

# Uso de la Metodología Lean Six Sigma, para el Mejoramiento de la Compilación de Carpetas de Especificaciones Técnicas de la Elaboración de Tuberías, en una Industria dedicada a la Elaboración de Productos Metalmecánicos situada en la ciudad de Guayaquil

Z.Villón <sup>(1)</sup>, J.Zambrano <sup>(1)</sup>, J.Lozada <sup>(1)</sup>  
Instituto de Ciencias Matemáticas <sup>(1)</sup>  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) <sup>(1)</sup>  
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 Vía Perimetral <sup>(1)</sup>  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador <sup>(1)</sup>  
[zvillon@espol.edu.ec](mailto:zvillon@espol.edu.ec), [jazp83@hotmail.com](mailto:jazp83@hotmail.com), [jlozada@espol.edu.ec](mailto:jlozada@espol.edu.ec) <sup>(1)</sup>

## Resumen

*El presente trabajo despliega la manera como se redujo el tiempo de compilación de Carpetas de Especificaciones Técnicas (CET) de una tubería metálica usando un sistema informático bajo los principios de la metodología Lean Six Sigma. La recolección de datos para el desarrollo del análisis previo a la elaboración del sistema fue realizada durante el año 2007. El objetivo principal era reducir el tiempo de Compilación de las Carpetas de Especificaciones Técnicas, pues los clientes se quejaban de que las tuberías se encontraban fabricadas y las carpetas de Especificaciones Técnicas del producto aún no. Se efectúa todo el Proceso Lean Six Sigma, y se automatiza el proceso para la elaboración de las CET, finalmente se efectúan nuevas muestras y llegamos a la conclusión de que la mejora efectuada, rindió óptimos resultados. La aplicación de la Metodología Lean Six Sigma logró un ahorro mensual de \$ 3200, este ahorro justifica de manera muy superior a la inversión que se realizó para poner en marcha el proyecto.*

**Palabras Claves:** Industria Metalmecánica, Especificaciones Técnicas, Six sigma, Tuberías.

## Abstract

*This work unfolds the way it reduced the time of compilation of technical specifications Folders (CET) of a metal tube using a computer system under the principles of Lean Six Sigma methodology. Data collection for development of the analysis prior to developing the system was conducted during 2007. The main objective was to reduce the time of compilation of technical specifications Folders as customers complained that the pipes were manufactured and folders for technical specifications of the product yet. It does all the Lean Six Sigma process, and automates the process for the development of the CET, they finally made new samples and we concluded that the enhancement provided, yielded excellent results. The application of Lean Six Sigma methodology achieved a monthly savings of \$ 3200, these savings would justify so much higher than the investment that was made to launch the project.*

**Keywords:** Metalworking Industry, specifications, Six Sigma, Pipes.

## 1. Introducción

La automatización de procesos productivos dentro de una industria, es una de las herramientas principales para lograr el éxito. La aplicación de Metodologías como el Lean Six Sigma, permite encontrar las falencias o desperdicios dentro de los procesos, con la finalidad de evitar un colapso en su empresa.

## 2. Metodología Lean Six Sigma

Para llevar a cabo los proyectos Six Sigma se ha establecido una metodología que por sus siglas en inglés es conocida como DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*) y se constituye como a continuación se describe:

DEFINE: Mapeo de procesos:

- Identificar proyectos, Champion y Dueños de proyectos.
- Determinar requerimientos de Clientes.
- Definir el problema, objetivos, metas y beneficios.
- Definir Análisis de recursos.
- Mapear el proceso.
- Desarrollar plan del proyecto.

MEASURE: Análisis de las mediciones del sistema y capacidad del proceso:

- Determinar las variables X's y Y's.
- Determinar definiciones operacionales.
- Establecer estándar de desempeño.
- Realizar recolección de datos y plan de muestreo.
- Validar las mediciones.
- Análisis de las mediciones.
- Determinar capacidad del proceso y niveles bases.

ANALYZE: Pruebas estadísticas, modelamiento y análisis de causa raíz:

- Realizar Benchmark de los procesos y productos.
- Establecer relaciones de causalidad basados en los datos.
- Análisis del mapa de proceso.
- Determinar las causas raíces usando los datos.

IMPROVE: Brainstorming, diseño de experimentos y validación:

- Diseño de experimentos.
- Desarrollar soluciones alternativas.
- Análisis de riesgos y beneficios de las soluciones.
- Validar la solución elegida usando un piloto.
- Implementar la solución.
- Determinar la efectividad de la solución analizando los datos.

CONTROL: Control estadístico de procesos

- Control estadístico de procesos.
- Determinar necesidades de control (Mediciones, diseño de indicadores, etc).
- Implementar y validar controles.
- Obtener beneficios de la implementación de la solución.
- Cerrar el proyecto y comunicar los resultados

## 3. Definición del Problema

La industria metalmecánica estudiada, elabora tuberías metálicas. Con cada tubería elaborada se crean documentos técnicos de calidad, denominados Carpetas de Especificaciones Técnicas (CET). Los clientes de la industria metalmecánica se quejaban frecuentemente de que las tuberías metálicas habían sido elaboradas y las CETs aún no habían sido generadas. Los clientes no aceptan las tuberías sin sus respectivas CETs.

*“La demora en la entrega de Especificaciones Técnicas es demasiado, tardan hasta 10 días en entregarlas, fuera del tiempo en que se procesa el producto” – Voz del Consumidor.*

*“A mayor Producción, mayor elaboración de Carpetas de Especificaciones Técnicas, y mayor personal que se debe contratar para el ingreso de Datos” – Gerente.*

## 4. Proceso de Elaboración de CET

El proceso actual para elaborar las CETs se puede resumir en los siguientes puntos:

1. Crear la Orden de Producción para elaborar una tubería (especificaciones del producto, materia prima, procesos que generan el producto, maquinaria disponible)

2. Los operadores escriben la información generada por el producto en cada proceso productivo a lo que le denominan Hoja de Ruta. La información que aquí detallan corresponde a: Operador y Ayudante que se encargaron del proceso, turno en que se realizó el trabajo: diurno o nocturno, fecha de Inicio con la hora en que ingresó al proceso el producto y la hora en que salió del proceso, maquinaria en la se realizó el trabajo, número de orden de producción trabajada, materia prima utilizada en la elaboración del producto, especificaciones de Calidad: Producto Conforme, Producto No Conforme

3. Al final del día, cada Asistente de Calidad recopila las Hojas de Ruta y las digita en una Hoja de Cálculo en Microsoft Excel. Luego de digitar la información en Excel, se debe cambiar continuamente de formatos de diseño de CET de acuerdo al cliente.

Actualmente se cuenta con 10 Asistentes de Calidad, distribuidos en cada turno de producción, con la finalidad de que realicen dos trabajos: El de Supervisar la Producción en los procesos y el de ingresar la información en Excel de los mismos.

## 5. Metodología Lean Six Sigma – Paso a Paso

A continuación se detalla cada uno de las técnicas aplicadas con la Metodología Lean Six Sigma en el desarrollo de la mejora para el Proceso de Elaboración de las CETs:

### 5.1. Matriz SIPOC

La Matriz SIPOC (Suppliers- Input – Process- Output) permite visualizar el proceso de elaboración de las CETs y encontrar cual es la parte del proceso que más incide en el problema, es una tabla de los proveedores, entradas, procesos y salidas en la elaboración de las CETs.

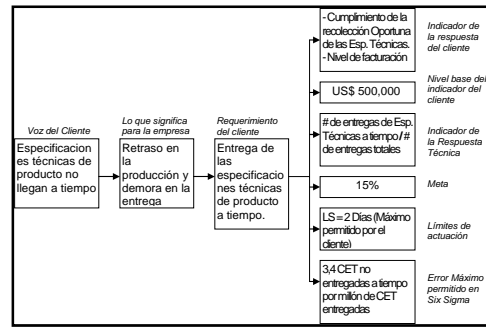
**Tabla 1.** Matriz SIPOC de Compilación de las CET

Matriz SIPOC de los procesos operativos				
Empresas:		Departamento:	Calidad	
Proceso:	Compilación de las CET	Responsable:	Supervisor de calidad	
Proveedores:	Insumos	Producto	Productos	Cli- entes
- Operadores - Asistentes de calidad	Hojas de producción	Misión: Compilar la CET	Carpeta de Especificaciones Técnicas de Tubería	Cli- ente externo
Requisitos		Sub-Procesos:	Requisitos	
Hoja de producción correctamente digitada y entregada a tiempo.		Recopilación de hojas de producción	CET con datos correctos y entregada a tiempo.	

### 5.2. Características Críticas de Calidad

Las Características Críticas de Calidad permiten analizar el problema con ayuda de los agentes externos e internos al proceso de elaboración de las CETs. La voz del Consumidor ayuda a encontrar los inconvenientes expuestos por el cliente, verificando que las CETs no llegan a tiempo y se retrasa la producción total produciendo una demora a nivel general. Así mismo, necesitamos definir cuál es la exigencia del cliente, tiempos máximos que el cliente puede esperar. Se debe encontrar cual es nuestro factor determinante en la medición del proceso (Indicador de Respuesta Técnica = # de entregas de CET a tiempo / # de Entregas de CET Total). La meta cuantificada de los aciertos en el Proceso (15% de entregas a tiempo.- Debe ser un porcentaje accesible, pues a medida que vaya

mejorando, el porcentaje puede irse incrementando).



**Figura 1.** Características Críticas de Calidad (CTQ's)

### 5.3. Análisis de Causas - Raíces

El problema de la empresa radica en el tiempo que se toma para la Compilación de las CET, y es necesario encontrar las Causas – Raíces del mismo. Para este proceso utilizaremos la Técnica de los “5 Por qué?” “La Compilación de las CET es tardía y costosa (Compilación de las CET para 20 tuberías toma hasta 11 días, y requiere mano de obra de 10 Asistentes de Calidad).”

#### ¿Por Qué?

Porque toma mucho tiempo digitar la información de las Hojas de Ruta en las Hojas de Excel.

#### ¿Por Qué?

Porque cuando ya vemos que hay suficiente producto, recién en ese momento procedemos a buscar la información de las Hojas de Ruta para digitar, ya que éstas se encuentran archivadas en Bodega.

#### ¿Por Qué?

Porque a medida que se va elaborando un Producto, los operadores escriben la información en la Hoja de Ruta, luego de eso recopilan la información para al final del día proceder a archivarla.

#### ¿Por Qué?

Porque en el transcurso del día no se les puede entregar a los Asistentes de Calidad la información.

#### ¿Por Qué?

Porque los 10 Asistentes de Calidad se encuentran ocupados en el ingreso de datos a Hojas de Cálculo de Excel de los productos elaborados en fechas anteriores.

#### ¿Por Qué?

Porque la cantidad de información que digitan es muy grande. En realidad la información de producción es muy grande.

Analizando las respuestas obtenidas, podemos resumir en un Diagrama las Causas – Raíces del problema, presentado en la Figura 2.

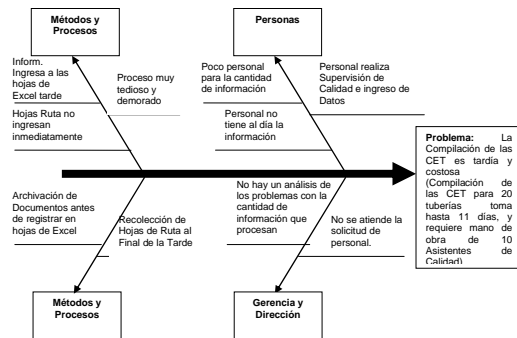


Figura 2. Análisis de Causas - Raíces

#### 5.4. Determinación de la Solución

Luego de reuniones con gerencia y el departamento de calidad se optó por una solución informática a fin de disminuir el tiempo de todas las variables del sistema actual de compilación de las CET.

El Sistema de Producción y Calidad, es un aplicativo desarrollado con la finalidad de simplificar el trabajo del departamento de Calidad, así como facilitar información relacionada con la producción a la gerencia.

Se decidió implementar una base de prueba (base de datos con información ficticia), con el objetivo de enseñarles a los usuarios a manejar cada una de las opciones, y las facilidades que les brinda el Sistema.

El propósito del plan piloto es anticiparse a los inconvenientes que se pueden presentar en la implementación del sistema.

Del plan piloto se obtuvo los siguientes resultados:

- Necesidad de terminales.
- Capacitación urgente a empleados responsables del sistema.
- Resistencia al cambio de parte de los asistentes de calidad.

#### 5.5. Implementación de la Solución

Luego de encontrar los Inconvenientes en el Plan Piloto, se citó a una reunión con la Gerencia para determinar las Soluciones propuestas por el Dpto. de Sistemas, las cuales fueron aprobadas y puestas en marcha:

- Compra de 4 terminales.- Una para cada proceso productivo, donde se tengan que efectuar registros físicos.
- Verificación de Manual del Sistema.- Se revisó el manual de Usuarios del sistema, a fin de verificar aquellas definiciones que son incomprensibles al usuario final del Sistema.
- Charla a Usuarios.- Se dictó una charla donde se les indicó a los usuarios sobre todos los beneficios que se obtienen al automatizar los procesos manuales. En esta charla surgieron varias dudas con respecto a la estabilidad

laboral de los empleados, donde el Jefe de Recursos Humanos dispuso las dudas, comprometiéndose a reubicar al personal que ya no fuere necesario dentro del Dpto. de Calidad.

Luego de 2 meses de pruebas del Software, capacitación continua a los usuarios, y emisión de informes de avances a la Gerencia, se procedió a entregar el Sistema de Producción a la industria metalmecánica, logrando eliminar o cambiar algunas variables que influían en el Proceso.

Teniendo esta información, generamos varios proyectos candidatos, estimamos los beneficios y esfuerzos requeridos para el mismo, junto al impacto que causaría para la empresa implementarlo, y gracias al apoyo de la Gerencia, todas las Jefaturas Departamentales, por unanimidad se definió el proyecto ganador, que sería nuestro objetivo principal.

Ahora nuestro objetivo sería por medio de un software, automatizar el ingreso de datos y recopilación de toda la información concerniente a los procesos de la elaboración de las Tuberías y de un modo automático generar las CET.

Con el software creado y todo el detalle de la metodología Six sigma (Análisis Causa – Efecto, Gráficas de Control, Análisis de Capacidad de Proceso, Análisis de Procesos que no agregan Valor, etc.), podremos ingresar al Mejoramiento Continuo en la Compilación de las CET y lograr que el 100% de las Carpetas de Especificaciones Técnicas del Producto lleguen a tiempo. Ahora que se ha decidido el proyecto a realizar se realizan la distribución de tiempo necesario y las metas a cumplirse para fechas específicas.

#### 5.6. Definición de las Variables del Proceso

Se efectuó un análisis del Problema Organizacional, llegando a la Determinación de las siguientes variables:

- X1: Tiempo de elaboración del Producto.- Tiempo de procesamiento de la materia prima para elaborar el Producto, desde que ingresa al primer proceso hasta que el producto sea liberado del último proceso.
- X2: Tiempo de elaboración de las CET.- Recolección y Transcripción de los registros físicos denominados Hojas de Ruta y efectuados por los Operadores de Producción luego de terminada la tubería.
- X3: Costos de Mano de Obra de los Operadores.- A los operadores se les cancela un sueldo mensual de \$200, entre sus principales funciones es la finalización de la Orden de Producción que le asignan, incluyendo el registro de las Hojas de Rutas.

- X4: Costo de Mano de Obra de los Asistentes de Calidad.- Existen 10 Asistentes de Calidad que además de efectuar su supervisión diaria de la producción, se encargan de digitar las Hojas de Ruta en las Hojas de Cálculo, el sueldo mensual es de \$400.

Las variables que influyen en el Tiempo de Compilación de las CET, que es nuestra Variable Y queda definida de la siguiente manera:  $Y = X1 + X2$ .

El propósito implícito del estudio será minimizar o eliminar las variables X3 y X4, que representan un exceso en el proceso de compilación de las CET.

### 5.7. Análisis de Capacidad de Procesos

Habiendo definido las variables a ser estudiadas, se toma observaciones históricas de ellas (muestras), para llevar a cabo el Análisis de Capacidad del proceso anterior, y compararlo luego con el proceso aplicada la mejora.

Como parte integral de la solución y porque el compromiso Six Sigma así lo exige se implementan módulos para obtener gráficas de control de los procesos productivos de las tuberías.

Procedemos a efectuar el Análisis de Capacidad del Proceso de Compilación de Especificaciones Técnicas sumado al tiempo de elaboración de la tubería (Variable X1). Para esto, hemos efectuado una muestra de datos de tiempo de generación (tiempo que se toma en elaborar el producto, procesar las hojas de ruta, ingreso de datos a Excel e Impresión) de las CET de 15 Tuberías.

**Tabla 2.** Días tomados en elaboración de Tubería y Compilación de CET

Observación	Tiempo en días de elab. de tuberías y CET (Y = X1 + X2)
1	15
2	15
3	13
4	17
5	15
6	15
7	14
8	15
9	16
10	17
11	14
12	15
13	17
14	15
15	15
16	15
17	17
18	14
19	14
20	16
21	15
22	15
23	17

24	15
25	15
26	16
27	14
28	16
29	15
30	15

Ahora, efectuaremos una Prueba de Bondad de Ajuste utilizando la Distribución Ji-Cuadrada, para determinar de qué población proviene la muestra.

La Distribución Ji - Cuadrada es utilizada tanto para estimar como para probar Hipótesis acerca de la Varianza o Desviación Estándar de una población. La Distribución Ji- Cuadrada se emplea también para:

a) Probar hipótesis acerca de datos de frecuencia, es decir, para comparar resultados experimentales obtenidos en forma de frecuencias o proporciones, con frecuencias esperadas. Esto es, probar estadísticamente si la distribución de frecuencias observadas es compatible (“se ajusta a”) con alguna distribución teórica conocida: Uniforme, Multinomial, Binomial, Poisson, Normal, etc. a estas pruebas se les denomina “Pruebas de Bondad de Ajuste”; y

b) Para probar Preferencias o Pruebas de Independencia, llamadas también Tablas de Contingencia.

Se utilizan la Distribución de Karl Pearson o la Prueba de Kolmogorov y Smirnov. La primera prueba conviene tanto para Distribuciones Continuas como para Discretas; mientras que la de Kolmogorov y Smirnov sólo sirve para Distribuciones Continuas.

A continuación establecemos la prueba para Bondad de Ajuste De Ji Cuadrado.

1.- Se debe plantear la Hipótesis para la Prueba: Deseamos probar si estos datos provienen de una distribución Poisson con  $\lambda = 15.23$

$$H_0: F_m(Y) = F_T(Y) \quad \square y \square R$$

$$H_a: F_m(Y) \neq F_T(Y) \text{ para algún } y$$

2.- Calcular todos los valores  $f_m(Y)$  de la muestra  $Y_1, \dots, Y_n$

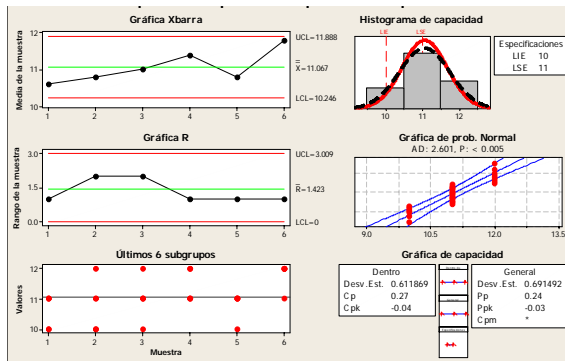
Para obtener los valores de  $F_T(Y)$  y  $f(Y)$ , debemos ver la distribución de frecuencias de Y, mostrada en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Distribución de frecuencias de Y

Y	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	$f_m(Y)$	$F_m(Y)$
13	1	1	0.0333	0.0333
14	5	6	0.1666	0.2000
15	15	21	0.5000	0.7000
16	4	25	0.1333	0.8333
17	5	30	0.1666	1.000

3.- Determinar las Frecuencias Estimadas, de acuerdo a la estimación del  $\lambda = 15.23$ .





**Figura 4.** Capacidad del Proceso de Compilación con la Mejora

Como podemos notar el sistema informático para la elaboración de las CET, logra una mejora en el proceso, haciendo que la capacidad del mismo se incremente de 0.07 a 0.27, sin lograr la meta de 1.33, aún así, esto constituye un importante avance.

Realizamos una prueba de hipótesis de igualdad de medias, si rechazamos la paridad (lo que propone  $H_0$ ), suponemos que la media de la mejora aplicada es menor que la anterior.

$U_1$  = Media sin la mejora

$U_2$  = Media mejorada

$H_0: U_1 = U_2$

$H_1: U_1 > U_2$

$t = 0,493657248$

$P(T \leq t) = 0,312633217$

La hipótesis nula se rechaza, por lo tanto se afirma la desigualdad de medias.

## 5.8. Control Estadístico de Procesos

Los Objetivos Principales del Control Estadístico de Procesos son:

- Minimizar los tiempos de Elaboración de las Tuberías y CETs incluyendo el tiempo de elaboración del producto.

- Mantener la actitud de mejora continua del proceso para elaborar las Tuberías y CET.

- Comparar la producción de CET con respecto a las especificaciones.

El Software CEP (Control Estadístico de Procesos) que permitirá medir el Proceso de Elaboración de CET y del producto por medio de las Gráficas de control, debe contemplar las siguientes especificaciones:

a) Gráfica de Control de Días por Proceso Antes de Armado de la Tubería.

b) Gráfica de Control por Proceso antes de Armado de la Tubería.

c) Gráfica de Control por Proceso después de Armado.

Se ha enfocado las Gráficas de Control a los días en que se elabora un producto ya que obtener registro de la hora exacta de Impresión

de las CET, es decir, para obtener Hard Copies de las mismas se usa un tiempo insignificante (p.e. menos de 10 minutos para 120 páginas de una CET).

Las Gráficas de Control se encuentran dentro del menú de Calidad del Software de Producción que fue creado, el cual fue desarrollado en Visual Basic.

Entre los principales objetivos que la Gerencia necesitaba alcanzar se pueden anotar los siguientes:

- Minimizar el tiempo en días, que las láminas se toman antes, durante y después del Armado.

- Mantener la actitud de mejora continua del proceso, puesto que, al tener una Gráfica de control en el sistema, basado en los datos reales, se puede visualizar aquellas láminas que toman demasiado tiempo e indagar cuales son las causas por las que sucede este tipo de casos.

Gráfica de Control de Días de Proceso Antes de Armado.- Esta gráfica nos muestra si el proceso que comprende todos los tratamientos de las láminas antes del Armado se encuentra fuera de control. En las abscisas se ubican las láminas que serán transformadas en tuberías, y en las ordenadas los días que tomó el proceso. Esta gráfica es una gran herramienta de trazabilidad, pudiendo acudir a ella cuando se lo requiera para efectuar el CEP.

Gráfica de Control de Procesos Antes de Armado.- Insistiendo en la importancia de la trazabilidad de los procesos, por medio de esta gráfica podemos observar el comportamiento de cada uno de los procesos, mostrando el tiempo en minutos que toman individualmente.

Gráfica de Control de Proceso Después de Armado.- La tercera opción que nos brinda el sistema es la gráfica del tiempo en días de la tubería terminada. Las tuberías que presenten anomalías en su tiempo de elaboración serán presentadas en el reporte imprimible para que se tomen las medidas pertinentes por parte de la compañía.

## 5.9. Conclusiones

Sin duda, hay que resaltar el resultado que durante un periodo de 5 meses, que tomó la preparación del terreno, la implementación y posterior revisión de la solución en la compañía.

1. La Capacidad del Proceso, que ya fue analizada en un capítulo anterior, sufrió un adelanto, pasando así de una  $C_p$  0.07 a  $C_p$  0.27, dejando una brecha abierta que necesariamente deberá ser cubierta por mejoras para así alcanzar la meta de  $C_p$  de 1.33.

2. La estadística descriptiva nos muestra notorios avances en la media del tiempo de entrega de producto (Tiempo de Desarrollo del producto + Tiempo de elaboración de la CET),

pasando de 15.23 a 10.13. Porcentualmente este adelanto comprende el 34%, una tercera parte del tiempo promedio de desarrollo integral del producto fue reducida.

3. Habiendo realizado una prueba de hipótesis, podemos afirmar que existe evidencia estadística para decir que la media del tiempo de compilación de las CET con la mejora es inferior a sin ella.

4. Es vital para el proceso Six Sigma la reducción de la variabilidad, la desviación estándar se redujo de 1.04 a 0.51, mostrando un proceso más estable.

5. Se logró un ahorro mensual de \$ 3200, este ahorro justifica de manera muy superior a la inversión que se realizó para poner en marcha el proyecto.

### 5.10. Recomendaciones

1. Como lo mencionamos anteriormente el proyecto se enfocó en la reducción del tiempo del sistema de elaboración de las CET, recomendamos que a futuro se lleven a cabo proyectos Six Sigma en cada subproceso que comprende la elaboración de las tuberías.

2. La programación del sistema de Compilación de las CET hubiera podido ser concluida en menor tiempo si se contaba con más asistentes de sistemas, por ello se recomienda a la gerencia que invierta un poco más en este tipo de proyectos que benefician de gran forma a la empresa.

3. La capacitación de los operadores para el ingreso de los datos a las terminales presentó muchas dificultades debido al poco o ningún conocimiento de informática de estos. Se recomienda capacitación frecuente del personal en esta materia, puesto que así se evitará un obstáculo en futuros proyectos informáticos en la empresa.

4. A pesar de que la compañía se encuentra certificada en ISO 9001:2000, se recomienda una actualización de los manuales de procesos, al revisar muchos de ellos encontramos procesos que podrían ser optimizados con pequeños cambios.

## 6. Agradecimientos

A Dios, a nuestros padres, hermanos, en especial a Ronnie por su valioso apoyo. Al personal de de la industria que contribuyó a que el presente trabajo pueda llegar a buen puerto.

## 7. Referencias

[1] LOZADA, J., (2007), "Mejoramiento de procesos de negocios con las metodologías 6 Sigma y Lean Manufacturing", Seminario de Graduación Six Sigma ICM - ESPOL, Guayaquil, Ecuador.

[2] LOZADA, J., (2007), "Análisis de Capacidad", Seminario de Graduación Six Sigma ICM - ESPOL, Guayaquil, Ecuador.

[3] COTECNA, (2007), "Introducción al Six Sigma", Seminario de Graduación Six Sigma ICM - ESPOL, Guayaquil, Ecuador.

[4] INDUSTRIA METALMECÁNICA S.A., (2008), "Nuestra Compañía", Folleto publicitario, Guayaquil, Ecuador.

[5] MENDENHALL, W., WACKERLY, D., Y L-SCHAEFFER, R., (2002), "Estadística Matemática con Aplicaciones", Thomson, Sexta Edición, México-México.

[6] ZAMBRANO, E., (2006), "Análisis Estadístico y distribución espacial de los servicios relacionados con la educación privada en la zona no metropolitana en la provincia del Guayas", Tesis de grado de Ingeniería en Estadística Informática, ICM-ESPOL, Guayaquil, Ecuador.

[7] HARO, E., (2006), "Méritos Académicos y No Académicos de los Profesores con Nombramiento de la ESPOL: Un Análisis Estadístico", Tesis de grado de Ingeniería en Estadística Informática, ICM-ESPOL, Guayaquil, Ecuador.