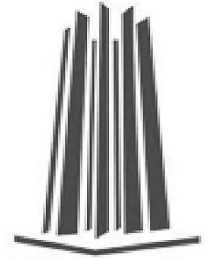




---

---

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Estudios Superiores Aragón



TESINA

**IMPLEMENTACIÓN DE LAS FASES DE MEJORA Y CONTROL DE LA  
METODOLOGÍA 6 SIGMA EN UNA FÁBRICA DE EQUIPOS DE MEDICIÓN**

Que para obtener el título de

Ingeniero Industrial

P R E S E N T A

Gualito Sandoval Laura Lizbeth

TUTOR

M. en C. Crisanto Domínguez Cassiodoro

México 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

- Agradecimientos Académicos

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, por brindarme la oportunidad de formar parte de su orgullosa comunidad estudiantil.

A mi comité tutorial: **M. en I. Yadira Zavala Osorio, Ing. Noé Avila Esquivel, Ing. León López Mario, Ing. Christian Pimentel Piedrabuena** y sobre todo al gran **M. en C. Cassiodoro Domínguez Crisanto**, por su conocimiento, su paciencia, sus regañones, pero sobre todo por su incondicional apoyo, porque a pesar de mi manera aferrada de ser, nunca me dio la espalda y con sus palabras me impulsó en cada momento de mi formación académica y me enseñó más allá de los conocimientos que se adquieren dentro del aula, gracias.

A todos los profesores que fueron parte de mi formación académica, por sus conocimientos, observaciones y recomendaciones a lo largo de toda mi carrera.

Y por último a la Empresa “Medidores Internacionales Rochester”, por haberme permitido la estancia necesaria en sus instalaciones, para hacer posible éste proyecto.

- Agradecimientos Personales

Primero que a nadie quiero agradecer a mi familia, porque gracias a cada uno de ellos, estoy concluyendo una etapa más de mi vida:

A mi mami, por su incondicional amor, porque con sus palabras ella sabía cómo tranquilizarme, por su tiempo, porque sin él, esto no hubiera sido posible, porque con sus desvelos, aún recuerdo como se quedaba conmigo a estudiar cuando se lo pedía, porque nunca dijo que no cuando le pedía que escuchara lo que había estudiado, porque aunque tuviera sus ojitos cerrados por el cansancio, entre sueño me decía “Ajá, te estoy escuchando”, gracias a ti mami, porque eres la persona más importante en mi vida.

A mi papá, porque con su carácter fuerte siempre supo llevarme de la mano y supo alentarme para superarme, porque fue el quien me enseñó que las cosas debían hacerse bien desde el principio, porque nunca me hizo falta nada y me enseñó el valor de las cosas, por ser la persona responsable de muchos de mis valores.

A mi hermano, porque a lo largo de mi vida, no ha sido sólo eso, ha sido mi ejemplo de hijo, de Sensei y de amigo, porque a él le puedo platicar mis cosas y sé que contaré con su apoyo, porque siendo mi hermano me dio el ejemplo de poder lograr lo que te propongas y como Sensei me ha y me seguirá enseñando todo un estilo de vida, porque gracias al Karate soy una mejor persona.

A mi hermana, porque con nuestra particular relación, sabemos que nos amamos, y que podemos contar en cualquier momento una con la otra, porque a pesar de que me hace enojar y hasta gritar, también me hace reír, porque es mi consuelo cuando algo anda mal, y no necesito decírselo, ella solo lo sabe y está ahí para escucharme.

A mis sobrinos, porque solo basta ver sus caritas traviesas para arrancarte una sonrisa, porque son sus travesuras las que perdurarán en mi memoria, porque cada que llegaba de la escuela había un “hola tía” y un besito en la mejilla que podía alegrar el resto del día.

A mis amigos, pero sobre todo a mi mejor amiga, Viri, porque como siempre lo he dicho ella es la persona que llega cuando todo el mundo se ha ido, porque sabe escuchar mi silencio, porque sé que siempre estará ahí con una sonrisa, pero tampoco dudará en hacerme ver mis errores cuando lo crea necesario, porque simplemente es la persona más auténtica que conozco.

A mis alumnos del karate, porque sí estaba estresada, dar clase me relajaba, porque que con sus locuras, risas, y ganas de entrenar, me motivaban a seguir haciendo ambas cosas: dar clase e ir a la universidad, sin descuidar ninguna, con la finalidad de enseñarles con el ejemplo.

Finalmente quiero agradecer a una de las personas más importantes en mi vida, a mi novio, Axel, porque todos estos años que tengo de conocerlo, ha sido mi amigo y la persona de quién me enamoré, porque es la persona más paciente que conozco, porque por su relajada forma de ser hace que esto funcione, porque desde mi estancia en la UNAM, siempre he contado con él para todo, porque si necesitaba un diseño en plastilina el me lo hacía, que si necesitaba más tiempo para estudiar el me lo daba, simplemente porque es y será mi novio y mi equilibrio perfecto.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I: “CONCEPTOS, CARACTERÍSTICAS Y HERRAMIENTAS DE LA METODOLOGÍA 6 SIGMA” .....</b>	<b>8</b>
I.I CONCEPTOS DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA.....	8
I.II CARACTERÍSTICAS O PRINCIPIOS DE SEIS SIGMA.....	9
I.II I HERRAMIENTA ESTADÍSTICAS DE SEIS SIGMA.....	12
I.III.I. <i>Lluvia de ideas</i> .....	12
I.III.II <i>Poka- yoke</i> .....	13
I.III.III <i>Hoja de verificación</i> .....	14
I.III.IV <i>Diagrama de Pareto</i> .....	15
I.III.V <i>Cartas de control para atributos</i> .....	15
I.III.VI <i>Métricas Seis Sigma para atributos</i> .....	16
I.IV FASES EN LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA.....	18
I.V.I <i>Definir</i> .....	18
I.IV.II <i>Medir</i> .....	18
I.IV.III <i>Analizar</i> .....	18
I.IV.IV <i>Mejora</i> .....	19
I.IV.V <i>Controlar</i> .....	20
I.V DIAGNÓSTICO.....	22
<b>CAPÍTULO II: “IMPLEMENTACIÓN DE LA FASE DE MEJORA EN EL PROCESO DE CORTE, DESFORRE Y ESTAÑADO PARA UN EQUIPO DE MEDICIÓN” .....</b>	<b>23</b>
II.I GENERACIÓN DE LAS SOLUCIONES .....	23
II.I.I <i>Lluvia de Ideas</i> .....	23
II.II APLICACIÓN DE LAS SOLUCIONES .....	25
II.II.I <i>Poka -Yoke</i> .....	25
II.III DEFINIR TOLERANCIAS OPERACIONALES.....	27
II.III.I <i>Manual de procedimiento</i> .....	27
II.III.III <i>Capacitación</i> .....	28
II.IV INVALIDAR MEJORAS POTENCIALES.....	29
II.IV.I <i>Hojas de verificación</i> .....	29
II.IV.II <i>Diagrama de Pareto</i> .....	33
II.IV.II.II <i>Métricas 6 sigma obtenidas antes y después de la mejora</i> .....	37

<b>CAPÍTULO III: “IMPLEMENTACIÓN DE LA FASE DE CONTROL EN EL PROCESO DE CORTE, DESFORRE Y ESTAÑADO PARA UN EQUIPO DE MEDICIÓN” .....</b>	<b>41</b>
III. I ESTANDARIZAR EL PROCESO.....	41
III.II DOCUMENTAR EL PLAN DE CONTROL .....	41
<i>III.II.I Instrucción de Trabajo .....</i>	<i>41</i>
<i>III.II.II Plano del Cable.....</i>	<i>55</i>
<i>III.II.III Hoja de Inspección Recibo.....</i>	<i>56</i>
III.III MONITOREAR EL PROCESO.....	57
<i>III.III.I Carta de Control para Atributos .....</i>	<i>57</i>
<i>III.III.II Análisis e interpretación de las cartas np.....</i>	<i>59</i>
III.IV CIERRE Y DIFUSIÓN EL PROYECTO .....	60
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO 1: MANUAL DE PROCEDIMIENTOS Y AYUDAS VISUALES.....</b>	<b>65</b>

## INTRODUCCIÓN

Seis Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, que persigue reducir o eliminar los defectos en la entrega de un producto o servicio al cliente. Ésta metodología desde sus orígenes en MOTOROLA hasta el día de hoy, ha sido utilizada ampliamente en el mundo, con resultados espectaculares que muestran beneficios financieros de gran impacto en las empresas que han tenido la oportunidad de implementarla, lo que justifica los grandes esfuerzos que han tenido que realizar a lo largo de los años requeridos para una exitosa implementación, a lo largo y a lo ancho de dichas empresas.

***El objetivo del presente trabajo, es implementar las dos últimas fases (Mejora y Control) de dicha metodología, en una fábrica de equipos de medición, en el proceso de corte, desforre y estañado, con la finalidad de disminuir considerablemente la cantidad de piezas rechazadas, así como aumentar el nivel de sigmas y su rendimiento.***

El objetivo establecido se logrará a partir de la información y datos recabados en las tres primeras fases de dicha metodología (Definición, Medición y Análisis), implementadas y documentadas por otro grupo de tesis, así como con el apoyo de diversas métricas y herramientas estadísticas.

El presente trabajo se estructura en tres Capítulos, cuyo nombre y contenido se describen a continuación:

- CAPÍTULO I: Conceptos, características y herramientas de la metodología 6 sigma.

En éste apartado se tratan una serie de conceptos, características y herramientas que están estrictamente relacionados con toda la Metodología  $6\sigma$ , así como cada una de las fases que se deben aplicar para poder implementar exitosamente dicha metodología, haciendo particular énfasis en las fases de MEJORA y CONTROL, que son el objetivo particular de éste trabajo de titulación.

En lo que se refiere a conceptos se describen los que corresponden a Calidad, Sigma y Seis Sigma.

En cuanto a las características de la Metodología, se describen los actores que participan y los roles que juegan cada uno de ellos, así como los requisitos que deben cumplir para su acreditación, tomando en consideración la estructura organizacional y jerarquías que guardan entre todos ellos para tener un desempeño ordenado y efectivo. Entre éstos roles se encuentran: Líder de implementación, Champion, Master Black Belt, Black Belt, Green Belt y YellowBelt.

Respecto a las herramientas se describen aquellas que serán utilizadas durante el desarrollo de los capítulos II y III del Trabajo de Titulación, tal es el caso de: "Lluvia de ideas", "Poka-Yoke", "Hojas de verificación", "Diagrama de Pareto", "Costos de Calidad", "Rendimiento", "PPM", entre otras.

- CAPÍTULO II: Implementación de la fase de mejora en el proceso de corte, desforre y estañado para un equipo de medición.

En éste capítulo II se proporciona una serie de soluciones que atienden las causas raíz del problema, apoyándose de diferentes herramientas estadísticas. En primer lugar se utilizará la Lluvia de ideas que permitirá desglosar todas aquellas posibles soluciones a las causas raíz, en las que se tendrán contempladas capacitaciones a personal, ajustes a la máquina, cambio de proveedor, cambio de máquina, manuales de apoyo, ayudas visuales, entre otras.

Posteriormente se hará uso de Poka – Yoke, pues se diseñará un dispositivo capaz de hacer más eficiente el proceso de producción y así evitar errores respecto a las dimensiones del producto a tratar (cable Reed Switch).

Finalmente se diseñarán Hojas de Verificación de componentes defectuosos con el objetivo de detectar tendencias y patrones, y se emplearán diagramas de Pareto para analizar el comportamiento del proceso, para finalmente obtener datos duros mediante métricas para atributos y hacer una comparación del estado inicial y final, una vez implementadas las fases de mejora.

- CAPÍTULO III: Implementación de la fase de control en el proceso de corte, desforre y estañado para un equipo de medición.

En éste último capítulo se muestran las acciones de control implementadas en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo, como se explica en seguida:

Primero se estandarizará el proceso, estableciendo acciones para asegurar las mejoras y posteriormente éstas se documentarán mediante una Instrucción de trabajo, teniendo como base un Manual de Apoyo y Ayudas visuales implementados en la fase de Mejora, para que ésta documentación sea completa se anexará una Hoja de inspección recibo y un Plano del producto.

Para el monitoreo del control del proceso se emplearán cartas de control para atributos  $np$ , ya que éstas permitirán observar y analizar el comportamiento del proceso a través del tiempo. Posteriormente con éstas gráficas se proporcionará un comparativo del estado inicial y final de la aplicación de la metodología  $6\sigma$ , haciendo énfasis en el impacto de las mejoras establecidas.

Para finalizar se mostrarán también los datos financieros, proyectando los ahorros logrados anualmente y así cerrar exitosamente el proyecto Seis Sigma.



En el siguiente capítulo se abordarán una serie de conceptos y parámetros que pretenden introducirnos y familiarizarnos con el resto del contenido del presente trabajo.

De ésta forma se explicará brevemente las bases que rodean a la Metodología Seis Sigma, así como las diferentes fases que la conforman.

## I.1 CONCEPTOS DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA

### ➤ DEFINICIONES DE CALIDAD

Existe una gran variedad de definiciones de la palabra “calidad”, de acuerdo al autor o fuente, a continuación se mencionan las más relevantes:

- LA NORMA ISO 9000 la define como: “Calidad es el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”.<sup>1</sup>
- Para JOSEPH JURAN: “Calidad es que la adecuación al uso del cliente”.<sup>2</sup>
- Según WILLIAM EDWARDS DEMING: “Calidad es la satisfacción del cliente”.<sup>3</sup>
- Mientras que para PHILIP CROSBY: “Calidad es la conformidad con los requerimientos”.<sup>4</sup>
- Y finalmente ISHIKAWA la define como: “Calidad es equivalente a satisfacción del consumidor”.<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup> Fermín G.F., Francisco V.B., 2003, *Seis Sigma*, Pág. 13

<sup>3,4</sup> Andrés Muñoz M., 1999, *La gestión de calidad total en la Administración Pública*, Pág. 69

<sup>5</sup> James R. Evans, William M. Lindsay, 2008, *Administración y Control de la Calidad*, Pág. 112

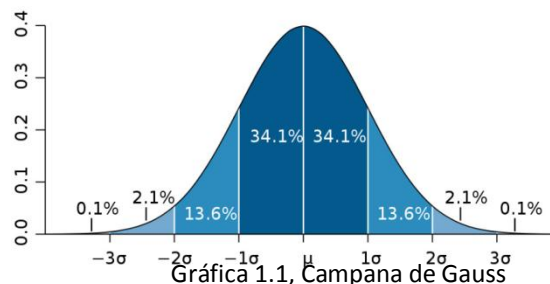
### ➤ SIGMA

Sigma ( $\sigma$ ) es la letra griega que se emplea para denotar la desviación estándar poblacional (proceso), la cual proporciona una forma de cuantificar la variación que tiene una variable de dicha población o proceso.

### ➤ SEIS SIGMA

Seis Sigma es una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación, por ello es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, tomando como punto de referencia a los clientes y sus necesidades.

El nivel de sigmas que tiene un proceso es una forma de describir que tan bien la variación del proceso cumple las especificaciones o requerimientos del cliente, en este sentido la meta ideal es que el proceso tenga un nivel de calidad Seis Sigma. Véase Gráfica 1.1, Campana de Gauss



La estrategia 6σ se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico, teniendo como meta lograr procesos con calidad Seis Sigma, es decir, que como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades, dicha meta se pretende alcanzar mediante un programa vigoroso de mejora diseñado e impulsado por la alta dirección de una empresa, en el que se desarrollan proyectos 6σ a lo largo y ancho de la organización con el objetivo de lograr mejoras.

La metodología Seis Sigma fue introducida en Motorola en el año 1987 por el ingeniero Bill Smith y por un equipo de directivos encabezados por Bob Galvin, presidente de la compañía, como una estrategia de negocios y mejora de la calidad, logrando aproximadamente 1 000 millones de dólares en ahorros durante tres años, posteriormente se mejoró y se popularizó por General Electric (1995), quien alcanzó más de 2 570 millones de dólares en ahorros en tres años (1997 – 1999).

En Latinoamérica la empresa Mabe es una de las organizaciones que ha logrado conformar uno de los programas Seis Sigma más exitosos. Seis Sigma ha ido evolucionando desde su aplicación meramente como herramienta de calidad hasta incluirse dentro de los objetivos clave de las empresas, como parte de su filosofía de actuación y abarcando toda su actividad. Aunque nació en las empresas de sector industrial, muchas de sus herramientas se aplican con éxito en el sector servicios en la actualidad.

## I.II CARACTERÍSTICAS O PRINCIPIOS DE SEIS SIGMA

1. Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo. Seis Sigma es ante todo un programa gerencial que implica un cambio en la forma de operar y tomar decisiones. Por ello, la estrategia debe ser comprendida y apoyada desde los niveles más altos de la organización, empezando por el máximo líder de ella.
  
2. Seis Sigma se apoya en una estructura directiva que incluye gente de tiempo completo. La estructura directiva integra líderes del negocio, líderes de proyectos, expertos y facilitadores. Donde cada uno tiene roles y responsabilidades específicas para lograr proyectos de mejora exitosos. En la tabla 1.1 se muestran los actores y roles que participan en la implementación de la Metodología Seis Sigma.
  
3. Entrenamiento. En la siguiente tabla (Tabla 1.1 Actores y roles en Seis Sigma), se detalla el tipo de capacitación que reciben los diferentes actores de un programa 6σ.

- Tabla 1.1 Actores y roles en Seis Sigma

NOMBRE	ROL	CARACTERÍSTICAS	CAPACITACIÓN A RECIBIR	ACREDITACIÓN
<b>Líder de implementación</b>	Dirección del comité directivo para 6σ. Suele tener una jerarquía solo por abajo del máximo líder ejecutivo de la organización.	Profesional con experiencia en la mejora empresarial en calidad, es muy respetado en la estructura directiva.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico (pensamiento estadístico); entendimiento del programa 6σ y de su metodología.	

<b>Champion y/o patrocinadores</b>	Gerentes de planta y gerentes de área, son los dueños de los problemas, establecen problemas y prioridades. Responsables de garantizar el éxito de la implementación de $6\sigma$ en sus áreas de influencia.	Dedicación, entusiasmo, fe en sus proyectos, capacidad para administrar.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico, y un buen entendimiento del programa Seis Sigma, así como de su metodología de desarrollo de proyecto (DMAMC)	Aprobar examen teórico –práctico acerca de las generalidades de $6\sigma$ y el proceso DMAMC.
<b>Master Black Belt (MBB)</b>	Dedicados 100% a $6\sigma$ , brindan asesoría y tienen la responsabilidad de mantener una cultura de calidad dentro de la empresa. Dirigen y asesoran proyectos clave. Son mentores de los BB.	Habilidades y conocimientos técnicos, estadísticos y en liderazgo de proyectos.	Requieren amplia formación en estadística y en los métodos de $6\sigma$ (de preferencia maestría en estadística o calidad) y recibir el entrenamiento BB.	Haber dirigido cuando menos un proyecto exitoso y asesorado al menos 20. Aprobar examen teórico –práctico acerca de currículum BB y aspectos críticos de $6\sigma$ .
<b>Black Belt (BB)</b>	Gente dedicada de tiempo completo a Seis Sigma, realizan y asesoran proyectos.	Capacidad de comunicación. Reconocido por el personal por su experiencia y conocimientos.	Recibir el entrenamiento BB con una base estadística sólida.	Haber dirigido dos proyectos exitosos y asesorado cuatro. Aprobar examen teórico –práctico acerca de currículum BB y aspectos críticos de $6\sigma$ .
<b>Green Belt</b>	Ingenieros, analistas financieros, expertos técnicos en el negocio, atacan problemas de sus áreas y están dedicados de tiempo parcial a $6\sigma$ . Participan y son líderes de equipos Seis Sigma.	Trabajo en equipo, motivación, aplicación de métodos (DMAMC), capacidad para dar seguimiento.	Recibir el entrenamiento BB.	Haber sido el líder de dos proyectos exitosos. Aprobar examen teórico –práctico acerca de currículum BB.
<b>YellowBelt</b>	Personal de piso que tiene problemas en su área.	Conocimiento de os problemas, motivación y voluntad de cambio.	Cultura básica de calidad y entrenamiento en herramientas estadísticas básicas, DMAMC y en solución de problemas.	Haber participado en un proyecto, Aprobar examen teórico – práctico acerca del entrenamiento básico que recibe.

4. Acreditación. En la tabla anterior se menciona el proceso de acreditación por cada uno de los actores de Seis Sigma. En términos generales para lograr su acreditación no hay un proceso único y estandarizado, pues existen empresas consultoras que con tal de vender, reducen en gran medida la cantidad de entrenamiento y los requisitos para acreditar a una persona; sin embargo los criterios mencionados en la tabla anterior son los más utilizados cuando se pretende evaluar con rigor.

5. Orientada al cliente y con enfoque a los procesos. Seis Sigma busca que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente y que los niveles de desempeño a lo largo y ancho de la organización tiendan al nivel de calidad  $6\sigma$ .

6. Seis Sigma se dirige con datos. Los datos y el pensamiento estadístico orientan los esfuerzos en la estrategia  $6\sigma$ , ya que los datos son necesarios para identificar las variables críticas de la calidad y los procesos o áreas a ser mejorados. Las mejoras en la calidad no pueden ser implementadas al azar, el apoyo a los proyectos se asigna cuando a través de datos es posible demostrar que, con la ejecución del proyecto, la diferencia será percibida y sentida por el cliente.

7. Seis Sigma se apoya en una metodología robusta. Los datos por sí solos no resuelven los problemas del cliente y del negocio, por ello es necesario una metodología. En  $6\sigma$  los proyectos se apoyan en forma rigurosa con la metodología de 5 fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

8. Seis Sigma se apoya en entrenamiento para todos. Se apoya en entrenamiento para todos sobre la metodología DMAMC y sus herramientas relacionadas. Por lo general, la capacitación se da sobre la base de un proyecto que se desarrolla de manera paralela al entrenamiento, lo cual proporciona un soporte práctico.

9. Los proyectos realmente generan ahorros o aumentos en ventas. Seis Sigma ha encontrado las relaciones que se dan entre el costo de la calidad como % de las ventas, a medida que el nivel de sigmas incrementa como resultado del rendimiento del proceso, como puede apreciarse en la Tabla 1.2. Ello implica varias cosas: se seleccionan proyectos clave que en realidad atienden sus verdaderas causas, se generan soluciones de fondo y duraderas, y se tiene un buen sistema para evaluar los logros de los proyectos.

Tabla 1.2 Relación entre el nivel de sigmas de un proceso y los costos de calidad

NIVEL DE SIGMAS (CORTO PLAZO)	RENDIMIENTO DEL PROCESO (LARGO PLAZO)	PPM	COSTO DE LA CALIDAD COMO % DE LAS VENTAS
1	30.90%	690 000	NA
2	69.20%	308 000	NA
3	93.30%	66 800	25-40 %
4	99.40%	6 210	15-25 %
5	99.98%	320	5-15 %
6	99.9997%	3.4	<5 %

10. El trabajo por Seis Sigma se reconoce. Seis Sigma se sostiene a lo largo del tiempo reforzando y reconociendo a los líderes en los que se apoya el programa, así como a los equipos que logran proyectos DMAMC exitosos. De ésta manera la estrategia debe diseñar formas específicas en las que se van a reconocer esfuerzos y éxitos por  $6\sigma$ .

11. Seis Sigma es una iniciativa con horizonte de varios años, por lo que no desplaza otras iniciativas estratégicas, por el contrario, se integra y las refuerza. Seis Sigma se puede ver como la forma en que medimos, aprendemos y actuamos, a través de las variables críticas para la

calidad y la metodología DMAMC. Entonces  $6\sigma$  se integra a las otras iniciativas para que éstas continúen y resulten fortalecidas con la forma de trabajar de Seis Sigma.

12. Seis Sigma se comunica. Los programas Seis Sigma se fundamentan en un programa intenso de comunicación que genera comprensión, apoyo y compromiso, tanto en el interior de la organización como en el exterior. Esto permitirá afianzar esta nueva filosofía en toda la organización, partiendo de explicar que es Seis Sigma y por qué es necesario trabajar por ella. Los resultados que se obtengan con  $6\sigma$  deben ser parte de este programa de comunicación.

## I.II HERRAMIENTA ESTADÍSTICAS DE SEIS SIGMA

### I.III.I. Lluvia de ideas

La tormenta de ideas o lluvia de ideas es una técnica de grupo que permite la obtención de un gran número de ideas sobre un determinado tema de estudio, siendo una herramienta por medio de la cual se puede potenciar la participación y la creatividad de un grupo de personas, enfocándose hacia un objetivo en común. Es recomendable que las sesiones de lluvia de ideas sean un proceso disciplinado a través de los siguientes pasos:

#### *Paso 1: Elegir un coordinador*

El grupo de trabajo o el responsable del estudio designarán a una persona para dirigir y coordinar la sesión de Tormenta de Ideas.

#### *Paso 2: Definición del enunciado del tema de la Tormenta de Ideas*

El enunciado del tema a tratar se definirá con anterioridad a la realización de sesión de trabajo. El enunciado deberá ser específico y preciso para que no sea interpretado de manera diferente por los integrantes del grupo de trabajo, y para que las aportaciones se concentren sobre el verdadero tema a analizar.

#### *Paso 3: Preparar la Logística de la sesión*

Preparar con anterioridad a la sesión, superficies y material de escritura idóneos. Tiene las siguientes ventajas:

- Permite escribir todas las ideas aportadas de forma que sean claramente visibles a lo largo de la sesión
- Ayuda a mantener un ritmo constante durante toda la sesión
- Favorece al trabajo de ordenación y clasificación de ideas

#### *Paso 4: Introducción a la sesión*

- a) Escribir el enunciado del tema de forma que sea visible a todos los participantes durante la sesión
- b) Comentar las reglas conceptuales de la Tormenta de Ideas
  - El pensamiento debe ser creativo
  - No se admiten críticas y comentarios a las ideas ajenas, ni se admiten explicaciones a las propias. Se anotarán todas las ideas incluso las duplicadas.
  - Se debe hacer una asociación de ideas, esto es, modificarlas, ampliarlas, combinarlas o crear otras nuevas por asociación.

- c) Comentar las reglas prácticas
- Las aportaciones se harán por turno
  - Se aportará solo una idea por turno y deberá anotarse
  - Cuando en un turno no se disponga de ideas se deberá “pasar” y reincorporarse en el turno siguiente.

*Paso 5: Lista de ideas*

Los participantes se acomodan de preferencia en forma circular y se procede a la realización de la lista de ideas anotándolas en una pizarra respetando las reglas anteriormente mencionadas.

*Paso 6: Comentarios adicionales*

Una vez leídos todos los puntos el coordinador pregunta a cada persona, por turnos, si se tiene comentarios adicionales. Éste proceso continua hasta que se agoten las ideas.

*Paso 7: Tratamiento de las ideas*

Para su correcta interpretación la lista de ideas obtenida, se tratará de la siguiente forma:

- Eliminar ideas duplicadas
- Explicar las ideas que ofrecen dudas a algún participante
- Agrupar las ideas según criterios de ordenación adecuados, para poder simplificar el desarrollo del trabajo posterior.

I.III.II Poka- yoke

Poka- yoke es un procedimiento para procesos a prueba de fallas que utiliza dispositivos o métodos para evitar el error humano simple. La idea Poka- Yoke fue utilizada y refinada por Shingeo Shingo, ingeniero de manufactura japonés, que desarrollo el sistema de producción en Toyota.

La idea es evitar tareas o acciones repetitivas que dependen de la supervisión o de la memoria para liberar el tiempo y la mente de los trabajadores a fin de que pueda realizar actividades más creativas o que agreguen valor.

Poka- Yoke se enfoca a dos aspectos: 1. La predicción, es decir reconocer que un defecto está a punto de ocurrir, 2. Dar una advertencia o una detención, es decir reconocer que un defecto acaba de ocurrir y detener el proceso.

Las fuentes típicas de defectos en la producción son procesamientos omitidos, errores de procesamiento, errores de puesta en marcha, componentes faltantes, componentes equivocados y errores de ajuste. Un buen diseño del proceso impide que ocurran los defectos en general. Los japoneses llaman a esto un sistema de **control de calidad cero** (defectos) (ZQC).

ZQC está formado de los procesos siguientes:

1. *Inspección en la fuente*: verificando los factores que pueden causar errores, y no el defecto resultante.
2. *Inspección a 100%*: el uso de la autoinspección a 100% en la cual el operador supervisa su propio trabajo, o en el que el dispositivo Poka – Yoke (de preferencia poco costoso) revisa buscando errores o situaciones de operación defectuosas.

3. *Acción intermedia*: detener las operaciones instantáneamente cuando se comete un error y reiniciar operaciones sólo cuando el error se haya corregido. La retroalimentación se consigue a través de verificaciones sucesivas, en las que la persona que sigue dentro del proceso de inmediato devuelve información al operador suministrador para detener la producción y corregir el error.

#### I.III.III Hoja de verificación

La Hoja de Verificación es un formato construido para coleccionar datos, de forma que su registro sea sencillo, sistemático y fácil analizarlo. Una buena hoja de verificación debe diseñarse de manera que, visualmente, permita hacer un primer análisis para apreciar las principales características de la información buscada.

Algunas de las situaciones en las que resulta de utilidad obtener datos a través de las hojas de verificación son las siguientes:

- Describir los resultados o el desempeño de un proceso.
- Clasificar las fallas, quejas o defectos detectados, con el propósito de identificar sus magnitudes, razones, tipos de fallas, áreas de donde proceden, etcétera.
- Confirmar posibles causas de problemas de calidad.
- Analizar o verificar operaciones y evaluar el efecto de los planes de mejora.

Tipos de hojas de verificación son:

- Hoja de verificación para la localización de defectos: este tipo de hojas se diseñan de forma que permite identificar o localizar la zona del producto donde ocurren los defectos.
- Hoja de verificación para distribución de procesos: son una especie de histograma “andante” que se obtiene en el momento y lugar de los hechos por la gente que realiza la medición, es utilizada para datos continuos y en ella se hace énfasis en el comportamiento del proceso más que en las observaciones individuales.
- Hojas de verificación para productos defectuosos: este tipo de hoja de registro es útil cuando es necesario registrar el tipo de problema y la frecuencia en que se presentan. Tiene la ventaja de la oportunidad, ya que al final de cierto periodo permite apreciar que tipos de problemas se presentaron con mayor frecuencia.

Pasos para la elaboración de una hoja de verificación:

1. Determinar claramente el proceso sujeto a observación. Los integrantes deben enfocar su atención hacia el análisis de las características del proceso.
2. Definir el período de tiempo durante el cual serán recolectados los datos. Esto puede variar de horas a semanas.
3. Diseñar una forma que sea clara y fácil de usar. Asegúrese de que todas las columnas estén claramente descritas y de que haya suficiente espacio para registrar los datos.
4. Obtener los datos de una manera consistente evitando sesgos.

#### I.III.IV Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es un tipo especial de gráfica de barras verticales que representan los factores correspondientes a una magnitud cualquiera graficados en un orden de rango descendiente de sus frecuencias y de izquierda a derecha, combinándolo con un polígono acumulativo en la misma escala.

El principio básico de este dispositivo gráfico es su capacidad de distinguir los “pocos vitales” de los “muchos triviales”, permitiendo enfocar las respuestas importantes, es decir, el diagrama de Pareto es una herramienta de análisis que ayuda a tomar decisiones en función de prioridades, el diagrama se basa en el principio enunciado por Vilfredo Pareto que dice:

"El 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan".

Concretamente este tipo de diagrama, es utilizado básicamente para:

- Conocer cuál es el factor o factores más importantes en un problema.
- Determinar las causas raíz del problema.
- Decidir el objetivo de mejora y los elementos que se deben mejorar.
- Conocer si se ha conseguido el efecto deseado (por comparación con los Paretos iniciales).

Modo de aplicación del diagrama de Pareto

- Recolectar o recoger datos y clasificarlos por categorías
- Ordenar las categorías de mayor a menor indicando el número de veces que se ha producido.
- Calcular los porcentajes individuales y acumulados de cada categoría, el acumulado se calcula sumando los porcentajes anteriores a la categoría seleccionada.
- Construcción del diagrama en función de los datos obtenidos anteriormente.

#### I.III.V Cartas de control para atributos

Existen muchas características de calidad del tipo pasa o no pasa, y de acuerdo con éstas, un producto es juzgado como defectuosos o no defectuoso (conforme o no conforme), dependiendo si cumple o no con las especificaciones o criterios de calidad.

Existen 4 tipos de cartas de control por atributos:

- Proporción de defectuosos (Cartas p)
- Número de defectuosos (Cartas np)
- Número de defectos (Cartas c)
- Defectos por unidad (Cartas u)

De acuerdo a las características que presenta en problema a resolver en el presente trabajo, la carta que se adapta a dicho problema es la *np*, por lo que se explica a continuación.



*Carta de control np*: La carta *np* es una herramienta estadística usada para evaluar el número de artículos defectuosos o el número de artículos no conformes producidos por un proceso. Cuando el tamaño de subgrupo o muestra en la carta *p* es constante, es más conveniente usar la carta *np*, en la que se grafica el número de defectuosos por subgrupo en lugar de la proporción. Los límites de control para la carta *np* están dados por:

$$LCS = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$LC = n\bar{p}$$

$$LCI = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

Donde:

LCS = Límite de Control Superior

LC = Línea Central

LCI = Límite de Control Inferior

n = Tamaño de subgrupo

$\bar{p}$  = Proporción promedio de artículos defectuosos

Los límites de la carta *np* indican que tanto varía la cantidad esperada de piezas defectuosas por cada *n* artículos inspeccionados.

#### I.III.VI Métricas Seis Sigma para atributos

Se entiende por unidad la parte o producto que es elaborada por un proceso y que, por lo tanto, es posible inspeccionar o evaluar su calidad. En la elaboración de un producto o unidad por lo general existe más de una oportunidad de error. En general se define como oportunidad de error cualquier parte de la unidad a la que es posible medir o verificar si cumple con lo estipulado. De acuerdo con lo anterior, un defecto es cualquier no conformidad o desviación de la calidad especificada de un producto.

En éste contexto surge el índice DPU (defectos por unidad), el cual es una métrica que determina el nivel de no calidad de un proceso que toma en cuenta las oportunidades de error y se obtiene con el siguiente cociente:

$$DPU = \frac{d}{U}$$

Dónde:

d = número de defectos

U = número de unidades inspeccionadas

Una desventaja del DPU es que no toma en cuenta el número de oportunidades de error en la unidad. Por ello, para tomar en cuenta la complejidad de la unidad o producto se utiliza el índice DPO (defectos por oportunidades), que mide la no calidad de un proceso y se obtiene como sigue:

$$DPO = \frac{d}{U \times O}$$

Donde d y U son como antes, y O es el número de oportunidades de error por unidad.

Para lograr un mejor entendimiento de la métrica DPO, es mejor obtener el índice DPOM (Defectos por millón de oportunidades), el cual cuantifica los defectos del proceso en un millón de oportunidades de error, y se obtiene al multiplicar al DPO por un millón, es decir:

$$DPOM = DPO \times 1\,000\,000$$

En suma, la métrica Seis Sigma para este tipo de procesos con una característica de calidad de atributos que, en el procesamiento de una unidad o producto es posible tener más de una oportunidad de error, es el índice DPMO. En general en las condiciones anteriores hay una tendencia a preferirlo sobre el DPU, e incluso sobre el DPO.

Ahora bien si lo que se necesita saber es el nivel de Sigmas de un proceso con característica por atributos, el procedimiento es el siguiente:

Lo primero que se hace es calcular el rendimiento Y del proceso mediante la distribución de Poisson, con la siguiente fórmula:

$$Y = e^{-DPU}$$

Así, el resultado obtenido será la probabilidad de que una unidad esté libre de defectos y para convertir esto al nivel de sigma, es preciso encontrar el valor Z (variable de la desviación normal) en una tabla de distribución normal estándar que da una probabilidad acumulada igual a Y, es decir, el nivel de sigmas para el proceso  $Z_Y$ , posteriormente al valor encontrado, se le deberá sumar 1.5 (que es un desplazamiento establecido) obteniendo así el número de sigmas del proceso, esto es:

$$Z_C = Z_Y + 1.5$$

Tabla 1.3 Relación entre el nivel de sigmas de un proceso y los PPM

NIVEL DE SIGMAS (CORTO PLAZO)	PPM FUERA DE ESPECIFICACIONES	% DE LA CURVA DENTRO DE ESPECIFICACIONES
1	697 700	30.23
2	308 700	69.13
3	66 807	93.32
4	6 210	99.379
5	233	99.9767
6	3.4	99.99966

Tabla 1.4 Reducción de defectos al subir el número de sigmas en un proceso

PASAR DE:	A:	FACTOR DE REDUCCIÓN DE DEFECTOS	REDUCCIÓN PORCENTUAL
2 sigmas (308 700)	3 sigmas (66 807)	5	78%
3 sigmas (66 807)	4 sigmas (6 210)	11	91%
4 sigmas (6 210)	5 sigmas (233)	27	96%
5 sigmas (233)	6 sigmas (3.4)	68	99%

## I.IV FASES EN LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA

La metodología Seis Sigma persigue la reducción de la variación, los defectos y los errores en todos los procesos para así lograr aumentar la cuota de mercado, minimizar los costos e incrementar los márgenes de ganancia. Para implementar la metodología, se siguen distintas fases ordenadas en la ejecución de los procesos con la finalidad de reducir su variabilidad. Estas fases son: Definir el proceso, Medirlo, Analizar sus datos, Mejorarlo y Controlarlo.

Las iniciales de estas cinco fases concretas de la metodología Seis Sigma hacen que un nombre abreviado para ella sea metodología DMAMC.

### I.V.I Definir

En la fase de definición se identifican los posibles proyectos Seis Sigma que deben ser evaluados por la dirección para evitar la inadecuada utilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto, se prepara y se selecciona el equipo más adecuado para ejecutarlo, asignándole la prioridad necesaria.

Las herramientas típicas que se utilizan en esta fase son las siguientes:

- Diagrama de flujo de procesos
- Diagrama de Causa – Efecto o de Ishikawa
- Diagrama de Pareto
- Histogramas
- Gráficos de tendencia

### I.IV.II Medir

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan el funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de ésta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

Las herramientas típicas que se utilizan en esta fase son las siguientes:

- Modelación de las características de la calidad
- Evaluación de la normalidad de los datos
- Evaluación de la exactitud y linealidad
- Evaluación de la repetitividad y la reproductibilidad
- Modos alternativos de la evaluación de los sistemas de medición
- Análisis de la fiabilidad

### I.IV.III Analizar

En la fase de análisis, el equipo evalúa los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa – efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De ésta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir las variables clave de entrada o “focos vitales” que afectan a las variables de respuesta del proceso.

Las herramientas típicas que se utilizan en esta fase son las siguientes:

- Análisis exploratorio de datos
- Ajuste de distribuciones
- Contrastes de hipótesis
- Intervalos de confianza
- Capacidad de los procesos

#### I.IV.IV Mejora

El presente trabajo se basa fundamentalmente en ésta fase de Mejora y en la siguiente que está relacionada con el Control, el lector podrá observar que son estudiadas y analizadas con mayor detalle.

El objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz; es decir asegurarse de que se corrige o reduce el problema. Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas, apoyándose en algunas de las siguientes herramientas: lluvia de ideas, hojas de verificación, diseño de experimentos, poka – yoke, etc.

Pasos:

1. Generar diferentes soluciones para cada una de las causas raíz
2. Aplicación de soluciones
3. Definir tolerancias operacionales del sistema potencial
4. Validar mejoras potenciales mediante estudios piloto
5. Corregir/revaluar solución potencial

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones:

- ¿Las fuentes de variación dependen de un proveedor?
- Si es así, ¿cuáles son?
- ¿Quién es el proveedor?
- ¿Qué está haciendo para monitorearlas y/o controlarlas?
- ¿Qué relación hay entre los parámetros de medición y las variables críticas?
- ¿Interactúan las variables críticas?
- ¿Cómo lo definió? Muestre los datos.
- ¿Qué ajustes a las variables son necesarios para optimizar el proceso?

En la fase de Mejorarse confirma que la solución propuesta va a alcanzar o exceder las metas de mejora de calidad de proyecto. En esta fase se prueba la solución a pequeña escala en un ambiente real de negocio. Esto asegura que se ha arreglado las causas de variación y que la solución va a funcionar cuando sea implementada por completo.

#### I.IV.V Controlar

Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X vitales) y se cierra el proyecto. Muchas veces esta etapa es la más dolorosa o difícil, puesto que se trata de que los cambios realizados para evaluar las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se institucionalicen y generalicen. Esto implica la participación y adaptación a los cambios de toda la gente involucrada en el proceso, por lo que se pueden presentar resistencias y complicaciones. En este sentido es necesario establecer un sistema de control para:

- Prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a repetir (mantener las ganancias)
- Impedir que las mejoras y los conocimientos obtenidos se olviden
- Mantener el desempeño del proceso
- Alentar la mejora continua

De acuerdo con lo anterior se deben acordar acciones de control en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo, como se explica en seguida.

1. Estandarizar el proceso. En éste nivel se deciden acciones para asegurar las mejoras a través de cambios en los sistemas y estructuras que forman el proceso, tratando de no depender de controles manuales y de vigilancia sobre el desempeño. En otras palabras, se deben buscar cambios permanentes en los procesos y en sus métodos de operación.
2. Documentar el plan de control. Se busca trabajar para mejorar o desarrollar nuevos documentos que faciliten el apego a los procedimientos estándar de operación del proceso. La estandarización vía documentación contempla procedimientos bien escritos, videos y hojas de trabajo ilustradas. Otras alternativas para lograr la estandarización de los métodos son: la capacitación, tanto para nuevos trabajadores como para los actuales, así como los sistemas a prueba de errores. Algunos consejos a documentar son los siguientes:
  - Involucrar a la gente que supervisa y aplica los métodos
  - Probar el procedimiento tal como se documentó
  - Ser completo, pero conciso
  - Colocar el procedimiento donde esté disponible fácilmente
  - Bosquejar un método para actualizar los procedimientos (mejora continua)
  - Poner fecha a los procedimientos
  - Destruir los procedimientos obsoletos
3. Monitorear el proceso: Se deciden las mejoras al monitoreo del proceso para que mediante éste se tenga evidencia de que el nivel de mejora logrado se siga manteniendo. Los monitoreos pueden realizarse sobre entradas claves del proceso, así como sobre

variables de salida crítica. Recordemos que por excelencia, las herramientas para analizar y monitorear el desempeño de un proceso son las cartas de control, pero debe asegurarse una elección y operación adecuada. Se debe tener cuidado especial de no confundir los conceptos de capacidad y estabilidad. Algunas preguntas de evaluación acerca del monitoreo de un proceso con respecto a sus entradas y salidas clave, son las siguientes:

- ¿Cómo se monitorean?
  - ¿Con qué frecuencia se verifican?
  - ¿Se conocen las especificaciones y valores meta óptimos?
  - ¿Cuál es su capacidad y estabilidad?
  - ¿Cuáles deben de tener cartas de control?
4. Cerrar y difundir el proyecto: El objetivo de ésta última actividad es asegurarse de que el proyecto 6σ es fuente de evidencia de logros, de aprendizaje y que sirva como herramienta de difusión para fortalecer la estrategia 6σ. Esta difusión ayudará a elevar el nivel de compromiso de los involucrados para mantener el éxito del proyecto, así como a fortalecer y el aprendizaje y la mejora continua de la organización. Por ello el equipo de caracterización debe desarrollar las siguientes actividades:
- a) Documentar el proyecto a través de la carpeta del historial del proyecto, en la que típicamente se agregan los siguientes elementos:
- Los elementos considerados para seleccionar y definir el proyecto.
    - ✓ Datos iniciales de línea base
    - ✓ Evidencia de cómo se validó el sistema de medición
    - ✓ Análisis del estado inicial del proceso
    - ✓ Evidencias de lo realizado y herramientas aplicadas den las fases de análisis y mejora
  - Datos financieros (costos y beneficios)
  - Decisión final sobre la mejora y conclusiones
  - Plan de control
- b) Elaborar un resumen de los principales cambios o soluciones dados para el problema, el impacto del proyecto y resumir los aprendizajes alcanzados con el proyecto.
- c) Difundir lo realizado, así como los logros alcanzados, que pueden incluir: elaboración de reporte técnico, presentación entre colegas y directivos, y difusión interna por los canales adecuados.

La fase "control" consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios. Cuando se han logrado los objetivos y la misión se dé por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve.

## I.V DIAGNÓSTICO

La empresa “Medidores Internacionales Rochester S.A. de C.V.”, implementó la Metodología Seis Sigma en uno de sus procesos de producción, donde los líderes del plan realizaron las primeras tres fases o etapas; Definición del problema, Medición y Análisis. A continuación se muestra el resumen de los resultados de las etapas anteriormente mencionadas:

El grupo de trabajo integrado por los participantes de seis sigmas, es decir el Líder de implementación (Ing. Jesús Aguilar Sánchez), el Champion, los Master Black Belt, el Black Belt, el Green Belt y los Yellow Belt.

El líder de implementación, Ing. Jesús Aguilar Sánchez identificó que la línea de Reed Switch presentaba problemas de desperdicios en la producción del cable RS (Reed Switch), subensamble para un medidor, tomando así la decisión de implementar la metodología.

Definido el problema se planteó como objetivo disminuir la cantidad de cables no conformes en ésta línea de producción, disminuyendo así la cantidad de desperdicio proveniente de la línea y asignar el rol a cada uno de los involucrados en el problema.

Lo segundo que se realizó fue medir la situación actual para conocer cómo se encontraba la empresa y así hablar de una disminución de desperdicios basada en datos duros, en dicha etapa el equipo (BB) estableció que un 7.16% de la producción total se declaraban piezas no conformes.

Finalmente en la tercera etapa se analizaron las posibles causas del problema, basándose en herramientas básicas estadísticas, las que arrojaron como resultado dos causas raíz, es decir las “x” vitales:

1. **PROVEEDOR:** la continuidad en el cable, es decir que este fuera constante tanto en diámetro, como en horizontalidad y centralidad de las almas a lo largo de todo el carrete, así como cantidad de talco suficiente.



2. **MÁQUINA:** Falta de conocimiento de la máquina y del proceso de corte y desforre del cable, por parte de las operadoras y del supervisor del área.

## CAPÍTULO II: “IMPLEMENTACIÓN DE LA FASE DE MEJORA EN EL PROCESO DE CORTE, DESFORRE Y ESTAÑADO PARA UN EQUIPO DE MEDICIÓN”

En el siguiente capítulo se tiene como objetivo proponer e implementar las soluciones de las causas raíz anteriormente mencionadas, haciendo uso de diversas herramientas estadísticas, como Lluvia de Ideas, Poka –Yoke, Hojas de verificación y Diagrama de Pareto.

### II.I GENERACIÓN DE LAS SOLUCIONES

De acuerdo al marco teórico y siguiendo el proceso de la aplicación de la fase de MEJORA, se comenzó por la GENERACIÓN DE LAS SOLUCIONES utilizando como herramienta Lluvia de Ideas, como se muestra a continuación:

#### II.I.I Lluvia de Ideas

##### *Paso 1: Elegir un coordinador*

El grupo de trabajo integrado por los participantes (actores) de seis sigmas, decidió que una servidora Laura Gualito sería la indicada para dirigir y coordinar la sesión de tormenta de ideas, por ser la responsable de ésta etapa de Mejora.

##### *Paso 2: Definición del enunciado del tema de la Tormenta de Ideas*

De acuerdo a las causas raíz establecidas: Manejo inadecuado de la máquina de corte y desforre del cable REED SWITCH y cable del Proveedor fuera de especificación

¿Cuáles pueden ser las soluciones para la disminución de cables no conformes en la línea de producción 9800 (Reed Switch)?

##### *Paso 3: Preparar la Logística de la sesión*

Un día antes de iniciar la sesión designé el sitio adecuado en donde se llevaría la dinámica, eligiendo un lugar con buena iluminación y exento de ruidos producidos en la planta, así como que contará con el suficiente espacio para los participantes y que tuviera un pizarrón para realizar la sesión adecuadamente, por lo que el sitio elegido fue el SALÓN DE JUNTAS, el material incluyó:

- Pizarrón
- Plumines
- Hojas blancas y bolígrafos para cada participante

##### *Paso 4: Introducción a la sesión*

Escribí con letra visible y clara en el centro del pizarrón el enunciado del tema a tratar, posteriormente minutos antes de comenzar la sesión ya con todos los integrantes presentes les explique en qué consistía la dinámica y les expuse las reglas de ella, para así dar inicio al siguiente paso.

##### *Paso 5: Lista de ideas*

Proporcione 1 hoja y bolígrafo a cada participante, incluyéndome, y comenzó a correr el tiempo hasta que cada uno de los integrantes había decidido que tenía completa su lista.



Posteriormente cada integrante por turno proporcionó una idea a la vez de su lista y las escribí en el pizarrón, para así tener la lista completa de todas las ideas contempladas.

*Paso 6: Comentarios adicionales*

Al finalizar la lista anterior pregunté a cada participante, por turno, si tenía algún comentario adicional, y de ésta forma terminé de completar la lista.

*Paso 7: Tratamiento de las ideas*

Finalmente eliminando las ideas duplicadas y clasificándolas de acuerdo a la causa raíz que obedecía, la lista quedó de la siguiente forma:

<b>¿Cuáles pueden ser las soluciones para la disminución de cables no conformes en la línea de producción 9800 (Reed Switch)?</b>	
<b>MÁQUINA</b>	<b>PROVEEDOR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación del personal</li> <li>• Establecer límites en los que debe trabajar la máquina</li> <li>• Realizar ayudas visuales</li> <li>• Realizar un manual de procedimiento</li> <li>• Utilizar la máquina por las mañanas antes de que se sienta calor</li> <li>• Colocar ventiladores en el área de Reed Switch</li> <li>• Realizar un Instructivo de Trabajo para estandarizar el proceso</li> <li>• Cambiar el sistema de medición en la primera etapa de corte y desforre</li> <li>• Utilizar la cuchilla adecuada</li> <li>• Dar mantenimiento a la máquina, y cambiar las cuchillas periódicamente</li> <li>• Utilizar la máquina en periodos de tiempo más cortos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suficiente cantidad de talco</li> <li>• Forro interno separado de las almas de cable</li> <li>• Los carretes en que se enrolla en cable sean de mayor diámetro</li> <li>• Que las almas del cable estén centradas</li> <li>• Cuidar la manipulación del carrete para evitar que se maltrate</li> <li>• Actualización del plano de diseño del cable</li> <li>• Cambiar el proveedor</li> </ul>






## II.II APLICACIÓN DE LAS SOLUCIONES

### II.II.I Poka -Yoke

Una vez concluida la sesión de Lluvia de Ideas, y siguiendo el proceso de la fase de Mejora se continuó con la APLICACIÓN DE LAS SOLUCIONES. Así analizando cada una de las probables soluciones, se consideró primeramente implementar Poka – Yoke, ya que una de las ideas proponía modificar el sistema de medición de los cables cortados. Para ello se pensó en un dispositivo capaz de tomar cada una de las mitades del cable sin recurrir constantemente a un calibrador ó mucho menos a una cinta escalada, adherida a la máquina.

De esta forma con ayuda de ingeniería se diseñó un gage, dispositivo metálico en forma de plantilla capaz de determinar las medidas correctas de las diferentes dimensiones del cable Reed Switch. Véase 2.1Cuadro Comparativo de los Procesos de Medición.

En éste caso particular el objetivo del dispositivo fue la detención, ya que con éste se lograba identificar que un defecto en las longitudes acababa de ocurrir y se detenía la operación.

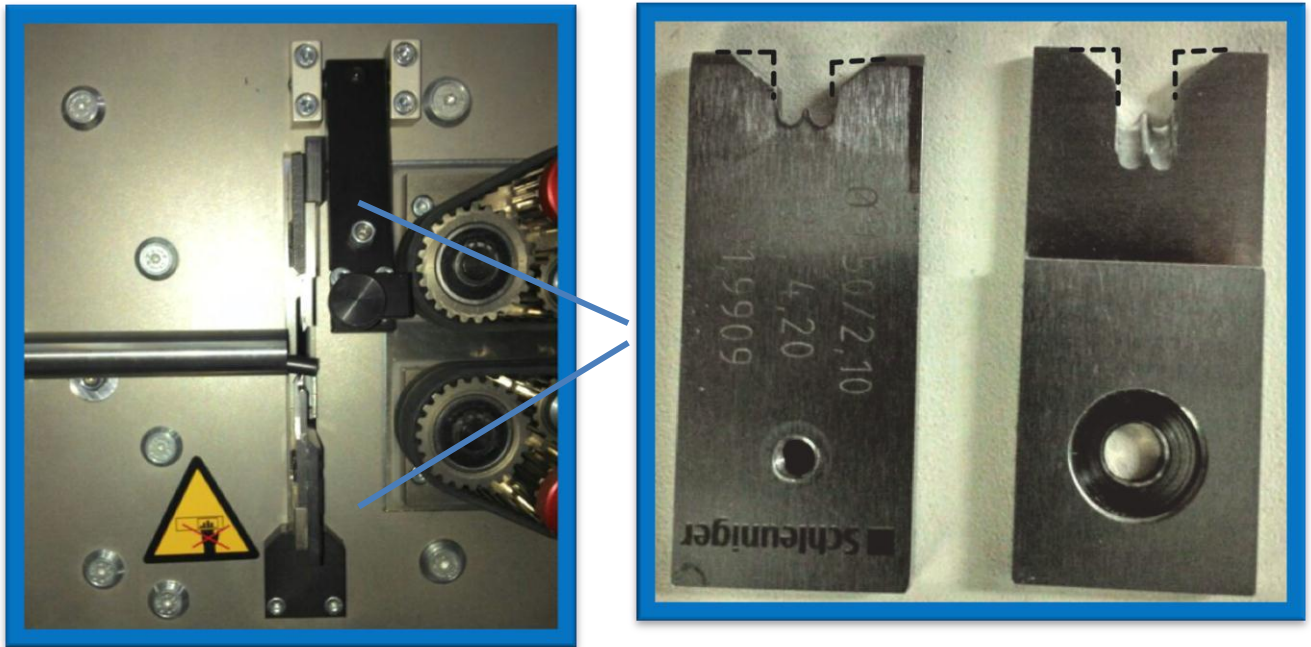
ANTES	DESPUES
	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="867 743 1187 772">➤ Diámetro 2 y longitud AE</li><li data-bbox="867 999 1036 1029">➤ Longitud A</li><li data-bbox="867 1241 1036 1270">➤ Longitud B</li><li data-bbox="867 1482 1045 1512">➤ Longitud BE</li></ul>

2.1 Cuadro Comparativo de los Procesos de Medición

Otra idea que se atendió empleando la misma herramienta (Poka – Yoke), fue una modificación a la cuchilla principal de la máquina, pues se notó que su apertura no permitía que durante el proceso de corte, cuando las almas del cables se desplazaban hacia ella, dificultaba la posición correcta de las almas y por lo tanto ocasionaba cables trozados o raspados.

De esta forma se decidió agrandar o ensanchar la apertura de la cuchilla, facilitando el posicionamiento de las almas y por lo tanto el corte y desforre correctos. Véase figura 2.1 Cuchilla de corte y desforre (la línea en color negro punteada indica la forma original de ella)

Figura 2.1 Cuchillas de corte y desforre



## II.III DEFINIR TOLERANCIAS OPERACIONALES

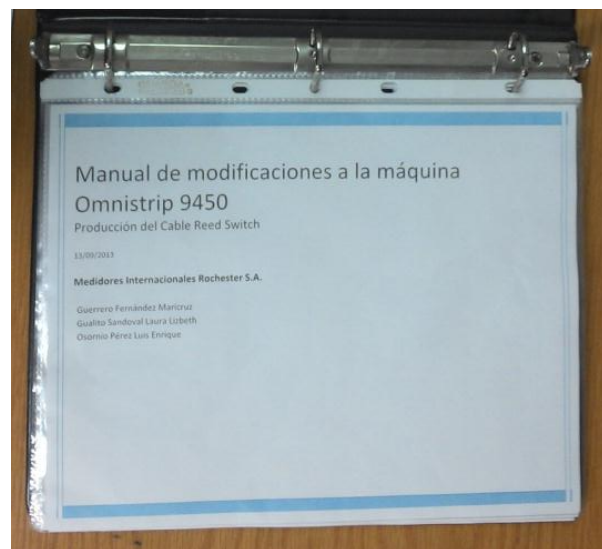
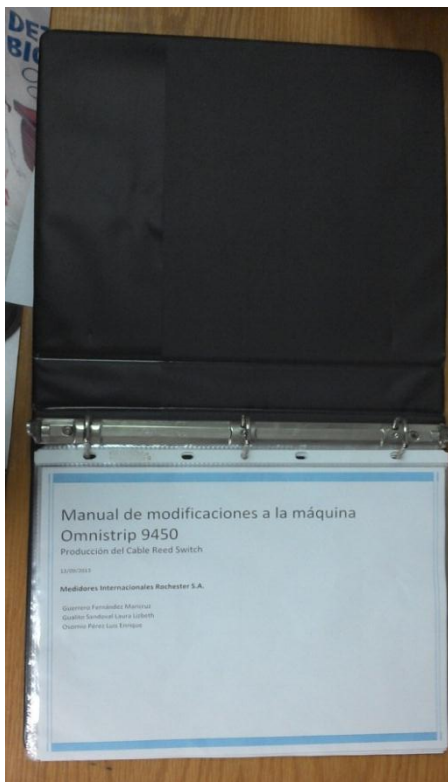
Siguiendo con el tercer paso de la Fase de Mejora: DEFINIR TOLERANCIAS OPERACIONALES, y atendiendo las ideas propuestas en la sesión de lluvia de ideas, se prosiguió a realizar un Manual de Procedimiento complementándolo con ayudas visuales y capacitación.

### II.III.I Manual de procedimiento

La decisión de realizar un Manual de procedimiento fue el resultado de observar la forma en que las operadoras manejaban la máquina, ya que se notó que ninguna de las ellas conocía por completo el proceso de corte y desforre y cada que la máquina comenzaba a generar piezas no conformes, ya fuera por cualquiera de los defectos: cable raspado, corte de forro con material, corte de alambres, desforre parcial o longitudes incorrectas, acudían inmediatamente con el Jefe de área, parando la producción, hasta que éste pudiera ir a atender el problema, no sin mencionar que detenían la máquina cuando ésta lanzaba continuamente en promedio 5 piezas inconformes.

Para el Manual de Procedimiento se recurrió al Master Black Belt, Jefe de calidad, para que estableciera los límites en los que debía operar la máquina, ya que ésta cuenta con un menú principal que a su vez ayuda a desplazarse a cada una de las pantallas en las que se estipulan los parámetros numéricos en los que debe operar. Para el establecimiento de estos parámetros se realizaron pruebas, cortando varios cables para analizar como resultaba el corte y desforre, para ello fue necesario aumentar y/o disminuir los parámetros bajo los que trabajaba anteriormente la máquina, a fin de definir los límites de operación, además por cada pantalla se escribió detalladamente en el manual como acceder a cada una de ellas a partir de la pantalla inicial, y los parámetros que debían y podían modificarse en caso de producir una pieza no conforme, de acuerdo al defecto presentado, es decir, quedó especificado a qué pantalla acudir y qué parámetros modificar para cada tipo de defecto detectado. Véase Figura 2.2 Manual de procedimiento

Figura 2.2 Manual de procedimiento



### II.III.II Ayudas visuales

El hecho de realizar ayudas visuales para el proceso de corte y desforre del cable RS, fue resultado de preguntar a las operadoras de la máquina ¿De qué manera se les facilitaría operar y entender el proceso de la máquina?, a lo que ellas respondieron que el manual anteriormente mencionado sería de mucha ayuda, pero que estaban familiarizadas con imágenes en la pared, por lo que se decidió colocar ayudas visuales en el Área de corte y desforre con las pantallas de la máquina, es importante mencionar que éstas ayudas visuales se basan en la mismo principio del Manual de procedimiento, con la diferencia del tamaño de letra e imagen. Véase Figura 2.3 Ayudas visuales.

#### 2.3 Ayudas visuales



NOTA: Consultar Anexo 1: Manual de Procedimiento y Ayudas visuales

### II.III.III Capacitación

Se consideró que una de las soluciones primordiales era la capacitación del personal, por lo que después de haber realizado el Manual de procedimiento, las ayudas visuales, la modificación en la cuchilla y gage para las longitudes del cable, se prosiguió a realizar una reunión con las chicas que operaban (YB) o habían operado en algún momento la máquina, así como al supervisor del área, con el objetivo de capacitarlas, para ello se les explico detalladamente cómo funcionaba la máquina, los elementos esenciales con los que contaba, y las pantallas que tenía.

Se les explicó como encender la máquina, montar el carrete y finalmente ponerla en operación, así como a utilizar el gage, leer e interpretar el Manual de procedimiento y las Ayudas visuales. Posteriormente se pasó a cada una de las operadoras a poner en marcha la máquina, a la cuál intencionalmente pero ignorado por ellas, se le habían modificado algunos parámetros con la finalidad de que arrojara piezas no conformes, y con el Manual de procedimiento y/o las Ayudas visuales, fueran capaces de corregir el error. De ésta forma el personal hizo preguntas y aclaró dudas que iban surgiendo, así la capacitación resulto ser un éxito.



Para que los resultados obtenidos fueran objetivos, la muestra de 3 000 piezas se dividió en lotes de 1000 piezas cada uno, y los responsable de cada lote fueron siempre diferentes, el primer lote estuvo a cargo de Laura Gualito, el Segundo de Operadora 1, y finalmente el tercero de Operadora 2, es importante mencionar que aunque la capacitación se dio a todo el personal involucrado en proceso de corte, desforre y estañado del cable Reed Switch, para la validación de la mejora solo se recurrió a las operadoras (operadora 1 y 2) que estaban a cargo de la máquina.

➤ Hoja de Verificación 1:

Para el primer lote de 1000 piezas la Hoja de verificación obtenida fue la siguiente:

HOJA DE VERIFICACIÓN		
Producto: <u>Cable 0159 – 00925 Reed Switch</u>	Fecha: <u>26/08/13</u>	
	Fábrica: <u>MID</u>	
Etapas de manufactura: <u>Corte y desforre del cable RS</u>	Sección: _____	
	Inspector: <u>Green Belt</u>	
Tipo de defecto: <u>Corte de forro con material, corte de alambres, desforre parcial, longitudes incorrectas, Alambres raspados.</u>	<u>(Laura Gualito)</u>	
	Lote Número: <u>1</u>	
	Pedido Número: _____	
Número total inspeccionado: _____	1 000	
Observaciones: <u>Se inspeccionaron todas las piezas</u>	_____	
	_____	
TIPO	CONTEO	SUBTOTAL
Corte de forro con material		0
Corte de alambres		13
Desforre parcial		7
Longitudes incorrectas		5
Alambres raspados		0
	GRAN TOTAL	25
Rechazos totales		25

➤ Hoja de Verificación 2:

Para el segundo lote de 1000 piezas la Hoja de verificación obtenida fue la siguiente:

HOJA DE VERIFICACIÓN

Producto: Cable 0159-00925 Reed Switch Fecha: 28/08/13

Etapa de manufactura: Corte y desforre del cable R5 Fábrica: MID

Tipo de defecto: Corte de forro con material, corte de alambres, desforre parcial, longitudes incorrectas, Alambres raspados. Sección: \_\_\_\_\_

Inspector: Yellow Belt (operadora 1)

Número total inspeccionado: 1 000 Lote Número: 2

Observaciones: Se inspeccionaron todas las piezas Pedido Número: \_\_\_\_\_

TIPO	CONTEO	SUBTOTAL
Corte de forro con material		0
Corte de alambres		16
Desforre parcial		6
Longitudes incorrectas		6
Alambres raspados		0
	GRAN TOTAL	28
Rechazos totales		28



➤ Hoja de Verificación 3:

Finalmente para el tercer lote de 1000 piezas la Hoja de verificación obtenida fue la siguiente:

HOJA DE VERIFICACIÓN

Producto: Cable 0159-00925 Reed Switch Fecha: 30/08/13

Etapa de manufactura: Corte y desforre del cable RS Fábrica: MID

Tipo de defecto: Corte de forro con material, corte de alambres, desforre parcial, longitudes incorrectas, Alambres raspados. Inspector: Yellow Belt (operadora 2)

Número total inspeccionado: 1 000 Lote Número: 3

Observaciones: Se inspeccionaron todas las piezas Pedido Número:       

TIPO	CONTEO	SUBTOTAL
Corte de forro con material		0
Corte de alambres	<del>    </del> <del>    </del> <del>    </del>	15
Desforre parcial	<del>    </del>	7
Longitudes incorrectas		1
Alambres raspados		1
	GRAN TOTAL	24
Rechazos totales	<del>    </del> <del>    </del> <del>    </del> <del>    </del> 	24

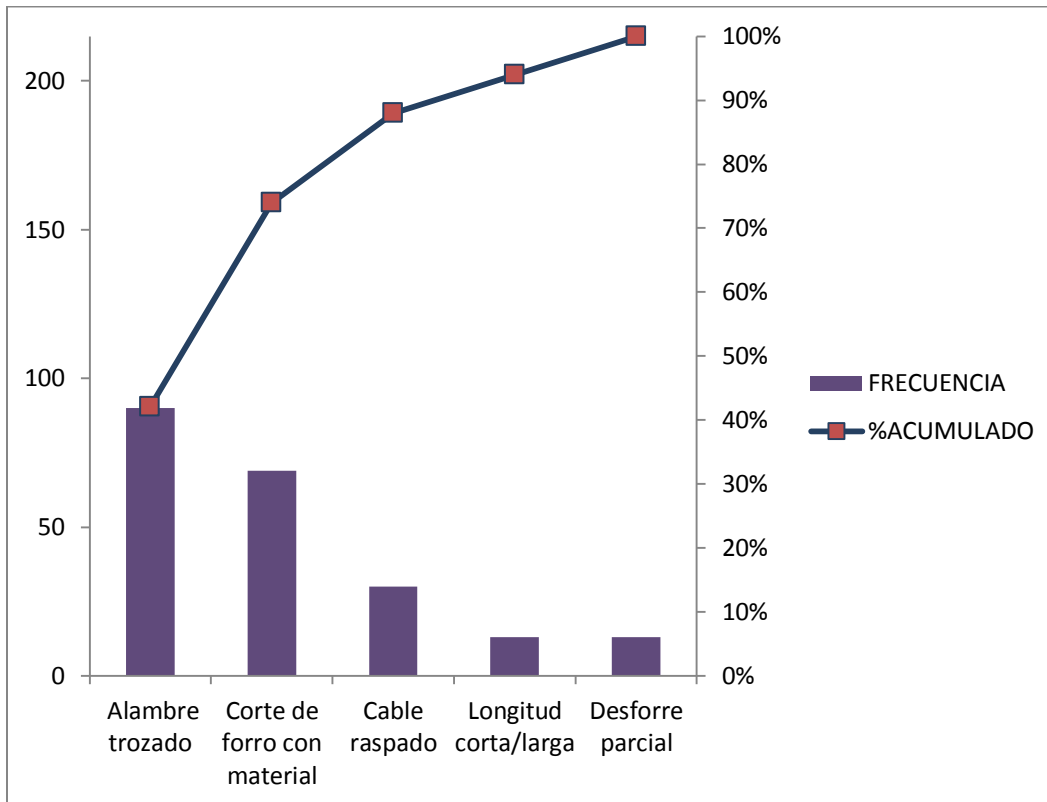
## II.IV.II Diagrama de Pareto

A continuación se muestra a través de un Diagrama de Pareto los resultados obtenidos, haciendo una comparación con el estado inicial del problema, verificando el éxito de la fase de MEJORA.

### ➤ ANTES DE LA FASE DE MEJORA

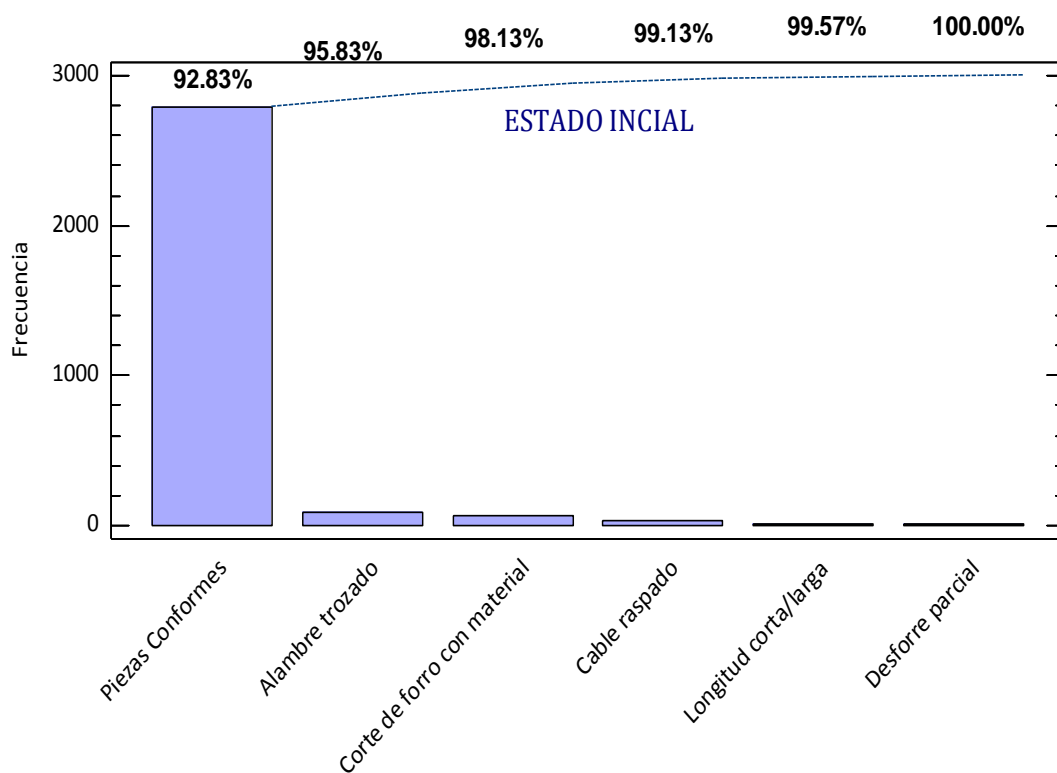
DEFECTO	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADO
Alambre trozado	90	42%	42%
Corte de forro con material	69	32%	74%
Cable raspado	30	14%	88%
Longitud corta/larga	13	6%	94%
Desforre parcial	13	6%	100%
<b>Total</b>	<b>215</b>	<b>100%</b>	

**Gráfica de Pareto II.1 Estado Inicial**



PARÁMETRO	PUNTAJE PONDERADO	PUNTAJE ACUM	PORCENTAJE %	PORCENTAJE TOTAL DE DEFECTOS	PORCENTAJE ACUM %
Piezas conformes	2785	2785	92.83		92.83
Alambre trozado	90	2875	3.00	3.00	95.83
Corte de forro con material	69	2944	2.30	2.30	98.13
Cable raspado	30	2974	1.00	1.00	99.13
Desforre parcial	13	2987	0.43	0.43	99.57
Longitud corta/larga	13	3000	0.43	0.43	100.00
<b>Total</b>	<b>3000</b>			<b>7.16 %</b>	

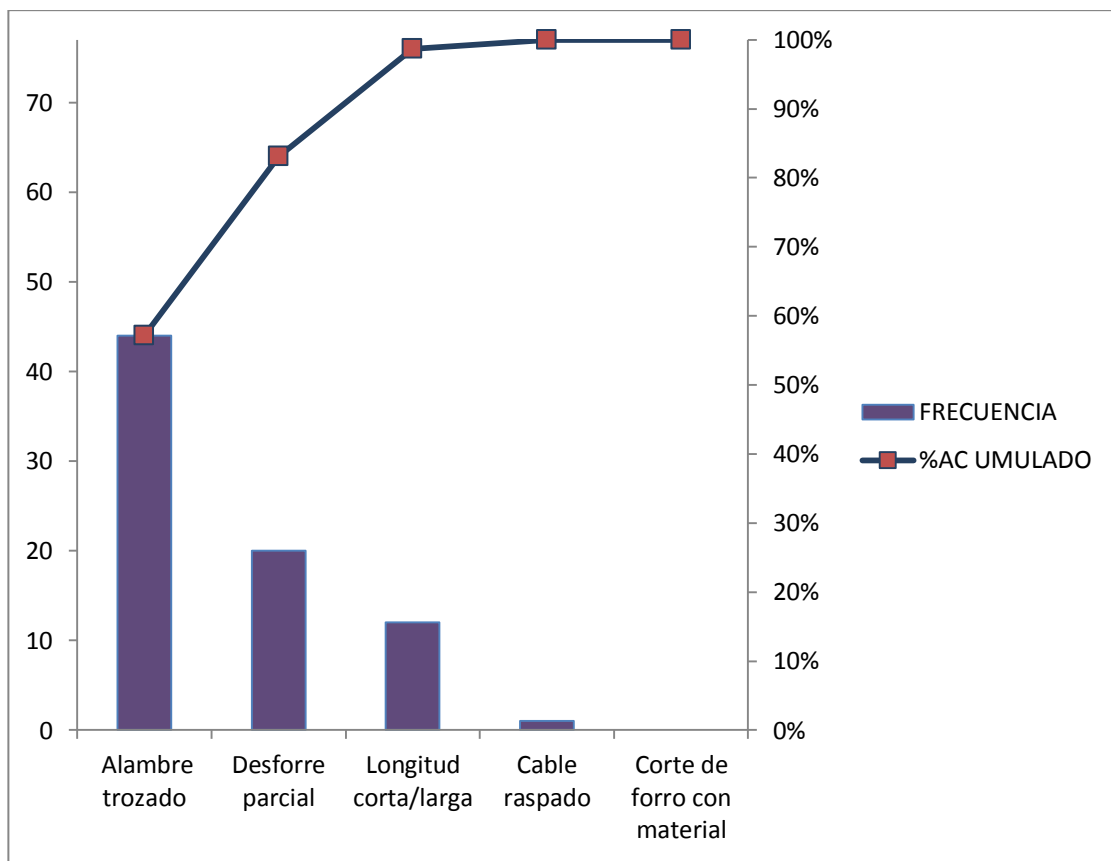
Gráfica de Pareto II. 2 Estado inicial % de defectos



➤ DESPUÉS DE LA FASE DE MEJORA

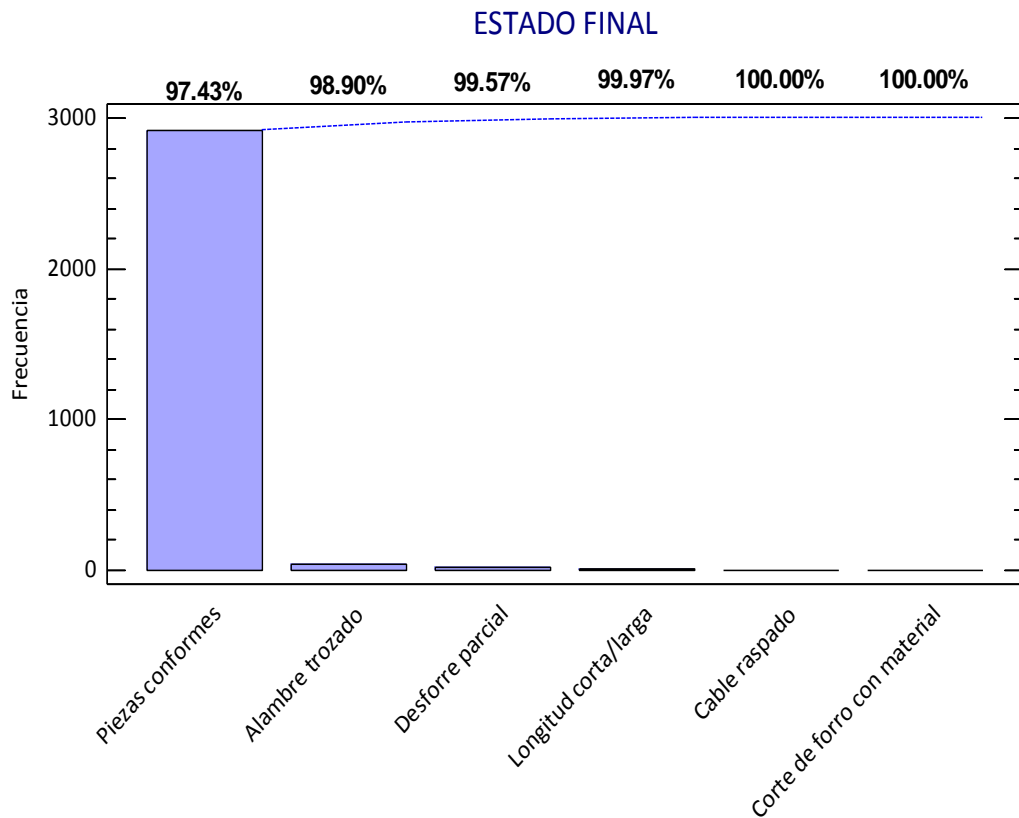
DEFECTO	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA
Alambre trozado	44	57.14%	57.14%
Desforre parcial	20	25.97%	83.11%
Longitud corta/larga	12	15.58%	98.69%
Cable raspado	1	1.30%	100%
Corte de forro con material	0	0%	100%
<b>Total</b>	<b>77</b>	<b>100%</b>	

**Gráfica de Pareto II. 3 Estado final**



PARÁMETRO	PUNTAJE PONDERADO	PUNTAJE ACUM	PORCENTAJE %	PORCENTAJE TOTAL DE DEFECTOS	PORCENTAJE ACUM %
Piezas conformes	2923	2923	97.43		97.43
Alambre trozado	44	2967	1.47	1.47	98.90
Desforre parcial	20	2987	0.67	0.67	99.57
Longitud corta/larga	12	2999	0.40	0.40	99.97
Cable raspado	1	3000	0.03	0.03	100.00
Corte de forro con material	0	3000	0.00	0.00	100.00
<b>Total</b>	<b>3000</b>			<b>2.57</b>	

Gráfica de Pareto II. 4 Estado final % de defectos



## II.IV.II.I Análisis e interpretación de gráficas de Pareto

El objetivo inicial de la **Gráfica de Pareto II. 1** fue conocer qué tipo de defectos eran los de mayor ocurrencia para, poder identificar los pocos vitales y los muchos triviales (Fase 2 y 3, Medición y Análisis de la Metodología Seis Sigma), y de ésta forma implementar las mejoras adecuadas; sin embargo, el segundo objetivo de mayor interés en éste apartado fue realizar la comparación del estado inicial del problema con el estado final, habiendo ya implementado las mejoras establecidas.

Se puede observar que tanto en la Gráfica II.1 como en la Gráfica II.2, el defecto de mayor ocurrencia siguen siendo el mismo, Alambre Trozado; sin embargo, se nota claramente que en el estado inicial, es decir antes de implementar las mejoras el defecto de Alambre trozado se presentó **90** veces de un total de 215 defectos, siendo el de mayor ocurrencia (42%), mientras que en el estado final se disminuyó considerablemente **44** piezas (57%), para un total de 77 defectos.

Por otro lado las gráficas II.3 y II.4, junto con su respectiva tabla tienen como objetivo mostrar el porcentaje total que representan los defectos presentados en las 3000 piezas obtenidas, observando que en el estado inicial el **7.16%** de las piezas resultaban ser rechazadas y en el estado controlado este porcentaje se disminuyó en menos de la mitad, es decir, sólo el **2.57%** de la producción total resultaron no conformes.

Finalmente se concluye que las mejoras implementadas lograron reducir la cantidad de piezas rechazadas y por lo tanto la cantidad de desperdicio.

## II.IV.II.II Métricas 6 sigma obtenidas antes y después de la mejora

A continuación se calculan las métricas 6 sigmas para atributos, antes y después de la implementación de la Fase Mejora, aplicando directamente las fórmulas correspondientes a cada caso explicadas en el Capítulo 1, apartado Herramientas estadísticas para 6 Sigma.

### ➤ ESTADO INICIAL: Antes de la mejora

- DPU (defectos por unidad)

$$DPU = \frac{d}{U} = \frac{215}{3000} = 0.0717$$

- DPO (defectos por oportunidades)

$$DPO = \frac{d}{U \times O} = \frac{215}{3000 \times 5} = 0.0143333$$

- DPOM (Defectos por millón de oportunidades)

$$DPOM = DPO \times 1\,000\,000 = 14\,333.3333$$

- Rendimiento Y del proceso

$$Y = e^{-DPU}$$

$$Y = e^{-0.0717}$$

$$Y = 0.9308$$

Es decir que la probabilidad de que una unidad esté libre de defectos de 93.08%

- Usando la siguiente función en Excel:

**DISTR. NORM. ESTAND. INV (0.9418)**

Se tiene que:

$$Z_Y = 1.48$$

Y de éste modo:

$$Z_C = Z_Y + 1.5$$

$$Z_C = 1.48 + 1.5$$

$$Z_C = \mathbf{2.98}$$

Por lo tanto, el nivel de sigmas del proceso de corte, desforre y estañado para un equipo de medición es de 2.98 que, de acuerdo con la Tabla 1.3 Relación entre el nivel de sigmas de un proceso y las PPM, y haciendo su respectiva interpolación, corresponde aun nivel de 71,644.86 PPM, es decir está muy lejos de tener un proceso Seis Sigma.

NIVEL DE SIGMAS (CORTO PLAZO)	PPM FUERA DE ESPECIFICACIONES	% DE LA CURVA DENTRO DE ESPECIFICACIONES
1	697 700	30.23
2	<b>308 700</b>	<b>69.13</b>
3	<b>66 807</b>	<b>93.32</b>
4	6 210	99.379
5	233	99.9767
6	3.4	99.99966

➤ ESTADO CONTROLADO: Después de la mejora

- DPU (defectos por unidad)

$$DPU = \frac{d}{U} = \frac{77}{3000} = 0.0257$$

- DPO (defectos por oportunidades)

$$DPO = \frac{d}{U \times O} = \frac{77}{3000 \times 5} = 0.00513$$

- DPOM (Defectos por millón de oportunidades)

$$DPOM = DPO \times 1\,000\,000 = 5133.3333$$

- Rendimiento Y del proceso

$$Y = e^{-DPU}$$

$$Y = e^{-0.0257}$$

$$Y = 0.9746$$

Es decir que la probabilidad de que una unidad esté libre de defectos de 97.46%

- Usando la siguiente función en Excel:

**DISTR. NORM. ESTAND. INV (0.9746)**

Se tiene que:

$$Z_Y = 1.95$$

Y de éste modo:

$$Z_C = Z_Y + 1.5$$

$$Z_C = 1.95 + 1.5$$

$$Z_C = \mathbf{3.45}$$

Por lo tanto, el nivel de sigmas del proceso de corte, desforre y estañado para un equipo de medición es de 3.45 que, de acuerdo con la Tabla 1.3 Relación entre el nivel de sigmas de un proceso y los PPM, y haciendo su respectiva interpolación, corresponde a un nivel de 39,538.35, PPM, es decir se logró disminuir el número de defectos en casi un 50%.

NIVEL DE SIGMAS (CORTO PLAZO)	PPM FUERA DE ESPECIFICACIONES	% DE LA CURVA DENTRO DE ESPECIFICACIONES
1	697 700	30.23
2	308 700	69.13
3	<b>66 807</b>	<b>93.32</b>
4	<b>6 210</b>	<b>99.379</b>
5	233	99.9767
6	3.4	99.99966



### II.IV.III Resultados alcanzados

En la siguiente tabla se resume el antes y después de la fase de Mejora:

<b>Antes</b>	<b>Después</b>
<i>DPOM = 14 333.3333</i>	<i>DPOM = 5133.3333</i>
<i>PPM = 71 644.86</i>	<i>PPM = 39 538.35</i>
<i>Sigmas = 2.98</i>	<i>Sigmas = 3.45</i>
<i>Rendimiento= 93.08 %</i>	<i>Rendimiento=97.46%</i>

CAPÍTULO III: “IMPLEMENTACIÓN DE LA FASE DE CONTROL EN EL PROCESO DE CORTE, DESFORRE  
Y ESTAÑADO PARA UN EQUIPO DE MEDICIÓN”

El presente capítulo tiene como objetivo acordar acciones de control en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo, como se planteó en el primer capítulo, para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios.

III. IESTANDARIZAR EL PROCESO

En éste nivel se decidió implementar acciones, que asegurarán la mejora del proceso, para que el cambio fuera permanente tanto en el proceso como en su método de operación, fue necesario realizar una Instrucción de Trabajo, un Plano del cable y modificar la hoja de Inspección Recibo.

III.II DOCUMENTAR EL PLAN DE CONTROL

III.II.I Instrucción de Trabajo

El primer documento que se realizó para hacer la mejora permanente fue una Instrucción de Trabajo, el cuál consta de los siguientes puntos:

1. REQUERIMIENTOS A CUMPLIR
2. ALCANCE
3. RESPONSABILIDADES
4. DEFINICIONES
5. EQUIPO UTILIZADO Y EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
6. PROCEDIMIENTO
7. REFERENCIAS
8. ANEXOS

A continuación se muestra la Instrucción de Trabajo realizada:



**MEDIDORES  
INTERNACIONALES  
ROCHESTER**

## **CORTE Y ESTAÑADO DEL CABLE REED SWITCH LINEA 9800**

Código:	Descripción:		
No. Revisión:	Fecha:	Páginas en este documento: 1 de 13	
Elaboro: Laura L. Gualito S.		Aprobado por: Ing. Jesús Aguilar S.	
Emitido por: Gerencia de producción		Fecha de emisión:	

### **1.0 REQUERIMIENTOS A CUMPLIR**

- 1.1 El operador debe asegurar que el corte y estañado del cable Reed Switch, se haga como lo indica ésta instrucción de trabajo.

### **2.0 ALCANCE**

- 2.1 Este instructivo de trabajo aplica para el corte y estañado del cable Reed Switch, para el departamento de la línea 9800 (Reed Switch) en Medidores Internacionales Rochester S.A. de C.V.

### **3.0 RESPONSABILIDADES**

- 3.1 El supervisor tiene la responsabilidad de asegurar que el personal que va a realizar esta instrucción de trabajo, lo realice cumpliendo los pasos descritos en este documento.
- 3.2 El operador tiene la responsabilidad de aplicar este documento para el corte y estañado del cable Reed Switch, en el departamento de la línea 9800 (Reed Switch).

### **4.0 DEFINICIONES**

Almas:	Cables internos, blanco y negro, del cable Reed Switch
Pieza:	En éste instructivo se denominará pieza a cada uno de los cables cortados para obtener el subensamble del indicador Reed Switch

FR02-03002



Código:	Descripción:		
No. Revisión:	Fecha:	Páginas en este documento: 2 de 13	
Elaboro: Laura L. Gualito S.	Aprobado por: Ing. Jesús Aguilar S.		
Emitido por: Gerencia de producción	Fecha de emisión:		

### 5.0 EQUIPO UTILIZADO Y EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

ACTIVIDAD	MAQUINA O DISPOSITIVO	CÓDIGO	PARÁMETROS DEL PROCESO	FORMATO	HERRAMIENTAS O INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	E.P.P.
MONTADO DE CARRETE	OMNISTRIP 9450	N/A	POSICIÓN CABLE	N/A	N/A	LENTES Y COFIA
PREPARACIÓN DEL EQUIPO	OMNISTRIP 9450	N/A	PARÁMETROS DE MANUAL	N/A	N/A	
CORTE Y DESFORRE DE CABLE	OMNISTRIP 9450	N/A	SEGÚN PLANO	N/A	N/A	
VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES	N/A	N/A	SEGÚN PLANO	N/A	GAUGE Y REGLETA	
ESTAÑADO	CRISOL PARA ESTAÑADO Y EXTRACTOR DE HUMO	N/A	TEMPERATURA DEL ESTAÑO	N/A	N/A	
MEDICIÓN DE DIMENSIONES	N/A	N/A	SEGÚN PLANO	N/A	GAUGE/ CALIBRADOR	

FR02-03002



Código:	Descripción:		
No. Revisión:	Fecha:	Páginas en este documento: 3 de 13	
Elaboro: Laura L. Gualito S.		Aprobado por: Ing. Jesús Aguilar S.	
Emitido por: Gerencia de producción		Fecha de emisión:	

## 6.0 PROCEDIMIENTO.

### 6.1 Encendido de la máquina

- Se conecta la clavija de la máquina en la toma de alimentación de energía eléctrica.
- Se enciende la máquina presionando el botón de encendido de cada uno de los componentes en su parte superior; ver figura.

BOTONES DE ENCENDIDO



### 6.2 Colocación del carrete

- Se desprende el diurex que sostiene la punta del carrete, posteriormente éste se coloca en la máquina; ver figura.





Código:	Descripción:		
No. Revisión:	Fecha:	Páginas en este documento: 4 de 13	
Elaboro: Laura L. Gualito S.		Aprobado por: Ing. Jesús Aguilar S.	
Emitido por:		Fecha de emisión:	

VARILLA DONDE SE COLOCA CARRETE



- Se asegura el carrete



SEGURO DE  
CARRETE



- Se toma la punta del carrete y se va colocando en la máquina de acuerdo a la secuencia de las siguientes imágenes, cuidando siempre que las almas del cable se mantengan lo más horizontalmente posible:



INCORRECTO



CORRECTO

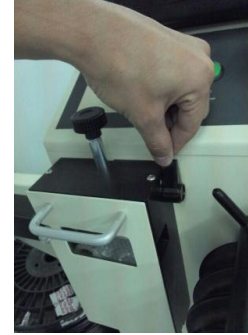
FR02-03002



**MEDIDORES  
INTERNACIONALES  
ROCHESTER**

## **CORTE Y ESTAÑADO DEL CABLE REED SWITCH LINEA 9800**

Código:	Descripción:		
No. Revisión:	Fecha:	Páginas en este documento: 5 de 13	
Elaboro: Laura L. Gualito S.	Aprobado por: Ing. Jesús Aguilar S.		
Emitido por:	Fecha de emisión:		



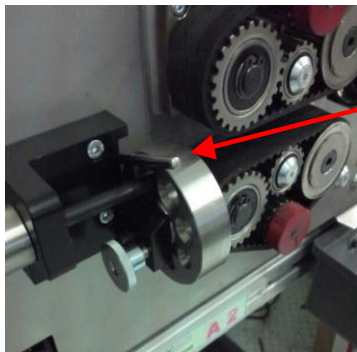
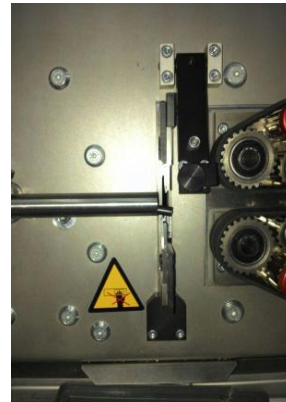
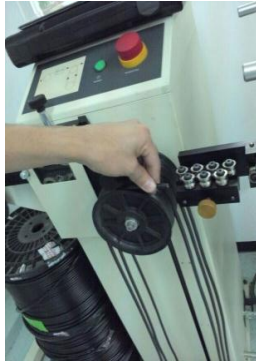
FR02-03002



**MEDIDORES  
INTERNACIONALES  
ROCHESTER**

## **CORTE Y ESTAÑADO DEL CABLE REED SWITCH LINEA 9800**

Código:	Descripción:		
No. Revisión:	Fecha:	Páginas en este documento: 6 de 13	
Elaboro: Laura L. Gualito S.		Aprobado por: Ing. Jesús Aguilar S.	
Emitido por:		Fecha de emisión:	



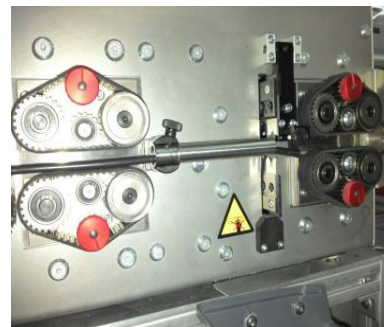
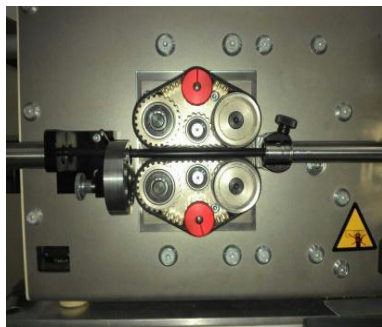
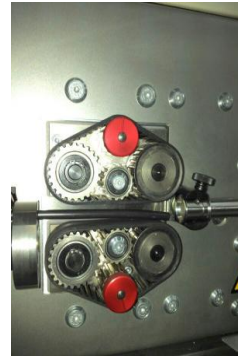
**ESTA VARILLA SIEMPRE DEBERÁ ESTAR  
POR ENCIMA DEL CABLE**

FR02-03002





Código:	Descripción:		
No. Revisión:	Fecha:	Páginas en este documento: 7 de 13	
Elaboro: Laura L. Gualito S.		Aprobado por: Ing. Jesús Aguilar S.	
Emitido por:		Fecha de emisión:	



### 6.2 Preparación de la máquina para comenzar producción

- Cortar un primer trozo de cable antes de programarla para la producción deseada, para ello se presionará el botón cerrar bandas (OPEN / CLOSE), posteriormente Feed y a continuación Cut.

OPEN/  
CLOSE

FEED

CUT



FR02-03002



Código:	Descripción:		
No. Revisión:	Fecha:	Páginas en este documento: 8 de 13	
Elaboro: Laura L. Gualito S.	Aprobado por: Ing. Jesús Aguilar S.		
Emitido por:	Fecha de emisión:		



- Programar y/o verificar la máquina de acuerdo a manual de ayudas visuales, respetando los parámetros ahí establecidos.
- Cortar una sola pieza presionando el botón verde SINGLE, verificando que la pieza éste bien según plano.



**BOTÓN PARA CORTAR  
UNA SOLO PIEZA**

Si la pieza cortada cumple con los requisitos especificados en plano y no presenta ningún tipo de inconformidad, se deberá iniciar la producción deseada.

### DEFECTOS EN PIEZAS NO CONFORMES

Desforre parcial	
Longitudes incorrectas en cualquiera de sus dimensiones	

FR02-03002



MEDIDORES  
INTERNACIONALES  
ROCHESTER

## CORTE Y ESTAÑADO DEL CABLE REED SWITCH LINEA 9800

Código:	Descripción:		
No. Revisión:	Fecha:	Páginas en este documento: 9 de 13	
Elaboro: Laura L. Gualito S.		Aprobado por: Ing. Jesús Aguilar S.	
Emitido por:		Fecha de emisión:	

<p>Alambres trozados y/o cortados</p>	
<p>Raspado de forro</p>	

FR02-03002



Código:	Descripción:		
No. Revisión:	Fecha:	Páginas en este documento: 10 de 13	
Elaboro: Laura L. Gualito S.		Aprobado por: Ing. Jesús Aguilar S.	
Emitido por:		Fecha de emisión:	

- Se revisará cada pieza obtenida en la máquina, verificando tanto su presentación (que no presente ninguno de los defectos anteriormente mencionados) como sus dimensiones con un GUEITCHy las piezas aceptadas irán directamente al área de estañado, así como las que de no cumplir con alguno de los requisitos se colocará en un recipiente ROJO etiquetado como NO CONFORME.

!  
! 1º REVISIÓN! (ESTADO DEL CABLE)!  
!



2º REVISIÓN (LONGITUDES DEL CABLE)

En ambos extremos se revisará que el cable no quede por debajo de la marca, y lo mismo se hará con los despuntes.

ACEPTADO



NO ACEPTADO



FR02-03002



Código:	Descripción:		
No. Revisión:	Fecha:	Páginas en este documento: 11 de 13	
Elaboro: Laura L. Gualito S.		Aprobado por: Ing. Jesús Aguilar S.	
Emitido por:		Fecha de emisión:	

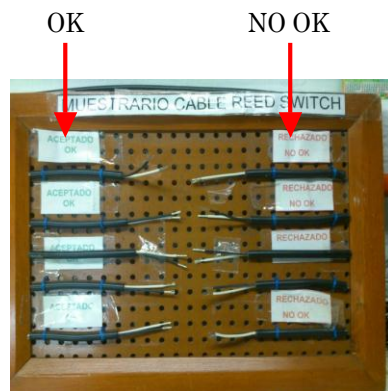
### 6.3 Estañado de las pizas

- Se conecta la clavija de la máquina en la toma de alimentación de energía eléctrica.
- Se enciende la máquina, y se establece una temperatura de 350 °C



350 °C

- Se verifica que las piezas sean aceptadas empleando las ayudas visuales de ésta área (estañado) de cumplir se sumergen los despuntes (alambres) ,tanto de las longitudes cortas como largas, en un líquido llamado FLUX 959, para posteriormente ser estañadas; ver figura.



SI ES OK,  
SE PEINAN  
LOS ALAMBRES



FR02-03002



MEDIDORES  
INTERNACIONALES  
ROCHESTER

## CORTE Y ESTAÑADO DEL CABLE REED SWITCH LINEA 9800

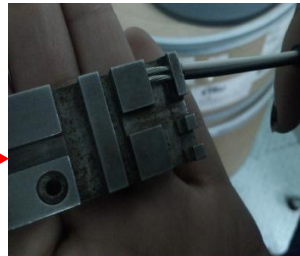
Código:	Descripción:		
No. Revisión:	Fecha:	Páginas en este documento: 12 de 13	
Elaboro: Laura L. Gualito S.	Aprobado por: Ing. Jesús Aguilar S.		
Emitido por:	Fecha de emisión:		



Finalmente se verifican todas las longitudes con un GAUGE y si todas son correctas las piezas se aceptan.



OK



OK

FR02-03002



**MEDIDORES  
INTERNACIONALES  
ROCHESTER**

## **CORTE Y ESTAÑADO DEL CABLE REED SWITCH LINEA 9800**

Código:	Descripción:		
No. Revisión:	Fecha:	Páginas en este documento: 13 de 13	
Elaboro: Laura L. Gualito S.		Aprobado por: Ing. Jesús Aguilar S.	
Emitido por:		Fecha de emisión:	

### **7.0 REFERENCIAS.**

PE09-02001	Procedimiento para elaborar instrucciones de trabajo
ISO 9000:2005	Sistema de gestión de la calidad Fundamentos y vocabulario
ISO 9001:2008	Sistemas para la Gestión de la Calidad-Requisitos
PR04 - 03001	“Control de producto no conforme”
“MANUAL DE AYUDAS VISUALES: MÁQUINA OMNISTRIP 9450”	

### **8.0 ANEXOS**

N/A


FR02-03002





III.II.III Hoja de Inspección Recibo

El tercer documento realizado fue la Hoja de Inspección Recibo, la cual fue modificada, ya que la que se utilizaba anteriormente no contenía el último punto (No. 8 Aislamiento de talco entre las almas) y por lo tanto el Método de Inspección descrito en ésta misma hoja fue complementado y mejorado.

		<b>HOJA DE INSPECCION RECIBO</b> <b>ASEGURAMIENTO DE CALIDAD</b>			HIR-0159-00914
		Fecha de emisión:			
Descripción: Cable negro two wire 18 AWG		Planos de referencia/rev: 0159-00914 rev.B			Rev. HR: --
Característica a inspeccionar		Especificación	Tolerancia	Instrumento de medición a utilizar	
1	Diámetro exterior de cable	.250"	±.005"	Medidor de espesor con indicador Digitalic.	
2	Diámetro de la alma (blanca y negra)	.080"	±.003"	Medidor de espesor con indicador Digitalic.	
3	Espesor de pared del cable a las almas en horizontal	.030 min	NA	calibrador	
4	Espesor de pared del cable a las almas en vertical	.060 min	NA	calibrador	
5	Tamaño de cable	18 AWG	NA	Contra certificado de proveedor	
6	Calibre 30/ 16 hilos	16 hilos	NA	Visual/ contra certificado de proveedor	
7	Aislamiento de PVC	NA	NA	Visual contra certificado de proveedor	
8	Aislamiento de talco entre las almas	NA	NA	Visual contra certificado de proveedor	
<b>Método de inspección:</b> 1.-El diámetro exterior del cable así como el de las almas será inspeccionado con el medidor de espesor con indicador, para tomar esa medida se debe cuidar que el cable este totalmente recto sin ondulaciones que puedan afectar la toma de lectura. 2.- El espesor de la pared se inspeccionará con calibrador. 3.-Se revisara contra plano y visual las siguientes especificaciones: -Tamaño de cable -Calibre y numero de hilos por alma -El cable debe tener aislamiento de talco para su buen desforre 4.- Se tomaran 1 metro de cada carrete y se realizaran pruebas para verificar su desempeño en proceso, se asignará un número a cada carrete de cable. 5.- Se deben de tomar mínimo 10 lecturas a lo largo del cable por cada carrete					
<b>Observaciones:</b> El cable debe estar libre de defectos.					
Elaboró: Zenen Cuacete Quiroz				HOJA 1/1	
FR10-03058 REV. 2.0					

### III.III MONITOREAR EL PROCESO

#### III.III.I Carta de Control para Atributos

Para monitorear el proceso se eligió la Carta de Control para Atributos del tipo **np**, debido a las características que ésta presenta, explicadas anteriormente en el Capítulo 1 (Herramientas Estadísticas).

##### ➤ ESTADO INICIAL

A continuación se muestra la gráfica obtenida a partir de los siguientes datos:

#### **DATOS**

Número de muestras = 30

Tamaño de muestra = 100.0

Total de piezas analizadas = 3000

Total de defectos = 215 (piezas no conforme obtenidas antes de la fase de Mejora)

0 muestras excluidas

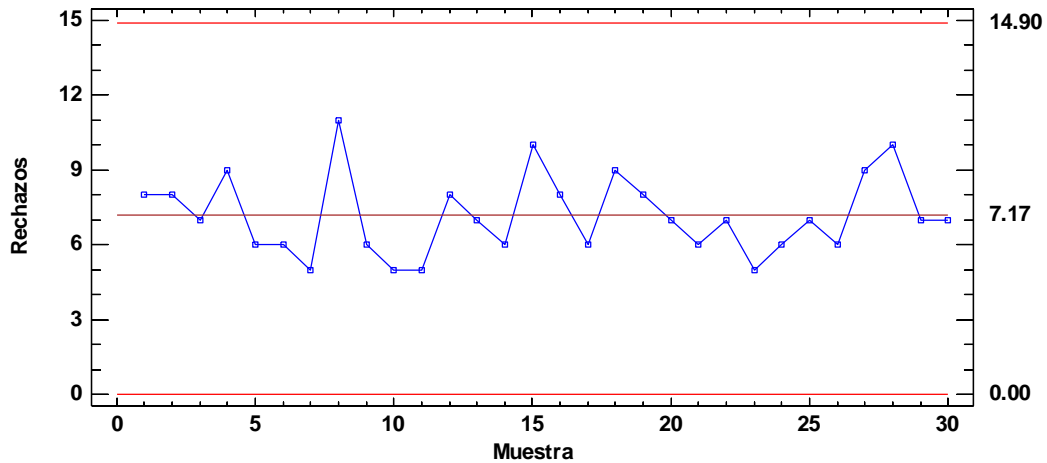
<i>Muestra</i>	<i>Defectos</i>	<i>Muestra</i>	<i>Defectos</i>
1	8	16	8
2	8	17	6
3	7	18	9
4	9	19	8
5	6	20	7
6	6	21	6
7	5	22	7
8	11	23	5
9	6	24	6
10	5	25	7
11	5	26	6
12	8	27	9
13	7	28	10
14	6	29	7
15	10	30	7

##### ➤ Gráfico np Estado Inicial

#### **Gráfico np**

<i>Período</i>	<i>#1-30</i>
LSC: +3.0 sigma	14.9047
Línea Central	7.16667
LIC: -3.0 sigma	0.0

Gráfico np inicial



los 30 puntos no excluidos mostrados en el gráfico, 0 se encuentran fuera de los límites de control.

➤ ESTADO CONTROLADO (DESPUÉS DE LA FASE DE MEJORA)

**DATOS**

Número de muestras = 30

Tamaño de muestra = 100.0

Total de piezas analizadas = 3000

Total de defectos = 77 (piezas no conforme obtenidas después de la fase de Mejora)

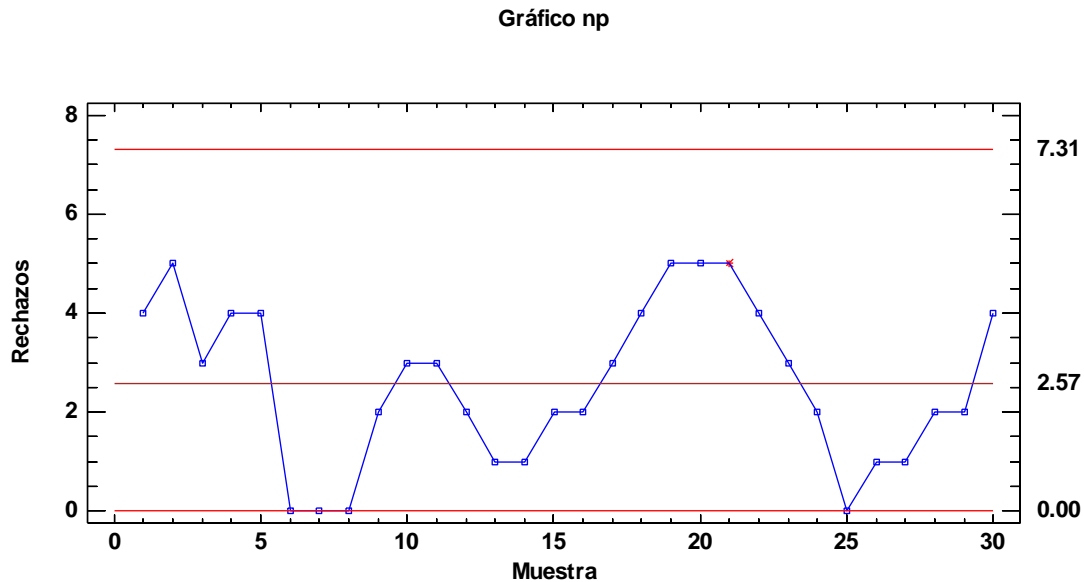
0 muestras excluidas

Muestra	Defectos	Muestra	Defectos
1	4	16	2
2	5	17	3
3	3	18	4
4	4	19	5
5	4	20	5
6	0	21	5
7	0	22	4
8	0	23	3
9	2	24	2
10	3	25	0
11	3	26	1
12	2	27	1
13	1	28	2
14	1	29	2
15	2	30	4

- Gráfico np Estado Controlado

### Gráfico np

Período	#1-30
LSC: +3.0 sigma	7.31083
Línea Central	2.56667
LIC: -3.0 sigma	0.0



... sistema con una media igual a 2.56667. Este parámetro nos permite a partir de los datos de los 30 puntos no excluidos mostrados en la gráfico, 0 se encuentran fuera de los límites de control.

### III.III.II Análisis e interpretación de las cartas np

El objetivo de la carta *np* tanto del estado inicial como del estado controlado es analizar el número de defectuosos por subgrupo (100 piezas), observando que en ninguna de las cartas existe algún punto fuera de los límites de control, sin embargo se observa que en la gráfica del estado controlado existen cuatro puntos en LCI, por lo que es importante mencionar que los límites de la carta *np* indican que tanto varía la cantidad esperada de piezas defectuosas por cada *n* artículos inspeccionados y evitar así un mal análisis.

Con lo anteriormente dicho se puede observar que en el estado inicial, se esperaba que de cada 100 piezas inspeccionadas el número de rechazos variara entre 0.0 y 14.90, con un promedio de 7.17, mientras que en el estado controlado se espera que el número de rechazados varíe entre 0.0 y 7.31, con un promedio de 2.57. Esto significa que anteriormente se rechazaban aproximadamente 7.17 piezas por cada 100 que se producían, y con el proceso controlado este se disminuyó de manera importante a 2.47 piezas por cada 100 producidas, notando a su vez que en el estado inicial el promedio de piezas rechazadas por cada 100, resultó ser aproximadamente el máximo de piezas rechazadas una vez controlado el proceso.

Finalmente se concluye que el proceso se encuentra controlado y mejorado.

### III.IV CIERRE Y DIFUSIÓN EL PROYECTO

El objetivo de ésta última actividad fue asegurarse de que el proyecto 6σ fuera fuente de evidencia de logros, de aprendizaje y que sirviera como herramienta de difusión para fortalecer la estrategia 6σ.

Para lograr está difusión al término de la implementación de la Metodología Seis Sigma el equipo, reunió a todos los involucrados, Champion, Master Black Belt, Black Belt, Green Belt, y YellowBelt, así como al Director General de la empresa objeto de estudio, y les explicó el antes y el después de la implementación de dicha Metodología, presentando un resumen del estado inicial y final, mediante imágenes, métricas y gráficas que evidenciaron la mejora del proceso de Corte, desforre y estañado para un equipo de medición.

La difusión ayudó a elevar el nivel de compromiso de los involucrados para mantener el éxito del proyecto, así como a fortalecer el aprendizaje y la mejora continua del proceso objeto de estudio.

La evidencia histórica se documentó en una carpeta, en la que se tomaron en consideración:

- Datos iniciales de línea base
- Evidencia de cómo se validó el sistema de medición
- Análisis del estado inicial del proceso
- Evidencias de lo realizado y herramientas aplicadas en las fases de análisis y mejora
- Decisión final sobre la mejora
- Plan de control

Es decir todo lo que se realizó y describió en los capítulos 2 y 3 (“IMPLEMENTACIÓN DE LA FASE DE MEJORA EN EL PROCESO DE CORTE, DESFORRE Y ESTAÑADO PARA UN EQUIPO DE MEDICIÓN” e “IMPLEMENTACIÓN DE LA FASE DE CONTROL EN EL PROCESO DE CORTE, DESFORRE Y ESTAÑADO PARA UN EQUIPO DE MEDICIÓN”, respectivamente) de éste trabajo.

Para hacer más evidente la importancia de la implementación de la metodología 6 sigma, y traduciendo los beneficios obtenidos a términos financieros, como se establece en el marco teórico, se anexaron dichos datos a los parámetros anteriormente establecidos (Puntos de la evidencia histórica), de los cuáles se obtuvo la siguiente información:

- La producción anual del cable RS es de 105 000 piezas aproximadamente, ya que regularmente se solicitan 7 lotes anuales de 15 000 piezas cada uno.

Los costos involucrados son los siguientes:

Materia prima (Cable por pieza)	\$ 5.3799
Materia prima (Estañado por cable)	\$ 0.0074
Mano de obra	\$27 /hora
Tiempo para elaboración de un cable	0.0216 de hora

Por lo tanto:

- Cables por hora

$$\left(\frac{1 \text{ cable}}{0.0216 \text{ h}}\right) = 46.2963 \text{ cables/hora}$$

- Materia Prima (Cable) por hora

$$(\$5.3799 \text{ materia prima/cable})(46.2663 \text{ cables/hora}) = \$248.9081 \text{ materia prima/hora}$$

- Materia prima (Estañado) por hora

$$(\$0.0074 \text{ materia prima/cable})(46.2663 \text{ cables/hora}) = \$ 0.3426 \text{ materia prima/hora}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Costo TOTAL por cable} &= \frac{\$27/\text{hora} + \$248.9081 \frac{\text{cable}}{\text{hora}} + \$ 0.3426 \frac{\text{estaño}}{\text{hora}}}{46.2963 \frac{\text{cables}}{\text{hora}}} \\ &= \mathbf{\$5.97} \end{aligned}$$

Calculado el precio por cable se tiene que:

- ANTES DE LA MEJORA ( 7.16% defectuosos)

Extrapolando a 1 año con éste porcentaje de desperdicio se tiene que la pérdida monetaria está dada por:

$$\begin{aligned} \text{Pérdida monetaria} &= \left(\frac{(7.16\% \text{ producción})(105\,000 \text{ piezas/año})}{100\% \text{ produccion}}\right) (\$5.97 \text{ por pieza}) \\ &= \mathbf{\$44\,882.46 \text{ por año}} \end{aligned}$$

- DESPUÉS DE LA MEJORA ( 2.57 % defectuosos)

Extrapolando a 1 año con éste porcentaje de desperdicio se tiene que la pérdida monetaria está dada por:

$$\begin{aligned} \text{Pérdida monetaria} &= \left(\frac{(2.57\% \text{ producción})(105\,000 \text{ piezas/año})}{100\% \text{ produccion}}\right) (\$5.97 \text{ por pieza}) \\ &= \mathbf{\$16\,110.05 \text{ por año}} \end{aligned}$$

- AHORRO LOGRADO

$$\$44\,882.46 \text{ por año} - \$16\,110.05 \text{ por año} = \mathbf{\$ 28\,772. 415}$$

Finalmente documentado este resumen informativo y guardado de manera digital, se proporcionó a los líderes del proyecto, con la finalidad de que tuvieran acceso a dicha información de manera fácil y rápida con el objetivo de hacer permanente la Mejora continua, pues como se explicó durante el Capítulo 1, la Metodología 6 Sigma, es cíclica y por lo tanto no termina aquí, es apenas el comienzo de un ciclo hasta lograr una calidad SEIS SIGMA, no sólo de éste proceso, si no a largo y ancho de la empresa.

## CONCLUSIONES

Aprovechando la información de un diagnóstico realizado por un grupo de tesisistas cuyo objetivo fue la implementación de las fases de DEFINICIÓN, MEDICIÓN Y ANÁLISIS, de la Metodología Seis Sigma, a continuación se describen en forma concreta y cronológica las acciones realizadas y resultados obtenidos a lo largo de la implementación de las fases de MEJORA y CONTROL de dicha metodología, en el proceso de corte, desforre y estañado, en una fábrica de equipos de medición:

- Uso y aplicación de diversas herramientas:
  - Lluvia de Ideas, para la obtención de soluciones del problema planteado.
  - Poka – Yoke, implementado de manera permanente en cuchillas y sistema de medición de dimensiones del cable (gage), disminuyendo considerablemente el número de piezas no conformes.
  - Elaboración de un Manual de procedimiento y Ayudas Visuales para facilitar el uso de la máquina empleada para el proceso en estudio.
  - Capacitación al personal para mejorar el proceso de corte, desforre y estañado, utilizando el manual y las ayudas visuales anteriormente mencionadas.
  - Hojas de Verificación, diseñada para facilitar el registro de las piezas producidas y clasificar los defectos obtenidos en dicha producción.
  - Diagramas de Pareto, para lograr la identificación de los “pocos vitales” y los “muchos triviales”, además de permitir visualizar una comparación del estado inicial y final.
  
- Disminución considerable en el porcentaje de piezas no conformes de **7.16%** de rechazo a **2.57%**, es decir, se redujo en más de la mitad el desperdicio.
  
- Mejora en el rendimiento del proceso, ya que éste aumentó de **93.08 %** a **97.46%**.
  
- Aumento en el nivel de sigmas presentadas en el estado inicial, ya que de **2.98 $\sigma$**  (71 644.86 PPM) se logró aumentar a **3.46  $\sigma$**  (39 538.35 PPM) en el estado controlado, en tan sólo un periodo de 3 meses, tiempo de estancia en la Empresa fabricante de equipos de medición.
  
- Ahorro de **\$28 772. 415**, en un solo proceso (corte, desforre y estañado).

En General si comparamos el avance que obtuvo Motorola en el año 1987, logrando aproximadamente 1 000 millones de dólares en ahorros, o el de General Electric (1995), quien alcanzó más de 2 570 millones de dólares, que son empresas de impacto mundial, se puede notar que los ahorros alcanzados en la Empresa en estudio, no parecieran ser tan impactantes, sin embargo los ahorros logrados por dichas compañías se obtuvieron a través de varios años, con la participación, prácticamente, de todos los recursos humanos (obreros, empleados y ejecutivos) de las organizaciones, siendo éste su único objetivo, dichos ahorros fueron el reflejo de la

implementación de la metodología a lo largo y todo lo de ellas y no en un solo proceso, como fue el caso de éste trabajo de titulación.

Por otro lado se puede notar claramente que la implementación de las fases de Mejora y Control de la Metodología resultaron ser un éxito, pues los objetivos planteados se lograron al 100%, así como cambios importantes en el método y en las actitudes de los trabajadores involucrados en él, no sin mencionar que ésta metodología es un proceso de mejora continua y un ciclo que nunca termina, y por lo tanto no concluyó allí, fue apenas el comienzo de un nivel de calidad 6 $\sigma$ .



## BIBLIOGRAFÍA

- Gutiérrez Pulido Humberto, De la Vara Salazar Román. Control Estadístico de las Calidad y Seis Sigma. Ed. Mc Graw Hill. Tercera Edición, México 2009.
- Marqués Pérez María. Metodología SEIS SIGMA a través de EXCEL, Ed. Alfaomega. México 2011.
- Montgomery Douglas C., Runger George C.. Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. Ed. Mc Graw Hill. México 1996.
- Evans James R., Lindsay Willian. Administración y control de la calidad. Ed. International Thomson Editores, Cuarta Edición, México 2000.
- Berenson Mark L., Levine David M.. Estadística Básica en Administración, conceptos y aplicaciones. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México 1996.
- Juran J.M., Gryna Frank M. Análisis y Planeación de la Calidad. Ed. Mc Graw Hill. Tercera Edición, México 1995.
- Schroeder Roger G., Linderman Kevin, Liedtkw Charles, Choo Adrian S. (2008). Six Sigma: Definition and underlying theory. Journal of Operations Management 26, 536 -554.
- Acheson J. Duncan. Control de Calidad y Estadística Industrial. Ed. Alfaomega. México 1989.
- Andrés Muñoz M, *La gestión de calidad total en la Administración Pública*. Ed. Mc Graw Hill. México 1999

**ANEXO 1:**

**MANUAL DE  
PROCEDIMIENTOS Y  
AYUDAS VISUALES**

## Alimentar

%-Corrección	100.0000
Velocidad-Aceleración	7/6
Abertura, izquierda	0.1800
Abertura, derecha	0.1800
Presión, izquierda	9
Presión, derecha	9
Presión de desforre, izq.	9
Presión de desforre, der.	9
Separación desf. Largo	0.2894

Corte

Opciones

Elementos

F1

F2

F3

F4

F5

F6

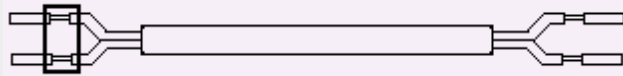
F7

---

### Sin modificaciones

---

*Acceso: Para llegar a esta pantalla pulsar el botón F6 y después F2. Después de realizar las modificaciones pulsar F1 para regresar a la pantalla principal y confirmar el cambio.*



Navaja	Pos. 2 Especial
<b>Diámetro</b>	0.0520
Pausa de incisión (ms)	0
<b>Retroceder navaja</b>	0.0150
Velocidad-Aceleración	0/0
Desechar	Encen.
Chorro de aire (ms)	0
Modo de desforre	Simple

Alimentar

Corte

Opciones



F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

Valores Mínimos

Valores Máximos

**Diámetro:**

0.480

0.0520

**Retroceder Navaja**

0.0100

0.0200

Si se presenta el trozado de alambre, en el **LADO LARGO** se tiene que realizar la modificación al "Diámetro", aumentando el valor utilizado en ese momento.

Si las navajas no están cortando lo suficiente para realizar el despunte del **LADO LARGO** entonces se deberá disminuir el valor del "Diámetro" utilizado en ese momento.

Si las almas del cable presentan raspado en toda su longitud, en el **LADO LARGO** al desforrar se tiene que realizar modificación en "Retroceder navaja".

*Acceso:* Para dirigirse a esta pantalla (Local-Elementos 1/6), a partir de la PANTALLA PRINCIPAL, se debe pulsar el botón F6 y a continuación pulsar el botón F3.

Después de realizar las modificaciones presionar F1 para confirmar el cambio realizado y regresar a la pantalla principal.

## Local-Elementos 2/6



Navaja	Pos. 2 Especial
Diámetro	+0.1550
Pausa de incisión (ms)	0
Velocidad/Aceleración	0/0
Chorro de aire (ms)	0

Alimentar

Corte

Opciones

1 

 4

F1

F2

F3

F4

F5

F6

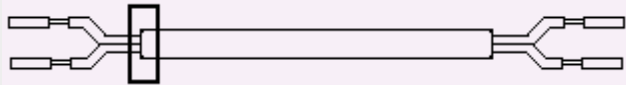
F7

### *Sin modificaciones*

*Acceso: A partir de la pantalla "Local-Elementos 1/6" se debe pulsar el botón F5 una vez.*

*Después de realizar las modificaciones presionar F1 para confirmar el cambio realizado y regresar a la pantalla principal.*

## Local-Elementos 3/6



Navaja	Pos. 1 Radio
<b>Diámetro</b>	+0.1550
Pausa de incisión (ms)	900
<b>Retroceder navaja</b>	0.0130
Velocidad/Aceleración	0/0
Desechar	Encen.
Chorro de aire (ms)	0
Modo de desforre	Desf. Seguro

Alimentar

Corte

Opciones

2 

 3

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

Valores Mín.

Valores Máx.

**Diámetro:**

0.1300

0.1700

**Retroceder Navaja**

0.0130

0.0300

*Si el cable está siendo raspado en la LONGITUD LARGA se recomienda poner DESFORRE SEGURO. Si las almas del cable presentan raspado en toda su longitud, en el **LADO LARGO** al desforrar se tiene que realizar modificación en "Retroceder navaja" aumentando el valor actual. Pero si solo se presenta en el lugar de la incisión aumentar el valor actual del parámetro de "Diámetro".*

*Si se presenta el trozado de alambre, se tiene que realizar la modificación al "Diámetro" aumentando el valor que se esta utilizando. Pero si no esta cortando lo suficiente disminuir este valor.*

*Acceso: A partir de la pantalla "Local-Elementos 1/6" pulsar el botón F5 dos veces.*

*Después de realizar las modificaciones presionar F1 para confirmar el cambio realizado y regresar a la pantalla principal.*



Navaja	Pos. 1 Radio
<b>Diámetro</b>	+0.1550
Pausa de incisión (ms)	900
<b>Retroceder navaja</b>	0.0130
Velocidad/Aceleración	0/0
Desechar	Encen.
Chorro de aire (ms)	0
Modo de desforre	Desf. Seguro

Alimentar

Corte

Opciones

3

2

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

Valores Mín.

Valores Máx.

**Diámetro:**

0.1300

0.1700

**Retroceder Navaja**

0.0130

0.0300

Si el cable está siendo raspado en la LONGITUD LARGA se recomienda poner DESFORRE SEGURO. Si las almas del cable presentan raspado en toda su longitud, en el **LADO CORTO** al desforrar se tiene que realizar modificación en "Retroceder navaja" aumentando el valor actual. Pero si solo se presenta en el lugar de la incisión aumentar el valor actual del parámetro de "Diámetro".

Si se presenta el trozado de alambre, se tiene que realizar la modificación al "Diámetro" aumentando el valor que se está utilizando. Pero si no está cortando lo suficiente disminuir este valor.

Acceso: A partir de la pantalla "Local-Elementos 1/6" pulsar el botón F5 tres veces.

Después de realizar las modificaciones presionar F1 para confirmar el cambio realizado y regresar a la pantalla principal.

# Local-Elementos 5/6



Navaja	Pos. 2 Especial
Diámetro	+0.1575
Pausa de incisión (ms)	0
Velocidad/Aceleración	0/0
Chorro de aire (ms)	0

Alimentar

Corte

Opciones

4

1

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

## Sin modificaciones

Acceso: A partir de la pantalla "Local-Elementos 1/6" pulsar el botón F5 cuatro veces.

Después de realizar las modificaciones presionar F1 para confirmar el cambio realizado y regresar a la pantalla principal.



# Local-Elementos

6/6



Navaja	Pos. 2 Especial
<b>Diámetro</b>	0.0480
Pausa de incisión (ms)	0
<b>Retroceder navaja</b>	0.0200
Velocidad-Aceleración	0/0
Desechar	Encen.
Chorro de aire (ms)	0
Modo de desforre	Simple

5



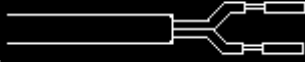
	Valores Mín.	Valores Máx.
<b>Diámetro:</b>	0.0460	0.0520
<b>Retroceder Navaja</b>	0.0050	0.0200

Si se presenta el trozado de alambre, en el **LADO CORTO** se tiene que realizar la modificación al “Diámetro”, aumentando el valor utilizado en ese momento. Si las navajas no están cortando lo suficiente para realizar el despunte del **LADO CORTO** entonces se deberá disminuir el valor del “Diámetro” utilizado en ese momento.

Si las almas del cable presentan raspado en toda su longitud, en el **LADO LARGO** al desforrar se tiene que realizar modificación en “Retroceder navaja”.

Acceso: A partir de la pantalla “Local-Elementos 1/6” pulsar el botón F5 cinco veces.

Después de realizar las modificaciones presionar F1 para confirmar el cambio realizado y regresar a la pantalla principal.

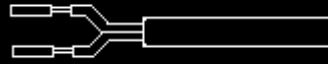
Operación 	
Desforre de chaqueta	
Posición	0.815
Longitud	0.815
Peinado	
Posición	0.185
Desforre de aislante	
Posición	0.130
Longitud	0.109
Sin incisión axial	
Área	
F1	F2
F3	F4
F5	F6
F7	

	Valores Mín.	Valores Máx.
<b>Desf. de chaqueta): Posición</b>	0.800	0.835
<b>Desf. De chaqueta: Longitud</b>	0.800	0.835
<b>Peinado: Posición</b>	0.175	0.200
<b>Desf. De aislante: Posición</b>	0.125	0.150
<b>Desf. De aislante: Longitud</b>	0.115	0.118

En caso de que el cable este presentando longitudes menores a su tolerancia mínima (0.690") del **LADO CORTO** se deberá acudir inmediatamente con el supervisor responsable del área y éste a calidad para realizar una prueba de adherencia de las almas al forro interior.\*

\*Para la prueba de adherencia se deberá cortar un cable de aproximadamente 10 centímetros y de manera manual se intentará tirar de las almas fuera del forro para verificar la adherencia de éstas de acuerdo a la dificultad que se presente, Al mismo tiempo que se inspeccionará la cantidad de talco.

## Operación



Desforre de chaqueta

Posición 1.900

Longitud 1.900

Peinado

Posición 0.400

Desforre de aislante

Posición 0.365

Longitud 0.300

Sin incisión axial

Área

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

Valores Mín.

Valores Máx.

**Desf. De chaqueta): Posición** 1.850 0.1945

**Desf. De chaqueta: Longitud** 1.850 1.945

**Peinado: Posición** 0.400 0.500

**Desf. De aislante: Posición** 0.365 0.380

**Desf. De aislante: Longitud** 0.245 0.300

En caso de que el cable este presentando longitudes menores a su tolerancia mínima (1.750") del LADO LARGO se deberá acudir inmediatamente con el supervisor responsable del área y éste a calidad para realizar una prueba de adherencia de las almas al forro interior.\*

\*Para la prueba de adherencia se deberá cortar un cable de aproximadamente 10 centímetros y de manera manual se intentará tirar de las almas fuera del forro para verificar la adherencia de éstas de acuerdo a la dificultad que se presente, Al mismo tiempo que se inspeccionará la cantidad de talco.

## Corte

Velocidad/Aceleración	4/4
Navaja	Pos1: Radio
Intersección	0.0230
Posición	0.130
Al alimentar	0.9000
Al cambiar navaja	0.9000
Corte con abertura bandas	Apag.

Alimentar

Opciones

Elementos

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

---

*Sin modificaciones*

## Opciones

Paso izq. Vaciar tubo	Seguro
Desforre completo der.	Navaja & banda
Si el desforre es>a	1.378
Desforre con bandas	0.039
Modo corto	Auto
Compensación desforre	0.0000
Modo Post Proceso	Config.

Alimentar

Corte

Elementos

F1

F2

F3

F4

F5

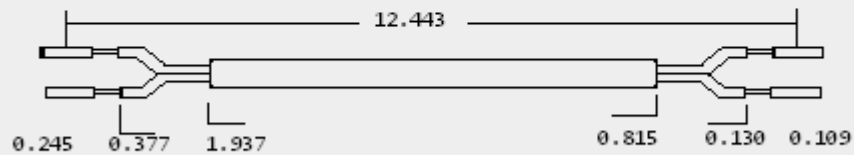
F6

F7

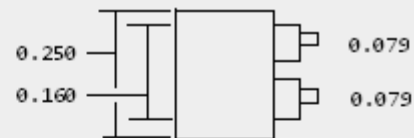
*Sin modificaciones*

## Cable: 159-925

Total 15000 Produciendo 11100  
Lote 100 Lote pend. 100



Cable de poder



Operación

Original

X

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

## Pantalla Principal

Pantalla que muestra las generales características del cable.

Esta pantalla será el punto de inicio para dirigirse a las demás pantallas que se muestran en este manual.

Esta pantalla aparece cuando se detiene la maquina al pulsar el botón STOP durante la producción del cable.