



Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

Seis Sigma Como Técnica de Control de Calidad Para Incrementar la Competitividad en Empresas Locales

FERNANDO HERNÁNDEZ CONTRERAS¹

*JOSÉ LUIS DÍAZ ROLDÁN**

*MARIO ALBERTO VILLARREAL ALVAREZ***

RESUMEN

Propósito y Método de Estudio. Esta investigación está orientada en la solución del problema de alcanzar el crecimiento, la competitividad, la internacionalización de las empresas locales, mediante el aprovechamiento efectivo de la recuperación del compresor housing, como componente del turbo-cargador en área de desensamble, mediante el método 6 Sigma (6σ).

Analiza la Aplicación de la metodología 6σ para la reducción de desperdicio (muda) en los compresores housing. Contribuciones y Conclusiones: La aportación más importante de esta investigación, es la aplicación de la metodología de 6σ como una técnica de control de calidad para reducir el nivel de muda en los compresores housing, del área de desensamble. Al lograr la implementación y el dominio de la metodología 6σ en la empresa Caterpillar instalada en el Municipio de Nuevo Laredo, esto representará para la compañía exportadora local, mejorar la posibilidad de éxito, mejorar la eficiencia y competitividad en el proceso de re-manufactura.

Palabras Clave: control de calidad, eficiencia, mejora continua, competitividad.

ABSTRACT

Purpose and Method of Study. This research focuses on solving the problem of achieving growth, competitiveness, internationalization of local companies through the effective use of the recovery compressor housing as a component of turbo-charger area disassembly by method 6 Sigma (6σ). Analyze the Application of 6σ methodology for reducing waste (muda) in compressor housing. Contributions and Conclusions: The most important contribution of this research is the application of 6σ methodology as a quality control technique to reduce the level of dumb in the compressor housing, the area of disassembly. To achieve implementation and mastery of 6σ methodology Caterpillar company located in the Municipality of Nuevo Laredo, this will represent for local export company, improve the chance of success, improve efficiency and competitiveness in the process of re-manufacturing.

Keywords: quality control, efficiency, continuous improvement and competitiveness.

¹ **Universidad Autónoma de Tamaulipas-Facultad de Comercio, Administración y Ciencias Sociales.

INTRODUCCIÓN

La internacionalización de las empresas, es un fenómeno actual que ha evolucionado con mucho el dinamismo, y que desde diversas expectativas mantiene interesados a todos los investigadores. Con el paso del tiempo y con la finalidad de dar respuesta a las nuevas condiciones que nos impone la globalización, surgen numerosas teorías que intentan explicar éste fenómeno, no obstante su complejidad, aun cuando no ha podido configurarse un único modelo válido.

Con éste proyecto nos podemos dar cuenta de la importancia de utilizar técnicas o métodos de mejora continua en los procesos, para proporcionar a los clientes una alta calidad en los productos, para que las empresas evolucionen con calidad, es hoy más que nunca, una meta que se deben tener presente (Pande et al., 2000)., el reto que representa la competitividad se convierte en el eje central con vías a la internacionalización de las empresas, ya que este posicionamiento, les permite un crecimiento, con un potencial de ser auténticas unidades de producción, innovadoras, proveedoras y generadoras de empleo, prósperas, con perspectivas de clase mundial y con un entorno competitivo como soporte para el entorno.

Para lograr este objetivo, se necesita tener una serie de retos, los cuáles se deben enfrentar mediante un modelo o herramienta que ayude a incrementar la competitividad, con reglas de acción como el cambio de cultura hacia la innovación tecnológica, el cambio de actitud para la creación de empresas con alto potencial de crecimiento, creando una red de intercambio de la información empresarial y la implementación del desarrollo regional, lo que representa nuevas dimensiones, dentro del mercado global. Esto representa una oportunidad de transformación, por lo que si se efectúan éstos cambios necesarios, se podrá desarrollar en el mercado local y hacerlo más competitivo para el mercado internacional.

OBJETIVO

El objetivo fundamental de esta investigación está orientada a la solución del problema para lograr el crecimiento, la competitividad y la internacionalización de las empresas locales, mediante el aprovechamiento efectivo de la recuperación del compresor housing como componente del turbo-cargador en área de desensamble con la aplicación de la metodología de 6σ . Utilizando la metodología de 6σ proporciona una reducción en el nivel de desperdicio, ayuda a reducir la variabilidad del proceso, reducción de costos y mejorar la calidad de los productos dentro de la empresa, la variabilidad en los procesos, los desfases de áreas, y el no estar preparados para un cambio de modelo en cualquier componente del turbo-cargador, influyen en la posibilidad de elevar el nivel de muda en las áreas afectadas. Al lograr la implementación y el dominio de la metodología de 6σ para la empresa Caterpillar en el Municipio de Nuevo Laredo, representará para

la empresa local exportadora y no exportadora mejorar la posibilidad de éxito, mejorar la eficiencia y competitividad en el proceso de re-manufactura.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se presenta el análisis de los estudios previos sobre el tema, particularmente los relacionados con los modelos para asegurar la calidad. Se dio especial énfasis a los estudios que buscan encontrar fundamentos en teorías de diferentes disciplinas, que ya han sido estudiadas y aplicadas, y que se relacionan con las mismas. Se define el modelo conceptual teórico, donde se conjunta las conclusiones de estudios previos. Después se realiza un análisis bajo el enfoque de la metodología de 6σ .

En esta investigación se utilizó el enfoque de la metodología 6σ que tiene su fundamento centrada en la eliminación de la muda, aumenta la calidad y mejora los rangos financieros de las empresas. Los resultados de la investigación se presentan y explican mediante el modelo resultante. Por último, se expresan también las conclusiones finales de la investigación donde se indican los resultados globales trascendentes.

ESTUDIOS PREVIOS

En la época reciente algunas empresas tuvieron más iniciativa para lograr una eficiencia en la calidad y tener cero defectos en sus procesos, la información generada por estas grandes empresas contribuye de manera significativa al logro de mejores resultados, en aspectos de reducción de costos y mejora de las utilidades. Como lo comentan Hellriegel, Jacks, Slocum (2005). Para lograr la mejora y la reducción de costos de acuerdo Thompson y Strickland (2004), es necesario incluir técnicas o metodologías durante la fase operativa que prevenga la ocurrencia de errores, esto es un sistema de chequeos sucesivos, para asegurar la calidad del producto en el origen y es más efectiva con esto también y de acuerdo a Padilla (2008) se logran cero defectos. Estos métodos se basan en la aplicación de técnicas estadísticas para la reducción de la variación en los procesos, con lo que se minimizan los defectos y los errores.

Para la aplicación de las técnicas o métodos existe un organismo internacional de normas llamadas ISO 9000, Muñoz y Hernández (2006), mencionan estas normas, las cuales están integradas por un conjunto de modelos y documentos sobre gestión de calidad. En 1987, se publicaron las normas internacionales actuales sobre aseguramiento de la calidad. Por primera vez, cada una de ellas sirve como un modelo de calidad dirigido a determinada área de la industria, la manufactura o los servicios. En la actualidad cubren todas las funciones o posibilidades de desempeño, y tienen el

objetivo de llevar la calidad o la productividad de los artículos manufacturados o servicios que se oferten.

Aunque los antecedentes más remotos de la existencia de la norma ISO 9000 datan de hace más de 50 años, es importante destacar que la aceptación internacional de la normalización ha tenido vigencia, sobre todo, a partir de la década de los 80s. Una de las metodologías que están dentro de la norma ISO 9000 es la llamada 6σ (Henderson y Evans ,2000; Snee R., 2004; Antony J. 2008 b; Kumar, S., Strandlund, E. and Thomas, D. (2008a), que tiene su fundamento centrada en el cliente, que elimina el desperdicio, aumenta la calidad y mejora los rangos financieros de las empresas. 6σ no es una herramienta de calidad, es una herramienta de gestión que busca la mejora continua, integrando el factor humano en los procesos comentarios propuestos por Antony J, Kumar, Cho (2007), Montgomery (2004).

Seis Sigma es un concepto que se originó por Motorola Inc. en los EE.UU. en la década de 1980 (Antony, 2002). Una de las empresas de mayor prestigio a nivel mundial es General Electric que hizo de 6σ la filosofía gerencial más popular de la historia. La información generada por esta gran empresa contribuye de manera significativa al logro de mejores resultados, en aspectos de reducción de costos y mejora de las utilidades. Este método se basa en la aplicación de técnicas estadísticas para la reducción de la variación en los procesos, propuesto por Reyes (2002), con lo que se minimizan los defectos y los errores como lo indica Eckes (2001).

Las empresas dedicadas a la re-manufactura de componentes, la calidad es la clave no solo para permanecer, sino también para competir y surgir en el ambiente de los negocios tan competitivo en que se vive actualmente de acuerdo a Johnson, Scholes y Whittington (2006) (Antony y Banuelas, 2002; Banuelas y Antony, 2002).

Donde el sector industrial es uno de los principales sectores en el desempeño económico de Nuevo Laredo de acuerdo al análisis de Hernández (2006), dentro de las actividades más importantes que se realizan en este municipio son las que a continuación citan; la construcción, electrónica, mueblero, celulosa, textil, mecánico, automotriz, calzado, dato proporcionado por R. Ayuntamiento de Nuevo Laredo (2010).

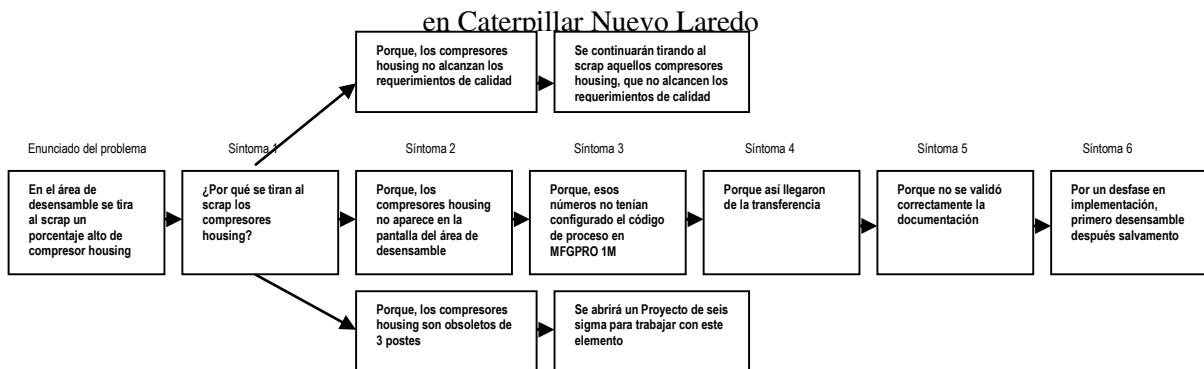
La gran infraestructura y su colocación dentro de la situación geográfica que solo da la ciudad fronteriza de Nuevo Laredo, visión de Navarro y Pariente (2004), por tal, la colocan como una de las principales zonas de ubicación para la re-manufactura en la industria maquiladora del país. Dentro de algunas de estas referencias mencionadas existe una actividad llamada re-manufactura, donde la empresa Caterpillar tiene su negocio. Es decir que en el proyecto de recuperación de los compresores housing en el área de desensamble, como un componente del turbo-cargador utilizando la metodología de 6σ , proporciona una reducción en el nivel de muda, también ayuda a reducir la

variabilidad en el proceso, reducción de costos y mejora la calidad de los productos dentro de la empresa. efinición del problema.

El problema se presenta dentro del área de desensamble y es el desecho constante de los compresores housing, como componente principal de los turbo-cargadores, la empresa trata de utilizar la mayoría de los compresores para re-manufacturarlos y usarlos dentro del proceso con la misma calidad que uno nuevo. El desecho de los compresores housing dentro del área de desensamble solamente en el año 2006 fue de 9000 compresores housing al mes, equivalentes a \$182,250.00 dólares y al año fue de 108,000 compresores con un equivalente de \$6,480,000.00 dólares, y la causa principal del desecho de compresores housing, fue que no aparecía en la pantalla. La relevancia de este problema es el de propiciar un costo elevado, esto ocasiona que se tiene que colocar una parte nueva o nuevo compresor (NPU) en el producto terminado del turbo-cargador, y no un compresor re-manufacturado.

Las probables causas del desecho de los compresores housing son; no se encuentran mencionados en la lista de materiales, no muestran en la pantalla, no tienen un proceso de salvamento, o son obsoletos, al encontrar la causa del problema se mide el porqué de la causa, del porqué ocurrió esto, en la figura número 1 se describe el problema vital del porque o causa que originó el nivel de desecho de los compresores.

Figura núm. 1 de los 5 porqués de la causa raíz proceso del compresor housing re-manufacturado



Fuente: gráfica proporcionada por CATERPILLAR Nuevo Laredo.

Para la elaboración del diagrama de los cinco porqués el equipo de trabajo del proyecto, realizó una reunión donde se empezó con la pregunta, porqué en el área de desensamble se tira un porcentaje tan alto de compresor housing, y se dieron algunas respuestas tales como; porqué no alcanzan los requerimientos de calidad, esto se seguirá realizando cuando no reúna las características solicitadas por el cliente, o porque son compresores de tres postes.

Otro de los porqués es que no aparece en la pantalla, estos significa que el número de compresor no tenía configurado el código de proceso en MFG PRO 1M, esta causa fue la que originó el problema

en el compresor, el equipo de trabajo cuestiono por qué debe tener el código de proceso en MFG PRO 1M, la respuesta fue, porque llegaron de esa forma al realizar la transferencia del proceso, además no se validó correctamente la documentación, debido a que se dio un desfase en la implementación de los procesos, primero fue área de desensamble y después área de salvamento, esto fue la causa-raíz del problema.

La empresa requiere implementar técnicas en sus procesos para la mejora continua y reducción de costos.

La justificación de este proyecto se basa en una técnica que se implementará para el desarrollo del proyecto llamada 6σ , nos servirá para la reducción y recuperación de los compresores de los turbo-cargadores e incrementar el uso de los otros componentes del turbo-cargador. En este proyecto de investigación el componente a analizar es el compresor housing, donde el Indicador de Nuevas Partes Usadas (NPU) fue de 65% en el 2006, la necesidad de reducir este indicador es crítico para el éxito de este negocio. Actualmente en este 2007 un 40% de los compresores housing rechazados en el área de desensamble son debido a componentes obsoletos y/o no listados en el BOM (Bill de Materiales).

Por este motivo, se ha considerado trascendente estudiar el desecho de los compresores housing, con el propósito de ver las causas y disminuir los niveles tan altos que ocasionan estas pérdidas.

El análisis de este proyecto, nos permitirá establecer un sistema adecuado en el área de desensamble para medir y controlar los desechos.

OBJETIVO GENERAL

La recuperación del compresor housing como componente del turbo-cargador en área de desensamble con la aplicación de la metodología de 6σ .

Objetivos específicos.

1. Aplicación de la metodología de 6σ para la reducción de muda en los compresores housing, elemento del turbo-cargador en área de desensamble, para disminuir el desecho en un 27 % del acumulado.
2. Dar seguimiento a la aplicación de 6σ como un método de mejora continua.
3. Realización de réplica de este proyecto en los diferentes componentes del turbo-cargador.
4. Mantener y controlar el proceso de salvamento en los compresores que no aparecen en la pantalla, quedan fuera los demás compresores por otras causas que se van al reciclado.
5. Revisar el proceso cada mes durante un año para analizar los beneficios.
6. Revisión del diagrama de flujo del proceso de desensamble.
7. Realización de la mejora del diagrama de flujo.

MÉTODO DE RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

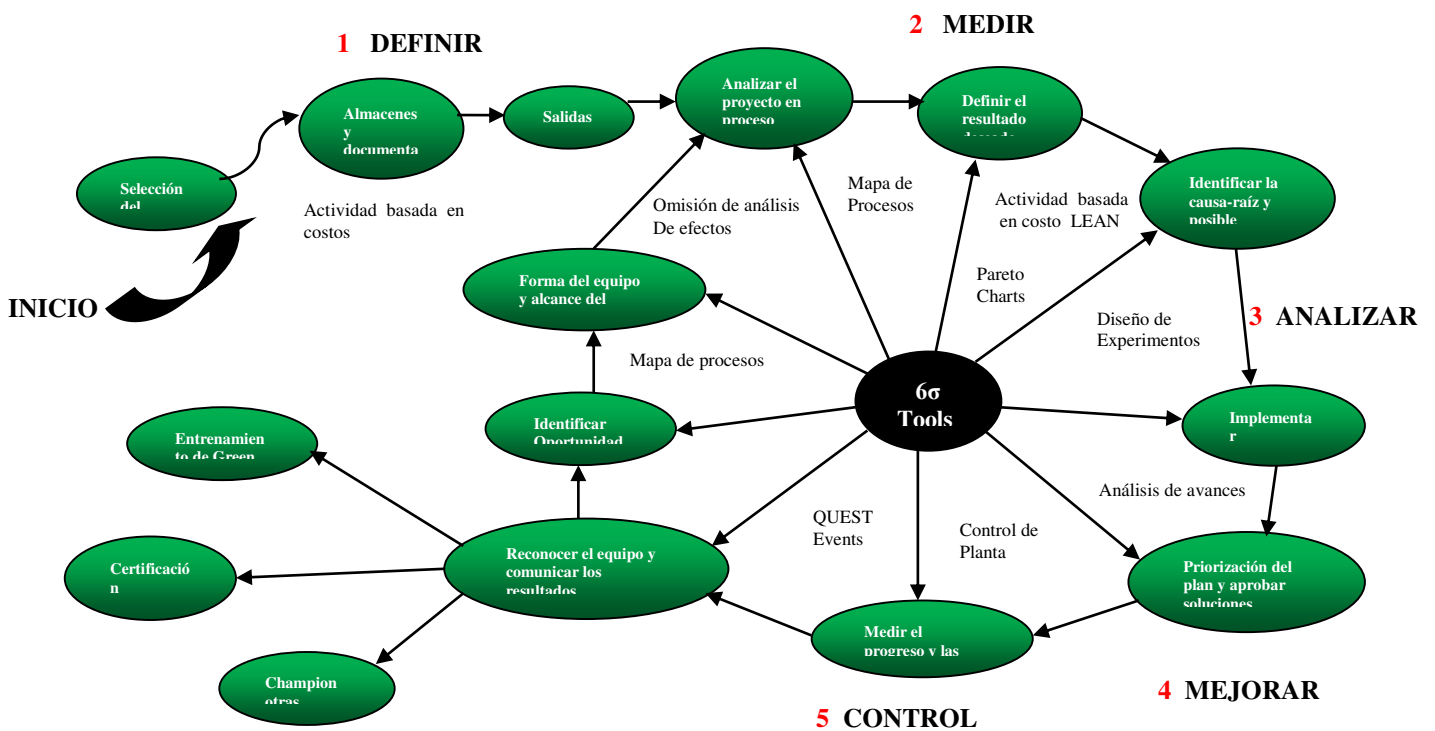
Se utilizó la metodología 6σ como elemento de influencia en el proceso de la reducción del nivel de desperdicio en los compresores Housing en el área de desensamble.

Se ha desarrollado como sistema para la resolución de problemas el método Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar (DMAMC), este método es llevado a la práctica por grupos especialmente formados para dar solución a los diversos problemas u objetivos de la compañía.

La clave del método DMAMC se encuentran en lo siguiente: medir el problema, esto significa que siempre es bueno tener una clara noción de los defectos que se están produciendo en cantidades y expresados en valores monetarios.

Para desarrollar el método DMAMC es necesario llevar una secuencia de pasos e ir definiendo el objetivo, como se describe a continuación en el dibujo núm. 2.

Figura núm. 2 metodologías de Seis Sigma por el método DMAMC



Fuente: elaboración en base a un proceso de control por medio del seis sigma DMAMC

En este proyecto de investigación se analizó la estratificación de los compresores housing, se puede observar que el 70% de los compresores housing no están en la pantalla de ahí se desprende la oportunidad de recuperarlos y disminuir el desecho, el restante 30% de los compresores son

obsoletos, esto indica que van directo al Scrap, y algunas de las causas son: 10% son de tres postes. 2% tienen golpes en el difusor. 4% con la rosca dañada. 1% tiene rallado en Inducer. 3% tiene golpes en el diámetro. 6% desgaste en el Outlet. 4% área de sellado en el backplate.

La declaración de la oportunidad. Se tiene la oportunidad de encontrar una manera de rehusar estas partes para el ensamble, las ventas para 2007 son de: 154,000 turbocargadores (compresor housing). El costo promedio real es \$60 dólares por compresor se tienen estimados beneficios anuales por la cantidad del proyecto de \$971,000 dólares antes del impuesto, reduciendo y eliminando el desecho de los compresores que no se encuentran en el BOM. (No aparece en la Pantalla).

Ia. Fase. Definir

Declaración del Objetivo

Y: El objetivo es reducir el NPU en los compresor housings reduciendo los rechazos debido a componentes obsoletos y/o no listados en el BOM.

X1= Analizando intercambiabilidad.

X2= Estratificando rechazos y tomar la oportunidad más próxima.

X3= Desarrollando e implementando procesos de salvamento rápidos.

X4= Asegurando la calidad y el rastreo de los componentes

Alcance del Proyecto

En Alcance: Todos los compresores housing identificados como obsoletos y/o no listados en el BOM.

Fuera de Alcance :Cualquier otra causa de rechazo en el área de desensamble y cualquier otro componente fuera del compresor housing.

2ª. Fase Medir

Febrero	12	13	14	15	16	19	20	21	22	
Obsoletos	1	25	9	13	15	15	28	10	27	134
No en pantalla	9	30	113	67	39	17	17	27	21	340
	10	55	122	80	54	32	45	37	48	
Desensamble	128	229	277	195	105	132	122	147	133	1468
Compresores salvados	40	46	33	26	8	12	26	27	8	226
Scrap Compresores	8	183	244	169	97	120	96	120	125	1242
% Yield Com Hsg desensa	31.2	20.09	11.91	13.33	7.62	9.09	31.31	18.37	6.02	15.40
% Obsoletos	1.14	13.66	3.69	7.69	15.46	12.50	29.17	8.33	21.60	11.51
%No en pantalla	10.2	16.39	46.31	39.64	40.21	14.17	17.71	22.50	16.80	27.38
Total	11.3	30.05	50.00	47.34	55.67	26.67	46.88	30.83	38.40	38.89

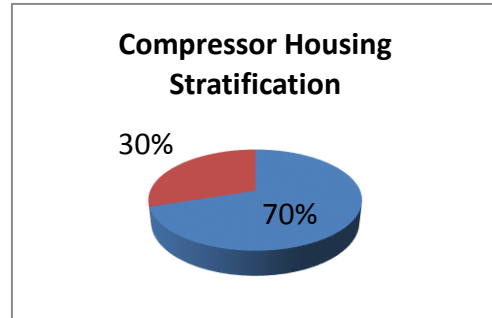
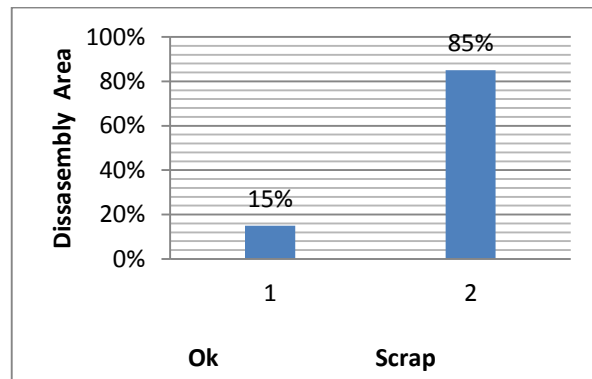
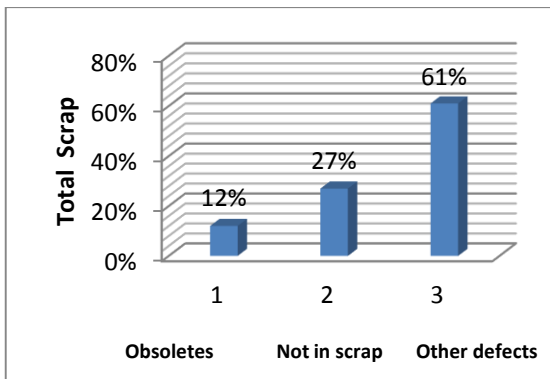


Tabla 1 Estratificación de los compresores housing

Grafica 1 Estratificación de los compresores.

Fuente: Tabla y gráfica proporcionada por CATERPILLAR Nuevo Laredo



Grafica 2 y 3 Estratificación de los compresores

Fuente: gráfica proporcionada por CATERPILLAR Nuevo Laredo

Dentro de la recolección de datos, se elabora una línea de base del desensamble diario de los turbocargadores, con un porcentaje de rendimiento del 15% y 27% como muestra en la tabla 2 y 3, el porcentaje de rendimiento está dado por un coeficiente ya establecido por la empresa, en base de datos históricos.

En la tabla 2 nos indica el 15% de rendimiento de piezas buenas al día, de 105 compras a un costo promedio por compresores de \$ 75 dólares, hacen un total de \$7,875.00 dólares, es decir, 2,520 compras al mes un total \$189,000.00 dólares y 30,240 compras al año \$ 2, 268,000.00 dólares, pero si se analiza el scrap encontramos un alto nivel de scrap con un total diario de \$44,625.00 dólares, al año \$12,852,000.00, junto a este análisis el 27% de estos compresores que van al scrap no aparecen en la pantalla, esto se transforma en un beneficio anual de \$3,598,560.00 dólares, si se

logra disminuir el 14% de los compresores que no aparecen en la pantalla se puede obtener un beneficio de \$1,799,280.00.

Baseline	Costo Promedio por Compresor		\$75			
Desensamble diario en los tres turnos	% Yield	Día	Mes	Año		
700	0.15	Buenos Pzs 105	2520	30240		
		Buenos \$	\$ 7,875.00	\$ 189,000.00	\$ 2,268,000.00	
	0.85	Scrap pzs 595	14280	171360		
		Scrap \$	\$ 44,625.00	\$ 1,071,000.00	\$ 12,852,000.00	\$ 3,598,560.00
					14% No en Pantalla	Beneficio Anual
					34272	34272
					\$ 1,799,280.00	\$ 1,799,280.00
					\$ 1,799,280.00	\$ 1,799,280.00

Tabla 2 Inicio del proyecto recuperación de los compresores housing. Con eficiencia de 15%

Fuente: tabla proporcionada por CATERPILLAR Nuevo Laredo

En la tabla 3 nos indica el 27% de rendimiento de piezas buenas al día de 189 compras a un costo promedio por compresor de \$ 75 dólares, hacen un total de \$14,175.00 dólares, es decir, 4536 compras al mes un total \$ 340,200.00 dólares y 54432 compras al año \$ 4,082,400.00 dólares, si se analiza el scrap tenemos un alto nivel de scrap con un total diario de \$ 38,325.00 dólares, al año \$ 11,037,600.00 junto a este análisis el 27% de estos compresores que van al scrap, no aparecen en la pantalla esto se transforma en un beneficio anual de \$ 1,814,400.00 dólares.

Tabla 3 inicio del proyecto para la recuperación de los compresores housing. Con una eficiencia

27%

Desensamble diario	% Yield	Día	Mes	Año	
700	0.27	Buenos Pzs 189	4536	54432	
		Buenos \$	\$ 14,175.00	\$ 340,200.00	\$ 4,082,400.00
		Día	Mes	Año	
	0.73	Scrap pzs 511	12264	147168	
		Scrap \$	\$ 38,325.00	\$ 919,800.00	\$ 11,037,600.00
					\$ 1,814,400.00

Fuente: tabla proporcionada por CATERPILLAR Nuevo Laredo

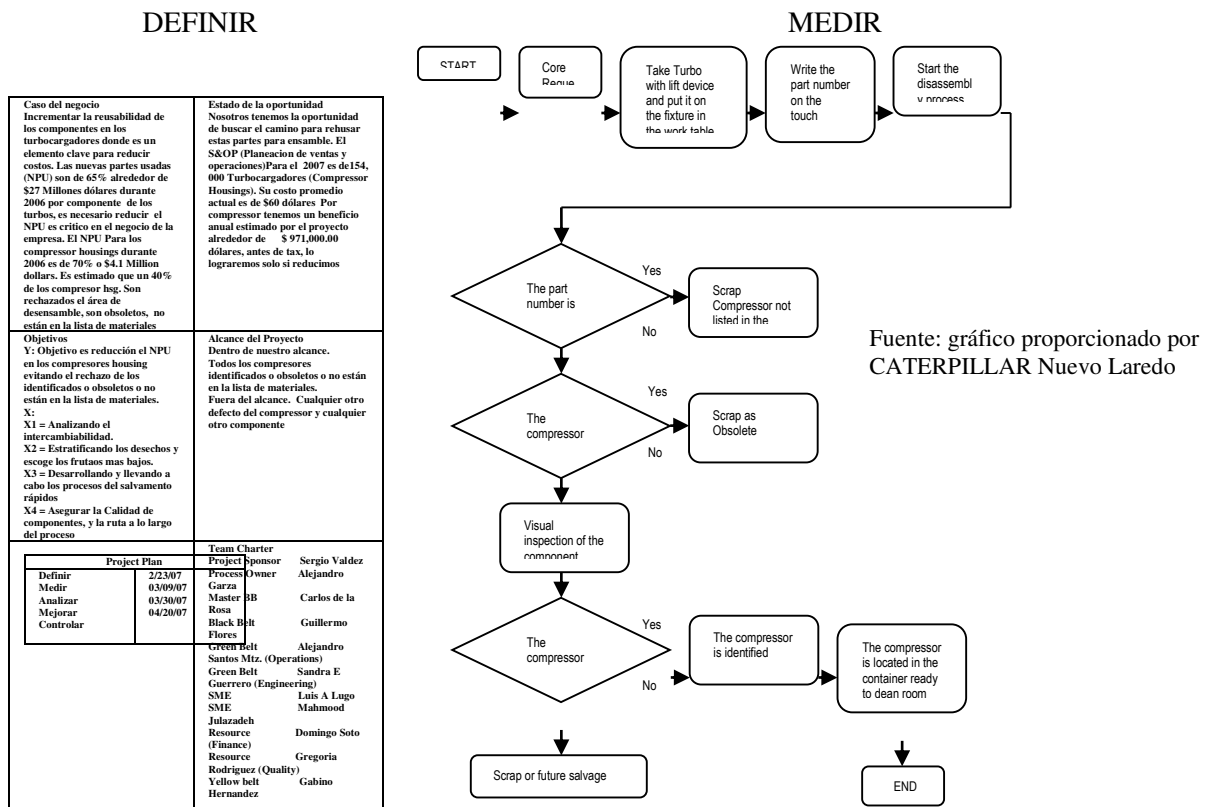
Para analizar a fondo los compresores housing que no aparecen en la pantalla se lleva a cabo un diagrama de Pareto de los componentes de los turbo, el cual constituye un sencillo método gráfico de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que son menos (los muchos y triviales), la ventaja de utilizar este tipo de diagrama, es la de ayudarnos a concentrarnos en las causas que tienen mayor impacto en caso de ser resueltas, nos proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas, y ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras.

Para determinar cuál es la causa clave de un problema, separándola de otras presentes pero menos importantes, contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes, pueden ser así mismo utilizados tanto para investigar efectos como causas, y comunicar fácilmente a otros miembros de la organización.

Los diagramas de Pareto son muy útiles en el análisis de datos de defectos en sistemas de manufactura.

Con el diagrama de Pareto mencionado por Horngren, Datar y Foster (2007), se termina la fase de medición en el análisis del proyecto. Se muestran las fases realizadas hasta este momento que son definición y medición del problema, ver figura 3, las salidas de los elementos claves en la fase de medición son: Recolección de los datos. Estratificación del problema. Inicio de la línea de datos. Medición de los compresores. Cantidad de desecho de los compresores. Próxima fase analizar la oportunidad.

Figura 3 Mural de la fase definir-medir del proyecto de recuperación de compresores



3ª. Fase: Analizar La Oportunidad.

Objetivo: Estratificar y Analizar los compresores housing para un mejor entendimiento del problema establecido, en las tablas 3 y 4 nos muestra el número de turbo-cargadores y compresores donde se basa el proyecto.

Tablas núm. 3 y 4 número de turbo-cargadores y compresores de recuperación el proyecto

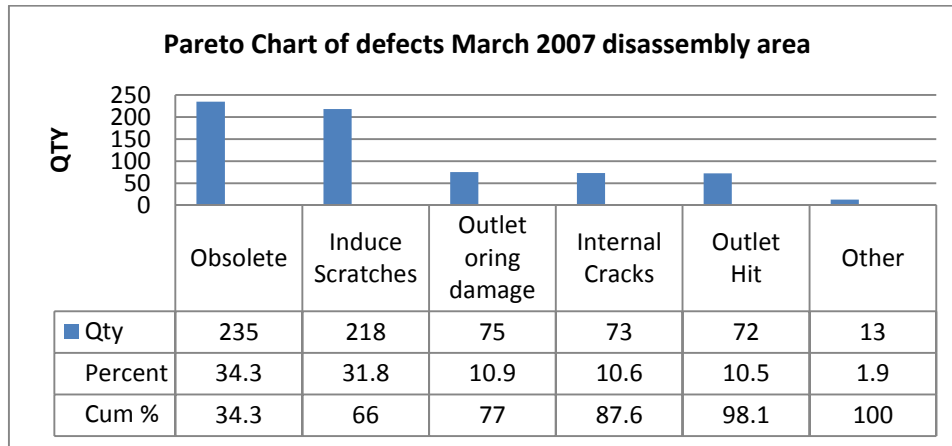
# Turbo	# Compressor
0R7068	447297-9040
0R7087	447297-9043
0R7201	447297-9043
0R7202	447297-9043
0R7204	447297-9043
0R7205	447297-9042
0R7223	447297-9042
0R7693	451963-9032
0R7924	704606-9016
0R9769	447297-9041
10R0430	709557-9002
10R1053	451963-9023
10R1054	451963-9023
10R1055	451963-9023
10R1698	705696-0037
10R1700	726692-9014
10R1885	709557-9005
10R1888	741143-9002
10R2027	742865-9002
10R2407	743498-9001
10R2862	742431-9001
10R3284	754056-9001
OR7923	704569-9033

	Total de Compressor
1	447297-9040
2	447297-9041
3	447297-9042
4	447297-9043
5	451963-9023
6	451963-3032
7	704596-9003
8	704596-9033
9	704606-9016
10	705696-0037
11	709557-9002
12	709557-9005
13	726692-9014
14	741143-9002
15	742431-9001
16	742865-9002

Se especifica los números de turbo-cargadores donde existen compresores que no están en la lista de materiales, también es de mencionar que algunos de los turbo-cargadores tienen los mismos compresores housing, en la tabla 3 y 4 se concentran únicamente en los números de compresores que no aparecen en la lista de materiales.

Nos concentramos en trabajar solamente con los 16 compresores housing, para esto se utiliza una de las herramientas de salida al analizar estos compresores, la realización un diagrama de Pareto ver la Gráfica 4 donde se ve un poco más claro el porcentaje de problemas de los compresores en el mes de marzo en área de desensamble y los compresores que no aparecen en la lista de materiales esto nos da el alcance en el proyecto.

Gráfica 4 Pareto de números de compresores con defectos en el área de desensambla.



Fuente: gráfica proporcionada por CATERPILLAR Nuevo Laredo.

Después de analizar el diagrama de Pareto se pueden ver las especificaciones de cada uno de los turbos y las especificaciones del compresor housing, en el área de desensambla, esto sirve para ir localizando la causa-raíz, del problema en específico. Se llevara a cabo el análisis del porque en el problema con el equipo del proyecto, para esto se conformó un diagrama de los 5 porqués, que nos sirve para identificar la ruta de las causas-raíz, Ver Figura 4 nos muestra en donde se describe el problema vital del porque o causa que originó el nivel de desecho de los compresores.

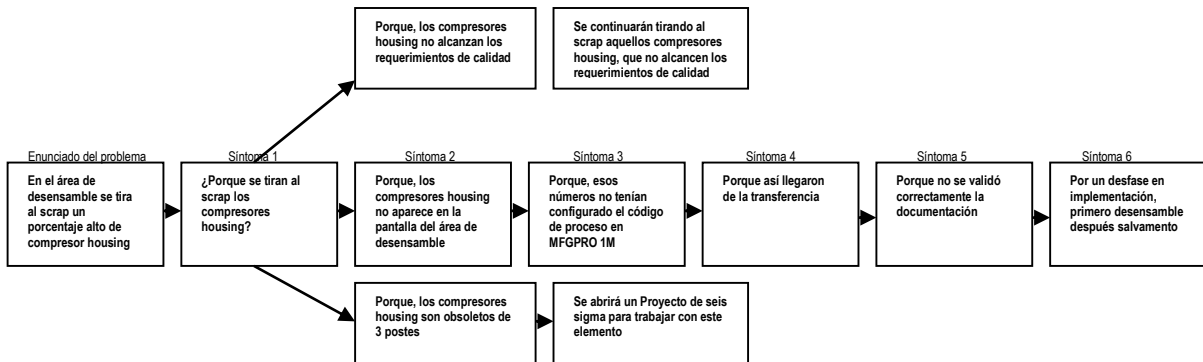


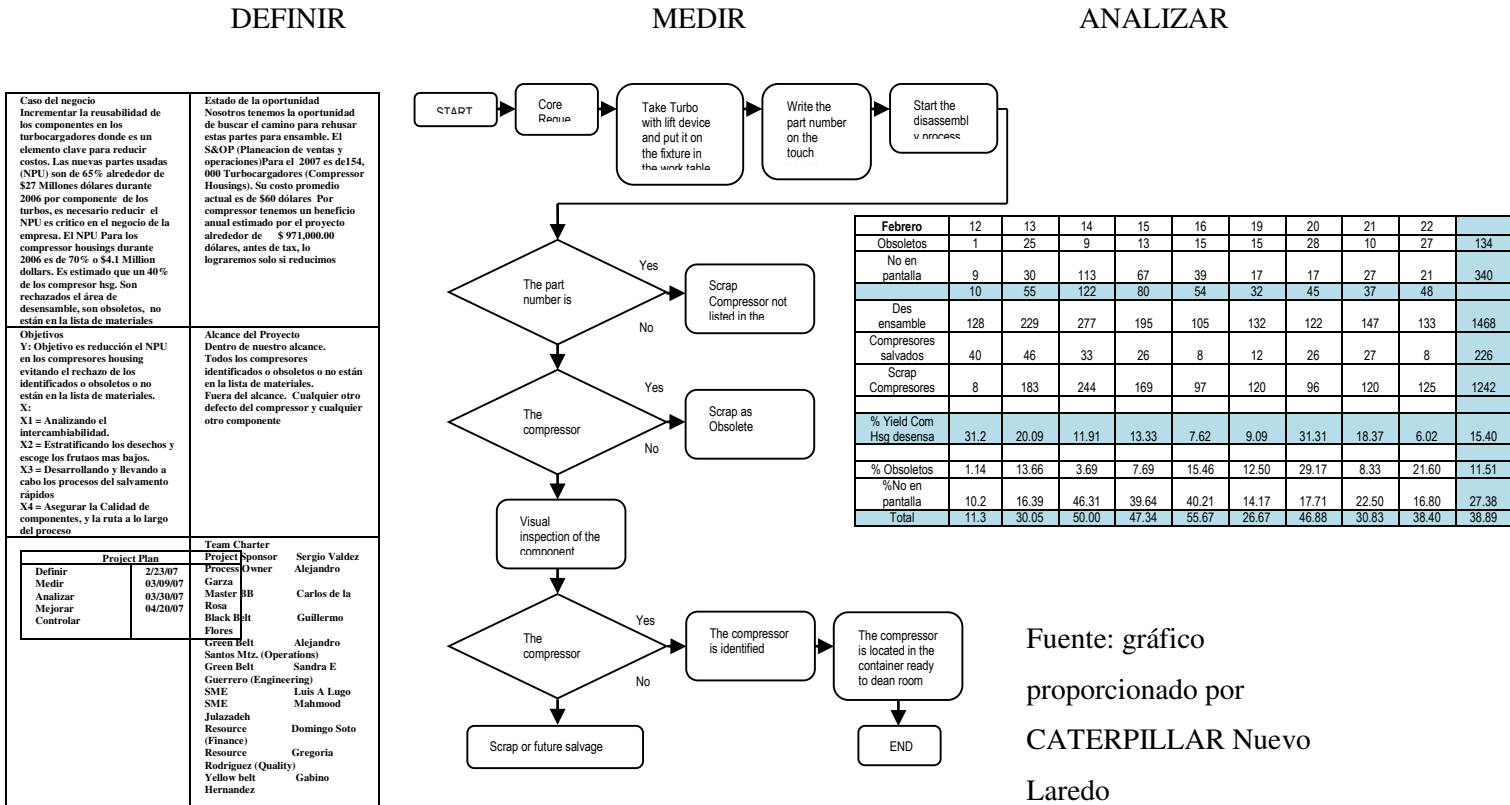
Figura 4 los 5 porqués de la causa raíz proceso del compresor housing re-manufacturado, Caterpillar Nuevo Laredo

Fuente: gráfica proporcionada por CATERPILLAR Nuevo Laredo.

La causa del problema en los compresores housing fue porque llegaron de esa forma al realizar la transferencia del proceso, y porque no se validó correctamente la documentación, y porque no se validó correctamente, la respuesta es que hubo un desfase en la implementación de los procesos primero fue el área de desensambla y después el área de salvamento, esto fue la causa- raíz del problema.

A continuación se presentará un mural donde se muestran las fases realizadas en definir, medir, analizar, ver la figura 5, donde se observara las salidas de la tercera fase y las mejoras que se van dando en cada etapa, las salidas que arrojaron la fase 3 analizar son: Numero de compresores a analizar. Diagramas de estratificación de compresores. Diagramas de Pareto. Causa – Raíz del problema. Próxima fase Mejorar.

Figura 5 Mural de la fase definir-medir-analizar del proyecto recuperación de compresores



4. Fase Mejorar la oportunidad.

Objetivo.- Significa evaluar y seleccionar la posible solución correcta .para desarrollar los cambios manejados apropiadamente y aprobados por la organización en la adaptación de la introducción de los cambios a través de la implementación de la solución. Las actividades a desarrollar, es la solución de ideas generadas, determinación del impacto en la solución estamos hablando de los beneficios, y el desarrollo del mapeo del proceso nuevo a implementar.

Para seleccionar la posible solución en el proyecto de recuperación de compresores housing el equipo de trabajo realizó una junta donde cada uno de los integrantes mencionó las posibles soluciones al problema, sin dejar de mencionar las fases anteriores que nos ayudaron a mejorar el proceso de recuperación de los compresores housing, para la realización de la mejora se hizo lo

siguiente: Se cambió en el programa computacional de la empresa Caterpillar(software) MFG Pro el código x (Scrap) por el de código M (proceso) para los primeros 18 compresores housing. donde se introduce el número de turbo-cargador, para que nos arroje los componentes que tienen proceso de salvado.

Al realizar este movimiento evitamos que los compresores housing en el área de desensamble fueran desecho. Para realizar los cambios en el paquete computacional es necesario llenar una serie de requisitos que tienen que ser evaluados por la gerencia de algunos departamentos tales como: ingeniería, producción, control de calidad, gerencia general.

Después de la mejora, los compresores se están almacenando para futuro salvamento y para darle proceso de rema-nufactura y de allí al área de ensamble del turbo-cargador, esto nos ayuda a disminuir en un 100% los niveles de desecho, con la mejora realizada fue necesario modificar el diagrama de flujo del desensamble de turbocargadores. Las fases realizadas, las salidas de la cuarta fase y las mejoras que se dieron en esta etapa y las salidas son: Cambio de código en pantalla de MFG Pro el código X (Scrap) por el código M (Process) para los 18 Compressor housing.

5ª. Fase: Control: la oportunidad.

Objetivo. Es la fase final de proyecto donde se observarán los beneficios que contrajo el proyecto de recuperación de los compresores housing en el área de desensamble como un componente de los turbo-cargadores. En la tabla 5 se muestran los primeros beneficios del proyecto mediante la metodología de seis sigma durante la primera quincena de marzo de 2007.

Tabla 5 Beneficios del proyecto recuperación del compresor housing en el área de desensamble

9 to 28 March 2007				Future Salvage	
Compressor Hsg	Qty In Sequencer	Cost/Unit (Remain)	Total		Total
447297-9040	2	\$ 137.48	\$ 274.96	0	\$ -
447297-9041	16	\$ 94.62	\$ 1,513.92	0	\$ -
447297-9042	15	\$ 87.30	\$ 1,309.50	36	\$ 3,142.80
447297-9043	2	\$ 91.27	\$ 182.54	11	\$ 1,003.97
451963-9023	43	\$ 37.22	\$ 1,600.46	5	\$ 186.10
451963-9024	5	\$ 52.27	\$ 261.35	0	\$ -
451963-9032	25	\$ 52.27	\$ 1,306.75	0	\$ -
704569-9033	78	\$ 49.83	\$ 3,886.74	92	\$ 4,584.36
704606-9016	8	\$ 100.73	\$ 805.84	5	\$ 503.65
709557-9002	35	\$ 135.83	\$ 4,754.05	3	\$ 407.49
709557-9005	33	\$ 127.26	\$ 4,199.58	2	\$ 254.52
726692-9014	39	\$ 145.68	\$ 5,681.52	0	\$ -
741143-9002	15	\$ 40.41	\$ 606.15	0	\$ -
742431-9001	14	\$ 29.04	\$ 406.56	1	\$ 29.04
742865-9002	4	\$ 27.91	\$ 111.64	0	\$ -
743498-9001	33	\$ 31.77	\$ 1,048.41	0	\$ -
754056-9001	5	\$ 95.42	\$ 477.10	0	\$ -
717391-9003 nuevo					
451963-9045 nuevo					
	372		\$ 28,427.07	155	\$ 10,111.93
			\$ 43,733.00		\$ 15,555.38
	Disassembly				
			\$ 524,796.00		\$ 186,664.56
	Avg March	313			
			Level I		

Fuente: gráfica proporcionada por CATERPILLAR Nuevo Laredo

Los beneficios del proyecto de recuperación de los compresores housing en el área de desensamble, mostrados en la tabla anterior se ve como los números de los compresores que se analizaron dentro del proyecto ahora ya están en el almacén de compresores esto significa que no se desechan.

El sequencer es un almacén de compresores ya rema-nufacturados donde están listos para ir al área de ensamble de los turbo-cargadores, cuando el área de producción lo requiera.

En la fase de control del proyecto de investigación es necesario tener en cuenta la realización de las etapas. Asegurarse de que estos compresores completen el proceso hasta el sequencer. **Hecho.** Entrenar a la gente. **Hecho.** Asegurarse que estén disponibles las herramientas **Hecho.** Revisión del actual NPI del proceso y asegurarse que esta causa-raíz no vuelva a ocurrir en el futuro, Para esto es necesario ver la planificación del proyecto de recuperación de los compresores housing en el área de desensamble como un componente del turbo-cargador. **Hecho.** Analizar si tiene alguna replica en otros componentes del turbo-cargador. **Hecho.** Entregar el proceso al dueño, Esto se realiza por medio de una presentación donde asisten todos los involucrados con el proyecto e indicando las mejoras a realizar para disminuir el nivel de desecho de los compresores en el área de desensamble, las ganancias rápidas, los beneficios, y como se llevara a cabo el control de estos beneficios, cuando el dueño del proceso lo valida, se pasa un informe. **Hecho.** Documentar las lecciones aprendidas **Hecho.**

LECCIONES APRENDIDAS

1. En futuras introducciones de nuevas partes usadas, tenemos que validar las concordancias del sistema de información entre el área de desensamble y el área de salvamento, para asegurarnos que tengan un proceso para salvar cualquier componente del turbo-cargador.
2. Los operadores del área de desensamble se comunicaran con su supervisor o con el black belt, cuando algún componente no aparece en la pantalla.

Diagrama de Gantt: sirve de herramienta para mostrar tanto la cantidad de tiempo empleado en el proyecto en el inicio y término del proyecto, a su vez nos ayuda a darle seguimiento a la programación actual, de manera que se noten fácilmente las diferencias entre el inicio. En la tabla 6 muestra las fases de planeación del proyecto y las fechas reales del cierre del mismo.

Tabla 6 Fechas de termino del proyecto de recuperacion del compresor housing en área de desensamble

	Task Name	Duration	Start	Finish	Pre	February				March				April			
						1/28	2/4	2/11	2/18	2/25	3/4	3/11	3/18	3/25	4/1	4/8	4/15
1	Obsolete Turbo Component	56 days ?	Fri 2/2/07	Fri 4/20/07													
2	Project Kickoff Meeting	1 day ?	Fri 2/2/07	Fri 2/2/07													
3	Define Phase	5 days ?	Mon 2/5/07	Fri 2/9/07	2												
4	Measure Phase	10 days ?	Mon 2/12/07	Fri 2/23/07	3												
5	Analyze Phase	10 days ?	Mon 2/26/07	Fri 3/9/07	4												
6	Improve Phase	15 days ?	Mon 3/12/07	Fri 3/30/07	5												
7	Control Phase	15 days ?	Mon 4/2/07	Fri 4/20/07	6												

Planeación del proyecto	
Definir	Feb./09/07
Medir	Feb./23/07
Analizar	Mar./09/07
Mejorar	Mar./30/07
Controlar	Abril/20/07

Feb / 09 / 07	ON TIME
Feb / 23 / 07	ON TIME
Mar / 02 / 07	Before TIME
Mar / 09 / 07	Before TIME
Mar / 30 / 07	Before TIME

Fuente: gráfica proporcionada por CATERPILLAR Nuevo Laredo.

En la fase de cierre del proyecto. Es necesario subir el proyecto terminado al etracker de Caterpillar, donde se enviará los beneficios y las mejoras en el flujo el producto. Para realizar este paso es necesario abrir una página de Internet, donde se introduce una clave del black belt donde se sube la información recabada por el proyecto de recuperación de los compresores del área de desensamble como componente de los turbo-cargadores.

Los lineamientos que se describen son los siguientes.

1. Cerrar el proyecto los pasos siguientes.

- Análisis que mediste que descubriste que herramientas utilizaste del proyecto de recuperación de los compresores housing en el área de desensamble como componente del turbo-cargador.
- Mejorar es tu solución para una réplica de seis sigma.
- Diagrama de flujo diagrama de mejora.
- Análisis del problema.
- Control del sistema del proceso.
- Comunicación plan.
- Implementación del plan de trabajo.
- Registro de los beneficios.
- Replica de oportunidades.

- Y con esto se cierra el proyecto de la recuperación de los compresores housing como un componente de los turbo-cargadores en el área de desensamble.

RESULTADOS

Una vez obtenidos los análisis del nivel de desperdicios, en éste capítulo se presentan las explicaciones de los resultados de éstos, se realizó un análisis integral de la información. Se presenta una explicación de las salidas en cada una de las fases que resultaron significativas en esta investigación de tesis, así como de la forma en que se validó los resultados obtenidos, y con ello, la metodología de seis sigma como elemento de influencia en el proceso de la reducción del nivel de desperdicio en los compresores housing en el área de desensamble.

Además de la explicación de los resultados encontrados, también se expresan las principales consideraciones en relación a: las limitaciones que enmarcan ésta investigación, las contribuciones que ésta aporta, y las propuestas de nuevas investigaciones que se visualicen a partir de los resultados de la presente.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la reducción del nivel de desperdicio fueron satisfactorios porque del 27% de los compresores obsoletos que se enviaban al scrap se recuperan el 100% de ellos con la mejora implementada en la pantalla del área de desensamble, se logra mejorar el diagrama del proceso del desensamble de los turbo-cagadores. Esto nos da una referencia eficaz aplicación de la metodología de seis sigma.

IMPACTOS LOGRADOS

Los impactos más relevante dentro del proyecto fue encontrar la causa-raíz del problema analizar en la recuperación de los compresores housing en el área de desensamble y los beneficios logrados en las piezas salvadas y las piezas en el sequencer como lo muestra la tabla 7 siguiente.

Baseline	Average Cost by Compressor Housing			\$60			
Dyssassembly daily	% Yield		Day	Month	Year		
700	0.15	Buenos Pzs	105	2100	25200		
		Buenos \$	\$ 6,300.00	\$ 126,000.00	\$ 1,512,000.00		
	0.85		Day	Month	Year	Actual	
		Scrap pzs	595	11900	142800	38556	27% Not in Screen
		Scrap \$	\$ 35,700	\$ 714,000.00	\$ 8,568,000.00	\$ 2,313,360.00	
			Pzs in Salvage	26989.2			
				\$ 1,619,352			
			Pzs in Sequencer	16194	67		
				\$971,611	\$ 80,967.60	\$ Month	

Tabla 7 Impactos logrados en el proyecto reducción del compresor housing en el área de desensamble

CONTRIBUCIONES

La principal contribución de esta investigación es aplicación de la metodología de seis sigma con esta técnica reducir los niveles de desperdicio en los compresores housing en el área de desensamble. Así, como reducir los números de compresores nuevos usados para la remanufactura de los turbocargadores, esto significa el reducción de costos de los componentes. Y con esta investigación se cumple otro objetivo la réplica del proyecto en otros componentes para evitar el desperdicio de los componentes del tubo y poder usar nuevamente todos los componentes pero rema-nufacturados.

CONCLUSIONES

La aportación más importante en esta investigación es de reducir los niveles de desperdicio en los compresores housing en el área de desensamble de turbocargadores y la mejora en los diagramas de procesos para la empresa Caterpillar de Nuevo Laredo planta 2, ya que proporciona una idea más clara estructura para manejar mejor los proceso.

En esta investigación, basado en la aplicación de la metodología de seis sigma, como una técnica de control de la calidad para reducir el nivel de desperdicios de los compresores housing en el área de desensamble, la variabilidad en los procesos, los desfases de áreas, y el no estar preparados para un cambio de modelo en cualquier componente del turbo-cargador influyen en la posibilidad de elevar el nivel de desperdicio en las áreas afectadas. Al lograr la implementación y el dominio de la metodología de seis sigma para la empresa Caterpillar en el Municipio de Nuevo Laredo, representará para la empresa local exportadora y no exportadora mejorar la posibilidad de éxito, mejorar la eficiencia y competitividad en el proceso de re-manufactura.

RECOMENDACIONES

1. En el futuro en la introducción de nuevas partes, se debe de validar la concordancia en el sistema de información con las áreas de desensamble y salvamento para asegurarse que tenga un proceso, esto aplica a cualquier componente del turbo-cargador.
2. Los operadores del área de desensamble deberán de comunicar al supervisor cuando algún componente no aparece en la pantalla al introducir el número de turbo-cargador.

REFERENCIAS

- Aguilar, P. R. (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. *Contaduría y administración*, (205).
- Antony, J. (2002). Design for Six Sigma: a breakthrough business improvement strategy for achieving competitive advantage. *Work Study*, 51(1), 6-8.
- Antony, J. (2007). What is the role of academic institutions for the future development of Six Sigma?. *International journal of productivity and performance management*, 57(1), 107-110.
- Antony, J., Antony, F. J., Kumar, M. & Cho, B. R. (2007). Six sigma in service organisations: Benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 24(3), 294-311.
- Antony, land Banuelas, R. (2002). Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations, 14(2), 92-99.
- Banuelas, R. & Antony, I. (2002). Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program, 6(4), 20-27.
- Henderson, K. M. & Evans, J. R. (2000). Successful implementation of Six Sigma: benchmarking general electric company. *Benchmarking: An International Journal*, 7(4), 260-282.
- Kumar, S., Strandlund, E. & Thomas, D. (2008). Improved service system design using Six Sigma DMAIC for a major US consumer electronics and appliance retailer. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 36(12), 970-994.
- Snee, R. D. (2004). Six-Sigma: the evolution of 100 years of business improvement methodology. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 1(1), 4-20.
- Eckes, G. (2002). *The Six Sigma revolution: How General Electric and others turned process into profits*. John Wiley & Sons.
- Hernández, C. F. (2006). *Propuesta de un modelo integral de competitividad económica para las empresas del municipio de Nuevo Laredo*. Doctoral dissertation, Tesis doctoral. México: Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Horngren, C. T., Foster, G. y Datar, S. M. (2007). *Contabilidad de costos: un enfoque gerencial*. Pearson educación.
- Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R. (2006). *Dirección Estratégica*. Editorial: Pearson.
- Navarro, M. A. y Pariente, J. L. (2001). Tamaulipas. Los retos del desarrollo. *Colección Misión*, XXI. Cd. Victoria, Tam., México. Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Pande, P. S., Neuman, R. P. & Cavanagh, R. R. (2000). *The six sigma way: How GE, Motorola, and other top companies are honing their performance*. McGraw-Hill, New York.
- Thompson, A. y Albert, S. (2004). *Administración Estratégica*. Impreso en México.