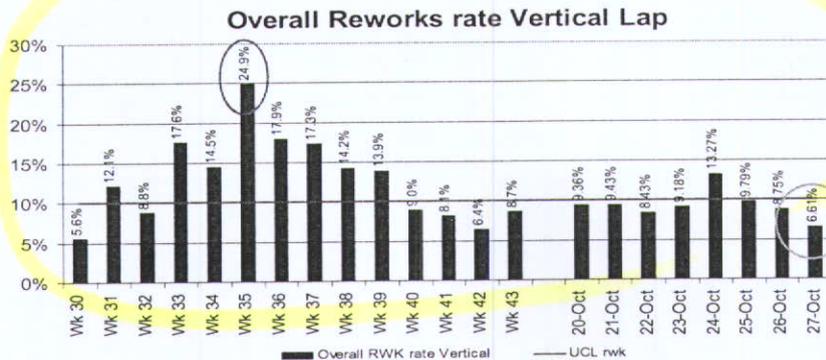
El grafico asociado, se presenta a continuación:



Grafica 39.0 Yield del Producto SU para código de Resistencia OHL 2322.

El área en rojo muestra el impacto del proyecto en el métrico final de disposición, además, las líneas azules muestran los diferentes niveles de disposición alcanzados antes y después del proyecto. La línea vertical azul bi-direccional indica el delta entre los niveles reportados.

Como métrico secundario, el nivel de retrabajos en las celdas de vertical Lap se presenta a continuación.



Grafica 40.0 Porcentaje de retrabajos promedio por celda por semana y por día durante el proceso de Vertical Lap.

El área en rojo muestra el periodo crítico con incremento de retrabajos debido principalmente a la introducción en masa del producto para este proceso. El área en verde muestra el momento de implementación del proceso de cover tape dentro del proceso de vertical lap.

El proceso final quedo definido como muestra el grafico anexo, con las X's criticas identificadas a través de la experimentación definida en la fase de Mejora (improve), y demostrada durante la misma etapa.

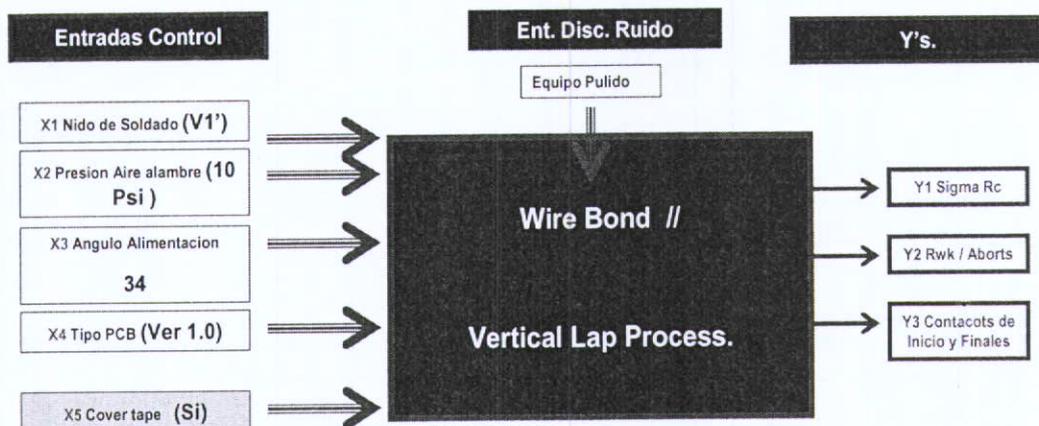


Diagrama 8.0 Listado de variables criticas y su correspondiente valor y/o condición sobre el proceso de Vertical Lap y sus asociadas variables de salida.

### **Conclusiones para la etapa de Control:**

Se definieron cartas de control para variables críticas de salida para control de procesos de Vertical Lap asociadas a minimizar impactos por situaciones fuera de control dentro del proceso.

Se lograron los objetivos planteados inicialmente, esto es, reducción de sigma de Rc a través de la metodología descrita implementando los controles adecuados en las variables críticas para asegurar la correcta operación del proceso de manufactura.



## Conclusiones del Proyecto:

Acciones clave del Proyecto:

- Agosto 2006
  - Selección del nido de soldado, ajuste de condiciones de pulido a través del código.
  
- Septiembre 2006
  - implementación del cover tape en vertical lap para minimizar cortos durante el proceso de pulido.
  
- Noviembre 2006
  - Optimización de los settings del proceso de Wire Bond.
    - Estas condiciones permitieron incrementar el nivel de contactos después pulido alrededor de 10%.
    - Diseño 2.0 de nido de soldado.
    - Angulo de alimentación de alambre: 34°.
    - presión de guía: 10 Psi.
    - PCB board WB: Version 1.0.
    - Cover tape es el mayor método para minimizar los contactos durante el proceso de pulido.

El proyecto fue exitoso en el cumplimiento de objetivos, y más aun, en la ejecución practica de una metodología, que aunque teóricamente conocida, con una cultura relativamente nueva dentro del negocio.

La ganancia reportada, representa uno de los impactos positivos más significativos para este proceso desde hace algunos años.

Análisis Financiero para el 2007 por tecnología (impacto únicamente en producto Femto el cual se incluye el proceso de Vertical Lap).

El total de ahorro reportado para el 2007 es de \$2,531.7 KUSD.



## Anexo 5

### REFERENCIAS

#### Libros

1. Thomas Pyzdek (2003), The Six Sigma Handbook, Mc Graw Hill. USA.

#### Manuales

1. BMG Corporation (2005), "6 Sigma / Lean Champion", booklet manual.



