



**Mejora del Proceso de Confección de PESA Uniformes S.A. de
C.V**

Proyecto Seis Sigma

Certificado Black Belt en Seis Sigma

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE
MONTERREY & ARIZONA STATE UNIVERSITY**

Juan J. Franklin Uraga

Javier Sánchez Flores

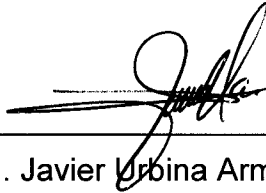
Mayo de 2008

Miembros del Comité Evaluador



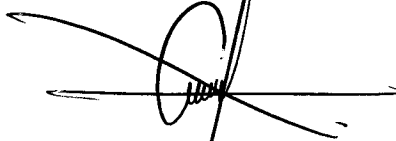
Ing. Antonio A. Arriaga Martínez

Asesor



Ing. Javier Urbina Armenta

Sinodal



Ing. Marco Moreno Alfaro

Sinodal

**Mejora del Proceso de Confección de PESA Uniformes S.A. de
C.V**

Juan J. Franklin Uruga

Javier Sánchez Flores

Proyecto Seis Sigma presentado a la Facultad del ITESM

Este trabajo es requisito parcial para obtener el certificado Black Belt
en Seis Sigma

Reconocimientos

Deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento al comité evaluador, encabezado por el Maestro Antonio Arriaga, y los Maestros Javier Urbina y Marco Moreno, su apoyo como expertos en los temas relacionados con Seis Sigma ha sido de gran valor para el correcto desenvolvimiento de este proyecto.

Agradecemos además el apoyo y facilidades brindadas por el dueño del proceso, Ing. Edson Villegas y el Champion del proyecto, Lic. Miguel Pérez, Gerente General de la empresa PESA Uniformes S.A. de C.V. la disposición y compromiso mostrados fueron un factor clave para llegar a los resultados alcanzados.

Finalmente, valoramos y agradecemos el apoyo brindado por el personal operativo de la empresa, su experiencia, conocimientos y la disposición para compartirlos, han enriquecido en gran medida las aportaciones de este proyecto.

Resumen

La aplicación de la metodología DMAIC se ha convertido en una herramienta del alto rendimiento en las empresas que hoy en día buscan trabajar bajos los estándares de calidad total y además tener un sano desempeño financiero que les permita competir y asegurar su permanencia en el mercado. Lo anterior se basa en el concepto de Seis Sigma, el cual propone maximizar el valor ofrecido de una empresa a través de la mejora la satisfacción del cliente, los costos, calidad, la velocidad del proceso y el capital invertido (George, 2002) con el uso de técnicas estadísticas y herramientas de calidad cuya eficacia ya ha sido probada.

De esta forma, a lo largo de este documento se presenta el desarrollo de cada uno de los pasos que conforman la metodología antes mencionada, a través de técnicas y herramientas específicas se presenta el análisis de la situación problemática de PESA Uniformes S.A. de C.V., empresa dedicada a la confección de prendas, tras el desarrollo de la etapa de *Definición* se estableció como objetivo el estandarizar el trabajo de los 9 módulos que conforman el departamento de operaciones aumentando un CTQ clave para la empresa: la facturación diaria, indicador actualmente se encuentra muy lejano a la meta establecida por la alta gerencia. En la etapa de *medición* se reunieron los datos relacionados con la métrica ya descrita, se validó el sistema de medición que se emplea al interior de la compañía y definió con detalle los pasos que conforman la operación de confección, para luego, con el uso de herramientas de calidad, identificar aquellas causas que tienen mayor incidencia sobre el problema estudiado, el tiempo de preparación, saturación del área de periférico (auxiliar de operaciones) y defectos en la materia prima las más repetidas.

Posteriormente en la etapa de *análisis* se identificó que el proceso no es estadísticamente capaz de cumplir con el objetivo que posee, además, existen diferencias significativas de niveles de facturación entre las celdas de confección y que existen trampas en el proceso que retrasan el producto final o por otro lado no agregan ningún valor agregado. Tras completar lo anterior, la aplicación de *Mejora* nos llevó a imprimir mejoras en el flujo del proceso, desarrollar un TPM ajustado a las necesidades del departamento y asimismo desplegar la herramienta SMED para hacer más corto y eficiente el proceso de preparación de los módulos, luego de validar que estas acciones tuvieron resultados favorables, se cierra con la etapa de *Control* cuyo principal objetivo es brindar garantías de que las soluciones se sostendrán a lo largo del tiempo y que el esfuerzo se replicará a otras áreas funcionales, recomendaciones y conclusiones generales finalizan el desarrollo del presente proyecto.

Tabla de contenido

Título	Página
Resumen	ii
Lista de tablas	v
Lista de figuras	v
 Capítulo 1. Introducción	
1.1 Descripción de la empresa	1
1.2 Objetivo del proyecto	2
 Capítulo 2. Revisión Bibliográfica	
2.1 Introducción a Seis Sigma	3
2.1 Seis Sigma en la industria textil	4
2.2 Seis Sigma como métrica	5
2.3 Seis Sigma como estrategia	5
2.4 Seis Sigma en la mejora continua	6
 Capítulo 3. Metodología de investigación	
3.1 Metodología DMAIC	7
3.1.1 Define (definición)	7
3.1.2 Medición (Measure)	16
3.1.2.1 Plan de medición	27
3.1.2.2 Evaluación del sistema de medición	28
3.1.2.3 Presentación de los datos	31
3.1.3 Análisis (Analyze)	35
3.1.3.1 Software estadístico empleado	35
3.1.3.2 Análisis de capacidad del proceso	35
3.1.3.3 Comparación de media de facturación	36
3.1.3.4 Análisis de trampas de tiempo	39
3.1.3.5 Análisis de correlación	41
 Capítulo 4. Resultados de la investigación	
4.1 Mejora (Improve)	42
4.1.1 Identificación de mejoras	42
4.1.2 Mejora del flujo del proceso.....	43
4.1.3 Implementación de TPM	45
4.1.4 Implementación de SMED	47
4.1.4.1 Paso 1: Separación de Setup interno y externo	48
4.1.4.2 Paso 2: Convertir Setup interno a Setup externo	50
4.1.4.3 Paso 3: Reducir los ajustes	51
4.1.5 Validación estadística de los resultados	52

4.1.5.1 Tamaño de la muestra	52
4.1.5.2 Pruebas de hipótesis	53
4.1.5.2.1 Incremento en facturación promedio y on time delivery. .	53
4.1.5.2.2 Estandarización del trabajo	56
4.1.5.2.3 Mejora en la capacidad del proceso	58
4.1.2 Control (Control)	59
4.1.2.1 Medidas técnicas	59
4.1.2.2 Medidas administrativas	63
 Capítulo 5 Recomendaciones y trabajos futuros	
5.1 Conclusiones y recomendaciones	65
 Referencias bibliográficas	vi
Vita	viii
Apéndice A: Análisis del Sistema de medición	ix
Apéndice B. Datos obtenidos del proceso previo a mejoras	xii
Apéndice C. Datos obtenidos del proceso posterior	xiii
Apéndice D. Project Charter del proyecto	xiv

Lista de tablas

Tabla 3.1	Lista de factores	22
Tabla 3.2	Porcentaje de aporte de cada módulo	38
Tabla 4.1	Separación de Setup Interno y Externo	49
Tabla 4.2	Setup interno a externo	51
Tabla 4.3	Porcentaje de aporte de cada módulo	58
Tabla 4.4	Plan de Control	60

Lista de figuras

Figura 3.1a	Árbol de CTQ	8
Figura 3.1b	Project Chart	9
Figura 3.2	Diagrama SIPOC del proceso	12
Figura 3.3	Diagrama de Gantt	13
Figura 3.4a	Mapa de proceso de alto nivel	14
Figura 3.4b	Diagrama de flujo del proceso de la operación	15
Figura 3.5	Mapa del proceso de nivel de detalle	18
Figura 3.6	Diagrama Causa – Efecto	20
Figura 3.7	Diagrama de Pareto	22
Figura 3.8	FMEA	26
Figura 3.9	Plan de recolección de datos	28
Figura 3.10	MSA para atributos	30
Figura 3.11	Gráficos del MSA	31
Figura 3.12	Diagramas de dispersión	32
Figura 3.13	Facturación diaria promedio	33
Figura 3.14	Facturación pronóstico y real promedio	34
Figura 3.15	Gráfico X-R para la facturación total diaria	34
Figura 3.16	Análisis de Capacidad del Proceso	36
Figura 3.17	ANOVA para medias	37
Figura 3.18	Gráficos de residuales para el ANOVA	37
Figura 3.19	Diagrama de proceso con identificación de mejoras	40
Figura 3.20	Diagrama de dispersión preparación vs facturación	41
Figura 4.1	Diagrama de afinidad para ideas de mejora	42
Figura 4.2	Diagrama de proceso mejorado	43
Figura 4.3	Formato de mantenimiento preventivo	46
Figura 4.4	Pasos de SMED	48
Figura 4.5	Box Plot de facturación promedio individual	54
Figura 4.6	Comparación de facturación promedio individual	55
Figura 4.7	ANOVA para la facturación por módulo	56
Figura 4.8	Boxplot de facturación por celda	57
Figura 4.9	Gráficos de residuales para ANOVA	57
Figura 4.10	Capacidad del proceso tras mejoras	59
Figura 4.11	OCAP para no uniformidad en el trabajo	61
Figura 4.12	OCAP para tiempos de preparación	62

Capítulo 1. Introducción

En esta sección se abordarán los antecedentes de la empresa y el proceso estudiado, haciéndose énfasis en la situación problemática y asimismo en los objetivos del presente proyecto.

1.1 Descripción de la empresa

PESA Uniformes, empresa dedicada al diseño, desarrollo, fabricación y abastecimiento de uniformes en la rama médica e industrial, deportiva, escolar y policiaca con flexibilidad en personal, máquinas y tecnología que les permite desarrollar cualquier prenda de vestir y asimismo en cualquier volumen, es la organización en la cual se implementó este proyecto de mejora.

El proceso bajo estudio lleva el nombre de Confección, el cual consiste en ensamblar las piezas de costura una vez que éstas han pasado por el departamento de diseño y corte, es en esta etapa en donde se da forma a la prenda que se esté realizando en ese momento de acuerdo al plan de producción, se hace a través de herramientas manuales, máquinas de costura y equipo semi-automático operado por un grupo de 4 personas que se reúnen en forma modular. Cada módulo además cuenta con un inspector de calidad, quien se encarga de asegurar la calidad del producto final, deshebrar y realizar operaciones de habilitación.

Antes de trabajar de forma modular como se hace ahora, se tenía una distribución lineal que si bien permitía cumplir con los pedidos, limitaba la capacidad instalada de producción, trabajando al 50% de acuerdo a los cálculos estimados por el Gerente de Operaciones, actualmente con la recién implementada (2 años y medio) configuración modular o por celdas, se estima estar operando al 75% de capacidad, lo cual es alarmante para la empresa.

Al tener una oferta de producción tan flexible en diseño y volumen, se ha llegado a la situación en donde el tiempo de preparación para un lote es más largo que la operación por sí misma, y pequeños retrasos en este tipo de pedidos se acumulan y ocasionan mayores demoras en solicitudes de grandes firmas que ponen en riesgo el bienestar de la organización.

El principal problema que se ha anticipado como causa de lo anterior, es la falta de uniformidad en el trabajo de cada uno de los módulos o celdas de confección, lo que lleva a hacer un uso excesivo del área de actividades especiales o periférico, departamento originalmente creado para atender operaciones específicas o apoyo esporádico en temporadas de abundante trabajo, y que hoy en día no es sino una extensión del área de producción, lo que genera

cuellos de botella considerables y un desorden en la administración del trabajo en proceso.

1.2 Objetivo del proyecto

El objetivo del proyecto es uniformizar el trabajo en las celdas de confección con el fin de garantizar el cumplimiento de las metas de producción y por lo tanto la fecha de entrega de los pedidos y asimismo aprovechar de una forma más eficiente los recursos disponibles aumentando la facturación diaria sin requerir gastos o inversiones adicionales.

Se analizarán los 9 módulos de confección y se determinarán que acciones deben tomarse con el fin de hacer más fluido el proceso y evitar demoras o retrasos innecesarios y disminuir el agobio que sufre el área de periférico, estimando además reducir el WIP.

En este proyecto se implementará la metodología DMAIC para la solución del problema. Primero definiremos nuestro proceso bajo estudio. Para esto utilizaremos diferentes herramientas. Una vez definido nuestro proceso, entraremos a la fase de recopilación de datos para medir las variables de interés. De ahí, entramos a la fase de análisis de datos en donde usaremos herramientas estadísticas tales como diseño de experimentos, análisis de regresión, métodos estadísticos basándonos en paquetes estadísticos tales como MiniTab, Excel, y otros.

Después de tener un análisis completo del área bajo estudio, nos enfocaremos a implementar mejoras en donde podemos aplicar las técnicas de proceso control estadístico en donde las variables de interés serán controladas y monitoreadas regularmente.

Capítulo 2. Revisión Bibliográfica

2.1 Introducción a Seis Sigma

En los inicios de la década de los 80's el CEO de Motorola Bob Galvin, y los ingenieros de esta compañía, se dieron cuenta que los niveles de calidad tradicionales no eran suficientes para asegurar un proceso de alto rendimiento, llegaron a la conclusión de que medir en oportunidades por millón los defectos sería una medida más adecuada, así, surgió la metodología y cambios culturales necesarios asociados con esta nueva perspectiva, dando origen a las primeras aplicaciones de Seis Sigma, y posteriormente en los 90's lo hizo del dominio público y muchas organizaciones lo han adoptado desde entonces (Summers, 2007).

Técnicamente Brussee (2006) define Seis Sigma (6σ) como un enfoque orientado a negocios y enfocado en datos, multifacético que persigue la mejora de procesos, reducir costos e incrementar ganancias, su fundamento principal es mejorar la satisfacción del cliente reduciendo defectos, y su objetivo de rendimiento final es tener productos y procesos virtualmente con cero defectos (3.4 o menos partes por millón).

Evidentemente lo anterior sería muy complicado de conseguir sin una metodología clara y bien definida, en particular la de 6σ consta de 4 pasos principales: La Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control, la cual junto con su portafolio de herramientas estadísticas y de calidad y la flexibilidad para ajustarse a cualquier proceso o servicio, le permite acoplarse sin problema a cualquier actividad de mejora vigente en el núcleo de las empresas (Jay, 2006).

Las herramientas de calidad más comúnmente aplicadas de acuerdo a General Electric (2008), organización precursora de la metodología Seis Sigma, abarcan los gráficos de control, Medición de defectos, Diagrama de Pareto, Mapeo de Procesos, Análisis Causa-Efecto, Control Estadístico del Proceso y el Diagrama de árbol, las cuales son complementarias entre sí y extremadamente útiles para analizar situaciones problemáticas.

Los resultados han sido probados por grandes empresas y también pequeños corporativos, siendo una característica clave de 6σ el tener un impacto directo sobre las finanzas, el cual es sin duda valorado por los administradores y la ha llevado a tantos sectores, de acuerdo a la Academia de Seis Sigma, los Black Belts (líderes en la aplicación de proyectos de mejora dentro de una organización) representan ahorros aproximados de \$230,000 dólares por proyecto y pueden completar de 4 a 6 por año. General Electric, una de las compañías con más éxito en la aplicación de la metodología, estima beneficios en el orden de 10 billones de dólares durante los primeros cinco años de implementación, Allied Signal, otra

empresa alineada con 6σ muestra resultados similares junto con una larga lista de corporativos que a lo largo del mundo han comprobado el alcance de esta nueva forma de trabajo (ISixSigma, 2008).

2.1 Seis Sigma en la industria textil

Actualmente en México la industria textil es víctima de un mal que agrava a la mayoría de las empresas del tal sector a lo largo y ancho del orbe el cual es explicado principalmente por tres razones: la competencia global desenfrenada, la velocidad tecnológica que no muchos han logrado mantener y el choque de mentalidades generacionales que impiden los más renovadores cambios en las organizaciones (INEGI, 1994) , una forma en la que solo un grupo favorecido del sector ha logrado salir adelante de lo ya descrito, es adoptar la manufactura esbelta y la calidad total como estrategia y forma de trabajo, el realizar el control a posteriori llevó a muchas empresas a la quiebra, y las tendencias del *Lean Six Sigma* cada vez más son reconocidas como una solución viable y exitosa para sobresalir en el mercado o asegurar la permanencia en primera instancia (Lefcovich, 2007).

Asimismo numerosos ejecutivos de empresas dedicadas a la manufactura del vestido se encuentran en estado de alarma al visualizar todos los “costos de calidad” que permanecen ocultos en la planta, provenientes de los costos de manufactura que no vienen directamente de la mano de obra o materiales (*overhead manufacturing*), convencionalmente generados por inspecciones, reparaciones, limpieza y orden del espacio de trabajo, transportes, entre otros. De esta forma se puede establecer que cualquier mejora en la calidad ofrecida por la metodología mencionada arriba tiene un efecto triple al reducir labor indirecta, los costos totales de fabricación y la mejora de satisfacción del cliente. (Atwell, 2006).

La metodología Seis Sigma inicia a cobrar relevancia en nuestra nación y la industria del vestido ha puesto principal interés en ello al percibir que sus resultados tienen impacto cuantificable y de relativa sencilla validación al interior de las organizaciones, prueba de ello es que organizaciones como el Centro de Investigación en Matemáticas con sede en Guanajuato, han puesto a la disposición de diversas empresas de este giro Simposios en dónde se debaten y presentan casos de aplicación de 6σ con el fin de diseminar y extender la transferencia de conocimiento en beneficio de este sector productivo (CIMAT, 2002).

2.2 Seis Sigma como métrica

El término “Sigma” se utiliza con frecuencia como una escala para niveles de buena calidad, empleando ésta y como se ha explicado ya, 6σ equivale a 3.4 defectos por un millón de oportunidades (DPMO). Por lo tanto Seis Sigma tuvo sus inicios como esfuerzo en la reducción de defectos en la manufactura y posteriormente ha sido aplicada a otros tipos de negocios con el mismo propósito, así se puede decir que es una métrica para evaluar el desempeño de un proceso (Motorola, 2008).

Se hace referencia a que 6σ puede ser visto como una métrica ya que la palabra por si misma es un término estadístico que mide como un proceso dado se desvía de la perfección, siendo la idea principal el hecho de que si se puede medir cuanto defectos tiene una operación, se puede de forma sistemática eliminarlos y llegar a cero productos que permanezcan fuera de especificaciones (Escalante, 2007).

2.3 Seis Sigma como estrategia

Tras años de aplicación se ha concluido que el uso de Seis Sigma como una métrica o metodología pura no es suficiente para dirigir a una empresa hacia cambios y mejoras mayores y de impacto significativo que sobre todo permanezcan a lo largo del tiempo, es necesario que 6σ sea considerado como una forma de administrar un negocio, como una estrategia que encaminará la realización de acciones que favorezcan los objetivos centrales del corporativo. Motorola (2008) establece que Seis Sigma es una solución arriba-abajo (Top-Down) que ayuda a las organizaciones a:

- Alinear la estrategia del negocio a esfuerzos críticos de mejora,
Movilizar equipos para atacar proyectos de alto impacto,
Acelerar resultados de mejora en el negocio,
Administrar los esfuerzos para asegurar que las mejoras se sostengan.

Relacionado con lo anterior se debe considerar que Seis Sigma no es sino una visión que debe plantearse una empresa, una filosofía que se incorpora a la cultura de ésta y que debe regir las acciones al interior y a lo largo de todo el sistema a través de un enfoque holístico (GE, 2008).

Finalmente y como Tenant (2001) señala, “Seis Sigma es muchas cosas, y sería tal vez sería más fácil listar todas las cosas que Calidad Seis Sigma no es. Puede ser visto como una visión, una filosofía, un símbolo, una métrica, una meta, una metodología”.

2.4 Seis Sigma en la mejora continua

Desde 1986 en que Seis Sigma surgió como un método estadístico para reducir la variación en procesos de manufactura de electrónicos en Motorola, hoy en día es ampliamente reconocida como herramienta de mejora de calidad y es usada en todo tipo de negocios a lo largo del mundo, desde departamentos gubernamentales, prisiones, hospitales, fuerza armada, bancos y corporaciones transnacionales, y por su puesto en servicios de consultoría que ofrecen como principal arma esta metodología (Magnusson, 2006).

Para el año 2000 se dice 6σ se encontraba formalmente establecida como una industria ya que las empresas dedicadas a la consultoría descubrieron un gran potencial en ofrecerla como la herramienta de mejora de mayor impacto desarrollada en los últimos años, pasando por encima de las ideas negativas que dejó el paso del TQM en donde los resultados tangibles en muchos casos nunca llegaron, servicios de entrenamiento e implementación de la metodología son comunes en empresas medianas que desean permearse con los beneficio de ésta (Barney, 2005).

Sin embargo, un proceso de consultoría al exterior de ninguna forma garantiza el éxito de la metodología, para incorporarla como mejora continua en una organización los ejecutivos de primera línea deben de proveerla como estrategia y diseminarla hacia abajo y promocionarla como una iniciativa de mejora que se centrará en los procesos centrales que son necesarios para reunir las expectativas de los clientes (Pande, 2007).

Finalmente, se puede decir que Seis Sigma es una herramienta de mejora continua desde dos perspectivas: como proyecto, en donde equipos de trabajo siguen la metodología DMAIC para medir la brecha entre los procesos actuales y su capacidad con respecto a las metas estratégicas, para a través del análisis y medición de las causas raíces que originan los defectos mejorar el proceso dado y controlarlo para sostener este cambio; por otro lado, se puede ver desde el punto de vista del negocio, en donde la alta gerencia en base a la estrategia e indicadores claves de desempeño define el enfoque que deben tomar los proyectos 6σ , unas vez completados, establece los sistemas necesarios para mantener las mejoras y basados en los resultados ajustan la estrategia del negocio y el curso de las acciones (Gupta, 2007).

Capítulo 3. Metodología de investigación

3.1 Metodología DMAIC

En las sub-secciones siguientes se describe con detalle cada una de las etapas que incluye la metodología DMAIC, ya presentada en párrafos anteriores, representa la estructura del presente proyecto de mejora, además, se presentan las acciones desempeñadas en cada una de las fases.

3.1.1 Define (definición)

George (2002) ha expuesto que en la etapa de definición es dónde se confirma la oportunidad detectada y además se establece de forma clara cuales son los objetivos y fronteras del proyecto de mejora a realizar. De esta forma, una acción clave fue definir el *Project Chart*, el cual se observa en la figura 3.1b, de éste se destaca cual es la meta que se tiene fijada para los indicadores que mayor impacto tendrán tras el desarrollo del presente.

Posteriormente y con la intención de conocer con mayor detalle el proceso que se está analizando, es decir el de confección, se construyó un diagrama SIPOC, el cual Simon (2007) define como una herramienta usada por un equipo para identificar todos los elementos relevantes de un proceso antes de que un proyecto de mejora comience a trabajar. La figura 3.2, representación gráfica del proceso, nos permite distinguir con detalle cada uno de los pasos que conforman la confección de una prenda.

Otra parte fundamental de esta etapa es definir de manera exitosa los CTQ (Critical to Quality) de los clientes que participan en el proceso estudiado, así y a través de una herramienta denominada árbol de CTQ presentado en la figura 3.1a, la cual es utilizada en etapas tempranas de definición de un proyecto para descomponer requerimientos difíciles de identificar en características identificables y medibles, se establece lo siguiente:

El cliente externo se compone por la organización PESA en su nivel gerencial, siendo los aspectos críticos de calidad los indicadores de facturación total, utilidad bruta y además la retención de clientes, ya que son aspectos que determinan el desempeño global de la empresa, asimismo son la base para formular la planeación estratégica que se disemina a lo largo de todas las unidades del sistema.

Por otro lado, el cliente interno es el departamento de producción, dentro del cual encontramos el área de confección, la cual tiene como aspectos críticos de calidad o CTQ's, los indicadores de pedidos entregados en tiempo y la facturación diaria, la cual como se ha explicado se calcula en base al número de productos terminados que son liberados por jornada laboral, éstos son las métricas principales para evaluar la forma en que opera esta entidad de la organización, y como es evidente, tienen un impacto directo sobre los CTQ's del cliente externo.

Como complemento y para hacer más claro el plan de trabajo que se ve en el *Project Chart* se presenta el diagrama de Gantt del presente proyecto, visible en la figura 3.3, sin duda clave para asegurar el cumplimiento de cada una de las etapas de la metodología DMAIC y que servirá como control para identificar posibles retrasos o limitaciones y tomar oportunamente las decisiones que corrijan el camino.

Para finalizar la sección de Definición como parte de la metodología DMAIC, se elaboró un mapa de proceso de alto nivel, herramienta que muestra de manera gráfica todos los pasos de un proceso (Simon, 2007) desde un panorama general y sin mayor nivel de detalle, el cual se muestra en la figura 3.4; el objetivo de esto fue identificar la secuencia en que ocurren las etapas de operación y como complemento del ya expuesto diagrama SIPOC.

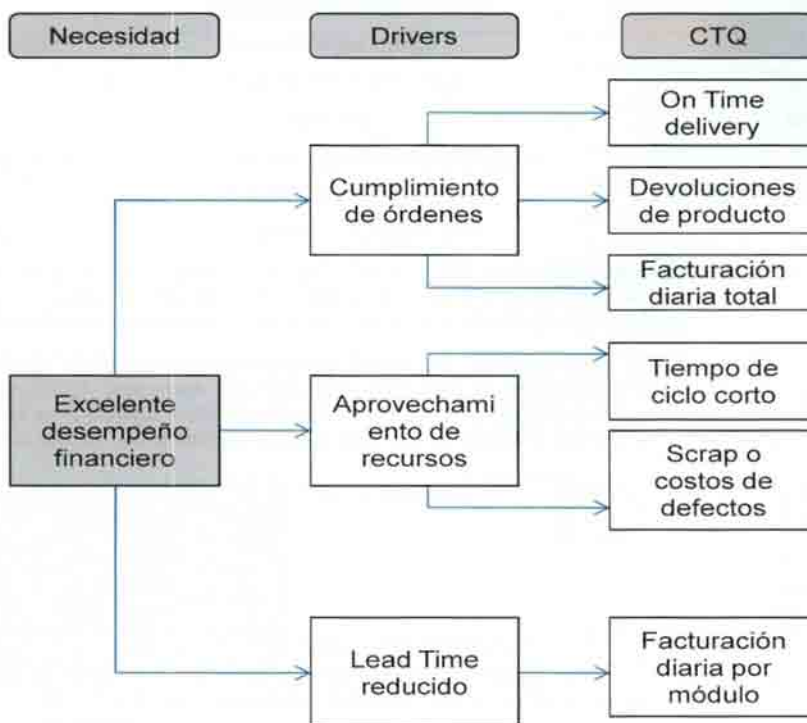


Figura 3.1a Árbol de CTQ

Unidad de negocios	Uniformes PESA	Ahorros esperados del proyecto	\$28,000 USD ahorro \$ 220,000 USD ingreso extra
Black Belt	Juan J. Franklin Uruga	Fecha inicio	28/01/08
Champion	Miguel A. Pérez Bautista	Fecha terminación	25/04/08
Elemento	Descripción		
1. Proceso	Confección: Ensamble de piezas de costura		
2. Descripción del proyecto	El tiempo de ciclo del producto desde que entra a la etapa de confección y hasta que se convierte en un artículo terminado se extiende más de lo planeado, lo que aunado a la larga preparación del módulo provoca retrasos en la producción y posible excesivo uso de personal del departamento de <i>periférico</i> . Se requiere un proceso formal de asignación de cargas de trabajo para las celdas o módulos de confección que facilite la operación y transición entre lotes.		
3. Objetivo	Este proyecto busca la mejora del proceso de confección a través de la reducción del tiempo de ciclo del producto, enfocándose en la preparación y configuración de los módulos y un método formal de asignación de cargas de trabajo que permita agilizar el cambio entre lotes de diferentes tipos de productos. El objetivo es incrementar el indicador de Facturación por día y asimismo el del Entrega de pedidos en tiempo sin significar costos extras para la empresa.		
	Indicador	Actual	Meta
	Facturación diaria	\$100,000	\$110,000.00
	On Time Delivery	90%	98%
			Unidades
			Pesos mexicanos (obtenido de multiplicar piezas fabricadas por su precio de venta)
			Porcentaje de pedidos entregados en tiempo
4. Caso de negocio	Se espera incrementar la facturación diaria del proceso de confección en al menos \$10,000 aprovechando de una forma más eficiente la capacidad instalada, asimismo reducir en un 30% el personal requerido del área de <i>periférico</i> para actividades de apoyo originadas por el retraso o saturación de operaciones.		
5. Miembros del equipo	Rol	Nombre	% tiempo comprometido
	Champion	Miguel Ángel Pérez Bautista	2%
	Dueño del proceso	Edson Villegas Ortega	10%
	Black Belt	Juan José Franklin Uruga	50%
	Black Belt	Javier Sánchez	50%
	Recursos Humanos	Lourdes Alejandra Pérez Sagaón	3%
	Finanzas	Alberto Franco Villegas	2%
	Operaciones	Guillermo A. Acosta Rivera	5%
6. Alcance del proyecto	El desarrollo del proyecto se centrará en los 9 módulos que conforman el área de confección y desde que el producto entra a este departamento, será aplicable a los diferentes tipos de artículos que se fabrican en la misma, los resultados esperados tendrán la flexibilidad para adaptarse a tal variedad.		
7. Beneficios para el cliente externo	Siendo el cliente interno el Departamento de Producción, se tiene como cliente externo a la organización constituida por PESA Uniformes. Los beneficios para éste se reflejarán en el indicador de Facturación y de manera directa en la Utilidad Bruta, al aumentar el volumen de ventas y la reducción de costos de operación, de forma similar el cumplir con la entrega de pedidos en tiempo llevará a una mejora en la Retención de Clientes.		
8.	Fechas clave para completar tarea	Inicio del proyecto	28/01/08
	M – Medición		15/02/08
	A – Análisis		22/03/08
	I – Mejora		5/04/08
	C – Control		19/04/08
		Finalización del proyecto	21/04/08
Apoyo requiendo	No se requiere de equipo o instrumental especial, no implica ninguna inversión por parte de la organización o de algún proceso adicional a las operaciones actuales. Se necesita el acceso a la información y personal administrativo y operativo.		

Figura 3.1b Project Chart

SIPOC						
Título del Proyecto:	Prenda terminada			Champion del Proyecto:	Edson Villegas	
Dueño del proceso:	Ángel Villegas			Belt del Proyecto:	Juan J. Franklin / Jorge	
Proceso central:	Confección			Número del proyecto:	1	
Proveedores (S)	Entradas (I)	Proceso (P)		Salidas (O)	Clientes (C)	
		Requerimientos			Requerimientos	
Cliente	Diseño / Especificaciones técnicas / Necesidades	Disponibile	Levantamiento de pedido	Diseño de prenda / Materia prima requerida / Fecha de entrega	Disponibile	Ventas & Comercial
Ventas & Comercial	Requerimientos de materia prima / Fecha de entrega / Especificaciones técnicas / No. De	Disponibile / Factible	↓ Ordenar producción	Lista de materiales / Diseño de prenda	Disponibile	Gerente de Planeación
Departamento de Planeación	Lista de materiales / Orden de producción	Disponibile	↓ Ordenar materia prima	Pedido de materia prima	Disponibile	Proveedores externos
Proveedores externos	Lista de materiales Pedido	Disponibile	↓ Surtir de materia prima	Rollos de tela Accesorios de mercería (hilos, agujas, etiquetas, cierres, jaretas, broches)	Disponibile / Calidad /	Departamento de compras
Producción	Orden de producción de Software de diseño Computadora	Disponibile / Funcionando	Realizar diseño de prenda	Diseño de la prenda	Impreso / Validado / Distribuido en lienzo	Departamento de Corte

Departamento de corte	Tela	Cortada en base a molde / disponible /	Cortar tela	Paquetes de tela	Disponible Agrupada / Calidad	Producción / Bordeado y Serigrafía
Bordeado y Serigrafía	Paquetes de tela	Disponible / Calidad	Bordar y aplicar serigrafía	Paquetes de tela	Disponible / Calidad	Producción
Departamento de compras	Orden de producción	Disponible	Obtener accesorios de habilitado	Hilos Etiquetas Jaretas Agujas Botones Cierres Broches	Disponible / Calidad / Adecuado para el modelo /	Inspector de del módulo
Producción	Máquina Over Máquina recta Máquina de presilla Plancha Máquina de cierres	Disponible / Funcionando	Habilitar maquinaria	Máquina Over Máquina recta Máquina de presilla Plancha Máquina de cierres	Disponible / Funcionando	Jefe de refacciones y mantenimiento
Jefe de refacciones y mantenimiento	Máquina over Máquina recta	Disponible / Funcionando	Entregar maquinaria	Máquina over Máquina recta	Disponible / Funcionando	Módulos de confección
Jefe de refacciones y mantenimiento	Máquina de presilla Plancha Máquina de cierres	Disponible / Funcionando	Entregar maquinaria	Máquina de presilla Plancha Máquina de cierres	Disponible / Funcionando	Operaciones especiales (Periférico)

Gerente de planeación	de Orden de producción	de Disponible	Entregar orden de producción	Orden de producción revisada	Disponible / Clara	Módulos de confección
Gerente de línea	Especificaciones de confección Modelo de prenda Muestra de prenda Asignación de tareas Balanceo de módulo	Disponible	Confeccionar prenda	Producto terminado semi-	Disponible / Calidad	Operaciones especiales (Periférico)
Operaciones especiales (Periférico)	Producto terminado semi-	Disponible / Calidad	Terminar prenda	Producto terminado	Disponible / Calidad	Módulos de confección
Módulo de confección	Producto terminado	Disponible / Calidad	Empacar prenda	Cajas de producto terminado	Disponible / Calidad	Departamento Empaque y Entregas

Figura 3.2 Diagrama SIPOC del proceso

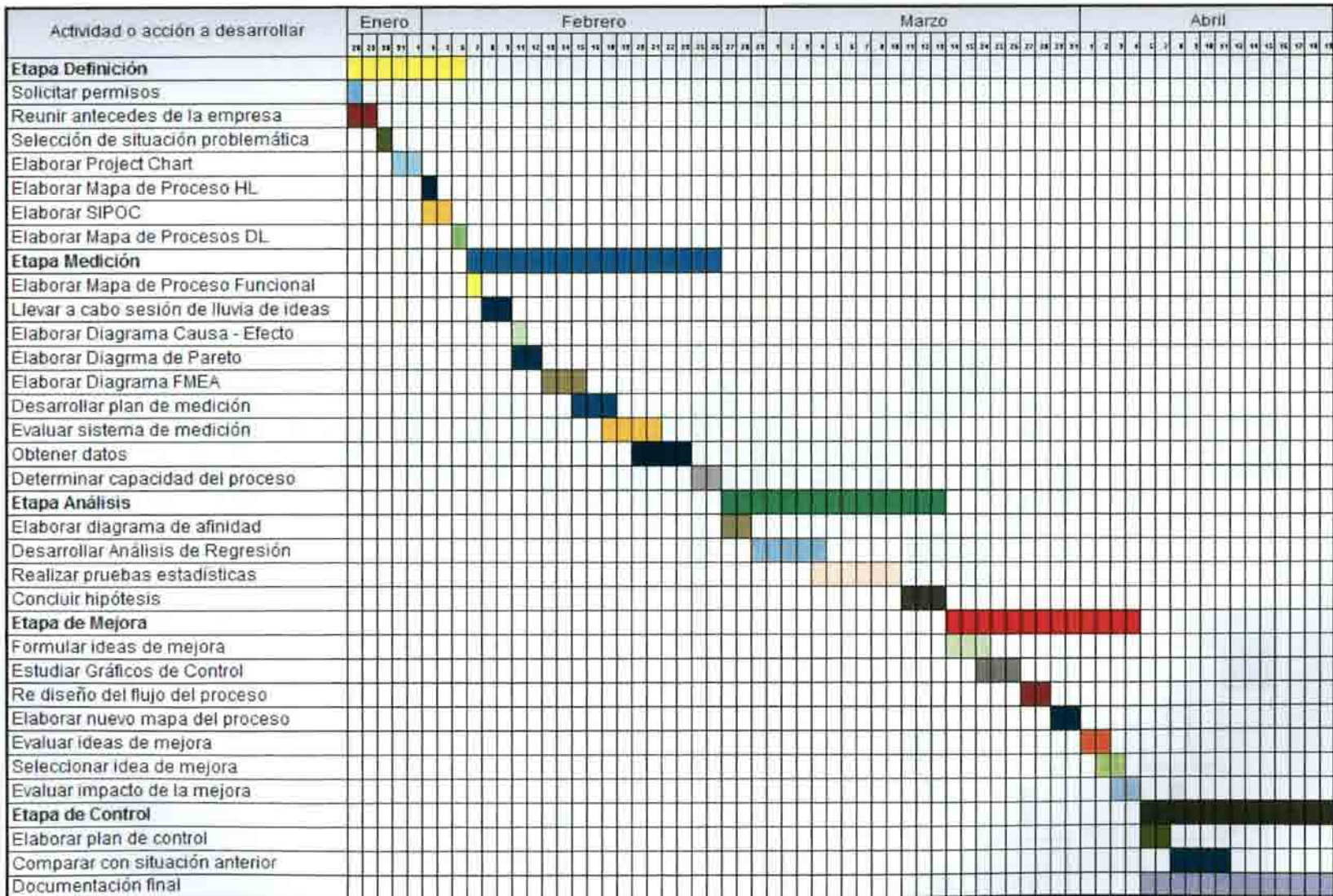


Figura 3.3 Diagrama de Gantt

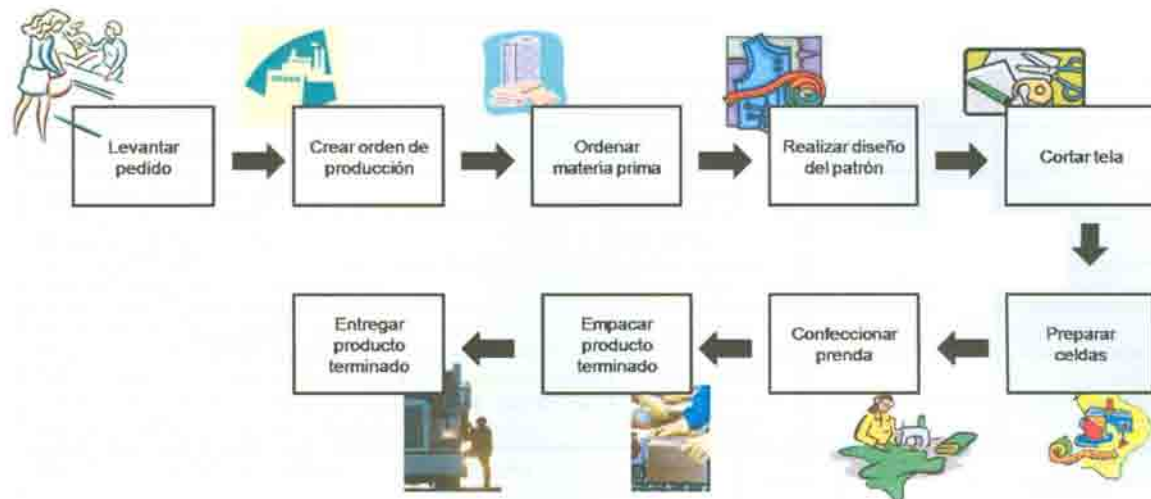


Figura 3.4a Mapa de proceso de alto nivel para la confección de una prenda

Como complemento en la figura 3.4b se muestra el diagrama de flujo del proceso de la operación de confección de prenda, centrándose en la materia prima y las operaciones a las que se ve sujeta, su objetivo es identificar posibles costos ocultos ocasionados por traslados innecesarios o excesivos, así como tiempo de almacén y demora que poco o nulo valor agrega al producto final.

Ubicación: PESA Uniformes		Resumen		
Actividad: Confección de prenda en módulo		Actividad	Actual	Propuesto
Fecha: 11/02/08		Operación	6	
Operador: Módulo Colibri		Transporte	8	
Marque el método: y tipo:		Demora	3	
Método: <u>Actual</u> Propuesto		Inspección	1	
Tipo: Obrero <u>Materia</u> Máquina		Almacenaje	3	
Comentarios: Incluye exclusivamente información de desplazos debido a que el objetivo es identificar costos ocultos por sobre-almacenaje y traslados.		Tiempo (min)		
		Distancia (m)		
Descripción de la actividad	Símbolo	Time (mins)	Distancia (m)	Método recomendado:
Almacén rollos de tela	● → ●			
Traslado a pantógrafo	● → ●		10	
Corte de tela	● → ●			
Traslado a almacén temporal	● → ●		12	
Apilar	● → ●			
Traslado a módulo de confección	● → ●		18	
Almacén accesorios	● → ●			
Agrupar material de habilitado	● → ●			
Disponer en bandeja	● → ●			
Trasladar a módulo de confección	● → ●		13	
Confeccionar	● → ●			
Trasladar a Periferico	● → ●		12	
Apilar en WIP	● → ●			
Trabajar operaciones especiales	● → ●			
Apilar en WIP	● → ●			
Trasladar a módulo de confección	● → ●			
Terminar y habilitar	● → ●			
Inspeccionar	● → ●			
Empaquetar	● → ●			
Trasladar a Almacén de Entrega	● → ●		20	
Almacén de Entrega	● → ●			

Figura 3.4b Diagrama de flujo del proceso de la operación de confección

3.1.2 Medición (Measure)

En esta etapa lo más importante es obtener los datos que describen la naturaleza y alcance del problema que se está analizando (George, 2002), la cual incluye de acuerdo a SixSigma (2008) el desarrollo de un plan para coleccionar los datos, identificar las fuentes de éstos para determinar que tipos de defectos están presentes y en la medida de lo posible obtener valores de la propia percepción del cliente y así compararlo con el desempeño que se tiene registrado del proceso.

Para la realización de este proyecto se emplearon datos históricos que la empresa tiene como registro desde 1 año previo a la realización de las actividades de mejora objeto principal del presente documento, sin embargo, no se puede determinar que datos habrán de utilizarse de las diferentes alternativas con las que se cuenta hasta que se conoce con detalle que es lo que debe medirse, para esto se desarrollaron diferentes herramientas que serán presentadas a continuación.

La figura 3.5 imprime una representación gráfica con alto grado de detalle del proceso de confección, esta se efectuó con el objetivo de identificar las posibles actividades que no agregan valor al producto final (NVA por sus siglas en inglés: *Non Value Added*) las cuales Agile (2005) define como aquellas que no son requeridas por el negocio ni de la misma forma el cliente está dispuesto a pagar, tales como productos en espera, re trabajos, inspecciones no necesarias, entre otras.

Las conclusiones tras analizar el mapa del proceso son las siguientes:

- Para un producto promedio representado por una chaqueta con diseño convencional (ejemplo solo ilustrativo, recordemos que la variedad de productos manufacturados por la empresa es en realidad muy extensa y resultaría complejo analizar cada modelo elaborado) se tiene un *lead time* de alrededor de 23 días, haciendo un recuento de las actividades de valor, es decir todas aquellas que cambia la forma, ajuste o función de un producto o servicio (Krueger, 2006) se tiene un estimado de 2.5 ideas, lo cual es un 10% del tiempo total que toma elaborar una prenda desde que se recibe la materia prima necesaria para elaborarla, dato sin duda preocupante y además revela una grave problemática relacionada con el flujo del proceso que actualmente rige en la empresa.

El tiempo de espera promedio de un pedido consiste de 10 días laborales, lo cual podría considerarse excesivo si consideramos que la mayor parte de las solicitudes por parte de los clientes hacen referencia a un volumen bajo o medio, El tiempo de preparación de cada celda es de 1 día, dato alarmante si consideramos que el periodo promedio de operación consiste de 3 días, es decir, un 25% del tiempo destinado a un lote se consume en la configuración del módulo de confección,

Las operaciones especiales y el periférico absorben cerca de 3 jornadas laborales, lo cual no resulta excesivo per se, sin embargo se debe recordar que estas actividades son de apoyo exclusivamente, es decir, están casi al mismo nivel que la operación de una celda completa de confección cuando su intención de diseño consiste en únicamente dar respaldo, asimismo a través de la observación directa del proceso, se ha identificado un notable cuello de botella en las máquinas especiales,

- La habilitación de la prenda, que consiste básicamente en dar el acabado al producto, toma más tiempo del que debería, principalmente ocasionado, hasta donde ha sido posible observar, por la no disponibilidad del material necesario y porque, el inspector, quien es el responsable de la tarea, tiene al mismo tiempo otras tareas que demoran la actividad de validar la calidad del producto y proceder con su empaque.
- Las actividades que no agregan valor al producto tienen que ver con demoras en la solicitud de materia prima, ya que los proveedores no cumplen con las fechas de entrega, también con retrasos en el área de corte debido a que las rollos de tela no son surtidos en el tiempo deseado y por lo tanto genera un afectación en el plan de producción,

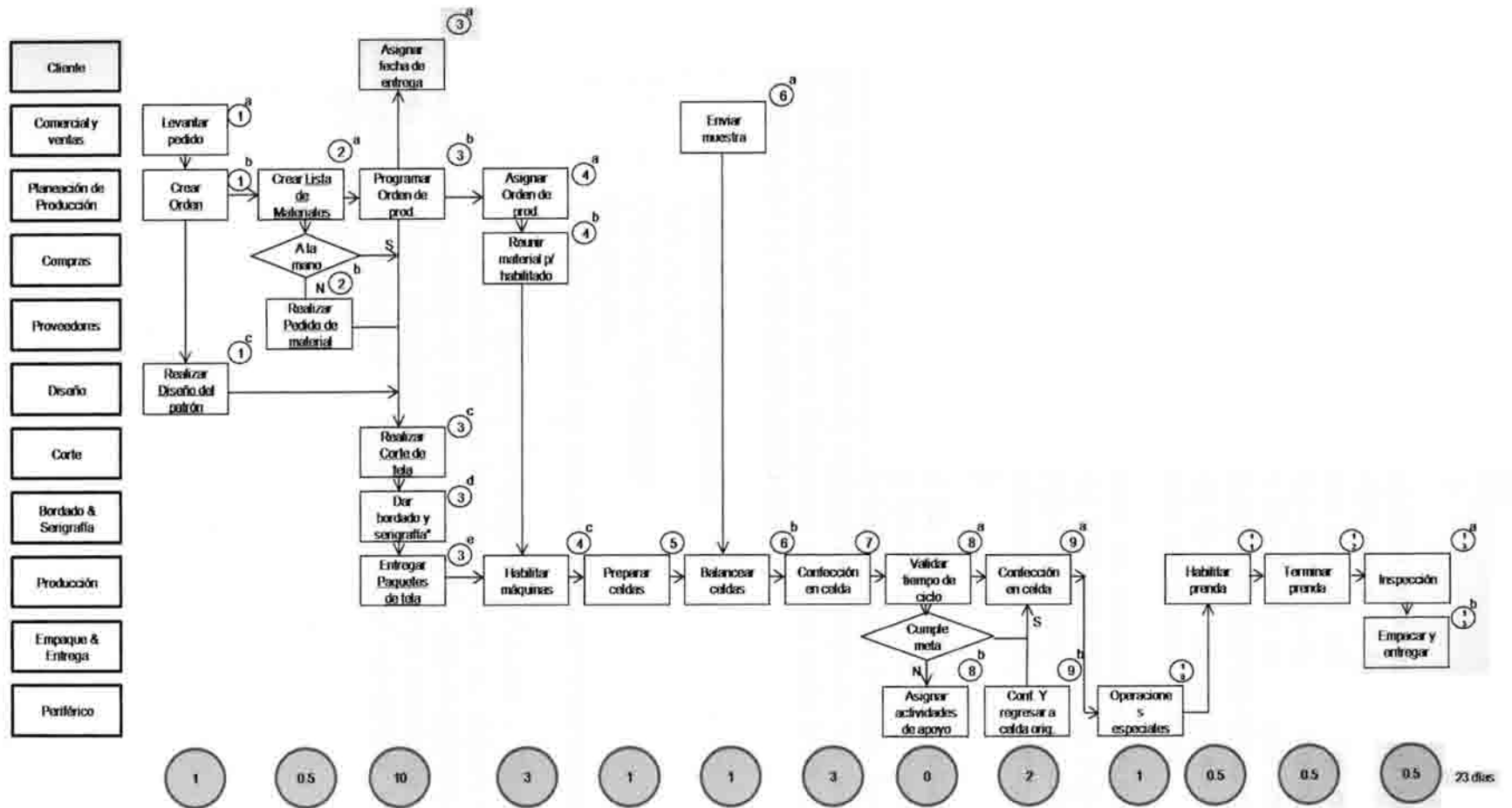


Figura 3.5 Mapa del proceso de nivel de detalle

- Sin embargo, la principal actividad que no agrega valor al producto se encuentra en las propias celdas de manufactura ya que existen retrasos significativos en la producción de las prendas al no tener un trabajo estandarizado en los diferentes módulos que conforman el departamento, cada celda trabaja a un ritmo diferente y el cumplir con el plan de trabajo original es virtualmente improbable por distintas fallas que abultan el WIP a tal nivel que los tiempos reales de valor agregado se reducen a un par de horas como máximo a lo largo de una jornada laboral.

Es claro que el siguiente paso es conocer los puntos de vista de los diferentes involucrados en el proceso para así lograr un mejor entendimiento de las causas raíces que evitan un trabajo homogéneo y estandarizado de las celdas de manufactura, que hoy en día provocan una flexibilidad muy limitada del proceso y que lo hacen lucir en realidad lento.

Se llevó a cabo una sesión de lluvia de ideas con los involucrados en el proceso con el fin de determinar cuales son las causas más comunes que ocasionan la falta de uniformidad en el trabajo de cada módulo o celda de confección, esto es, aquellos motivos que originan la variabilidad dentro de las unidades, la cual se ve reflejada principalmente en el tiempo de ciclo de cada producto. Los participantes de la aplicación de esta metodología fueron:

- Gerente de Operaciones
- Jefe de Línea
- Gerente de Planeación
- Operadores
- Jefe de Calidad del departamento de operaciones

En la figura 3.6 se observa el diagrama Causa – Efecto para la falta de uniformidad en las celdas de confección, el cual se obtuvo luego de la primera fase de la sesión citada en párrafos anteriores, con el objetivo de definir la lista de factores que inciden directamente en el problema estudiado. Posteriormente esta información fue analizada y filtrada para así establecer la lista final que se presenta en la tabla 3.1.



Figura 3.6 Diagrama Causa – Efecto

De esta figura se resume lo siguiente:

Medición: En este rubro encontramos errores de medición no directamente presentes sobre el producto terminado o en proceso, sino en el cálculo del tiempo de ciclo que lleva a cabo el gerente de línea y que es la base para determinar el número de piezas a obtener por registro, se argumenta que en ocasiones éste cálculo se sobre-estima y resulta en un no cumplimiento de la meta asignada y el uso del área de periférico con el fin de contrarrestar cualquier retraso; por otro lado el determinar los requerimientos de materia prima al momento de medir las necesidades cuando se presenta el diseño, puede tener influencia de la misma forma sobre la causa estudiada.

Medio ambiente: En realidad no se anticipa ningún efecto ocasionado por este rubro al no ser significativo.

Método: Sin duda uno de los factores con mayor peso, encontramos desde la delegación de actividades al área de periférico, desorden en la administración de la materia prima dentro de la celda de manufactura, un deficiente cálculo del registro o meta diaria, el balanceo de la celda en ocasiones parece no ser el adecuado ya que puede derivar en complicaciones operativas y uno muy

significativo consiste en la preparación del módulo, que toma demasiado tiempo sin importar si se trata de un lote muy grande o uno de proporciones pequeñas.

Material: Factor con gran peso relativo, la falta de uniformidad en las celdas de manufactura podría ocasionarse por excesivas cantidades de tela defectuosa que llegan hasta este departamento generando retrasos y re trabajos, lo mismo sucede con el material de habilitación ya sea por defecto o desabasto de éste, y una causa muy comentada es el extravío del materia dentro del módulo que tiene efectos similares.

Mano de obra: La falta de capacitación de los operarios, que incluso disponen de maquinaria con capacidades superiores por encima de una convencional, como semi-automatización de algunas operaciones, podría tener un efecto directo sobre la causa que se analiza, de la misma forma problema de falta de motivación y una marcado vicio por denominarle así, con respecto al método de paga de destajo se anticipa pueden generar manipulación de los tiempos de ciclo con el fin de reducir la meta asignada y así conseguir ingresos adicional a costa del desempeño financiero de la empresa.

Maquinaria: Multi-citado por los participantes de la lluvia de ideas podría afectar la uniformidad en las celdas de confección, el problema más citado consiste en descomposturas menores que si bien no son complicadas de resolver, al contar con un solo jefe de servicio y refacciones se ocasionan retrasos importantes, además, se ha explicado que es común encontrarse con que la máquina no fue configurada de forma correcta desde el inicio, o que el cambio de producto (por diferentes razones como desabasto de material o prioridad de algún otro pedido) ocasionan que los equipos sean preparados de forma apresurada y posibles fallas posteriores pueden presentarse y nuevamente alterar las operaciones del área. Además, las máquinas para operaciones especiales muchas veces se saturan y podrían representar un cuello de botella.

Con la finalidad de conocer de manera numérica como se distribuyen las causas antes mencionadas y obtenidas luego de una sesión de intervención con todos los involucrados del proceso, se elaboró un diagrama de Pareto tomando como referencia la lista de factores, esta herramienta gráfica permite identificar el principio que lleva el mismo nombre, el cual establece que el 80% del impacto de un problema se explica con el 20% de las causas (iSixSigma, 2008).

Factor	Descripción
a	Las máquinas no funcionan correctamente
b	Las máquinas no se ajustan bien
c	El registro (meta asignada) no es realizable
d	El tiempo de preparación del módulo es excesivo
e	Las actividades especiales toman mucho tiempo
f	Saturación del área de periférico
g	Existen defectos y faltantes en la materia prima
h	Existe desorden en la distribución de cada celda
i	El personal no está bien entrenado
j	El balanceo de operaciones no es el correcto
k	Ausencia de motivación en el personal

Tabla 3.1 Lista de factores

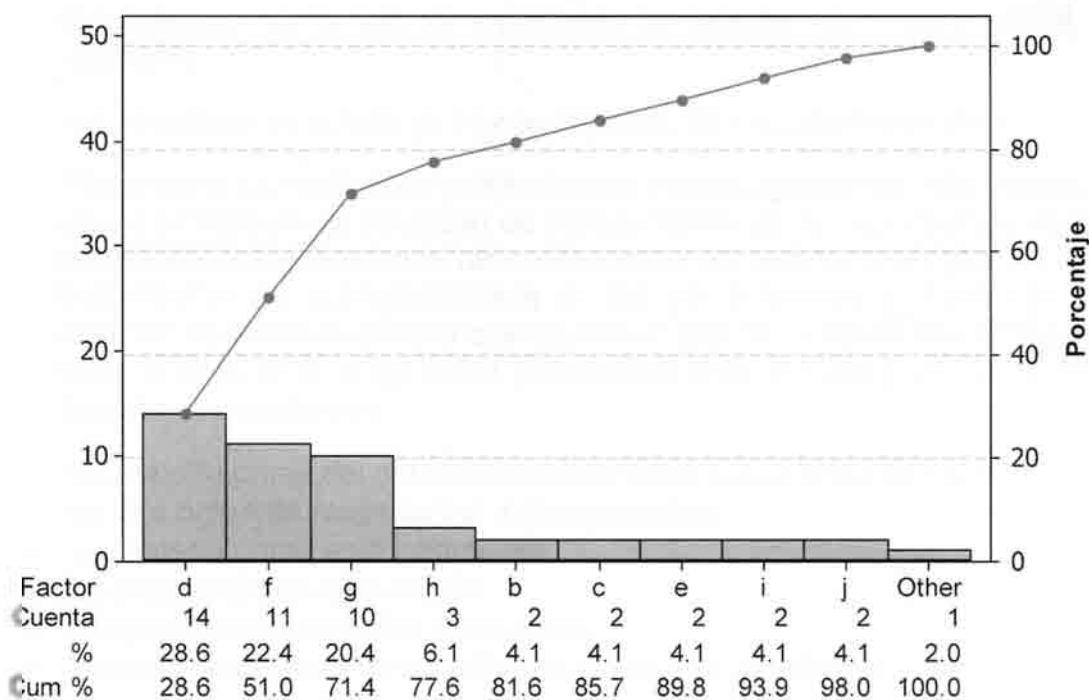


Figura 3.7 Diagrama de Pareto

La figura de arriba nos permite ver que los factores d, f y g, tiempo de preparación excesivo de la celda de confección, saturación del área de periférico u operaciones especiales y defectos y faltantes en la materia prima, respectivamente, son los factores con mayor peso, éstos 3 representan un 71.4% de los problema identificados que generan actualmente la falta de uniformidad en el desempeño de cada una de las celdas de confección que operan en la empresa.

Lo anterior es muy útil para concentrar nuestros esfuerzos sobre los factores ya descritos, de hacerlo de forma correcta, se abarcará un porcentaje alto de las causas raíz del problema sujeto a estudio en este proyecto. Se estima además que se tendrán beneficios colaterales al trabajar ya que el resto de los factores analizados están conectados de forma directa o indirecta con los 3 principales que han sido identificados a través del diagrama de Pareto.

Una herramienta auxiliar que permite priorizar riesgos para así identificar las acciones recomendadas a seguir es el FMEA (Análisis de Modos y Efectos de Fallos) la cual de acuerdo a George (2002) consiste en asignar a cada tipo de falla potencial de un proceso una calificación en una escala de 1 a 10:

- La ocurrencia, que tan probable es que algo salga mal (1 = poco probable; 10 = muy probable).
- La detección de la falla (1 = probable de detectar; 10 = poco probable de detectar).
- La severidad de la falla (1 = poco impacto; 10 = impacto extremo).

Finalmente se multiplican entre sí estos índices y aquellos más elevados (el producto es el Número de Prioridad de Riesgo RPN) serán reconocidos como las fallas potenciales críticas y sobre las cuales habrá de diseñarse un plan de acción; esta herramienta es complementaria a las ya aplicadas y será útil en la determinación de factores críticos que causan el problema estudiado. La figura 3.8 nos ayuda a concluir que las fallas potenciales más críticas (con los RPN más elevados) son las siguientes:

- La materia prima del mismo proveedor tiene variaciones de color
- La tela presenta rasgadura o daños parciales
- La materia prima está incompleta
- La materia prima se extravía
- Máquinas sin accesorios adecuados
- Saturación del área de actividades especiales (periférico)

Descripción del proceso	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causa potencial de la falla	Ocurrencia	Control actual	Detección	RP N	Acción recomendada
Levantar orden de pedido directamente del cliente	La materia prima no se puede conseguir en el mercado	Perder al cliente	9	No se aclara con el cliente restricciones de material	2	Re negociar con el cliente	1	18	Establecer desde un inicio restricciones de material
Enviar orden de pedido a departament o de planeación	La materia prima es muy difícil/costosa de obtener	Retrasar entrega de pedido	8	Se otorga al cliente una fecha de entrega sin antes asegurarla con producción	5	Re negociar fecha de entrega	4	160	Contactar a planeación antes de asignar fecha de entrega con cliente
Solicitar materia prima con proveedores	La materia prima toma mucho tiempo en llegar	Retrasar entrega de pedido	7	No se ordena en tiempo la materia o el proveedor falla	5	Buscar otro proveedor	4	140	Ordenar materia prima puntualmente con proveedor de confianza históricamente
	La materia prima del mismo proveedor tiene variaciones de color	Perder al cliente	9	El proveedor envía producto de diferentes condiciones	7	Volver a pagar por la tela dañada	5	315	Asegurarse en el área de corte que la tela es del mismo color
	La tela presenta rasgadura o daños parciales	Entregar producto defectuoso	9	No se verifica en el área de recepción y corte el daño	8	Volver a pedir la tela dañanda	6	432	El área de corte debe identificar el daño antes de enviar a producción

Reunir materia prima para surtir pedido	La materia prima está incompleta	Retrasar producción	9	No se ordena en tiempo con los diferentes proveedores o éstos fallan	7	Retrasar producción	7	441	Negociar reducción en tiempos de entrega con proveedores	
Confección de prenda	La materia prima se extravía	Retraso en la producción	9	Existe desorden en la celda de confección	8	Solicitar nuevamente la materia prima	7	504	Mejorar el control y orden dentro de la celda	
	Las máquinas no funcionan	Retraso en la producción	7	No se les da el mantenimiento adecuado	5	Detener trabajo y dar mantenimiento	4	140	Previo al inicio de operaciones asegurar funcionamiento del equipo	
	Meta de producción no alcanzada	No se entrega el pedido en tiempo	8	El tiempo de ciclo es subestimado por el gerente de línea	6	Solicitar apoyo de periférico	4	192	Estimar de forma correcta el tiempo de ciclo y meta de producción diaria	
	Máquinas sin accesorios adecuados	Retraso en la producción	Retraso en la producción	9	La preparación de la celda no se da de forma adecuada	7	Solicitar apoyo de mantenimiento	7	441	Preparar la línea con equipo y accesorios adecuados
		Retraso en la producción	Retraso en la producción	9	El cambio de producto por desabasto implica una preparación complicada	7	Solicitar apoyo de mantenimiento	7	441	Evitar cambios de productos no planeados
	Saturación del área de	Retraso en	Retraso en	8	El balanceo	8	Ninguno	7	448	Balancear

	actividades especiales (periférico)	la entrega de pedidos		inadecuado provoca uso excesivo de periférico					adecuadamente la celda de confección
	Saturación del área de inspección final		5	El inspector de la celda tiene trabajo excesivo	6	Ninguno	6	180	Distribuir el trabajo y no dejar todo al inspector de la celda

Figura 3.8 FMEA

Podemos ver que todas están relacionados con los factores más significativos reconocidos en el diagrama de Pareto, todas las fallas relacionadas con la materia prima tienen que ver con defectos que no son filtrados en áreas previas a la de confección, los cuales posteriormente se convierten en retrasos mayores y que ocasionan cambios no planeados de producto, llevando a preparaciones de celda no necesarias y aunadas al tiempo excesivo que toman, se convierten en un serio problema para el departamento.

También encontramos que el extravió de la materia prima ha surgido nuevamente tras las aplicación de esta metodología, lo que evidencia la falta de orden en los módulos de trabajo; finalmente la saturación del área de periférico es una falla potencial que se relaciona con todas las anteriores ya que los retrasos ya explicados llevan a hacer uso de personal de apoyo presente en esta área y que al final se convierten en un cuello de botella.

3.1.2.1 Plan de medición

Una vez analizado lo anterior se llegó a la conclusión de que los datos a coleccionar con el fin de evaluar la uniformidad en el trabajo de cada una de las celdas de confección son los que se describen en el Plan de recolección de datos, figura 3.9 y que a continuación se presenta.

Medida de rendimiento	Definición Operacional	Fuente de los datos	Tamaño de muestra	Quien, cuando y cómo
Facturación Pronóstico	Se refiere a la facturación medida en pesos mexicanos que de forma ideal debe realizar un módulo por jornada laboral, la cual se obtiene a través del estudio del tiempo de la operación de la prenda que se confecciona, esto lo lleva a cabo el Gerente de Línea.	Registros de producción del área de Planeación	Registros diarios desde Septiembre 19 de 2007 hasta Noviembre 28 de 2007	Equipo de trabajo del proyecto Semana 4 a 8 de Febrero de 2008 A través del Sistema de Información "Programa de Operaciones"
Facturación real	Se refiere a la facturación real que se genera por jornada laboral medida en pesos mexicanos.			
Tiempo de preparación	Se refiere al tiempo de preparación medido en registros (cada uno comprende 50 minutos) que toma cada celda por jornada laboral (comprende 10 registros) para la producción a realizar.			
Número de	Se refiere al número de cambios de producto que se hacen en la jornada			

cambios de producción	laboral dentro de las celdas de confección, atribuible a diferentes factores.			
-----------------------	---	--	--	--

Figura 3.9 Plan de recolección de datos

Los anteriores indicadores de rendimiento serán obtenidos con el fin de evaluar el desempeño que tienen las diferentes celdas de manufactura o confección y posteriormente analizar la forma en que éstos se relacionan con el problema sujeto a estudio; el muestreo ha sido seleccionado así ya que es en periodo de tiempo en donde se cuenta con información homogénea para las 9 celdas para así garantizar que los datos sean comparativos entre sí, asimismo porque son números avalados y aprobados por la Jefa de Calidad del departamento.

3.1.2.2 Evaluación del sistema de medición

El primer paso antes de obtener los datos debe asegurar que el sistema de medición sea adecuado y esté funcionando de manera correcta; debemos recordar que la facturación real se determina en base al número de prendas que son realizadas multiplicadas por su precio unitario, ahora bien, la cantidad de productos terminados es contabilizada una vez que el inspector de calidad ha liberado el producto asegurando que cumple con las especificaciones del cliente comparándolo contra el patrón o muestra que se le ha facilitado, aun más, la Jefa de Calidad debe validar esta inspección antes de que las prendas sean enviadas al área de empaque a través del análisis de una muestra del lote fabricado.

Lo anterior podría considerarse un re-trabajo ya que dos personas están haciendo la misma tarea, por un lado, es obligación del inspector de calidad asegurarse de que la prenda está lista para ser embarcada, cuenta con la muestra del producto terminado y además conoce a detalle las operaciones a las cuales han sido sometidos los artículos que se realizan en su celda, pero por el otro, la jefa de calidad se ve en la necesidad de inspeccionar nuevamente el lote ya que es frecuentemente encuentra productos que en realidad no están del todo bien y que deben ser enviados a reparación.

Con el fin de determinar si el sistema de medición es funcional, al mismo tiempo certificando la validez de los datos a recopilar, y además verificar la situación antes expuesta, es decir, que el inspector de calidad no está haciendo del todo bien su función principal, se analizará la forma en que opera actualmente mencionado sistema, si el resultado arroja que en realidad los inspectores no están fallando, podría recomendarse que la última revisión de la Jefa de Calidad podría ser omitida o realizada de forma más esporádica para así destinar su tiempo laboral a actividades que aporten un verdadero valor al producto.

La metodología empleada fue la siguiente:

- Se seleccionó a 3 celdas de confección al azar, y dentro de éstas, a un operario de la misma manera,
- Se seleccionaron 10 chamarras escolares (prenda representativa de una complejidad media) realizadas de acuerdo a especificaciones y otras 10 con fallas que impedirían su traslado al área de empaque,
- Cada una fue analizada en dos ocasiones por cada evaluador (operario seleccionado),
- Se aplicó la herramienta de calidad Análisis del Sistema de Medición por atributos (Attribute Agreement Analysis) a través del paquete Minitab, la cual tiene como objetivo analizar si los operarios son capaces de evaluar de forma semejante entre si cuando un producto cumple o no con un atributo dado, si son capaces de repetir tal medición y principalmente si logran cumplir con el estándar especificado.

Attribute Agreement Analysis for Calificación						
Within Appraisers						
Assessment Agreement						
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI		
Módulo Colibrí	20	17	85.00	(62.11, 96.79)		
Módulo comando	20	15	75.00	(50.90, 91.34)		
Módulo Stars	20	18	90.00	(68.30, 98.77)		
# Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.						
Each Appraiser vs. Standard						
Assessment Agreement						
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI		
Módulo Colibrí	20	14	70.00	(45.72, 88.11)		
Módulo comando	20	8	40.00	(19.12, 63.95)		
Módulo Stars	20	17	85.00	(62.11, 96.79)		
Assessment Disagreement						
	# Pasa /	# No				
	No pasa /	Percent	Pasa	Percent	# Mixed	Percent
Appraiser						
Módulo Colibrí	1	10.00	2	20.00	3	15.00
Módulo comando	4	40.00	3	30.00	5	25.00

Módulo Stars	1	10.00	0	0.00	2	10.00
<p># Pasa / No pasa: Assessments across trials = Pasa / standard = No pasa. # No pasa / Pasa: Assessments across trials = No pasa / standard = Pasa. # Mixed: Assessments across trials are not identical.</p>						
Between Appraisers						
Assessment Agreement						
# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI			
20	5	25.00	(8.66, 49.10)			
# Matched: All appraisers' assessments agree with each other.						

Figura 3.10 MSA para atributos

La figura 3.10 muestra un fragmento del MSA que se realizó, del cual se puede destacar que se puede concluir de forma general que la prueba “Entre Muestras” es adecuada, es decir, las distintas repeticiones que hizo cada evaluador coinciden entre sí, es decir, el operario es capaz de repetir la misma medición al menos un par de veces.

Por otro lado y con respecto a la prueba “Evaluador vs. Estándar” podemos decir que no hay congruencia de resultados es decir, el evaluador no es preciso al decidir si una prenda pasa o no de forma efectiva, en particular el representante de la celda “Comando” tiene únicamente 8 aciertos de 20, el cual es verdaderamente bajo. Además se puede observar que la mayoría de los errores se presentan en dar el atributo de aprobación a una prenda que en realidad tiene defectos y que por lo tanto no puede ser entregada al cliente, los errores contrarios son mucho menos frecuentes y se concluye que el evaluador no es capaz de distinguir que un producto cumpla con las especificaciones del cliente de forma efectiva.

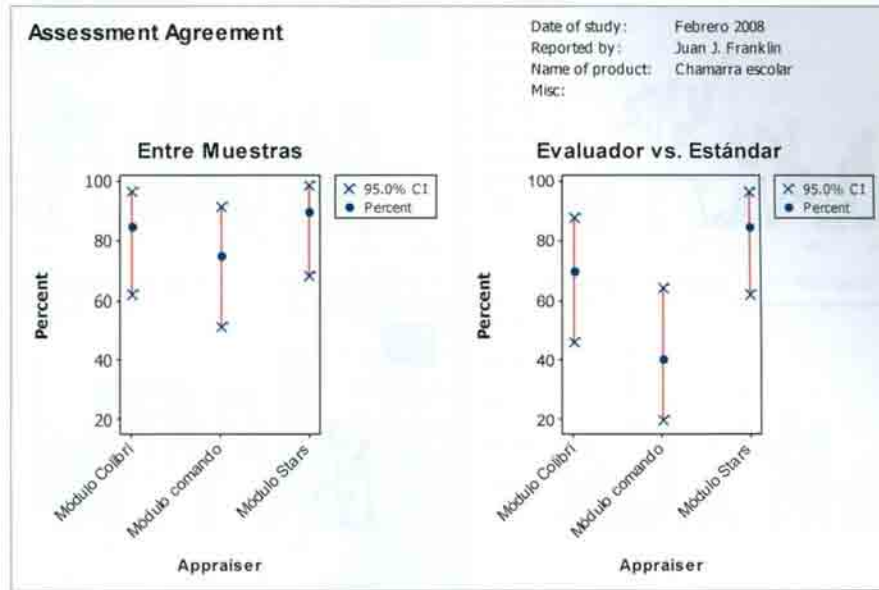


Figura 3.11 Gráficos del MSA

Para la prueba “Entre Evaluadores” se concluye que los inspectores de calidad concuerdan entre sí, es decir, sus resultados son semejantes para cada una de las repeticiones que se realizaron.

Finalmente con ayuda de la figura 3.11, podemos concluir que el módulo “Comando” y “Colibri” requieren de una capacitación a conciencia con el fin de garantizar que no permitan llegar productos de pobre calidad al cliente final, y mucho menos contabilizarlos como parte de la facturación ya que resultará al mediano plazo en una devolución y en costos adicionales. Si llevamos la relación a la totalidad de los módulos, se espera que 6 de los módulos o celdas de confecciones requieren fortalecer sus habilidades de identificación de características claves en una prenda terminada para ser considerada como entregable al cliente.

3.1.2.3 Presentación de los datos

Lo anterior nos lleva a seleccionar el periodo de muestreo para los datos del 19 de septiembre (fecha en que inició la configuración actual de las celdas de confección) y hasta Noviembre 28 de 2007, esto debido a que son datos ya verificados y avalados por el departamento de finanzas, el uso de nuevos registros (del actual periodo fiscal) no garantizan su validez luego del estudio realizado. En el Anexo II se muestran las tablas con todos los valores.

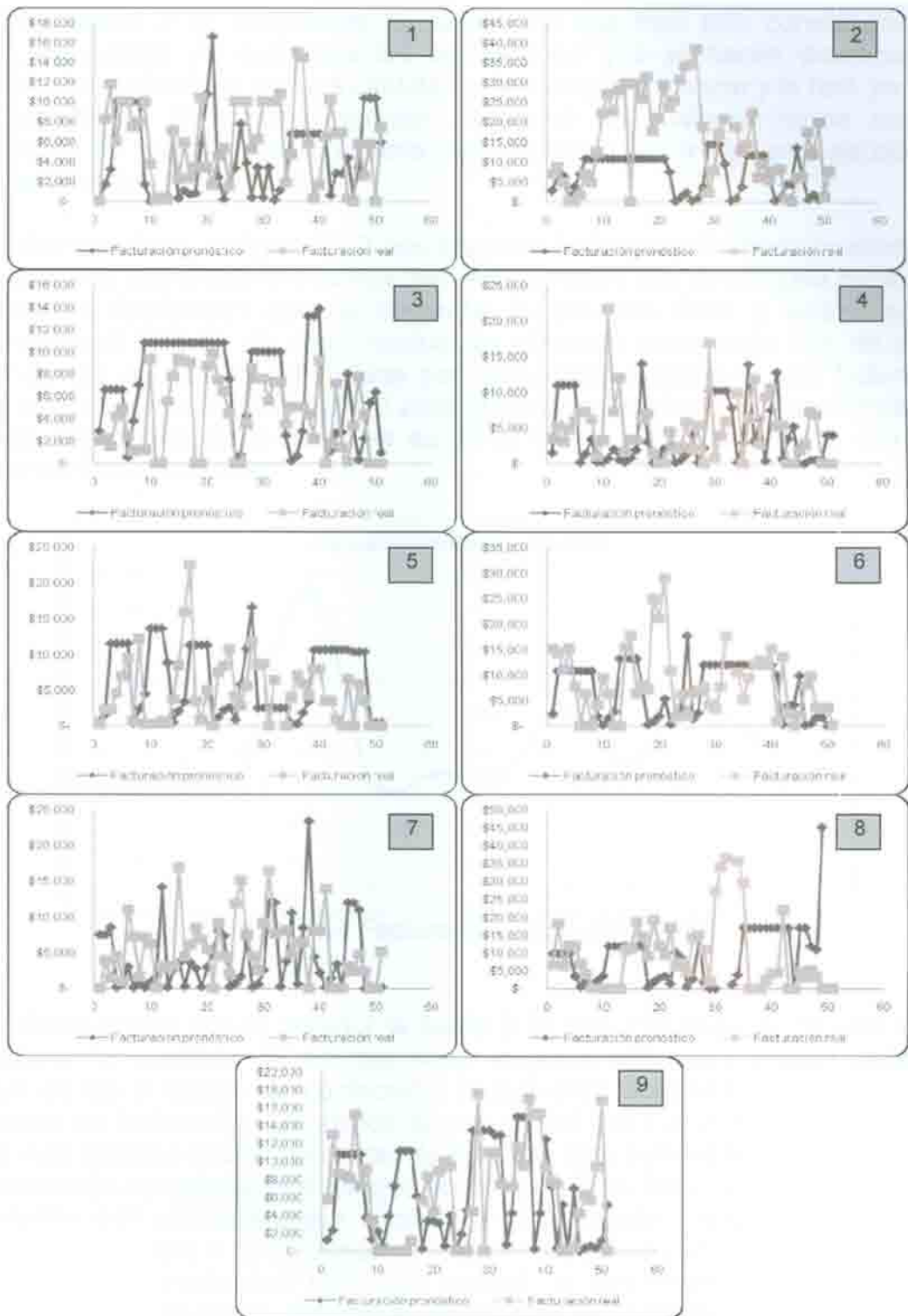


Figura 3.12 Diagramas de dispersión

La figura 3.12, diagramas de dispersión que han sido conectados con líneas, nos dejan ver que para las celdas 3,4,5 y 9 se tienen discrepancias negativas considerables entre la cantidad pronosticada a facturar y la real, para los otras se tienen diferencias menores pero que de cualquier forma resultan intrigantes. Un análisis más completo será realizado en la siguiente sección de este documento.

Por otro lado, la figura 3.13 nos presenta la facturación diaria promedio de cada celda de manufactura o confección, es muy claro que de ninguna manera es uniforme la distribución que se presenta, lo que nos lleva a asumir que el desempeño al interior de cada módulo es diferente para cada uno de éstos; sumando las cantidades producidas por cada entidad tenemos una facturación diaria promedio total de \$65,248.00 para el periodo estudiado, si recordamos que la meta estratégica de la empresa es de al menos \$100,000, existe una gran brecha por la cual trabajar.

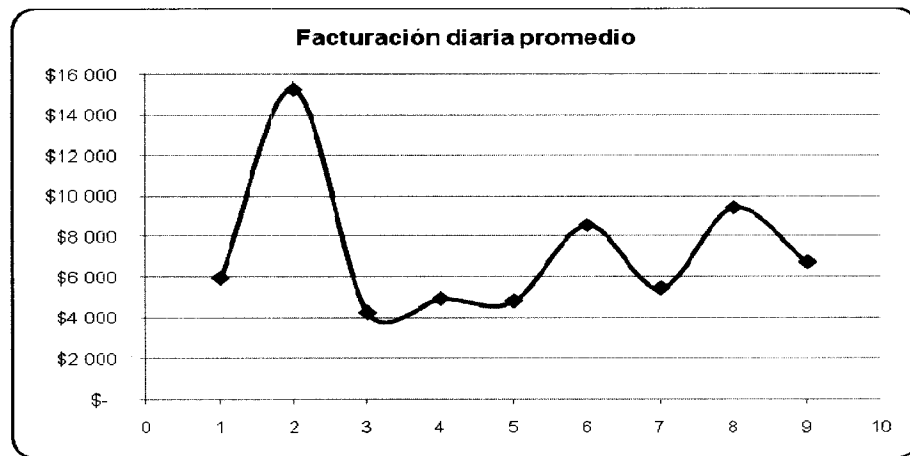


Figura 3.13 Facturación diaria promedio

Relacionado con lo anterior la figura 3.14 nos presenta una posible causa de porque la empresa no ha destinado mayores esfuerzos a estandarizar el trabajo de las 9 celdas de confección, lo que ellos actualmente analizan es el promedio de facturación pronóstico contra el real (similar a lo que se ve en la figura más abajo) y podría concluirse de ésta que el desempeño promedio del área de producción es satisfactorio, ya que en la mayoría de los registros estudiados la facturación real permanece por encima de la promedio, sin embargo, haciendo referencia a la figura 3.12 podemos darnos cuenta que hay una marcada variación en los trabajos realizados por cada unidad, el desempeño sobresaliente de algunas de éstas de forma engañosa sobreponen las carencias de otras.

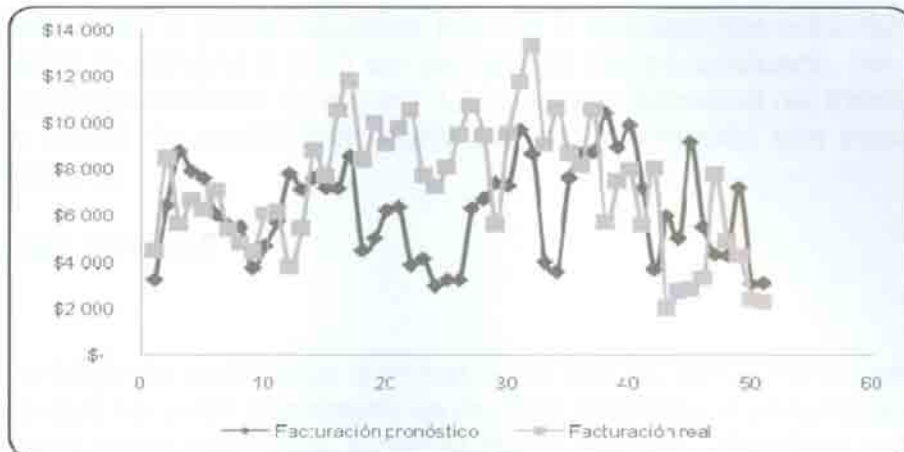


Figura 3.14 Facturación pronóstico y real promedio

Con el objetivo de mostrar el comportamiento del proceso, los datos del periodo estudiado fueron agrupados en 10 muestras de 5 observaciones cada una de ellas, se hizo así para analizar la facturación diaria agrupada en semanas de estudio, pues es de esta forma como la empresa analiza su desempeño al cierre de cada mes.

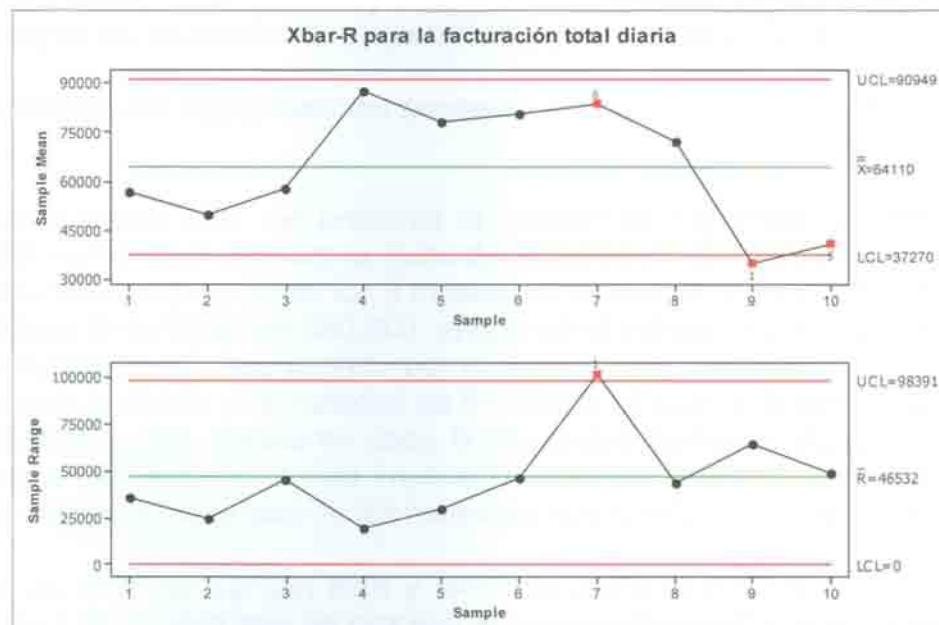


Figura 3.15 Gráfico X-R para la facturación total diaria

De la figura 3.15 podemos notar que la facturación total diaria promedio es de \$64,110.00, valor muy distante del objetivo de la empresa de facturar \$100,000 por día (determinado en base a la capacidad instalada y actualmente validado ya que en diferentes periodos se logra llegar a la meta), asimismo encontramos variación presente en el proceso, de hecho, para las semanas o muestras de la 5

a la 7 encontramos 3 puntos alejados más de 2 desviaciones estándar del límite central, y para la semana 9 y 10 del periodo de tiempo analizado, los puntos se ubican por debajo del límite de control. La falta de uniformidad del trabajo de cada una de las celdas de confección podría explicar la variación que evidencia este gráfico de control.

3.1.3 Análisis (Analyze)

En la etapa de análisis de la metodología DMAIC se define la parte o partes del proceso que no están trabajando de manera correcta en el sistema analizado. Tomando esto como referencia y con el fin de primero, identificar si existe una diferencia significativa entre las celdas de confección seleccionadas se realizará una prueba de comparación de medias de la facturación real para apreciar esto.

3.1.3.1 Software estadístico empleado

A lo largo de esta sección y para todas las pruebas estadísticas a relacionar en este proyecto, se empleó el paquete computacional Minitab 14.

3.1.3.2 Análisis de capacidad del proceso

En la figura 3.16 se presenta el análisis de capacidad del proceso, se determinó como valor objetivo la meta de facturación de \$100,000 diarios (suma de la facturación individual de los 9 módulos o celdas de confección), se fijó como límite inferior la cantidad de \$60,000, el cual es el ingreso mínimo que asegura un proceso rentable, así determinado por el dueño del proceso, y un valor de límite superior que asciende a la cantidad de \$120,000, el cual es la facturación máxima estimada que puede obtenerse dada la capacidad instalada actual de la planta, solicitar una cifra superior a ésta implicaría hacer uso de horas extras de trabajo y poner en riesgo la integridad de las máquinas que conforman el departamento.

Al tener un valor de C_p tan bajo y tomando como referencia que un valor por encima de 1.33 implica que un proceso es capaz (Bjorn, 2007), se puede concluir que el proceso no está siendo capaz de dar los resultados que la organización espera de éste, asimismo el valor de PPM es muy grande de forma alarmante. Los resultados se validan ya que la forma de los datos parece ajustarse a la distribución normal asumida previa a la realización del análisis.

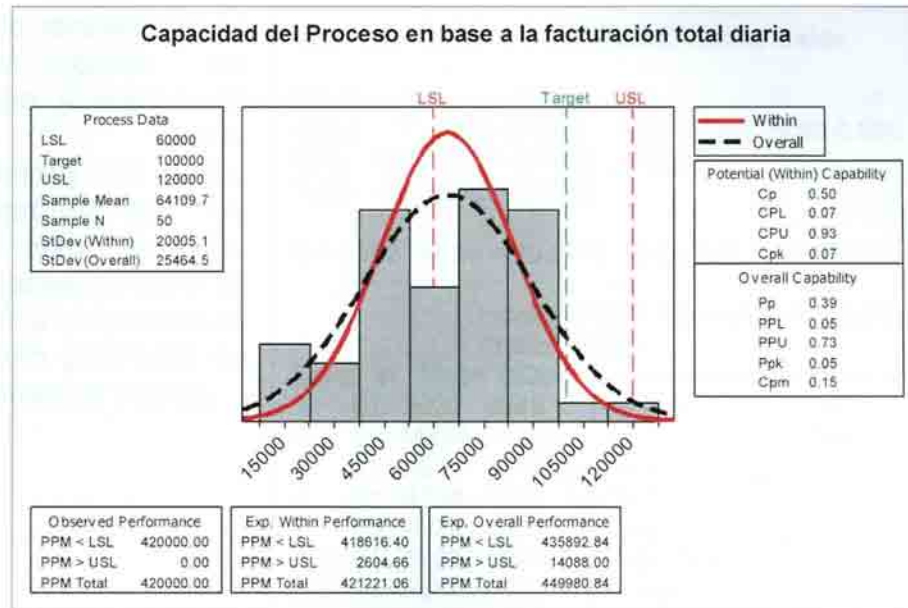


Figura 3.16 Análisis de Capacidad del Proceso

3.1.3.3 Comparación de media de facturación

Hipótesis Nula (Ho): No existen diferencias en el nivel de facturación para los 8 módulos o celdas de confección

$$\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_8$$

Hipótesis Alternativa (Hi): Existe diferencia significativa en el nivel de facturación para al menos un par de celdas o módulos de confección.

$$\mu_i \neq \mu_j \text{ al menos un par}$$

Los resultados se presentan en la figura 3.17, en la cual y por el P value obtenido se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula, es decir, existe una diferencia significativa entre el nivel de facturación que genera cada uno de los módulos de confección, además es visible que la celda 2, tiene un desempeño por encima del resto de los grupos de trabajo, de tal manera que se puede concluir asimismo que es esta entidad la que de alguna manera ha mantenido con tranquilidad a la gerencia pues sus fuertes ingresos mantienen en promedio números favorables para la empresa, ya que su facturación diaria cubre las carencias del resto de los módulos que están trabajando en niveles muy por debajo de un parámetro normal.

Los recursos tanto humanos como de maquinaria y equipo no están siendo aprovechados del todo y el departamento no percibe esto de una forma totalmente clara ya que analiza solamente el desempeño promedio de las unidades de trabajo.

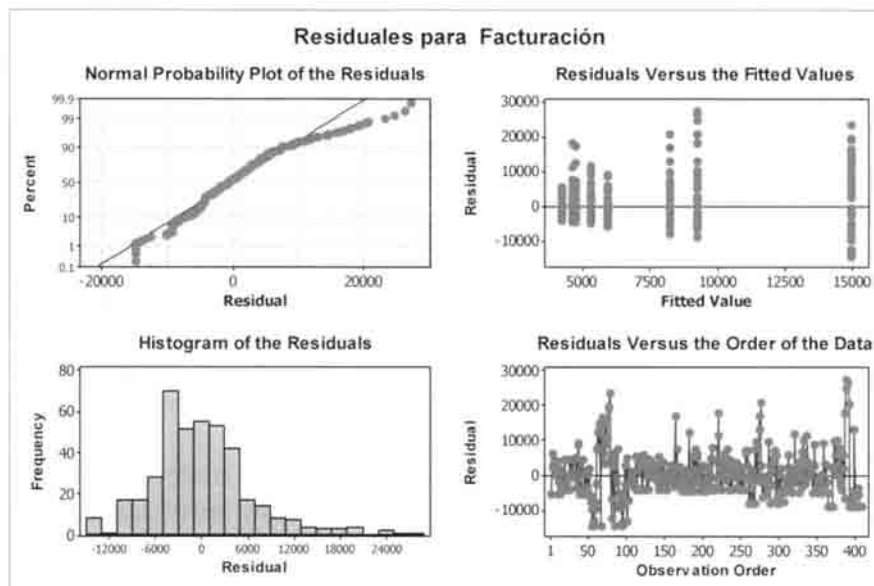
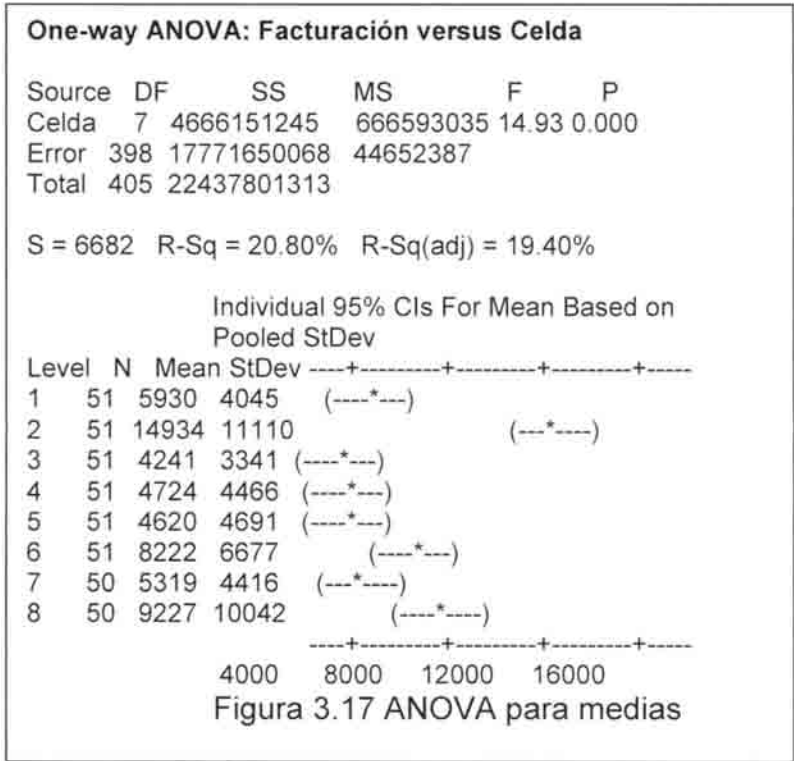


Figura 3.18 Gráficos de residuales para el ANOVA

Para validar el estudio realizado deben de verificarse los supuestos del ANOVA, del gráfico de probabilidad normal podemos concluir que se cumple el supuesto de normalidad y además la varianza es constante, por el volumen de los

datos se puede contar con algunos puntos extremos o outliers, que podrían explicar el comportamiento de los extremos de la curva normal, sin embargo su efecto no es tan relevante como para afectar las conclusiones arrojadas.

Ahora que se ha concluido que hay una diferencia significativa, se procederá a determinar de forma numérica el aporte que otorga cada módulo de confección a la facturación total, tras la identificación de esto, se analizará que es lo que hace tal celda para así tratar de replicarlo en los demás.

Para cumplir lo anterior, se llevó a cabo un análisis de regresión para conocer el porcentaje que agrega cada módulo a la facturación total promedio obteniendo:

$$Y = 10.27x_1 + 26.39x_2 + 7.35x_3 + 8.35x_4 + 8.16x_5 + 14.24x_6 + 9.21x_7 + 15.98x_8$$

Módulo	% de aporte a la facturación total
1	10.27
2	26.39
3	7.35
4	8.35
5	8.16
6	14.24
7	9.21
8	15.98

Tabla 3.2 Porcentaje de aporte de cada módulo

Es claro que el módulo 2 aporta una cuarta parte de la facturación total promedio de la empresa, el módulo 6 y 8 de la misma forma contribuyen con un porcentaje por encima del promedio, si consideramos que cada uno de forma ideal debería 12.5%, tenemos la mitad de ellos trabajando por debajo de este número, lo que nos lleva a concluir que algo sucede al interior del departamento que ocasiona esta importante variación.

El objetivo consiste en llevar al trabajo de tal manera que todos los módulos trabajen con parámetros estandarizados, asumiendo que la celda 2 trabaja al menos a un 75% de capacidad, ya que en promedio está 25% desfasado de las meta de \$100,000 que ha sido fijada por la gerencia, sin duda, se puede incrementar la facturación total de la empresa.

3.1.3.4 Análisis de trampas de tiempo

Las causas que detienen lo anterior ya han sido presentadas, más adelante se trabajará en dar solución a las mismas, sin embargo, antes es necesario presentar el análisis de trampas de tiempo que se llevó a cabo en conjunto con los involucrados en el presente proyecto, la figura 3.19 muestra el diagrama de proceso de nivel de detalle con las marcas en donde se identificaron operaciones que no agregan valor al producto final, y que por contrario demeritan el trabajo dentro del departamento de confección.

Como se presenta en el gráfico, se identificaron tres posibilidades de mejora del diagrama de proceso actual, primero, las actividades o pasos que pueden ser eliminados y por lo tanto reducir el tiempo de ciclo, es decir, aquellas que no tienen razón para formar parte de la rutina diaria, segundo aquellas pasos que pueden ser reducidos en su duración para mejorar el flujo del trabajo, reducir posibles demoras y hacer más eficiente el aprovechamiento de recursos, y finalmente en tercera instancia, aquellas que pueden ser movidas o desplazadas de su posición original para mejorar el proceso en conjunto, y de nueva cuenta, aumentar la facturación total y hacer un mejor uso de la capacidad instalada, en todos los casos, evitando al máximo el tiempo que no agrega valor al producto final, en este caso, las prendas que se confeccionan en la compañía, lo que además llevará a entregas más rápidas y de mayor calidad que se traducirán en clientes más satisfechos.

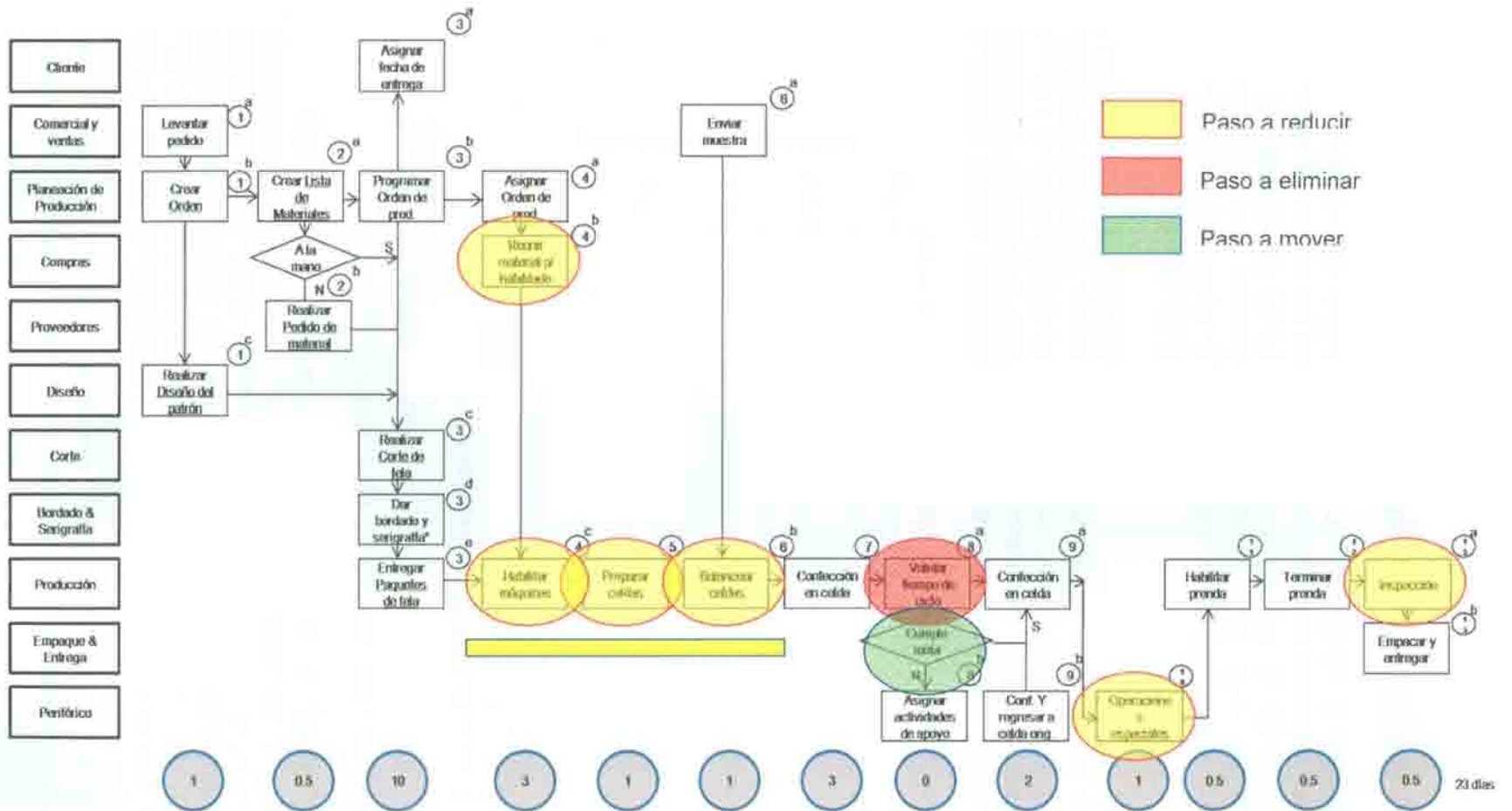


Figura 3.19 Diagrama de proceso con identificación de mejoras

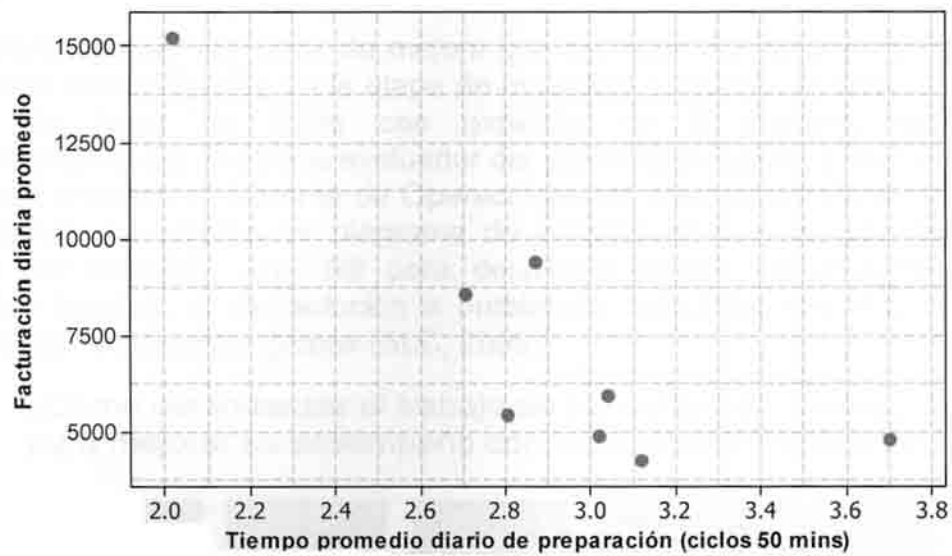
3.1.3.5 Análisis de correlación: tiempo de preparación vs facturación

El paso más crítico del proceso consiste en la habilitación, preparación y balanceo de celdas ya que consume un tiempo excesivo dentro del proceso, de hecho, actualmente se considera normal dedicar un día completo de trabajo a la preparación del módulo de confección, lo que claramente provoca un aprovechamiento poco eficiente del personal humano y equipo con el que se cuenta en el departamento.

Planteamiento de hipótesis

Hipótesis nula (H0): No existe correlación entre el tiempo de preparación promedio diario y la facturación promedio diaria de cada módulo.

Hipótesis alternativa (H1): Existe correlación entre el tiempo de preparación promedio diario y la facturación promedio diaria de cada módulo.



Coefficiente Pearson = -0.844
P- value de correlación = 0.008

Figura 3.20 Diagrama de dispersión preparación vs facturación

Para validar lo anterior, se presenta en la figura 3.20 el diagrama de dispersión que relaciona la facturación diaria promedio de cada módulo contra su tiempo promedio diaria dedicado a la preparación de la celda, es claro que existe una relación negativa, es decir, a mayor tiempo de preparación corresponde una menor facturación, el valor exacto de la correlación es de -0.844, lo que deja ver que en efecto es significativa; por otro lado, el p-value nos permite concluir con una significancia del 1% que se presenta una correlación entre la facturación y el tiempo de preparación. Asimismo podemos ver arriba a la izquierda como la unidad de trabajo número 2, se encuentra muy lejos del resto de los grupos en cuanto a las 2 variables evaluadas.

Capítulo 4. Resultados de la investigación

En este capítulo se abordarán las principales aportaciones del presente proyecto, las cuales abarcan la etapa de Mejora y Control de la metodología DMAIC.

4.1 Mejora (Improve)

En la etapa Improve el equipo de trabajo cerrará el enfoque general y descubrimiento de causas que se ha empleado anteriormente en el documento, ahora que conocemos el origen de los problemas, se especificarán los cambios requeridos en el proceso para obtener los cambios deseados, esto es, mejorar la facturación de la empresa a través de la estandarización del trabajo en los módulos de confección.

4.1.1 Identificación de mejoras

Para obtener las ideas de mejora que permitan dar solución a las causas analizadas e identificadas en la etapa de medición y análisis, se llevó a cabo una sesión de lluvia de ideas con expertos en la materia, conformados específicamente por el comité evaluador del presente proyecto, y asimismo con el dueño del proceso, el Gerente de Operaciones de la empresa. Para recopilar las aportaciones, se empleó un diagrama de afinidad, el cuál es una herramienta creada por Kawakita Jiro, útil para desplegar puntos de vista reunidos de diferentes fuentes, al dar solución a problemas complejos que requieren de la participación de diversos grupos (SLC, 2005).

¿Cómo estandarizar el trabajo de las celdas de confección para mejorar su desempeño con las causas identificadas?

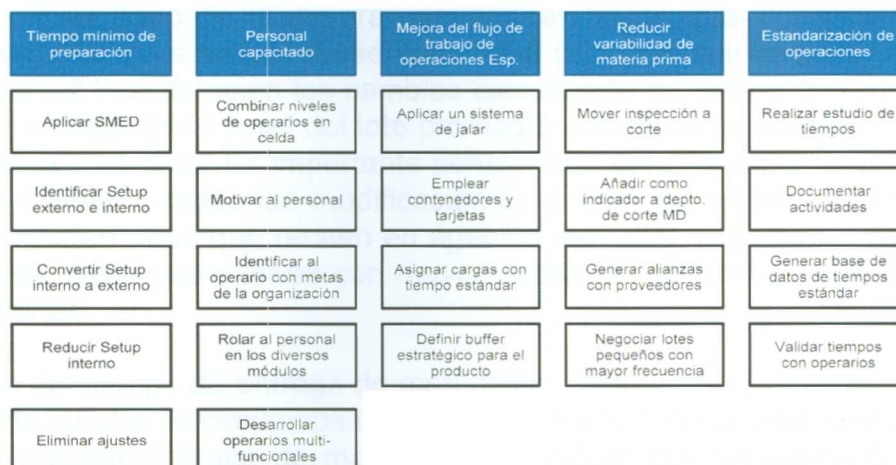


Figura 4.1 Diagrama de afinidad para ideas de mejora

4.1.2 Mejora del flujo del proceso

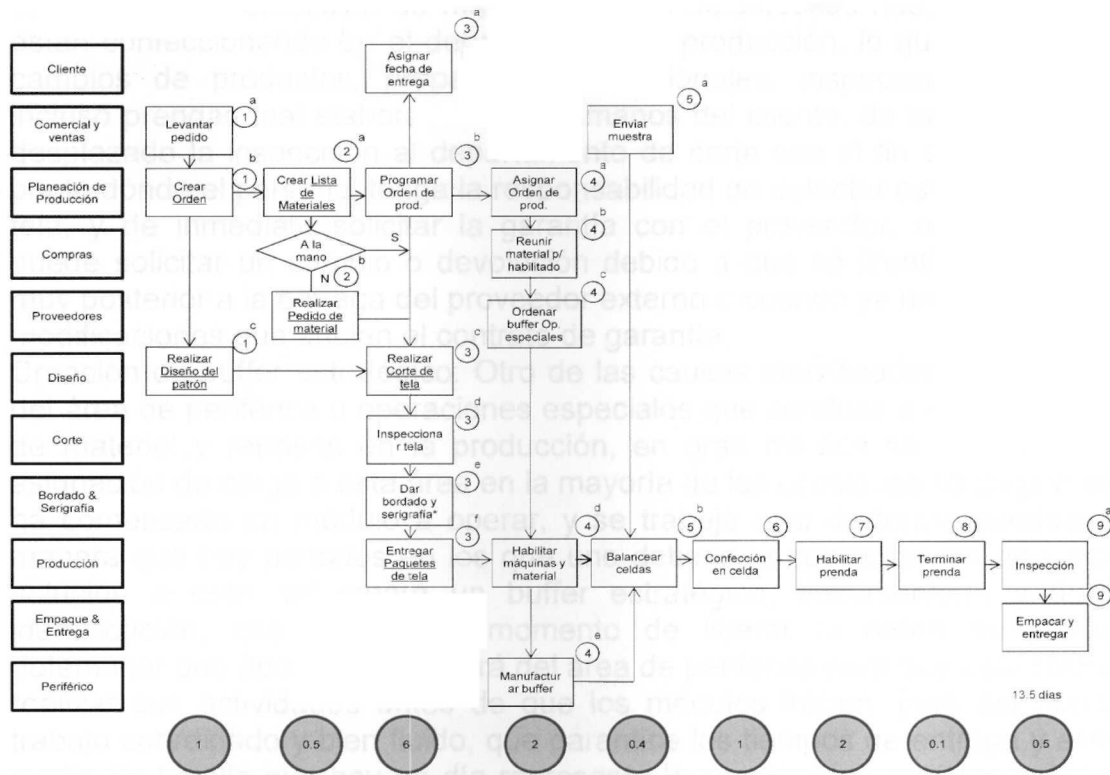


Figura 4.2 Diagrama de proceso mejorado

El primer paso de la mejora consistió en hacer más continuo el flujo del proceso estudiado, ya se han presentado las 3 acciones que se llevaron a cabo, y en la figura 3.21 se aprecian los cambios ejecutados, se estima una reducción del tiempo de entrega (*lead time*) del lote promedio estudiado en un 59%, es decir, se pasó de 23 a 13.5 días. Es importante señalar que esto se validará hasta una vez puestos en marcha todas las modificaciones, si bien la mayoría dependen de la empresa, existen otros que recaen en agentes externos, tales como proveedores, a los cuales habrá que evaluar con mayor detalle. A continuación se explican las modificaciones:

Reducción del tiempo de entrega de materiales: Cuando una empresa maneja una variedad de mezcla de productos tan amplia como lo hace la organización sujeta a estudio, no puede trabajar de manera convencional con los proveedores, de tal manera que se buscará generar alianzas estratégicas con éstos para contar el abastecimiento de lotes más pequeños pero más frecuentes, tomando como

argumento principal el alto volumen de materia prima que se maneja a lo largo del año como estrategia de negociación.

Inspección de materia prima: En secciones anteriores se identificó como una causa grave la detección de materias primas defectuosas hasta una vez que se están confeccionando en el departamento de producción, lo que lleva a retrasos, cambios de productos, preparaciones adicionales, inspecciones repetitivas e incluso prendas mal elaboradas en las manos del cliente, de tal forma que se ha desplazado la inspección al departamento de corte con el fin de que se en este punto dónde el personal tenga la responsabilidad de detectar este tipo de rollos de tela, y de inmediato solicitar la garantía con el proveedor, actualmente no se puede solicitar un cambio o devolución debido a que se identifica en una fecha muy posterior a la entrega del proveedor externo o cuando ya ha sufrido cambios y modificaciones que anulan el contrato de garantía.

Creación de buffer estratégico: Otro de las causas identificadas fue la saturación del área de periférico u operaciones especiales que conduce a demoras, pérdidas de material y retrasos en la producción, en gran medida se atribuye a que la asignación de carga a esta área en la mayoría de las ocasiones se da una vez que ha comenzado un módulo a operar, y se trabaja casi de forma paralela, de tal manera que hay periodos en los que uno detiene la operación del otro; para dar solución a esto, se creará un buffer estratégico, documentado y de previa identificación, que permita al momento de liberar la orden de producción, determinar que apoyo se requerirá del área de periférico para que esta comience a realizar sus actividades antes de que los módulos inicien, para así permitir un trabajo coordinado y bien fluido, que garantice los tiempos de entrega y elimine el cuello de botella que hoy en día representa la sección de periférico ocasionando los problemas ya citados.

Habilitación y preparación acortada: A través de la aplicación de la técnica SMED, que se abordará más adelante, se pretende acortar el tiempo que se destina a la preparación de la celda, en una producción con una mezcla de productos tan amplia, es crítico contar con tiempos de configuración verdaderamente cortos, de hecho, es una de las acciones centrales de mejora que serán ejecutadas,

Eliminación de la validación del balanceo: Hoy en día como se ha explicado, se lleva a cabo una verificación de la carga distribuida a cada módulo, esto para comprobar que el tiempo estándar que se identificó es real y se cumplirá con la meta establecida, se puede considerar este paso como parte de la preparación del módulo de confección ya que se presenta en el primer día de operaciones, el cual se destina prácticamente en su totalidad para alistar la producción, lo que propone es documentar los tiempos estándar de cada operación y producto que se elabora en la planta, para así no tener que re-obtenerlo al momento que se inicia un nuevo lote, como se hace ahora, esta estandarización se deberá llevar a cabo con un estudio de tiempo y movimientos, lo que evidentemente formará parte de un nuevo proyecto de mejora pues se mantiene fuera del alcance del presente por la cantidad de recursos que implica, sin embargo es una recomendación importante que no deberá dejar pasarse. Por otro lado, es posible ejecutar desde este

momento la eliminación del paso explicado ya que el **buffer estratégico** permitirá conocer con mayor precisión desde el comienzo si la meta se alcanzará, además de que el apoyo del área de periférico será solicitado con anterioridad a la operación inicial de la celda, y no a la mitad como se ilustra en el condicional que ahora ha sido removido.

Por último en el diagrama se puede ver que el paso de inspección final ha quedado reducido, esto al identificar una falta de capacitación del personal para evaluar cuando una prenda está lista para ser empaquetada, con esta instrucción que se dará, se reducirá el tiempo de inspección que actualmente destina la jefa de calidad del departamento, pues los propios operarios serán capaces de evaluar las prendas manufacturadas en el módulo.

4.1.3 Implementación de Mantenimiento Total Preventivo

Un sub-factor que tiene impacto sobre la causa representada por la saturación de operaciones especiales y que también lleva a cambios de productos no planeados, es el tiempo muerto (*downtime*) que sufren las máquinas de los diferentes módulos. Actualmente, se cuenta con una sola persona que da las funciones de mantenimiento, la cual, arregla la máquina en la misma celda y esto implica detener las operaciones por completo, o de lo contrario la formación excesiva de WIP al tener un elemento operativo detenido.

Con el objetivo de contra-restar esta problemática, se ha decidido poner en marcha un Programa de Mantenimiento Total Preventivo (TPM), el TPM, sistema desarrollado en Japón con el fin de eliminar pérdidas, reducir paradas y garantizar la calidad disminuyendo costos de procesos continuos (JIPM, 2005), tiene como sustento el personal humano y es una herramienta de alto alcance y apoyada en un gran número de técnicas especializadas, debido a que el enfoque de este proyecto se desea ver ejecutado cuánto antes, se optó por aplicar en concreto las siguientes acciones:

- **Acciones preventivas:** entrenamiento y mantenimiento autónomo; Si bien la empresa tiene dudas acerca de capacitar a profundidad en las técnicas de reparación y configuración avanzada de las máquinas a los operarios, por temor a sufrir averías o fallas premeditadas o "complot" de la operación (problema fuera del alcance de este proyecto), lo que sí se hará es capacitar al personal en las áreas de principal interés para que realicen cotidianamente el cuidado y aseo del equipo, su área de trabajo y promover la seguridad en su espacio laboral, el Jefe de Línea será el encargado de supervisar estas labores, asegurándose que al final de cada turno, cada operario de el mantenimiento preventivo que requiera la maquinaria con la cual trabaja, de aseo a su espacio y mantenga las condiciones apropiadas

para garantizar su seguridad y validará esta tarea en un formato especial que será firmado por el responsable de cada módulo de confección. En la figura 3.22b se presenta el formato desarrollado con las acciones básicas principales a desarrollar al final de cada jornada, lo cual es lo mínimo necesario que se ha identificado para mantener el correcto funcionamiento del equipo, reducir el *downtime* del mismo y al mismo tiempo el tiempo de preparación del inicio de operaciones del siguiente día.

Mantenimiento preventivo		
Departamento de Confección PESA Uniformes		
Fecha: / /	Módulo:	
Acción	C	Observaciones
1.-Verificar nivel de aceite, y corregirlo		
2.-Verificar el funcionamiento del devanador y guarda bandas y corregirlo		
3.-Verificar la existencia del porta conos y su funcionamiento		
4.-Cambiar el poste roto y/o pintarlo		
5.-verificar la integridad del cable y/o reponerlo		
6.-Verificar si funciona la clavija y/o reponerla		
7.-Verificar si existen todos los platillos y resortes de la tensiones y/o reponerlos		
8.-Verificar la integridad del cabezal Display y botón de remates		
9.-Verificar si la cubierta esta completa, si tiene algún levantamiento y reponerla o pegarla		
10.-Verificar la integridad de la caja electrónica y sopletear		
11.-Verificar la circulación del aire en el equipo templex, si no tiene algún elemento suelto o roto; reparar y/o arreglar		
12.-Tallar y limpiar la estructura de la mesa y/o pintarla		
13.- Ajustar la altura del pedal		
Supervisó:		
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>		
<i>Marcar en la casilla "C" el símbolo "✓" si la tarea se llevó a cabo o "X" en caso contrario.</i>		

Figura 4.3 Formato de mantenimiento preventivo

- Análisis de datos: Se encomendará al Jefe de Mantenimiento que documento diariamente las reparaciones que lleva a cabo, con el objetivo de determinar cuales son las averías más comunes, para por un lado, adquirir las refacciones o herramientas necesarias que faciliten la

reparación de dicho problema, pero principalmente, para determinar que es lo que está ocurriendo dentro del proceso que lleva a la ocurrencia de dichas fallas técnicas, el análisis de estos datos llevará a un mejor entendimiento de la operación del equipo de los módulos.

- Acciones curativas: El Jefe de Mantenimiento dividirá las reparaciones en dos rubros, primero, las micro-paradas, tendrá 10 minutos como máximo para reparar en el sitio la máquina que se ha averiado, si trascurrido este momento no ha logrado poner a funcionar nuevamente el equipo, lo clasificará como, segundo, una parada mayor, que implicará trasladar el equipo al área de reparación y la sustitución inmediata por otro funcional, el propósito es minimizar el tiempo de detención de las operaciones dentro de los módulos; el equipo de repuesto actualmente ya se tiene, pues la última renovación de la maquinaria ha dejado algunos equipos que pueden sustituir momentáneamente operaciones en este tipo de situaciones. El Jefe de línea evaluará el desempeño del jefe de mantenimiento, asegurándose que cumpla con lo establecido y considerándolo parte de su evaluación general. Este programa se ejecutará con el nombre de TPM-10, para así mantener un estándar en el registro de actividades y su identificación sea inmediata por todos los operarios del departamento.

Es fundamental que las acciones curativas se complementen con reportes sencillos de cada reparación, con el fin de llevar un control de las mismas e identificar patrones o causas comunes que puedan ser prevenidas y no atenderse hasta una vez que se convierten en una descompostura que detiene las operaciones normales del módulo, además, servirá para tener documentas aquellas prácticas que de forma rápida dan soluciones a problemas regulares e incluso compartirlas con los operarios del módulo, así además se atenderá la actual problemática relacionada con la carencia de documentos o registros que vinculadas a los servicios de mantenimiento y reparación.

4.1.4 Implementación de SMED

En gestión de la producción, SMED es el acrónimo de *Single Minute Exchange of Dies*, que implica un cambio de herramientas muy rápido, haciendo alusión a los dados de troquelado que comúnmente son herramientas complicadas de cambiar cuando se modifica la producción de determinada unidad.

La idea general es que cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más un minuto, y debemos entender como tiempo de preparación por cambio de herramental a aquel que transcurre desde que salió la última pieza valida producida, hasta que se obtiene otra pieza correcta de una nueva serie, su objetivo principal es reducir el tamaño del lote y tener la flexibilidad

necesaria para abastecer diferentes tipos de productos, y es de ideal aplicación en empresas que manufacturan una amplia mezcla de producción. Algunos de los beneficios de SMED son:

- Producir en lotes pequeños
- Reducir inventarios y WIP
- Tiempos de entrega más cortos
- Carga más equilibrada en la producción diaria
- Reducir costos
- Hacer la primera pieza bien cada vez

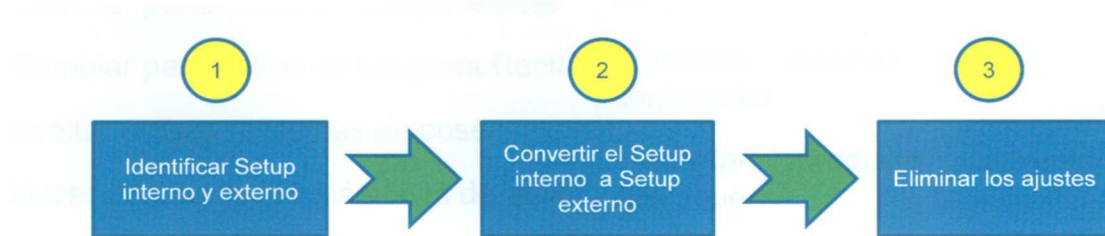


Figura 4.4 Pasos de SMED

En numerosas ocasiones se ha presentado la problemática de PESA Uniformes en cuanto al tiempo de preparación, hemos visto que en promedio se dedica un día entero de producción a la preparación del módulo de confección, lo cual de ninguna manera está alineado con el objetivo estratégico de surtir cualquier tipo de producto sin importar el volumen, lo que lleva a que en ocasiones producir una cantidad pequeña de prendas, representa una pérdida considerable para la empresa, que sin embargo no puede dejar de surtir, con el fin de satisfacer a todos sus clientes. En función de lo anterior, a continuación se presenta la aplicación de la metodología SMED, o configuración inicial de 3 pasos.

4.1.4.1 Paso 1: Separación de Setup interno y externo

El primer paso de la metodología consiste en identificar el Setup interno y externo, el primero de ellos se define como todos aquellos pasos que deben ser completados únicamente con la máquina apagada, mientras que el externo, son todas aquellas actividades que pueden hacerse con el equipo aun funcionando, el encontrar formas alternativas de realizar el Setup mencionado al final, se puede reducir el tiempo de preparación en un 30 o 50% (George, 2002).

Módulo o Celda de Confección	
Setup Interno	Setup Externo
Cambio de agujas de la máquina Over	Obtener hoja de producción

Cambio de agujas de la máquina Recta	Reunir material de habilitado (hilos, etiquetas, botones, cierres, broches) del área de comprar
Remover hilo de la máquina Recta	
Remover hilo de la máquina Over	Realizar conteo físico y validar suficiencia de material en base a hoja de producción
Montar nuevo hilo en la máquina Recta	
Montar nuevo hilo en la máquina Over	Trasladar material de habilitado al rack de materia prima
Llenar la bobina o canilla con hilo nuevo	
Cambiar parámetros de máquina Over	Limpiar el módulo
Cambiar parámetros de máquina Recta	Trasladar mermas y desechos a contenedor
Aceitar ambas máquinas de coser	Trasladar producto terminado a empaque
Hacer prueba de las máquinas de coser	
Validación de las operaciones asignadas durante el balanceo	Obtener nuevos rollos de tela
Confeccionar primera pieza	Validar suficiencia en cantidad y calidad de la tela en base a hoja de producción
	Trasladar nuevos rollos de tela al rack de materia prima
	Obtener muestra de la prenda a confeccionar del área de ventas
	Trasladar muestra de la prenda al módulo de confección
	Revisar secuencias de operaciones de la prenda a confeccionar
	Balancear secuencia de operaciones
	Asignar tareas a cada operario

Tabla 4.1 Separación de Setup Interno y Externo

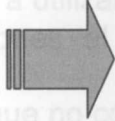
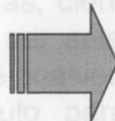
De este paso inicial se ha logrado mejorar de forma significativa la forma en que fluye la operación de preparación del módulo ya que gran cantidad de las actividades listadas en la columna derecha de la tabla 3.3, es decir el Setup externo, previamente se realizaba hasta que la celda se detenía, lo que retrasaba el proceso. Un punto crítico que se ha incluido es la revisión del material de habilitado y de los rollos de tela, ya que es muy frecuente hoy en día el tener que ir

al menos un par de veces a obtener más materia prima pues no ha sido la suficiente, o en el peor de los casos, detener las operaciones ya que la lista de materiales no fue abastecida y esto se identifica ya iniciada la confección de la prenda.

4.1.4.2 Paso 2: Convertir Setup interno a Setup externo

Si bien con el paso anterior se logró hacer más eficiente el proceso de preparación del módulo, existe aún la posibilidad de convertir el Setup interno en Setup externo en alguna medida, para así minimizar el número de actividades que tienen que ser completadas hasta una vez que se han detenido las operaciones. Como George (2002) señala, la pregunta que debemos hacer es ¿Por qué tenemos que apagar la máquina para realizar este paso?

La tabla 3.4 nos muestra las actividades que se lograron convertir en Setup externo o al menos acelerarlas con el fin de mantener al mínimo el *downtime* del módulo de confección.

Setup Interno		Estrategia para convertir a Setup externo o acelerar la operación
Cambio de agujas de la máquina Over Cambio de agujas de la máquina Recta		El personal de periférico u operarios del mismo módulo, dispondrán en un contenedor especial las agujas que requiere el nuevo lote de producción, y lo pondrán a un lado de la máquina al menos 30 minutos antes del cierre de operaciones, para que tan pronto esto suceda, se realice el intercambio y se deposite las ya utilizadas, así será un flujo más continuo y se evitara pérdidas de herramientas como hoy sucede.
Montar nuevo hilo en la máquina Recta Montar nuevo hilo en la máquina Over		Aplicará la misma estrategia de arriba, el operario tendrá la responsabilidad de distribuir a cada máquina el nuevo hilo a utilizar con al menos 30 minutos de anticipación, y validará la información con el Jefe de línea para asegurarse que entrega el material correcto.
Cambiar parámetros de máquina Over Cambiar parámetros de		El encargado de reparar las máquinas, analizará con al menos 1 hora de anticipación la hoja de producción del nuevo lote, e identificará que cambios

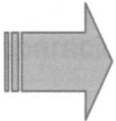
máquina Recta		requiere el equipo o máquinas de coser para satisfacer las nuevas especificaciones, las documentará y entregará en formato de post-it al adherirlas sobre la máquina que deberá sufrir el cambio, para que tan pronto se detengan las operaciones, se lleve a cabo la modificación, hoy en día estos ajustes se hacen hasta que se paran las operaciones y se realiza con el modo de a “prueba y error”, será labor del jefe de reparaciones y mantenimiento identificar y documentar los parámetros necesarios de cada máquina en base al tipo de operación, hilos y materiales a utilizar.
---------------	---	--

Tabla 4.2 Setup interno a externo

4.1.4.3 Paso 3: Reducir los ajustes

Los principales ajustes que hoy en día tienen lugar dentro de los módulos de confección son los siguientes:

- Calibrar tipo de agujas a utilizar y sustituir en caso necesario,
- Re-balancear operaciones al no observar el cumplimiento de la meta establecida,
- Cambios de hilos por que no corresponde al color de la tela,
- Cambios en el procedimiento de confección al detectar fallas o detalles que impiden manufacturar la pieza completa,
- Calibrar máquinas en sus diferentes parámetros por el Jefe de Reparaciones.

Con las medidas ya tomadas e indicadas en secciones anteriores, se permitirá reducir los ajustes relacionados con el uso de material de habilitado, que corresponde a los hilos, agujas, cierres, entre otros elementos, los cuales con el procedimiento actual suelen ser seleccionados de manera apresurada y resulta con frecuencia en errores que ocasionan el desperdicio de las primeras piezas o el tener que detener el módulo para re-abastecerlo con esta materia prima, recordando del paso anterior, ahora todo esto será preparado previo a la detención de las operaciones, lo que permitirá un tiempo mayor para seleccionar cuidadosamente cada uno de los componentes a emplear en el proceso.

De forma similar, el ajuste en los parámetros de las máquinas será minimizado ya que el Jefe de Reparaciones tendrá como tarea revisar con

anticipación la nueva orden de producción para anticipar las modificaciones necesarias que debe sufrir el equipo y ejecutarlo tan pronto éste esté disponible, ya se ha mencionado que actualmente se hace una vez que todo está detenido, lo que demora el proceso de preparación.

El punto que no está siendo cubierto es el correspondiente a los cambios o ajustes que tienen que hacerse en el módulo cuando la Jefa de Calidad identifica una pieza que no cumple con las características adecuadas para luego ser ensamblada con el resto de los elementos o que darán un pobre funcionamiento o presentación al producto, tales como bordes o costuras demasiado gruesas, líneas de costura mal ubicadas o realizadas en los extremos de la pieza, lo que impide su ensamble con otras, por citar algunas de las fallas frecuentes, sin embargo el principal problema es que es regular que este tipo de situaciones se identifican hasta una vez que un lote o ciclo ha sido completado, lo que aumenta la cantidad de producto re-trabajado o desechado por no ser candidato a repararse.

Lo anterior será corregido asignando a la Jefa de Calidad junto con el Jefe de Línea, el validar una pieza completa terminada previo a la iniciación de operaciones en la celda de confección, para así validar que las operaciones balanceadas en el módulo funcionan adecuadamente y que al final en su conjunto garantizan, de forma probada, un producto que cumple con las especificaciones de calidad esperadas. Los operarios serán informados que, no se puede iniciar operaciones hasta que la primera pieza ha sido inspeccionada y validada por las personas ya mencionadas, esto se indicará poniendo una pequeña bandera roja cuando el producto final aún no ha sido verificado, y una bandera verde, ambas colocadas al centro del módulo, que indica que las operaciones pueden ejecutarse de manera normal.

4.1.5 Validación estadística de los resultados

Una vez implementados los cambios ya descritos anteriormente, los cuales evidentemente persiguen mejorar el proceso estudiado, se procede a validar de forma estadística que en efecto se consiguió tener impacto positivo sobre los indicadores.

4.1.5.1 Tamaño de la muestra

Como se presenta en el diagrama de Gantt del presente proyecto, se cuenta con un periodo de 4 semanas para evaluar los resultados tras ser aplicadas las acciones de mejora, de tal manera que el tamaño de la muestra corresponde a la facturación diaria individual de cada módulo o celda de confección a lo largo del intervalo señalado, es decir, 20 observaciones. Si bien es

claro que lo ideal es contar con un volumen mayor de datos, por las restricciones de tiempo y características del indicador evaluado se considera suficiente para los propósitos de esta sección.

4.1.5.2 Pruebas de hipótesis

En este apartado se presentan las diferentes hipótesis que habrán de ser probadas con el fin de validar los resultados.

4.1.5.2.1 Incremento en facturación promedio y entregas en tiempo

Ya ha sido establecido que el principal objetivo del presente proyecto consiste en estandarizar el trabajo de cada uno de los 9 módulos de confección y de la misma manera mejorar el desempeño del proceso con el fin de acercar su facturación total, CTQ fundamental para la empresa, a la meta establecida por la gerencia de la compañía, se sabe que existe potencial suficiente para tener mejores números en este parámetro, sin embargo ya ha sido evidenciado que no se están aprovechando los recursos en plenitud.

La primer prueba consiste en evaluar si hubo algún incremento significativo en la facturación diaria promedio, primero de forma individual por las celdas, y luego en su conjunto.

Hipótesis Nula (H0): No existe diferencia entre la facturación promedio diaria individual de los módulos de confección con respecto al valor original

Hipótesis alternativa (H1): La facturación promedio diaria individual es mayor que la anteriormente obtenida (previo a la aplicación de las mejoras)

Empleando Minitab, se llevó a cabo una prueba T para dos muestras para verificar lo anterior, siendo los resultados:

Two-Sample T-Test and CI: FPI - dM, FPI

Two-sample T for FPI - dM vs FPI

	N	Mean	StDev	SE Mean
FPI - dM	9	8586	1536	512
FPI	9	7250	3463	1154

Difference = μ (FPI - dM) - μ (FPI)

Estimate for difference: 1336.58
 95% lower bound for difference: -868.09
 T-Test of difference = 0 (vs >): T-Value = 1.06 P-Value = 0.153 DF = 16
 Both use Pooled StDev = 2678.7552

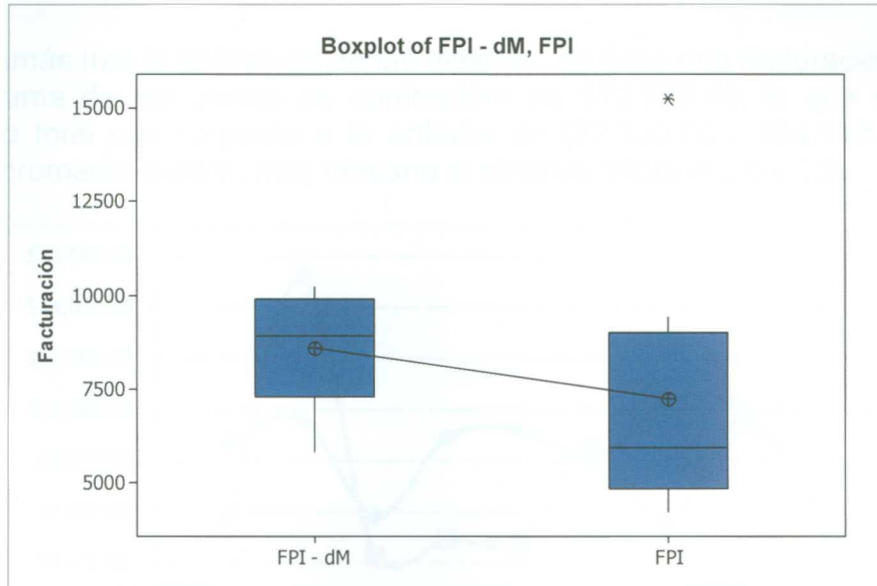


Figura 4.5 Box Plot de facturación promedio individual

El p-value para la prueba es 0.153, lo que indica que podría aceptarse la hipótesis nula que establece que no hay una diferencia significativa, sin embargo, como podemos ver en la figura 4.5, existe un valor fuera de lo común o *outlier* que podría estar afectando el análisis, éste corresponde a la facturación de la celda 2, la cual decayó abruptamente pero no por un desempeño inferior, sino porque se presume que la carga se distribuyó de forma más equitativa, para validar este supuesto, el punto 2 fue eliminado del análisis y los resultados son los esperados:

Two-Sample T-Test and CI: FPI - dM, FPI

Two-sample T for FPI - dM vs FPI

Difference = μ (FPI - dM) - μ (FPI)
 Estimate for difference: 2203.92
 95% lower bound for difference: 680.60
 T-Test of difference = 0 (vs >): T-Value = 2.55 P-Value = 0.012 DF = 14
 Both use Pooled StDev = 1729.7527

El p-value ahora es de 0.012, lo que nos permite concluir que con una significancia del 2%, se puede rechazar la hipótesis nula, es decir, la facturación

diaria promedio individual es superior una vez que han sido implementadas las acciones de mejora, teniendo un aumento promedio estimado de \$2204 en cada módulo de confección.

Además tras la aplicación de las mejoras, se tiene una facturación promedio total (la suma de las celdas de confección) de \$72,739.00, lo que significa un incremento total con respecto a la anterior de $(72,739.00 - \$64,110.00)$ \$8,629 pesos en promedio diarios, muy cercano al objetivo inicial establecido.

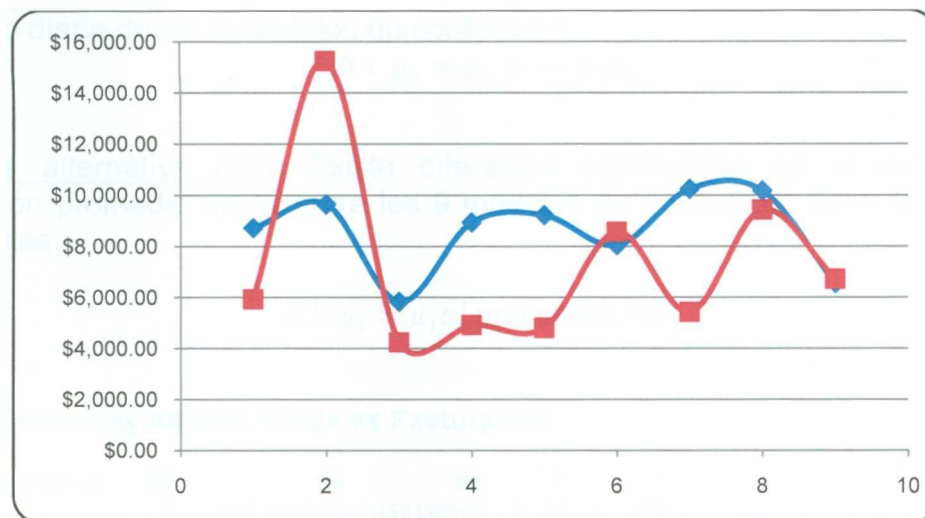


Figura 4.6 Comparación de facturación promedio individual

En la figura 4.6 apreciamos que la facturación promedio tras la aplicación de las mejoras (línea azul) se encuentra por encima casi en todos los módulos de confección, excepto para el 2, lo cual como se ha comentado, puede hacer referencia a la estandarización que se persigue, asignando cargas de trabajo más balanceadas a las diferentes celdas.

Es fundamental señalar que el principal motivo de esta, mejora que se representa en el incremento de la facturación, se debe a la aceleración del proceso de preparación del módulo, lo que ha reducido de forma significativa los tiempos muertos u ociosos de las unidades de producción.

En cuánto al aumento en el indicador de entregas en tiempo, para el periodo estudiado se ha observado un cumplimiento del 100%, sin embargo no lo consideramos del todo significativo y se hablará con mayor detalle de esto al final del documento.

4.1.5.2.2 Estandarización del trabajo

No puede omitirse probar el resultado más importante del presente proyecto, consistente en cumplir el objetivo de estandarizar el trabajo de los módulos de confección, es decir, que la facturación promedio de cada uno de ellos se encuentre en niveles homogéneos, si bien ya ha sido probado un aprovechamiento más eficiente de los recursos al aumentar la facturación, es necesario validar que el trabajo se asigna con equilibrio entre las celdas de confección.

Hipótesis Nula (H0): No existe diferencia significativa en los niveles de facturación promedio diaria de los 9 módulos de confección.

$$H0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_8$$

Hipótesis alternativa (H1): Existe diferencia significativa en el indicador de facturación promedio diaria entre los 9 módulos de confección para al menos un par de ellos.

$$H1: \mu_i \neq \mu_j \text{ al menos un par}$$

One-way ANOVA: Celda Vs Facturación

Source	DF	SS	MS	F	P
C1	8	369718902	46214863	1.34	0.227
Error	169	5832093872	34509431		
Total	177	6201812774			

S = 5874 R-Sq = 5.96% R-Sq(adj) = 1.51%

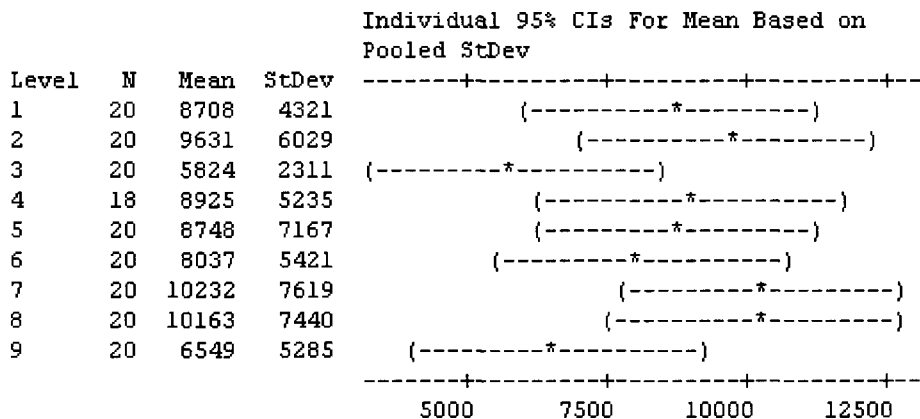


Figura 4.7 ANOVA para la facturación por módulo

De la Figura 4.7 podemos concluir que, al tener un p-value de 0.227, no se puede rechazar la hipótesis nula, es decir, la facturación promedio diaria para los 9

módulos es igual, lo que implica que se ha conseguido parcialmente el objetivo de estandarizar la operación. A pesar de lo anterior, es aún claro que los módulos 3 y 9, si bien mejoraron considerablemente su desempeño con respecto al periodo previo a las mejoras, aún poseen áreas de oportunidad que les permitirían aprovechar de una mejor manera los recursos disponibles. La figura 4.8 es un completo a lo ya aseverado, los módulos mantienen relativa homogeneidad en la facturación que arrojan diariamente, lo que antes no se presentaba.

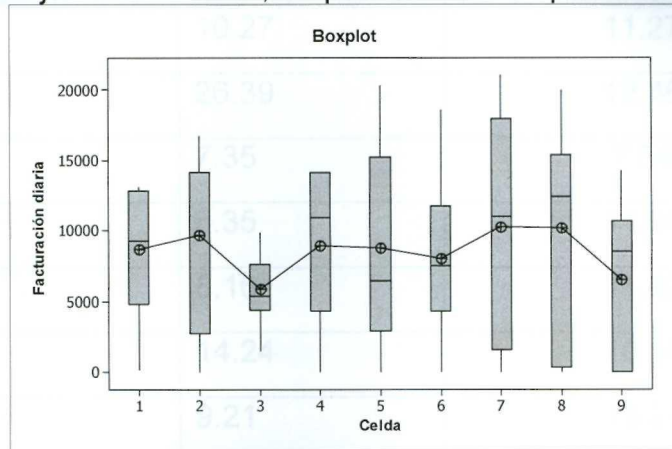


Figura 4.8 Boxplot de facturación por celda

Finalmente, el cumplimiento de los supuestos no representa un problema ya que como se ve en la figura 4.9, la varianza constante y el ajuste a la distribución normal se cumplen, aunque es posible apreciar el impacto de los módulos que aún permanecen por debajo de su desempeño ideal, al mostrar comportamientos fuera de rango en los extremos de la línea y asimismo en las varianzas.

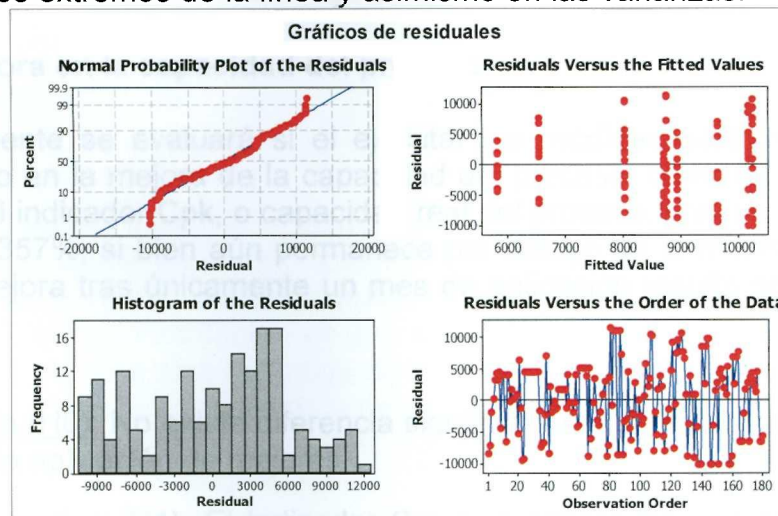


Figura 4.9 Gráficos de residuales para ANOVA

Es interesante analizar ahora cual es el porcentaje que aporta cada módulo a la facturación promedio total diaria, la tabla 4.2 nos permite ver que los porcentajes

luego de la aplicación de acciones de mejora permanecen más estables, y no hay de forma contundente una celda que tenga un desempeño inferior o superior a alguna otra del grupo.

Módulo	% de aporte a la facturación total (antes)	% de aporte a la facturación total (después)
1	10.27	11.27
2	26.39	12.46
3	7.35	7.54
4	8.35	11.55
5	8.16	11.92
6	14.24	10.40
7	9.21	13.24
8	15.98	13.15

$$Y = 11.27X1 + 12.46X2 + 7.54X3 + 11.55X4 + 11.92X5 + 10.40X6 + 13.24X7 + 13.15X9$$

Tabla 4.3 Porcentaje de aporte de cada módulo

4.1.5.2.3 Mejora en la capacidad del proceso

Finalmente se evaluará si el ejecutar las medidas implementadas tuvo algún impacto en la mejora de la capacidad del proceso, como se presenta en la figura 4.10, el indicador Cpk, o capacidad real del proceso, tuvo un incremento del (.25/.07) del 357%, si bien aún permanece por debajo de lo mínimo deseable, el tener esta mejora tras únicamente un mes de aplicación resulta prometedor para la empresa.

Hipótesis Nula (H0): No existe diferencia significativa entre el indicador Cpk previo y posterior a la aplicación de mejoras.

Hipótesis alternativa (H1): El indicador Cpk tras aplicar las mejoras es más alto que aquel previo a esta etapa.

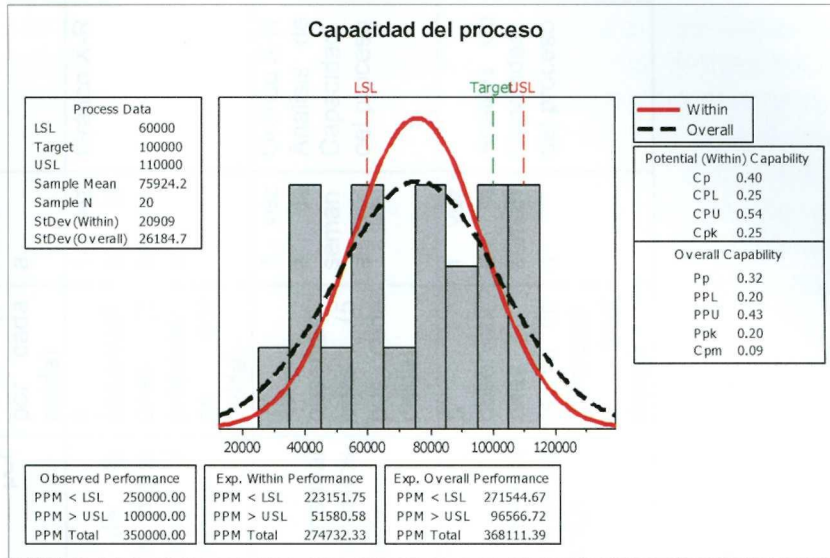


Figura 4.10 Capacidad del proceso tras mejoras

4.1.2 Control (Control)

Validados los resultados, con los cuales concluimos que las acciones de mejora tuvieron un impacto positivo sobre el indicador de Facturación diaria promedio, y además a la par en el de entregas en tiempo, esto por la reducción del tiempo de preparación, el cual pasó de 10 ciclos en promedio, a 5.7 actualmente, esperando que aún puede decrecer en los siguientes meses de implementación, en esta etapa se establecerán las medidas de control que garanticen que las mejoras se sostengan a lo largo del tiempo y, de ser posible, sean replicadas a otras áreas de la compañía.

4.1.2.1 Medidas técnicas

En la tabla 4.3 tenemos el plan de control, el propósito de éste es asegurar que el proceso opere de forma consistente y de acuerdo al *target* u objetivo establecido con la menor variación posible, en este caso se fijará en base a lo observado en la implementación de las mejoras y además se fijará la acción a seguir en caso de que algo se salga de control (OCAP). La falta de éste podría ocasionar un fracaso post-proyecto y demeritaría la credibilidad de las soluciones establecidas. Las acciones deberán ser ejecutadas por el Planeador de Producción (1) y por el Jefe de Línea (2, 3, 4) para así garantizar que las acciones de mejora desplegadas permanezcan a lo largo del tiempo.

Index	Paso del proceso	Función del proceso	Características		Target/Esp	Técnica de medición	Muestra		Método de control	OCAP
			Producto	Proceso			n	Freq		
1	P	Confeccionar prendas	-	Evaluar la uniformidad del trabajo de las 9 celdas	Target = variación máxima de $\pm 1,500.00$	Revisión manual de la facturación individual por módulo	45 observaciones (5 por cada celda)	1 vez a la semana	ANOVA	Contactar a Jefe de línea
2	P	Preparar módulo de confección	-	Medir el tiempo en ciclos que se destina a la preparación	Target = 5 ciclos	Análisis de la facturación diaria por módulo / cronometración	9 observaciones (1 preparación por celda)	1 vez a la semana	Gráfico X-R	Contactar Gerente de Operaciones
3	P	Confeccionar prendas	-	Medir la cantidad de facturación promedio diaria por módulo	Target = \$11,200.00 diariamente por módulo	Revisión manual de los registros de facturación	45 observaciones (5 por cada celda)	1 vez a la semana	Gráfico X-R Análisis de Capacidad del proceso	Contactar a Gerente de Operaciones
4	P	Confeccionar prendas	-	Medir la cantidad de facturación total semana	Target = \$500,000	Revisión manual de los registros de facturación	5 observaciones (suma de facturación total diaria)	1 vez a la semana	Análisis de Capacidad del proceso	Contactar a Gerente de Operaciones

Tabla 4.4 Plan de Control

A pesar de que en el Plan de Control han sido presentadas las acciones a tomar si la situación se desvía del objetivo o presenta demasiada variación, es necesario establecer con mayor detalle un OCAP o plan de reacción, para proveer asistencia para proveer asistencia al personal operativo ya que al median plazo se espera que sea éste quien ejecute las medidas del plan antes presentado, éste plan se centrará en el curso a seguir cuando el tiempo de preparación y uniformidad en el trabajo indiquen alguna anomalía, pues en estos cálculos podrían presentarse errores relacionados con la estimación de los parámetros.

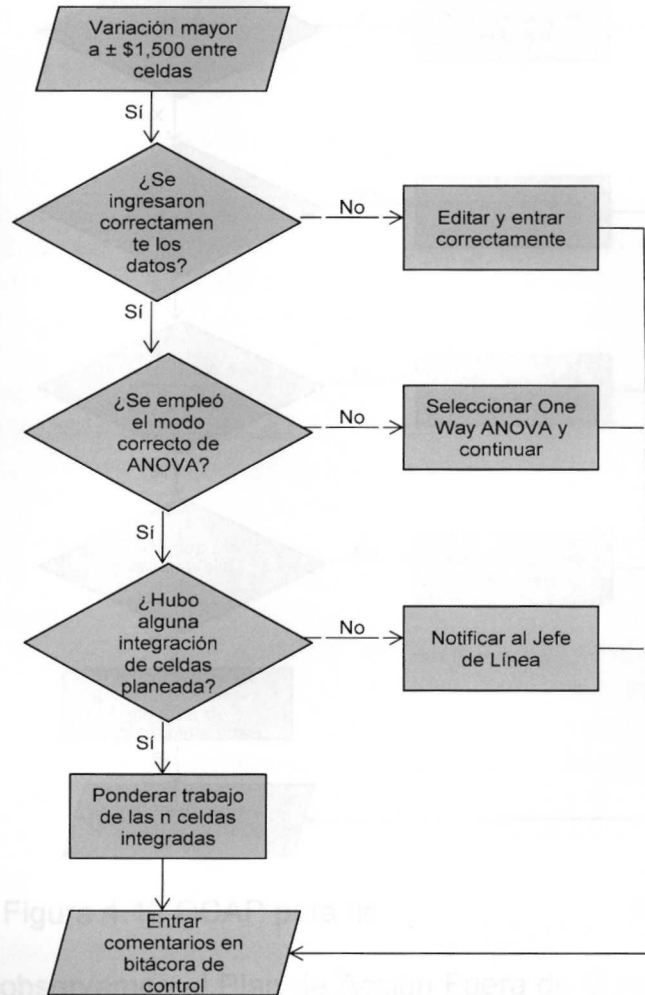


Figura 4.11 OCAP para no uniformidad en el trabajo

En la figura superior se muestran los pasos a seguir si un operario identifica que la variación de facturación diaria promedio entre celdas o módulos de confección excede lo establecido, el validar algunos errores comunes o atribuibles al procedimiento permitirá no desencadenar alarmas cuando la situación no lo amerite.

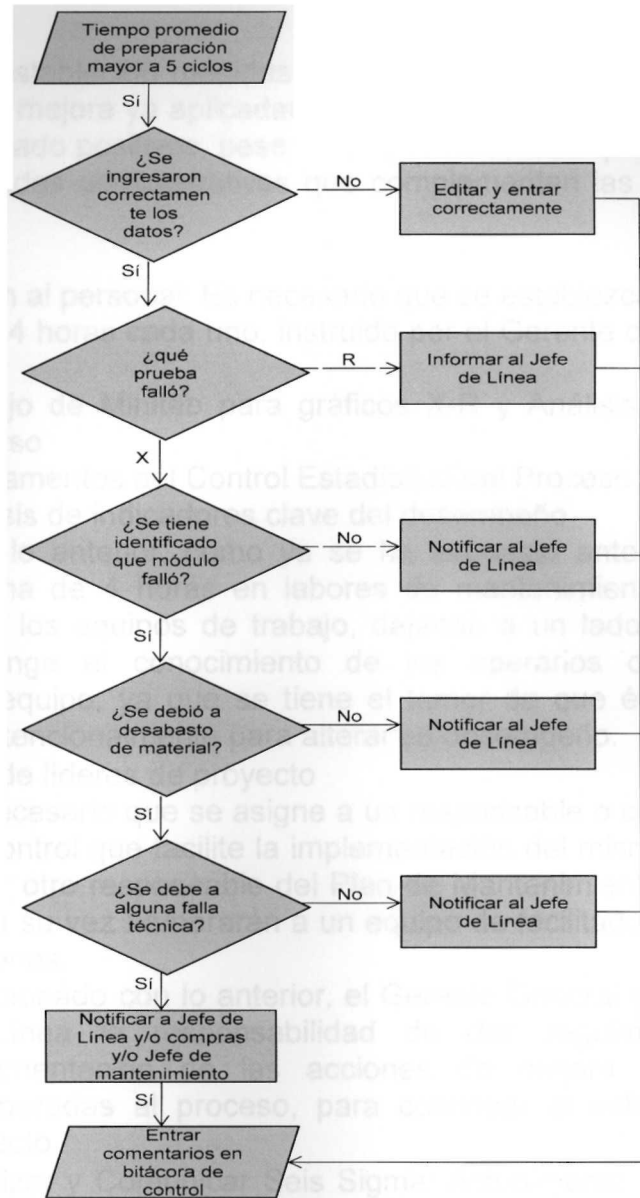


Figura 4.12 OCAP para tiempos de preparación

En la figura 4.12 observamos el Plan de Acción Fuera de Control para los tiempos de preparación, en donde se muestran los pasos a seguir en caso de identificar una anomalía en este parámetro (cuando se exceden los 5 ciclos permitidos en esta etapa de implementación), en el mediano plazo éste valor deberá ir decreciendo hasta encontrar e identificar el punto óptimo.

4.1.2.2 Medidas administrativas

Ya se han establecido medidas técnicas que garantizarán la permanencia de las acciones de mejora ya aplicadas y asimismo los resultados que de primera instancia han resultado positivos, pese a esto, es necesario que la gerencia lleve a cabo algunas medidas administrativas que complementen las ya planteadas con anterioridad:

- Capacitación al personal: Es necesario que se establezca un programa de 2 módulos de 4 horas cada uno, instruido por el Gerente de Operaciones que incluya:
 - Manejo de Minitab para gráficos X-R y Análisis de Capacidad del proceso
 - Fundamentos del Control Estadístico del Proceso
 - Análisis de indicadores clave del desempeño

Adicional a lo anterior, como ya se ha expuesto antes, se requiere una capacitación mínima de 4 horas en labores de mantenimiento y reparación de fallas comunes en los equipos de trabajo, dejando a un lado la resistencia que actualmente restringe el conocimiento de los operarios con respecto a la configuración del equipo, ya que se tiene el temor de que éste lo manipule de forma incorrecta intencionalmente para alterar su desempeño.

- Asignación de líderes de proyecto
 - Es necesario que se asigne a un responsable o coordinador del Plan de Control que facilite la implementación del mismo, además deberá haber otro responsable del Plan de Mantenimiento Total Preventivo, que a su vez nombrarán a un equipo de facilitadores, no mayor de 4 personas.
 - Relacionado con lo anterior, el Gerente General debe asignar al jefe de Línea la responsabilidad de dar seguimiento al plan de implementación de las acciones de mejora que ya han sido incorporadas al proceso, para continuar el esfuerzo del presente proyecto.
- Institucionalizar y Comunicar Seis Sigma: Actualmente los operarios están ajenos al esfuerzo que lleva a cabo la administración para adoptar los beneficios del Seis Sigma combinado con la Manufactura Esbelta, esto ocasiona poco entendimiento de las acciones de mejora que se han diseñado o están en proceso de diseño, de tal forma que, es necesario que de propia voz del Gerente General se lleve a cabo una sesión que permita conocer a todos y cada uno de los miembros de la organización las acciones que se están llevando a cabo para conseguir la alineación con la metodología mencionada, y sobre todo pedir el involucramiento y participación activa de cada agente que conforma las distintas áreas funcionales.
- Replicar los resultados: Ya se ha probado que los cambios sugeridos han tenido un resultado favorable en la operación del área de confección, ahora

es tarea del Gerente de Operaciones llevar esto a otras áreas de la empresa, la directamente relacionada corresponde al departamento de periférico, siendo una herramienta de inmediata transferencia la aplicación de SMED que se ha desarrollado y asimismo el TPM.

Capítulo 5 Recomendaciones y trabajos futuros

es tarea del Gerente de Operaciones llevar esto a otras áreas de la empresa, la directamente relacionada corresponde al departamento de periférico, siendo una herramienta de inmediata transferencia la aplicación de SMED que se ha desarrollado y asimismo el TPM.

Capítulo 5 Recomendaciones y trabajos futuros

En esta sección se abordarán las recomendaciones general post-proyecto para el proceso estudiado, con el fin de dar continuidad a lo realizado en la empresa y presentado a lo largo de este documento. La intención es clarificar las acciones a seguir luego de la aplicación de la metodología Seis Sigma, en base a los resultados obtenidos y reflexiones y análisis del equipo de trabajo.

5.1 Conclusiones y recomendaciones generales para el proceso

1. El proceso de validación de resultados debe extenderse por lo menos 4 meses más, con el fin de comprobar que las mejoras fueron resultado de las acciones implementadas y no de algún otro factor como la demanda estacional, además, en el periodo estudiado las entregas en tiempo se cumplieron al 100%, sin embargo es temprano para asegurar que el indicador se mantendrá en este nivel.
2. Debe seguirse de manera estricta el plan de control establecido, aplicando las acciones técnicas pero sobre todo las administrativas, con el fin de comunicar el esfuerzo corporativo para conseguir la alineación con Seis Sigma y lograr el involucramiento de todo el personal, compartiendo los resultados obtenidos para fomentar la credibilidad en la metodología.
3. Si bien los resultados han sido validados estadísticamente, se corre el riesgo de perder el avance ya conseguido si no se enfatiza en el hecho de capacitar al personal en la aplicación de las técnicas aplicadas y de involucrarnos en este esfuerzo por adoptar Seis Sigma y Manufactura Esbelta, debe evitarse el percibir estas mejoras como acciones aisladas, sino más bien como el inicio o continuación de una nueva cultura laboral, en otras palabras, institucionalizar Seis Sigma debe ser una prioridad y parte de la planeación estratégica.
4. Es muy factible transferir las mejoras a otras áreas, particularmente la de periférico al tener una estructura muy similar debería ser la primera, se recomienda replicar los resultados del presente proyecto al departamento mencionado.
5. La empresa en general muestra carencias significativas en cuanto al registro y documentación de procesos, resultados, fallas comunes e incluso tiempos estándar, es necesario realizar un esfuerzo para mejorar esta situación con el fin de facilitar la aplicación de proyectos de características similares al presente, de hecho se recomienda que el siguiente proyecto Seis Sigma se oriente a la estandarización de tiempos de ciclo para los diferentes productos que se elaboran.
6. Haciendo referencia al análisis del sistema de medición, se requiere capacitar a los empleados para que sean capaces de reconocer un producto terminado, para evitar facturar un artículo que en realidad aún no está listo o que llegue a manos del cliente sin cumplir con las

especificaciones, y además aligerar la carga de la Jefa de Calidad quien actualmente absorbe todas las tareas de inspección final.

7. Es fundamental que se involucre a los proveedores en este cambio estructural, si no se alinean con los objetivos de la empresa difícilmente se conseguirá la transición esperada, ya ha sido evidenciado que la materia prima defectuosa es en gran medida la causa de diferentes situaciones problemáticas, de tal manera que esto debe solucionarse de raíz.

Referencias bibliográficas

Summers, Donna (2007). *Six sigma : basic tools and techniques*. Upper Saddle River, N.J USA : Pearson/Prentice Hall, c2007.

Simon, Keri (2007). Sipoc Diagram. *Six Sigma magazine*. Obtenido en Febrero 01, 2008 de <http://www.isixsigma.com/library/content/c010429a.asp>.

Six sigma (2008). *Diccionario en línea*. Consultado en Febrero 2, 2008 de <http://www.isixsigma.com/dictionary/DMAIC-57.htm>

Agile 2005. *Seis Sigma* Obtenido en Febrero 2, 2008 de <http://www.agileadvice.com/archives/2005/07/value.html>

Krueger, Kaye (2006). Value-Added vs. Non-Value-Added Activities. *Six Sigma methodologies*. Obtenido en Febrero 3, 2008 de http://www.wisc-online.com/objects/index_tj.asp?objID=ENG11104.

Tenant, Geoff (2001). *Six Sigma: SPC and TQM in Manufacturing and Services*. USA: Ashgate Publishing.

Brussee, Warren (2006). *All about six sigma: the easy way to get started*. New York, USA: McGraw-Hill.

Arthur, Jay (2006). *Lean Six Sigma demystified*. New York, NY USA: McGraw-Hill Professional.

INEGI (1994). *La industria textil y del vestido en México / Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*. Aguascalientes, Ags. México: INEGI.

Lefcovich, Mauricio (2007). Seis Sigma. Un sistema de calidad para el siglo 21. Obtenido en Febrero 6, 2008 de http://www.degerencia.com/articulo/seis_sigma_un_sistema_de_calidad_para_el_siglo_21.

Richard, Atwell (2005). Six Sigma for the Apparel Industry. *Textile Clothing Tech. Corp*. Obtenido en Febrero 8, 2008 de <http://www.techexchange.com/helibrary/sixsigma.html>.

ISixSigma (2008). Six Sigma - What is Six Sigma? *Introduction to Six Sigma*. Obtenido en Febrero 9, 2008 de http://www.isixsigma.com/sixsigma/six_sigma.asp.

CIMAT (2002). II Simposio Metodología seis sigma. Consultado en febrero 10, 2008 en www.cimat.mx.

Motorola, (2008). *What is six sigma?* Obtenido en Febrero 3, 2008 de <http://www.motorola.com/content.jsp?globalObjectId=3088>.

GE, (2008). *The six sigma strategy*. Obtenido en Febrero 2, 2008 de <http://www.ge.com/sixsigma/sixsigstrategy.html>

Escalante Vázquez, Edgardo J (2007). *Seis-sigma : metodología y técnica*. México :Limusa/Noriega.

Kjell Magnusson (2000). *Seis Sigma : una estrategia pragmática*. Barcelona: Gestión

Barney, Matt (2005). *La nueva seis sigma: cómo aplicarla y obtener resultados*. México : Trillas.

Pande, Peter S (2007). *The Six Sigma leader : how top executives will prevail in the 21st century* New York : McGraw-Hill.

Gupta, Praveen (2007). *Six Sigma Business scorecard*. New York : McGraw-Hill. c

Andersen, Bjørn (2007). *Business process improvement toolbox*. Milwaukee, Wis. :ASQ Quality Press.

<http://www.camova.com/calidadvid.php?id=14>

Material de apoyo del curso *Seminario Seis Sigma* del programa Certificado Black Belt del ITESM en alianza con ASU.

Apéndice A: Análisis del Sistema de medición

Attribute Agreement Analysis for Calificación

Date of study: Febrero 2008
Reported by: Juan J. Franklin
Name of product: Chamarra escolar

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
Módulo Colibrí	20	17	85.00	(62.11, 96.79)
Módulo comando	20	15	75.00	(50.90, 91.34)
Módulo Stars	20	18	90.00	(68.30, 98.77)

Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Módulo Colibrí	No pasa	0.699248	0.223607	3.12713	0.0009
	Pasa	0.699248	0.223607	3.12713	0.0009
Módulo comando	No pasa	0.498747	0.223607	2.23046	0.0129
	Pasa	0.498747	0.223607	2.23046	0.0129
Módulo Stars	No pasa	0.797980	0.223607	3.56867	0.0002
	Pasa	0.797980	0.223607	3.56867	0.0002

Cohen's Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Módulo Colibrí	No pasa	0.700000	0.222486	3.14627	0.0008
	Pasa	0.700000	0.222486	3.14627	0.0008
Módulo comando	No pasa	0.500000	0.222486	2.24733	0.0123
	Pasa	0.500000	0.222486	2.24733	0.0123
Módulo Stars	No pasa	0.797980	0.223607	3.56867	0.0002
	Pasa	0.797980	0.223607	3.56867	0.0002

Kendall's Coefficient of Concordance

Only one or two distinct values in assessments. Kendall's coefficients not computed.

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
Módulo Colibrí	20	14	70.00	(45.72, 88.11)
Módulo comando	20	8	40.00	(19.12, 63.95)
Módulo Stars	20	17	85.00	(62.11, 96.79)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Assessment Disagreement

Appraiser	# Pasa /		# No		# Mixed	Percent
	No pasa	pasa /	pasa /	Percent		
Módulo Colibrí	1	10.00	2	20.00	3	15.00
Módulo comando	4	40.00	3	30.00	5	25.00
Módulo Stars	1	10.00	0	0.00	2	10.00

Pasa / No pasa: Assessments across trials = Pasa / standard = No pasa.

No pasa / Pasa: Assessments across trials = No pasa / standard = Pasa.

Mixed: Assessments across trials are not identical.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Módulo Colibrí	No pasa	0.549373	0.158114	3.47454	0.0003
	Pasa	0.549373	0.158114	3.47454	0.0003
Módulo comando	No pasa	0.049123	0.158114	0.31068	0.3780
	Pasa	0.049123	0.158114	0.31068	0.3780
Módulo Stars	No pasa	0.799499	0.158114	5.05647	0.0000
	Pasa	0.799499	0.158114	5.05647	0.0000

Cohen's Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Módulo Colibrí	No pasa	0.55	0.157718	3.48723	0.0002
	Pasa	0.55	0.157718	3.48723	0.0002
Módulo comando	No pasa	0.05	0.157718	0.31702	0.3756
	Pasa	0.05	0.157718	0.31702	0.3756

Módulo Stars	No pasa	0.80	0.157321	5.08513	0.0000
	Pasa	0.80	0.157321	5.08513	0.0000

Kendall's Correlation Coefficient

Only one or two distinct values in assessments and standards. Kendall's coefficients not computed.

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
20	5	25.00	(8.66, 49.10)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
No pasa	0.252503	0.0577350	4.37348	0.0000
Pasa	0.252503	0.0577350	4.37348	0.0000

Cohen's Kappa Statistics

You must have two appraisers and single trial per appraiser to compute Kappa.

Kendall's Coefficient of Concordance

Only one or two distinct values in assessments and standards. Kendall's coefficients not computed.

All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
20	5	25.00	(8.66, 49.10)

Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
No pasa	0.465998	0.0912871	5.10476	0.0000

Pasa 0.465998 0.0912871 5.10476 0.0000

Cohen's Kappa Statistics

Response Kappa SE Kappa Z P(vs > 0)
 No pasa 0.466667 0.0909823 5.12920 0.0000
 Pasa 0.466667 0.0909823 5.12920 0.0000

Kendall's Correlation Coefficient

Only one or two distinct values in assessments and standards. Kendall's coefficients not computed.

Apéndice B. Datos obtenidos del proceso previo a las mejoras

Celda 1 : NA					Celda 2 : S				
#	Facturación pronóstico	Facturación real	Tiempo preparación promedio	Número de cambios de producción	#	Facturación pronóstico	Facturación real	Tiempo preparación promedio	Número de cambios de producción
1	\$ 250	\$ -	10	0	1	\$ 2,860	\$ 7,040	0	1
2	\$ 1,750	\$ 8,250	5	1	2	\$ 6,600	\$ 8,800	0	0
3	\$ 3,250	\$ 11,750	0	1	3	\$ 6,600	\$ 4,840	0	0
4	\$ 10,000	\$ 6,000	4	0	4	\$ 540	\$ -	10	0
5	\$ 10,000	\$ 10,000	0	0	5	\$ 3,780	\$ -	10	0
6	\$ 10,000	\$ 10,000	2	0	6	\$ 7,020	\$ 1,620	5	1
7	\$ 10,000	\$ 7,500	4	1	7	\$ 10,800	\$ 7,020	3	1
8	\$ 10,000	\$ 8,000	2	0	8	\$ 10,800	\$ 4,860	4	0
9	\$ 1,750	\$ 10,000	0	1	9	\$ 10,800	\$ 12,420	0	0
10	\$ 19	\$ 3,750	0	1	10	\$ 10,800	\$ 22,140	0	1
11	\$ 133	\$ 133	10	0	11	\$ 10,800	\$ 27,000	0	0
12	\$ 247	\$ 380	10	0	12	\$ 10,800	\$ 22,680	0	0
13	\$ 570	\$ 171	5	0	13	\$ 10,800	\$ 28,080	0	0
14	\$ 7,260	\$ 7,040	2	1	14	\$ 10,800	\$ 29,700	0	1
15	\$ 370	\$ 2,220	0	0	15	\$ 10,800	\$ -	0	0
16	\$ 1,110	\$ 5,920	0	0	16	\$ 10,800	\$ 29,700	0	0
17	\$ 740	\$ 2,340	0	0	17	\$ 10,800	\$ 25,920	0	0
18	\$ 830	\$ 3,380	0	0	18	\$ 10,800	\$ 31,320	0	0
19	\$ 5,810	\$ 10,400	2	1	19	\$ 10,800	\$ 17,820	0	1
20	\$ 10,790	\$ 3,380	6	0	20	\$ 10,800	\$ 21,060	0	0
21	\$ 16,600	\$ 1,680	10	0	21	\$ 10,800	\$ 29,160	0	0
22	\$ 2,490	\$ 4,480	2	1	22	\$ 7,560	\$ 23,760	0	1
23	\$ 260	\$ 5,295	0	0	23	\$ 170	\$ 25,380	0	0
24	\$ 1,820	\$ 1,506	5	0	24	\$ 1,190	\$ 30,780	0	0
25	\$ 3,380	\$ 10,040	0	0	25	\$ 2,380	\$ 34,020	0	0
26	\$ 7,800	\$ 10,040	0	1	26	\$ 290	\$ 34,560	0	1
27	\$ 3,900	\$ 10,040	0	1	27	\$ 870	\$ 38,340	0	1
28	\$ 430	\$ 5,271	2	0	28	\$ 3,770	\$ 18,900	2	0
29	\$ 3,440	\$ 6,275	2	0	29	\$ 14,500	\$ 2,320	10	0
30	\$ 430	\$ 10,040	0	0	30	\$ 14,500	\$ 7,853	4	0
31	\$ 3,440	\$ 10,040	0	1	31	\$ 14,500	\$ 17,116	4	1

Pasa 0.465998 0.0912871 5.10476 0.0000

Cohen's Kappa Statistics

Response Kappa SE Kappa Z P(vs > 0)
 No pasa 0.466667 0.0909823 5.12920 0.0000
 Pasa 0.466667 0.0909823 5.12920 0.0000

Kendall's Correlation Coefficient

Only one or two distinct values in assessments and standards. Kendall's coefficients not computed.

Apéndice B. Datos obtenidos del proceso previo a las mejoras

Celda 1 : NA					Celda 2 : S				
#	Facturación pronóstico	Facturación real	Tiempo preparación promedio	Número de cambios de producción	#	Facturación pronóstico	Facturación real	Tiempo preparación promedio	Número de cambios de producción
1	\$ 250	\$ -	10	0	1	\$ 2,860	\$ 7,040	0	1
2	\$ 1,750	\$ 8,250	5	1	2	\$ 6,600	\$ 8,800	0	0
3	\$ 3,250	\$ 11,750	0	1	3	\$ 6,600	\$ 4,840	0	0
4	\$ 10,000	\$ 6,000	4	0	4	\$ 540	\$ -	10	0
5	\$ 10,000	\$ 10,000	0	0	5	\$ 3,780	\$ -	10	0
6	\$ 10,000	\$ 10,000	2	0	6	\$ 7,020	\$ 1,620	5	1
7	\$ 10,000	\$ 7,500	4	1	7	\$ 10,800	\$ 7,020	3	1
8	\$ 10,000	\$ 8,000	2	0	8	\$ 10,800	\$ 4,860	4	0
9	\$ 1,750	\$ 10,000	0	1	9	\$ 10,800	\$ 12,420	0	0
10	\$ 19	\$ 3,750	0	1	10	\$ 10,800	\$ 22,140	0	1
11	\$ 133	\$ 133	10	0	11	\$ 10,800	\$ 27,000	0	0
12	\$ 247	\$ 380	10	0	12	\$ 10,800	\$ 22,680	0	0
13	\$ 570	\$ 171	5	0	13	\$ 10,800	\$ 28,080	0	0
14	\$ 7,260	\$ 7,040	2	1	14	\$ 10,800	\$ 29,700	0	1
15	\$ 370	\$ 2,220	0	0	15	\$ 10,800	\$ -	0	0
16	\$ 1,110	\$ 5,920	0	0	16	\$ 10,800	\$ 29,700	0	0
17	\$ 740	\$ 2,340	0	0	17	\$ 10,800	\$ 25,920	0	0
18	\$ 830	\$ 3,380	0	0	18	\$ 10,800	\$ 31,320	0	0
19	\$ 5,810	\$ 10,400	2	1	19	\$ 10,800	\$ 17,820	0	1
20	\$ 10,790	\$ 3,380	6	0	20	\$ 10,800	\$ 21,060	0	0
21	\$ 16,600	\$ 1,680	10	0	21	\$ 10,800	\$ 29,160	0	0
22	\$ 2,490	\$ 4,480	2	1	22	\$ 7,560	\$ 23,760	0	1
23	\$ 260	\$ 5,295	0	0	23	\$ 170	\$ 25,380	0	0
24	\$ 1,820	\$ 1,506	5	0	24	\$ 1,190	\$ 30,780	0	0
25	\$ 3,380	\$ 10,040	0	0	25	\$ 2,380	\$ 34,020	0	0
26	\$ 7,800	\$ 10,040	0	1	26	\$ 290	\$ 34,560	0	1
27	\$ 3,900	\$ 10,040	0	1	27	\$ 870	\$ 38,340	0	1
28	\$ 430	\$ 5,271	2	0	28	\$ 3,770	\$ 18,900	2	0
29	\$ 3,440	\$ 6,275	2	0	29	\$ 14,500	\$ 2,320	10	0
30	\$ 430	\$ 10,040	0	0	30	\$ 14,500	\$ 7,853	4	0
31	\$ 3,440	\$ 10,040	0	1	31	\$ 14,500	\$ 17,116	4	1

32	\$ 170	\$ 10,040	0	0	32	\$ 9,570	\$ 20,809	0	0
33	\$ 1,190	\$ 10,793	2	1	33	\$ 293		10	1
34	\$ 2,210	\$ 1,904	5	1	34	\$ 879	\$ 18,816	0	1
35	\$ 6,800	\$ 4,750	5	1	35	\$ 3,809	\$ 12,822	0	1
36	\$ 6,800	\$ 15,000	0	0	36	\$ 11,720	\$ 14,352	0	0
37	\$ 6,800	\$ 14,500	1	0	37	\$ 11,720	\$ 22,352	0	0
38	\$ 6,800	\$ 5,800	5	0	38	\$ 11,720	\$ 6,153	5	0
39	\$ 6,800	\$ 341	8	0	39	\$ 11,720	\$ 9,669	2	0
40	\$ 6,800	\$ 1,705	7	0	40	\$ 6,739	\$ 5,274	2	0
41	\$ 6,630	\$ 6,479	2	0	41	\$ 341	\$ 7,902	1	0
42	\$ 660	\$ 10,230	0	0	42	\$ 1,023	\$ 8,221	0	0
43	\$ 2,860	\$ 6,820	0	0	43	\$ 4,433	\$ 750	6	0
44	\$ 2,860	\$ 6,900	0	0	44	\$4,433	\$ -	10	1
45	\$ 4,400	\$ 320	9	1	45	\$ 13,640	\$ 6,210	5	0
46	\$ 446	\$ -	10	1	46	\$ 6,138	\$ 6,210	0	0
47	\$ 3,416	\$ 5,760	8	0	47	\$ 621	\$ 17,388	0	1
48	\$ 10,395	\$ 2,560	8	0	48	\$ 1,863	\$ 11,799	0	0
49	\$ 10,395	\$ 5,760	2	1	49	\$ 621	\$ 19,872	0	0
50	\$ 10,395	\$ -	0	0	50	\$ 1,863	\$ 1,178	10	0
51	\$ 5,940	\$ 7,425	0	0	51	\$ 8,073	\$ 7,657	0	0

Celda 3 : RB					Celda 4 : LL				
#	Facturación pronóstico	Facturación real	Tiempo preparación promedio	Número de cambios de producción	#	Facturación pronóstico	Facturación real	Tiempo preparación promedio	Número de cambios de producción
1	\$ 2,860	\$ 1,980	4	0	1	\$ 1,540	\$ 3,520	0	0
2	\$ 6,600	\$ 2,200	5	0	2	\$ 11,000	\$ 5,280	5	0
3	\$ 6,600	\$ 1,540	5	1	3	\$ 11,000	\$ 3,080	4	1
4	\$ 6,600	\$ 4,180	4	1	4	\$ 11,000	\$ 4,840	5	0
5	\$ 6,600	\$ 4,840	4	0	5	\$ 11,000	\$ 5,940	4	0
6	\$ 540	\$ 2,420	0	0	6	\$ 200	\$ 7,260	0	0
7	\$ 3,780	\$ 1,080	5	0	7	\$ 1,400	\$ 7,200	0	1
8	\$ 7,020	\$ 1,180	4	0	8	\$ 3,400	\$ 6,160	0	0
9	\$ 10,800	\$ 1,180	5	1	9	\$ 250	\$ 1,000	0	0
10	\$ 10,800	\$ 9,400	0	0	10	\$ 250	\$ 3,250	0	0
11	\$ 10,800	\$ -	10	0	11	\$ 750	\$ 21,812	0	0
12	\$ 10,800	\$ -	10	0	12	\$ 2,000	\$ 7,250	0	0
13	\$ 10,800	\$ 5,600	0	0	13	\$ 574	\$ 12,054	0	1
14	\$ 10,800	\$ 7,800	0	0	14	\$ 280	\$ 1,680	0	0
15	\$ 10,800	\$ 9,400	0	0	15	\$ 840	\$ 3,360	2	0
16	\$ 10,800	\$ 9,180	0	0	16	\$ 1,960	\$ 3,360	2	0
17	\$ 10,800	\$ 9,070	0	0	17	\$ 14,000	\$ 6,160	5	0
18	\$ 10,800	\$ -	10	1	18	\$ 3,080	\$ 7,000	0	0
19	\$ 10,800	\$ -	10	0	19	\$ 160	\$ 1,400	0	0
20	\$ 10,800	\$ 8,750	0	1	20	\$ 1,120	\$ -	10	0
21	\$ 10,800	\$ 9,830	0	0	21	\$ 2,080	\$ -	10	0
22	\$ 10,800	\$ 7,520	1	0	22	\$ 2,400	\$ 4,480	0	0
23	\$ 10,800	\$ 6,500	0	1	23	\$ 200	\$ 1,960	0	0
24	\$ 7,560	\$ 4,500	2	0	24	\$ 600	\$ 2,360	0	0
25	\$ 250	\$ -	3	0	25	\$ 1,400	\$ 5,800	0	0
26	\$ 750	\$ -	0	0	26	\$ 4,000	\$ 2,050	0	1
27	\$ 4,250	\$ 3,500	0	0	27	\$ 170	\$ 5,320	0	0

28	\$ 10,000	\$ 8,530	1	1	28	\$ 2,210	\$ -	10	0
29	\$ 10,000	\$ 7,590	3	0	29	\$ 10,200	\$ 16,950	0	0
30	\$ 10,000	\$ 7,600	0	0	30	\$ 10,200	\$ 792	5	1
31	\$ 10,000	\$ 5,600	3	0	31	\$ 10,200	\$ 3,960	5	0
32	\$ 10,000	\$ 7,300	3	0	32	\$ 10,200	\$ 5,940	4	0
33	\$ 10,000	\$ 7,300	0	0	33	\$ 7,820		10	0
34	\$ 2,500	\$ 3,520	0	0	34	\$ 227	\$ 9,900	0	1
35	\$ 220	\$ 5,060	0	1	35	\$ 2,951	\$ -	10	0
36	\$ 660	\$ 5,060	0	0	36	\$ 13,847	\$ 6,336	4	0
37	\$ 2,860	\$ 5,060	0	1	37	\$ 3,145	\$ 11,880	0	0
38	\$ 13,200	\$ 4,400	7	0	38	\$ 6,105	\$ 2,660	4	0
39	\$ 13,200	\$ 2,200	6	0	39	\$ 440	\$ 9,310	0	0
40	\$ 13,860	\$ 9,240	4	1	40	\$ 7,480	\$ 10,640	0	1
41	\$ 160	\$ -	10	0	41	\$ 12,760	\$ 5,190	5	0
42	\$ 1,120	\$ 1,800	0	0	42	\$ 660	\$ 5,400	0	0
43	\$ 2,720	\$ 7,200	0	0	43	\$ 3,520	\$ -	10	0
44	\$ 2,810	\$ 1,400	2	0	44	\$5,200	-	10	1
45	\$ 8,000	\$ 200	8	0	45	\$ 21	\$ 1,800	0	0
46	\$ 3,520	\$ 3,400	0	1	46	\$ 63	\$ 2,600	0	0
47	\$ 320	\$ 7,800	0	0	47	\$ 546	\$ 7,200	0	0
48	\$ 2,240	\$ 4,400	0	0	48	\$ 546	\$ 6,800	0	0
49	\$ 5,440	\$ -	10	0	49	\$ 600	\$ -	10	0
50	\$ 6,400	\$ -	10	0	50	\$ 4,000	\$ -	10	1
51	\$ 960	\$ -	10	1	51	\$ 4,000	\$ -	10	0

Celda 5 : HT					Celda 6 : AR				
#	Facturación pronóstico	Facturación real	Tiempo preparación promedio	Número de cambios de producción	#	Facturación pronóstico	Facturación real	Tiempo preparación promedio	Número de cambios de producción
1	\$ 690	\$ 230	0	0	1	\$ 2,340	\$ 15,120	0	1
2	\$ 1,610	\$ 2,300	0	0	2	\$ 10,800	\$ 14,400	0	0
3	\$ 11,500	\$ 2,300	0	0	3	\$ 10,800	\$ 10,980	0	0
4	\$ 11,500	\$ 4,600	0	1	4	\$ 10,800	\$ 15,300	0	1
5	\$ 11,500	\$ 6,900	0	0	5	\$ 10,800	\$ 7,740	3	0
6	\$ 11,500	\$ 9,430	3	0	6	\$ 10,800	\$ -	10	0
7	\$ 340	\$ 665	0	1	7	\$ 10,800	\$ 6,300	4	0
8	\$ 2,380	\$ 12,190	0	0	8	\$ 10,800	\$ -	10	0
9	\$ 4,420	\$ 190	10	0	9	\$ 2,000	\$ 4,120	0	0
10	\$ 13,600	\$ 266	9	0	10	\$ 220	\$ 9,540	0	0
11	\$ 13,600	\$ 266	9	0	11	\$ 1,540	\$ 6,300	0	0
12	\$ 13,600	\$ 646	9	1	12	\$ 2,860	\$ -	10	1
13	\$ 8,840	\$ 266	9	0	13	\$ 13,200	\$ -	10	0
14	\$ 477	\$ 3,657	0	0	14	\$ 13,200	\$ 15,400	0	0
15	\$ 2,067	\$ 8,427	0	0	15	\$ 13,200	\$ 17,820	0	1
16	\$ 3,339	\$ 15,900	0	0	16	\$ 13,200	\$ 6,380	4	0
17	\$ 11,289	\$ 22,557	0	1	17	\$ 7,480	\$ 7,920	0	0
18	\$ 11,289	\$ 3,498	8	0	18	\$ 280	\$ 7,260	0	1
19	\$ 11,289	\$ 830	9	1	19	\$ 840	\$ 24,940	0	0
20	\$ 11,289	\$ 4,980	4	0	20	\$ 1,960	\$ 21,170	0	1
21	\$ 171	\$ -	10	0	21	\$ 5,320	\$ 29,000	0	0
22	\$ 1,197	\$ 7,470	0	0	22	\$ 290	\$ 10,880	0	0
23	\$ 2,223	\$ 8,300	0	0	23	\$ 2,030	\$ 1,680	3	0

24	\$ 2,565	\$ 10,790	0	0	24	\$ 3,770	\$ 6,160	4	0
25	\$ 830	\$ 4,150	0	0	25	\$ 17,690	\$ 2,000	8	1
26	\$ 5,810	\$ 2,750	5	0	26	\$ 1,400	\$ 6,400	0	0
27	\$ 10,790	\$ 5,500	5	0	27	\$ 2,600	\$ 6,970	0	0
28	\$ 16,600	\$ 11,750	4	0	28	\$ 12,000	\$ 7,515	6	0
29	\$ 2,490	\$ 8,500	0	1	29	\$ 12,000	\$ 4,160	5	1
30	\$ 2,490	\$ 8,750	0	0	30	\$ 12,000	\$ 3,310	6	0
31	\$ 2,490	\$ -	10	0	31	\$ 12,000	\$ 7,700	5	0
32	\$ 2,490	\$ 6,424	0	1	32	\$ 12,000	\$ 17,600	0	0
33	\$ 2,490		10	0	33	\$ 12,000		10	1
34	\$ 2,490	\$ -	10	1	34	\$ 12,000	\$ 10,560	2	0
35	\$ 266	\$ 3,990	0	0	35	\$ 12,000	\$ 5,220	4	0
36	\$ 266	\$ 7,182	0	0	36	\$ 12,000	\$ 9,400	3	1
37	\$ 1,862	\$ 5,852	0	0	37	\$ 12,000	\$ 12,000	0	0
38	\$ 3,458	\$ 4,256	0	0	38	\$ 12,000	\$ 13,000	0	0
39	\$ 10,640	\$ 7,980	3	0	39	\$ 12,000	\$ 12,000	0	0
40	\$ 10,640	\$ 7,980	3	0	40	\$ 12,000	\$ 15,200	0	1
41	\$ 10,640	\$ 3,540	6	1	41	\$ 9,800	\$ 908	6	0
42	\$ 10,640	\$ 3,520	4	0	42	\$ 320	\$ 13,620	0	1
43	\$ 10,640	\$ 880	6	0	43	\$ 4,160	\$ 2,497	2	0
44	\$ 10,640	\$ -	10	0	44	\$ 4,160	\$ -	10	0
45	\$ 10,640	\$ 6,600	4	0	45	\$ 9,920	\$ 2,240	4	0
46	\$ 10,374	\$ -	10	0	46	\$ 170	\$ 8,000	0	0
47	\$ 10,374	\$ 5,820	4	0	47	\$ 510	\$ 9,828	0	0
48	\$ 10,374	\$ 3,520	4	1	48	\$ 1,700	\$ 3,614	0	0
49	\$ 440	\$ -	10	0	49	\$ 1,700	\$ 3,336	0	0
50	\$ 440	\$ -	10	0	50	\$ -	\$ 3,614	0	1
51	\$ 440	\$ -	10	0	51	\$ -	\$ 220	9	0

Celda 7 : C					Celda 8 : Co				
#	Facturación pronóstico	Facturación real	Tiempo preparación promedio	Número de cambios de producción	#	Facturación pronóstico	Facturación real	Tiempo preparación promedio	Número de cambios de producción
1	\$ 7,500	\$ -	10	0	1	\$ 9,800	\$ 6,580	3	0
2	\$ 7,500	\$ 3,900	4	0	2	\$ 9,800	\$ 18,200	0	0
3	\$ 8,550	\$ 1,350	4	0	3	\$ 9,800	\$ 6,440	3	0
4	\$ 200	\$ 4,600	0	0	4	\$ 9,800	\$ 12,040	0	0
5	\$ 600	\$ 1,000	0	1	5	\$ 3,500	\$ 11,900	5	1
6	\$ 3,000	\$ 11,000	0	0	6	\$ 510	\$ 6,800	0	1
7	\$ 130	\$ 7,280	0	0	7	\$ 2,210	\$ 4,080	0	1
8	\$ 910	\$ 1,690	0	0	8	\$ 510	\$ -	10	0
9	\$ 130	\$ 7,150	0	1	9	\$ 2,210	\$ -	10	0
10	\$ 910	\$ 6,240	0	1	10	\$ 3,570	\$ -	10	0
11	\$ 1,690	\$ 136	5	0	11	\$ 11,900	\$ -	10	0
12	\$ 14,170	\$ 3,120	6	0	12	\$ 11,900	\$ -	10	1
13	\$ 200	\$ 2,720	0	0	13	\$ 11,900	\$ -	10	0
14	\$ 2,600	\$ 3,200	0	1	14	\$ 11,900	\$ 10,710	2	0
15	\$ 3,600	\$ 17,000	0	0	15	\$ 11,900	\$ 11,220	0	0
16	\$ 280	\$ 4,480	0	1	16	\$ 11,900	\$ 18,700	0	1
17	\$ 3,640	\$ 6,120	0	0	17	\$ 12,240	\$ 14,620	0	0
18	\$ 2,800	\$ 8,400	0	0	18	\$ 420	\$ 9,010	0	0
19	\$ 230	\$ 6,900	0	0	19	\$ 1,820	\$ 19,263	0	0

20	\$ 2,990	\$ 5,520	0	0	20	\$ 2,940	\$ 12,018	0	0
21	\$ 5,060	\$ -	10	0	21	\$ 3,500	\$ 9,456	0	0
22	\$ 8,050	\$ 9,170	0	0	22	\$ 1,400	\$ 16,971	0	1
23	\$ 7,360	\$ 4,498	3	0	23	\$ 10,200	\$ 6,335	4	0
24	\$ 240	\$ 1,960	0	0	24	\$ 8,670	\$ 7,240	2	0
25	\$ 720	\$ 11,880	0	0	25	\$ 630	\$ 4,870	0	1
26	\$ 1,680	\$ 15,120	0	0	26	\$ 2,730	\$ 14,190	0	0
27	\$ 6,960	\$ 7,560	0	0	27	\$ 13,860	\$ 14,964	0	0
28	\$ 200	\$ 4,480	0	0	28	\$ 1,890	\$ 10,840	0	1
29	\$ 600	\$ 2,590	0	0	29	\$ -	\$ 2,100	0	0
30	\$ 2,600	\$ 9,131	0	0	30	\$ -	\$ 27,200	0	0
31	\$ 12,000	\$ 16,464	0	0	31		\$ 34,000	0	0
32	\$ 12,000	\$ 7,644	6	0	32		\$ 36,550	0	1
33	\$ 294		10	0	33	\$ 1,190		10	0
34	\$ 3,822	\$ 8,125	0	0	34	\$ 3,910	\$ 35,700	0	1
35	\$ 10,584	\$ 4,875	4	1	35	\$ 17,000	\$ 29,750	0	0
36	\$ 650	\$ 6,500	0	0	36	\$ 17,000	\$ -	10	0
37	\$ 8,450	\$ 6,360	5	0	37	\$ 17,000	\$ -	10	0
38	\$ 23,400	\$ -	10	0	38	\$ 17,000	\$ -	10	0
39	\$ 4,400	\$ 8,000	0	1	39	\$ 17,000	\$ 2,394	5	0
40	\$ 2,200	\$ 8,000	0	0	40	\$ 17,000	\$ 4,256	5	0
41	\$ 200	\$ 14,000	0	0	41	\$ 17,000	\$ 4,522	6	0
42	\$ 1,400	\$ -	10	0	42	\$ 17,000	\$ 22,008	0	0
43	\$ 3,400	\$ -	10	0	43	\$ 17,000	\$ -	10	1
44	-	-	10	1	44	-	-	10	0
45	\$ 12,000	\$ 3,060	5	0	45	\$ 17,000	\$ 4,740	4	0
46	\$ 12,000	\$ 2,380	6	0	46	\$ 17,000	\$ 3,080	5	0
47	\$ 11,000	\$ 4,760	5	0	47	\$ 11,900	\$ 5,280	3	0
48	\$ 20	\$ 2,380	0	0	48	\$ 10,944	\$ 3,300	4	0
49	\$ 260	\$ -	10	0	49	\$ 45,144	\$ -	10	0
50	\$ 160	\$ -	10	0	50		\$ -	10	0
51	\$ 227	\$ 5,214	0	0	51		\$ -	10	0

Celda 9 : Cor				
#	Facturación pronóstico	Facturación real	Tiempo preparación promedio	Número de cambios de producción
1	\$ 1,260	\$ 5,760	0	0
2	\$ 2,340	\$ 12,960	0	1
3	\$ 10,800	\$ 8,640	2	0
4	\$ 10,800	\$ 8,460	2	0
5	\$ 10,800	\$ 8,100	2	0
6	\$ 10,800	\$ 15,300	0	0
7	\$ 10,800	\$ 7,280	3	1
8	\$ 3,780	\$ 9,180	0	0
9	\$ 1,300	\$ 3,500	0	0
10	\$ 2,200	\$ -	10	0
11	\$ 560	\$ -	10	1
12	\$ 3,920	\$ -	10	0
13	\$ 7,280	\$ -	10	0
14	\$ 11,200	\$ -	10	0
15	\$ 11,200	\$ -	10	0
16	\$ 11,200	\$ 1,120	5	1

17	\$ 6,160		10	0
18	\$ 260	\$ 5,600	0	0
19	\$ 3,380	\$ 8,400	0	1
20	\$ 3,380	\$ 4,480	0	0
21	\$ 3,120	\$ 8,960	0	0
22	\$ 600	\$ 10,080	0	0
23	\$ 4,000	\$ 9,520	0	0
24	\$ 270	\$ -	10	0
25	\$ 1,890	\$ -	10	0
26	\$ 4,590	\$ -	10	1
27	\$ 13,500	\$ 4,400	5	0
28	\$ 13,500	\$ 17,600	0	0
29	\$ 13,500	\$ -	10	1
30	\$ 13,500	\$ 11,000	2	0
31	\$ 12,960	\$ 11,000	2	0
32	\$ 12,960	\$ 7,520	2	0
33	\$ 750		10	0
34	\$ 4,250	\$ 7,200	0	0
35	\$ 15,000	\$ 11,600	3	1
36	\$ 15,000	\$ 9,600	3	0
37	\$ 15,000	\$ 17,000	0	0
38	\$ 250	\$ 15,200	0	0
39	\$ 4,250	\$ 15,400	0	0
40	\$ 12,500	\$ 9,400	3	1
41	\$ 7,250	\$ 7,830	0	0
42	\$ 380	\$ 7,570	0	0
43	\$ 5,222	\$ -	10	0
44	-	-	10	1
45	\$ 7,040	\$ 420	6	0
46	\$ 20	\$ 4,200	0	0
47	\$ 340	\$ 6,300	0	0
48	\$ 600	\$ 5,670	0	0
49	\$ 397	\$ 9,450	0	1
50	\$ 1,191	\$ 16,800	0	0
51	\$ 5,161	\$ -	10	0

Apéndice C. Datos obtenidos del proceso posterior a las mejoras

Celda 1	Celda 2	Celda 3	Celda 4	Celda 5
\$172.00	\$ 16,072.00	\$ 7,850	\$ 14,150.00	\$ 20,250
\$1,350.00	\$ 8,323.00	\$ 3,847	\$ 14,150.00	\$ 7,960
\$6,720.00	\$ -	\$ 4,720	\$ 14,150.00	\$ 19,900
\$8,900.00	\$ 283.00	\$ 5,664	\$ 14,150.00	\$ 19,900
\$12,000.00	\$ 14,150.00	\$ 4,260	\$ 12,735.00	
\$12,999.00	\$ 14,150.00	\$ 4,615	\$ -	\$ -
\$12,000.00	\$ 14,150.00	\$ 7,600	\$ 14,150.00	\$ 19,900
\$13,100.00	\$ 14,150.00	\$ 7,600	\$ 2,830.00	\$ 15,920
\$4,128.00	\$ 14,150.00	\$ 7,600	\$ 8,550.00	\$ -
\$12,800.00	\$ 14,150.00	\$ 7,600	\$ 12,312.00	\$ 5,400
\$12,800.00	\$ 14,150.00	\$ 7,600		\$ 5,670
\$2,057.00	\$ 14,150.00	\$ 4,615	\$ 5,760.00	\$ 13,230
\$12,800.00	\$ 14,150.00	\$ 9,800	\$ 4,800.00	\$ 4,320
\$12,800.00	\$ 7,924.00	\$ 5,400	\$ 6,916.00	\$ 2,430
\$8,500.00	\$ 2,184.00	\$ 5,400		\$ 6,561
\$10,365.00	\$ 2,716.00	\$ 3,808	\$ 9,828.00	\$ 6,318
\$9,000.00	\$ 2,716.00	\$ 5,400	\$ 12,012.00	\$ 11,421
\$8,844.00	\$ 7,372.00	\$ 9,800	\$ -	\$ 729
\$9,484.00	\$ 16,684.00	\$ 1,474	\$ 1,665.32	\$ 8,823
\$3,344.00	\$ 990.00	\$ 1,832	\$ 12,489.90	\$ 6,228

Celda 6	Celda 7	Celda 8	Celda 9
\$ 4,200	\$ 19,430	\$ 18,706	\$ 13,361.43
\$ 4,945	\$ 2,520	\$ 12,736	\$ 9,097.14
\$ 8,600	\$ 9,600	\$ 18,706	\$ 13,361.43
\$ 13,839	\$ 17,760	\$ 19,900	\$ 14,214.29
\$ 10,136	\$ 19,800	\$ 19,900	\$ -
\$ 11,417	\$ 18,000	\$ -	\$ -
\$ 18,565	\$ 21,000	\$ -	\$ -
\$ 18,318	\$ 18,000	\$ 6,032	\$ 4,308.57
\$ -	\$ 16,800	\$ 11,687	\$ 8,347.86
\$ 6,063	\$ 11,040	\$ 12,966	\$ 9,261.43
\$ 2,425	\$ 1,200	\$ -	\$ -
\$ 9,700	\$ 6,392	\$ 14,326	\$ 10,232.86
\$ 11,868	\$ 14,100	\$ 15,080	\$ 10,771.43
\$ 10,120	\$ 11,000	\$ 13,572	\$ 9,694.29

\$ 2,176	\$ 1,000	\$ 12,064	\$ 8,617.14
\$ -	\$ 11,000	\$ 10,933	\$ 7,809.29
\$ 4,515	\$ 6,000	\$ 15,457	\$ 11,040.71
\$ 4,730	\$ -	\$ -	\$ -
\$ 6,480	\$ -	\$ -	\$ -
\$ 12,636	\$ -	\$ 1,200	\$ 857.14

Apéndice D. Project Charter del proyecto

Unidad de negocios	Uniformes PESA	Ahorros esperados del proyecto	\$28,000 USD ahorro \$ 220,000 USD ingreso extra
Black Belt	Juan J. Franklin Uruga	Fecha inicio	28/01/08
Champion	Miguel A. Pérez Bautista	Fecha terminación	25/04/08
Elemento	Descripción		
1. Proceso	Confección: Ensamble de piezas de costura		
2. Descripción del proyecto	El tiempo de ciclo del producto desde que entra a la etapa de confección y hasta que se convierte en un artículo terminado se extiende más de lo planeado, lo que aunado a la larga preparación del módulo provoca retrasos en la producción y posible excesivo uso de personal del departamento de periferico. Se requiere un proceso formal de asignación de cargas de trabajo para las celdas o módulos de confección que facilite la operación y transición entre lotes.		
3. Objetivo	Este proyecto busca la mejora del proceso de confección a través de la reducción del tiempo de ciclo del producto, enfocándose en la preparación y configuración de los módulos y un método formal de asignación de cargas de trabajo que permita agilizar el cambio entre lotes de diferentes tipos de productos. El objetivo es incrementar el indicador de Facturación por día y asimismo el del Entrego de pedidos en tiempo sin significar costos extras para la empresa.		
	Indicador	Actual	Meta
	Facturación diaria	\$100,000	\$110,000.00
	On Time Delivery	90%	98%
			Unidades
			Pesos mexicanos (obtenido de multiplicar piezas fabricadas por su precio de venta)
			Porcentaje de pedidos entregados en tiempo
4. Caso de negocio	Se espera incrementar la facturación diaria del proceso de confección en al menos \$10,000 aprovechando de una forma más eficiente la capacidad instalada, asimismo reducir en un 30% el personal requerido del área de periferico para actividades de apoyo originadas por el retraso o saturación de operaciones.		
5. Miembros del equipo	Roll	Nombre	% tiempo comprometido
	Champion	Miguel Angel Pérez Bautista	2%
	Dueño del proceso	Edson Villegas Ortiga	10%
	Black Belt	Juan José Franklin Uruga	50%
	Recursos humanos	Lourdes Alejandra Pérez Sagedón	3%
	Finanzas	Alberto Franco Villegas	2%
	Operaciones	Guillermo A. Acosta Rivera	5%
6. Alcance del proyecto	El desarrollo del proyecto se centrará en los 9 módulos que conforman el área de confección y desde que el producto entra a este departamento, será aplicable a los diferentes tipos de artículos que se fabrican en la misma, los resultados esperados tendrán la flexibilidad para adaptarse a tal variedad.		
7. Beneficios para el cliente externo	Siendo el cliente interno el Departamento de Producción, se tiene como cliente externo a la organización constituida por PESA Uniformes. Los beneficios para éste se reflejarán en el indicador de Facturación y de manera directa en la Utilidad Bruta, al aumentar el volumen de ventas y la reducción de costos de operación, de forma similar el cumplir con la entrega de pedidos en tiempo llevará a una mejora en la Retención de Clientes.		
8. Programación	Fechas clave para completar tarea	Inicio del proyecto	28/01/08
	M – Medición		8/03/08
	A – Análisis		29/03/08
	I – Mejora		12/04/08
	C – Control		19/04/08
		Finalización del proyecto	25/04/08
Apoyo requerido	No se requiere de equipo o instrumental especial, no implica ninguna inversión por parte de la organización o de algún proceso adicional a las operaciones actuales. Se necesita el acceso a la información y personal administrativo y operativo.		

