



***TESIS DE GRADO EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL***

***SEIS SIGMA.  
DE LA TEORÍA A LA PRÁCTICA***

*Autor: Pedro Martín TORRADO*  
[pedrotorrado@gmail.com](mailto:pedrotorrado@gmail.com)

*Director de Tesis: Eduardo MILIATHINAKIS*  
[Eduardo.Miliathinakis@ar.schneider-electric.com](mailto:Eduardo.Miliathinakis@ar.schneider-electric.com)

2006



## **Resumen Ejecutivo**

Seis Sigma surge como respuesta a una crisis en Motorola en 1991. Gracias a la aplicación de la disciplina, la empresa no sólo se salvo de las adversidades que se avecinaban, sino que además se convirtió en una de las compañías más exitosas del mundo y en el *benchmark* para muchas. Con el correr de los años la disciplina se hizo muy famosa, y pasó a estar en boca de todas las grandes compañías, considerando los increíbles resultados que ésta alcanzaba en empresas como Motorola, General Electric, Texas Instruments, Microsoft, etc. Toda la reputación que Seis Sigma tiene hoy en día fue creada a raíz de los grandes éxitos, como las empresas mencionadas. Y no cabe duda que si Seis Sigma se lleva a cabo de manera correcta con las condiciones adecuadas, los resultados obtenidos serán muy beneficiosos para la organización en cuestión. Lo que si cabe preguntar es: ¿Es esto suficiente, es acaso lo mejor que se pudo haber hecho en la situación inicial?

El informe da un enfoque de Seis Sigma muy distinto al que da la bibliografía actual. Muestra todos los factores de falla que Seis Sigma tiene, que tasa de proyectos que terminan en fracasos realmente existen en la industria, y los grandes riesgos que se corren a la hora de aplicar Seis Sigma. Todo esto representa un riesgo importantísimo a la hora de plantearse la idea de aplicar la disciplina en una determinada situación.

En realidad la tesis a la cual se intenta llegar con este enfoque es que si bien no se duda de lo beneficioso que la disciplina termina siendo para la organización que lo aplica, si esta la aplica de manera correcta. Seis Sigma no es todo positivo, y Seis Sigma no es la solución de todos los problemas para todas las empresas, y es muy riesgoso pensar así. Más aun, la hipótesis es: Seis Sigma se inventó como solución para una empresa en particular, en una situación muy particular, y poco ha evolucionado de aquella que salvo a Motorola en los noventas. De hecho otras compañías a la hora de aplicar Seis Sigma utilizan a Motorola como el *benchmark*, pero dado todo el riesgo que esto constituye, la pregunta que surge enseguida es: ¿No será más efectivo desarrollar una disciplina/modelo que se aplique directamente a la situación en la que cada organización se encuentra, en vez de copiar una que le sirvió a una empresa en una situación muy particular de por si? Para demostrar esto, a lo que se pretende llegar es que ninguna empresa jamás logró de Seis Sigma lo que Motorola logró. Entonces, Seis Sigma no debería ser tratado como un programa global, sino uno particular para Motorola, punto que jamás fue cuestionado en la bibliografía existente.

El informe entonces comienza con una introducción teórica de la disciplina focalizándose tanto en las partes negativas como en las positivas, demostrando en cada punto de la teoría donde hay una posibilidad de falla, y con que frecuencia ocurre. Cada punto es tenido en cuenta ya que luego se mencionarán en los análisis precedentes.

En una segunda etapa se estudian las empresas en las que se aplicó Seis Sigma. Obviamente se desarrolló Motorola, ya que se quiere mostrar que sólo en ésta el modelo realmente funciona. Lo que dice la teoría y lo que hizo Motorola coincide de manera casi absoluta. A su vez se desarrollan otros casos de aplicación, con la elección de empresas se intentó cumplir todo el espectro de empresas, los grandes, medianos y pequeños logros. Por eso las empresas escogidas fueron: General Electric (la empresa considerada el segundo benchmark en la materia, y hasta se discute si no es el primero), Caterpillar (una empresa que la aplica de manera global con resultados obtenidos admirables), y finalmente una selección de empresas que fracasaron en la aplicación, o están en el proceso, tal como IBM, Bombardier, etc.

En esta sección se desarrolla como se aplicó Seis Sigma en cada empresa, donde se equivocaron si es que hubo un error de la empresa o de la disciplina, y que logros se obtuvieron, tanto económicos, culturales, de calidad y de reconocimiento.

Finalmente se hace un análisis comparativo de todos los resultados expuestos, tanto los económicos como de aplicación, etc. La evidencia es concluyente en un punto: Nadie jamás logró de Seis Sigma lo que Motorola logró. Y esto claramente se explica por la razón obvia de que la disciplina fue justamente inventada para esta empresa y no para otra.

Los beneficios que la disciplina brinda, si es aplicada sin errores de concepto, no son puestos en duda, pero queda clarísimo que Seis Sigma está altamente sobrevaluado en el ambiente de la calidad. A su vez, queda abierto el análisis posterior que se desprende del presente informe: Si bien el informe demuestra que Seis Sigma no es un programa global, sino que es una solución para un caso en particular, ¿que hará la industria respecto a este tema: seguirá aplicando un programa que si bien no es el perfecto para las condiciones iniciales tiene probada eficacia ante una aplicación correcta, o comenzará a desarrollar distintos modelos personalizados, incurriendo en mayores costos y tiempos de preparación?

## **Executive Brief**

Six Sigma was born in 1991, invented by Motorola due to a crisis that was threatening the future of the company. After the company implemented the program, not only the external threats were overcome, but the company became one of the most important and successful companies in the world, being the benchmark for many other companies in different industries. By the mid 90's Six Sigma was very popular in the business world and lots of companies were implementing it with great success (accomplishing great economic benefits) Motorola, General Electric, Texas Instruments, Microsoft, etc. These companies contributed to the reputation that the program has today, and everyone is aware of the great economical benefits that Six Sigma accomplished in these companies, but the question that is addressed in the current analysis is: Is this enough?

The thesis studies Six Sigma from a different perspective than the one commonly known. It shows every factor of failure the program has, the rate of failure the program really has in the industry, and the risks of applying the program in an organization. Each of these factors sum up to a situation that may be very risky, and a company should think twice before implementing the program.

If the program is undertaken in the correct manner, and in the right conditions, then the benefits that can be accomplished are unquestionable. The thesis pretends to demonstrate that Six Sigma is not that positive and not that easy going as it seems in the industry, furthermore that Six Sigma is highly overestimated. As a matter of fact, it is important to recall that Six Sigma was invented for a particular situation in a particular company; therefore it is the solution for these two particular factors, and not for every company in similar situations. Today, companies use Motorola as a benchmark to control the correct implementation of the program, and they try to emulate the way Motorola did in the 90's, without realizing that the situations are completely different. The question one must ask when this issue is addressed is: Wouldn't it be more effective to create a personalized program for the current situation in my particular organization, instead of adapting an existing program? To demonstrate this, the point that is directly aimed at is to show that no other company accomplished from Six Sigma what Motorola accomplished. By demonstrating this, the thesis will show that Six Sigma is not a global program, but a particular one, question that was never addressed by the existing bibliography.

The thesis begins with an introductory section in which the main concepts of Six Sigma are developed. This section will not only mention the positive things of the program, but it will also mention the negative parts, showing in every point where the theory may fail, and what the failure rate is. The second section is comprised of a compilation and study of companies that implemented the program. The idea of the selection is to cover all the different outcomes of the program. The first to be analyzed is Motorola, company used as a benchmark in the present study. In each study the way the company applied the program, where they failed or the theory did, and all the economic, cultural, social and recognition benefits will be addressed. The companies elected are: General Electric, company that is considered by many as the company benchmark in terms of Six Sigma, Caterpillar, company that obtained great economic benefits but not so many cultural ones, and finally companies that failed on the implementation or are in the process of failing (IBM, Bombarider).

The final section is a qualitative and quantitative analysis in which all of the information is analyzed. The point concluded is that no one ever accomplished the same benefits that Motorola accomplished, and most likely no one will ever. The present study triggers plenty of other question and points to investigate in the future, although the truth may have been revealed in the study, it is also fair to ask if this truth is worth anything. Now that the industry knows that Six Sigma won't be as effective as it was in Motorola for other companies, what should they do? Develop something similar for the current situation, or stick to the existing program that has proved effectiveness in several industries?

## **Referencia Bibliográfica**

Un estudio realista sobre el verdadero valor de Seis Sigma. Propone un enfoque distinto sobre Seis Sigma, siempre considerando y manteniendo una perspectiva analítica y objetiva. Analiza lo que se conoce del mismo versus lo que la práctica expone, a su vez se analiza la teoría con una mirada crítica y detallista. Mediante un análisis cualitativo y cuantitativo de distintos casos de estudio de Seis Sigma- Motorola, General Electric, Caterpillar, IBM, Bombardier, etc.- el estudio propone la idea de que Seis Sigma, no sólo está altamente sobrevaluado en la industria sino que además es una mera *teroiización* de un caso en particular.

**Palabras Clave:** Seis Sigma, Calidad, Motorola, General Electric, Caterpillar, IBM, Bombardier, análisis cuantitativo de modelos de calidad, Comparación de distintos casos de Seis Sigma.

## **Tabla de Contenidos**

Breve reseña histórica .....	1
Seis Sigma .....	4
Cuándo aplicar Seis Sigma.....	9
Cuándo Falla Seis Sigma.....	11
Introducción al informe.....	14
El caso Motorola.....	18
General Electric .....	22
Historia y condiciones iniciales.....	22
Seis Sigma en General Electric .....	22
Los Resultados del Seis Sigma en General Electric.....	27
Seis Sigma en GE – 10 años o 18 años?.....	28
Caterpillar .....	31
Historia y condiciones iniciales.....	31
Seis Sigma en Caterpillar.....	32
Los Resultados del Seis Sigma en Caterpillar.....	35
Fracasos de Seis Sigma.....	38
Análisis.....	42
Conclusiones.....	54
Anexos.....	56
Anexo A.....	56
Anexo B .....	60
Anexo C.....	61
Anexo D.....	71
Bibliografía.....	76

## **1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA**

La calidad como disciplina fue evolucionando a lo largo del tiempo, progresando en la manera de pensar y en la forma de accionar. En un principio la calidad solo se basaba en la detección de defectos en la última etapa del proceso productivo, por medio de una inspección del producto terminado. Esta disciplina tenía como objetivo principal evitar que productos defectuosos lleguen al consumidor. Claro que no se atacaba a la fuente del problema, y no se evitaba la producción defectuosa, sino que se reparaban los productos errados, incurriendo en costos muy grandes de reingeniería y reprocesos.

Esto no era equivocado como muchos pensadores de la calidad pregonan, la calidad evolucionó a lo largo del tiempo, y uno de los pasos claves para su evolución fueron estos años en que solamente se detectaban defectos. Sin este paso, la calidad nunca hubiese llegado a ser lo que hoy es, ya que hoy uno de los pilares de la misma es proteger al cliente y pensar en el mismo, lo que muchos se refieren como “*La voz del cliente*”. Para poder comprender e institucionalizar este concepto hizo falta mucho tiempo, hasta que finalmente un grupo de empresas comprendió que era más caro un cliente perdido o enojado que un chequeo previo para arreglar los defectos encontrados.

Sin este periodo, muchas empresas hubiesen quedado en esa antigua filosofía, en que el cliente compraba lo que se ofrecía y este no tenía voz ni voto. Un caso que se puede estudiar para entender que antes de este período las empresas gozaban de esta impunidad es el caso de General Motors. En los años cuarenta GM no sólo no tenía estándares de calidad predeterminados, sino que además existieron casos en que la empresa inicio juicio jurídico a clientes que reclamaban demasiadas veces defectos sobre el auto comprado, muchos de estos casos fueron mientras la garantía aun estaba vigente.

Durante estos tiempos la calidad no tenía autoridad para cambiar un proceso, lo único que justificaba un cambio del proceso productivo era aquel cambio que mejoraba la producción. Esto era un error de concepción ya que con el tiempo las empresas comprendieron que cambiar de acuerdo a la calidad tiene una influencia enorme sobre la utilidad de la empresa. Así surgió luego de la segunda guerra mundial la estrategia

de prevención, que por un tiempo quedo encerrada en las aulas de las universidades estadounidenses. Finalmente esta filosofía viajo a Japón para florecer de la mano de Dr. Edwards W. Deming y por décadas EEUU sufrió de desventajas competitivas con las empresas japonesas hasta comprender la causa.

La estrategia de prevención se basaba en su antecesora, pero con una diferencia: La calidad tiene efectos en la utilidad de la empresa. Si se detectan los defectos en los productos terminados, los costos en que se incurren de reingeniería y reprocesos son altísimos. A su vez, un proceso optimizado en términos de calidad puede llegar a tener mayor productividad y menores costos por pieza que un proceso sin esta estrategia implementada. Con el tiempo se comprendió que ésta es la estrategia a encarar a la hora de implementar la calidad.

En los 80's Taguchi presento su revolucionara "Función de Pérdida" en donde explica como crece la disconformidad de un cliente a medida que una variable se aleja de su valor optimo. Para poner un ejemplo claro podemos pensar en la sensibilidad de los botones de un teléfono celular, si es más sensible que lo esperado, entonces es malo, pero si hay que apretar más fuerte que lo normal también es malo, y la disconformidad del cliente crece de manera asintótica a medida que la sensibilidad del botón se aleja del óptimo. Esto reafirmó el movimiento que las empresas venían siguiendo en focalizarse en la variación de los procesos y no sólo en el valor medio de la producción. En verdad, este movimiento comenzó intentando alejar la mayor cantidad de productos producidos de los límites especificados, de manera de asegurarse que la producción de defectuosos disminuyese, pero con el aporte de Taguchi se comprendió que era también muy importante mantener una calidad "Coherente" por llamarlo de alguna manera. Volviendo al ejemplo de la sensibilidad de los botones del teléfono celular, el cliente estaría aun mucho más disconforme si el botón para cortar es más sensible que el botón para llamar! De esto se trata, de mantener al cliente contento, por medio de la producción ordenada, en donde todos los productos son iguales (con la menor variación posible) y pensados en la satisfacción del mismo. Así surgió el concepto y disciplina de lo que fue el padre de Seis Sigma: Total Quality Management.

## TAGUCHI LOSS FUNCTION

$$L(y) = k(y-m)^2$$

The loss due to performance variation is proportional to the square of the deviation of the performance characteristic from its nominal value.

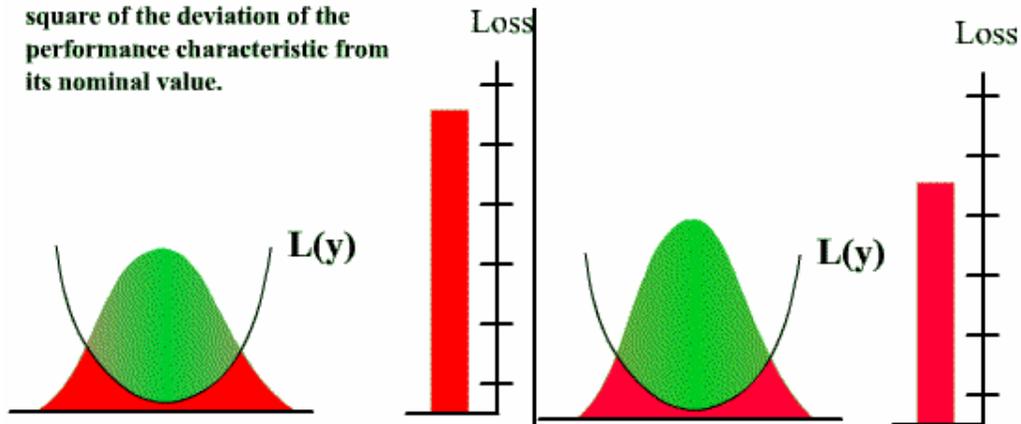


Figura 1

Con este movimiento finalmente llegó Seis Sigma. Seis Sigma es una disciplina, por llamarla de alguna manera, desarrollada por Motorola en los años 80. En realidad la idea surgió en 1979 cuando Art Sundry anunció en una reunión gerencial de la compañía que el principal problema de la empresa era la calidad. A partir de ese anuncio surgió una nueva era en el mundo de las compañías, la era de la calidad. A partir de ese momento se le empezó a dar mayor importancia a la calidad y su correlación directa con los costos de manufactura y reingeniería. Como se mencionó, esta correlación existía en cierta medida anteriormente, pero fue Motorola quien lo llevó a un nivel más elevado, inculcando esta filosofía a lo largo de toda la empresa, cambiando así la cultura de la organización.

## 2 SEIS SIGMA

Como su nombre lo indica, el pilar base de esta filosofía es la reducción de la variación a seis desvíos estándar de cada lado del valor esperado, es decir que el 99.999999013% de los productos se encuentran entre los límites especificados; o lo que es lo mismo, menos de 4 productos defectuosos por cada 1,000,000 producidos.

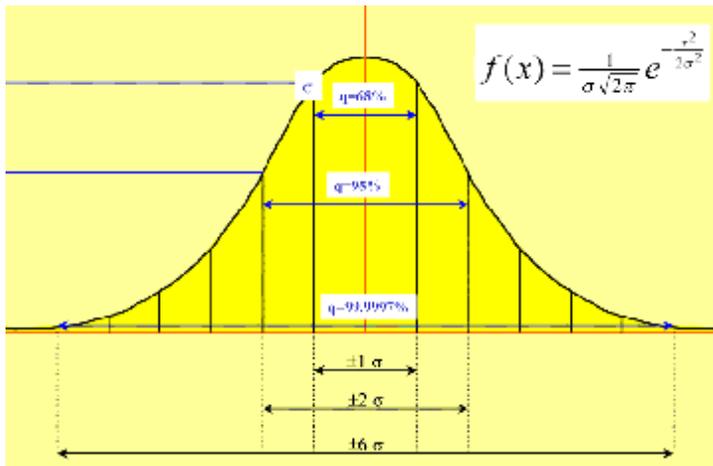


Figura 2

En la figura 2 se puede notar lo que representa seis desvíos estándar de cada lado del valor medio en una distribución normal.

Con este simple concepto a los medios les basta para definir a seis sigma como *un método altamente complejo utilizado por ingenieros y estadísticos para realizar un ajuste fino a productos y procesos*. Una definición no muy desacertada en lo que dice, pero altamente incompleta, con carencia de conceptos claves. El pilar base de que Seis Sigma es una disciplina que pone al cliente en posición primordial a la hora de tomar decisiones no es cubierto en esta definición, por nombrar uno. Además, si Seis Sigma fuera sólo esto que los medios definen, pues entonces no se habría evolucionado mucho de lo que se venía practicando (TQM). Por que no hay que olvidar que seis sigma *no es un invento o desarrollo efectuado sin considerar otros enfoques. Es la consecuencia de la aplicación de nuevos mecanismos para evitar errores cometidos en otros procesos de mejora (...) es una nueva evolución en el enfoque que utilizan las empresas en su permanente búsqueda de excelencia.* <sup>(1)</sup>

<sup>1</sup> El liderazgo del Lean Six Sigma - Raul Molteni y Oscar Cecchi. Página 22

Existe mucho más de Seis Sigma que el aspecto estadístico, que ya de por sí es altamente complejo, y el presente estudio no pretende profundizar. A continuación se puede ver los factores que hacen de un Seis Sigma exitoso en una empresa <sup>(2)</sup>:

1. Top management leadership and commitment
2. A well implemented customer management system
3. A continuous education and training system
4. A well-organized information and analysis system
5. A well-implemented process management system
6. A well-developed strategic planning system
7. A well-developed supplier management system
8. Equipping everyone in the organization, from top management to employees, with a working knowledge of the quality tools
9. A well-developed human resource management system
10. A well-developed competitive benchmarking system

Esto entonces da claramente la pauta que aquel que se quedó con la parte estadística de Seis Sigma está muy lejos de aplicarla en su totalidad y convertirse en una empresa del “ultimate Six Sigma”.

Su aplicación a su vez no es cosa sencilla y los libros que la desarrollan son incontables. A modo de simplificación se puede decir que la aplicación consta de los siguientes pasos:

1. **Definir** (*Define*) – Antes de comenzar hay que conocer bien los procesos llevados a cabo en la empresa y los clientes clave. Los procesos se van a analizar y alinear de acuerdo a estos últimos por lo cual es claro que se debe conocer de manera exhaustiva ambos elementos en esta ecuación. Entonces esta etapa consta de la creación de un equipo y su posterior investigación y análisis de lo mencionado. Una vez identificado el cliente y conocidos los procesos, se deben identificar los posibles puntos de mejora del proceso alineado con los requerimientos del cliente.

---

<sup>2</sup> Six Sigma in small and medium sized UK manufacturing enterprises – Jiju Anthony, Maneesh Kumar. Página 5.

2. **Medir** (*Measure*) – En esta etapa se evalúa el nivel de desempeño actual del proceso y se efectúan todas las mediciones pertinentes desde la perspectiva del cliente. Esto permite identificar requerimientos funcionales y conceptos alternativos.
3. **Analizar** (*Analyze*) – Luego de toda medición se efectúan los análisis pertinentes, prestando atención en la relación causa-efecto de los procesos y problemas. Aquí se llega a una comprensión profunda de lo que el proceso está haciendo mal en términos de la satisfacción del cliente. Al término de esta etapa el equipo arriba a las causas de variación de los procesos y la identificación de todos los desperdicios, y en base a estos establece objetivos operativos de mejora.
4. **Diseñar** (*Design*) – Basándose en los objetivos establecidos anteriormente, el equipo diseña las acciones de mejora, diseña el plan de acción y predice el desempeño de los cambios implementados. Esta etapa se denomina Mejorar (*Improve*) cuando se trata de un proceso existente, pero el concepto es casi el mismo.
5. **Controlar** (*Control*) – En esta etapa se verifican las mejoras para asegurar que se haya cumplido con los objetivos y que sean sostenidos en el tiempo. Es una verdadera interpretación de las mejoras instaladas. Esta etapa se denomina verificar (*Verify*) cuando se trata de un nuevo proceso, y por medio de pruebas pilotos y corridas se asegura que el diseño sea correcto

Esto es lo que en la jerga se denomina DMAIC o DMADV dependiendo si el proceso es existente o si se está innovando, respectivamente. Claramente de esta síntesis, se desprende que Seis Sigma se constituye en la medición y análisis, y es un proceso de mejora continua basado no sólo en mediciones aleatorias, pero también de muchas investigaciones y razonamientos en base a las mediciones tomadas. No necesariamente hay que llevar a cabo esto para implementar Seis Sigma, pero esto es un gran método para lograr que se instaure una metodología cíclica que asegura la mejora continua.

A su vez se deben hacer cambios en la organización y en la cultura organizacional, a continuación se alistan los principales roles que deben estar presente en una empresa Seis Sigma:

□ **Líderes Ejecutivos.** Esto incluye el CEO y a toda la cabeza de la gerencia. Este equipo es responsable de instaurar una visión para la implementación del Seis Sigma. A su vez le dan autoridad a los responsables secundarios en la acción de implementación, restringiendo los obstáculos y aclarando los caminos, les dan la libertad y recursos para explorar nuevas ideas para mejorar los procesos o sistemas evaluados.

□ **Champions.** Estos son responsables de la implementación de Seis Sigma a lo largo de la organización en una manera integral. A su vez el equipo de Liderazgo Ejecutivo los libera de la gerencia por encima de ellos. Los *Champions* a su vez tienen el rol de mentores de los *Black Belts*.

□ **Master Black Belts.** Estos son identificados por los *Champions* y actúan como los entrenadores del equipo de Seis Sigma desde adentro de la organización. Su dedicación es del 100% al programa de Seis Sigma. Le dan asistencia a los *Champions*, guían a los *Black Belts* y a los *Green Belts*. Además de su usual rigor en las estadísticas, su tiempo es invertido en asegurar un despliegue integral del Seis Sigma a través de todas las funciones y departamentos.

□ **Black Belts.** Estos operan bajo la supervisión de los *Master Black Belts* y aplican la metodología de Seis Sigma a proyectos específicos. Estos también dedican el 100% de su tiempo a Seis Sigma, pero se dedican básicamente en la ejecución de los proyectos, mientras que los *Champions* y los *Master Black Belts* se focalizan más en la identificación de distintos proyectos y funciones para Seis Sigma.

□ **Green Belts.** Estos son empleados que se dedican a la implementación de Seis Sigma además de sus responsabilidades habituales en su trabajo. Operan bajo el asesoramiento de los *Black Belts* y ayudan a estos a obtener los resultados esperados para la organización entera.

Entonces, queda claro que su implementación no es tarea sencilla, pero sus beneficios son altamente conocidos por todos. A su vez hay que tener mucho cuidado a la hora de implementar esto. Jack Welch, el CEO de General Electric que implementó Seis Sigma en su empresa luego de Motorola, cuenta en su libro *Winning* que un colega suyo se le acercó para consultarlo sobre el tema, el colega estaba a cargo de una empresa de alimentos con procesos simples de producción y le dijo: “*Hemos empezado bien: Hemos contratado a varios expertos en estadística de distintos sitios*

*y estamos buscando más.” Y el pensó para sus adentros: “Este pobre hombre se ha tragado un buen cuento” Ya que luego explica:*

*Los expertos en estadística tal vez fuesen geniales, pero para los procesos relativamente sencillos que él se planteaba, necesitaba que todos en la empresa comprendiesen Seis Sigma. Los sabios recién llegados no harían más que asustar a la gente. (3)*

---

<sup>3</sup> Winning, Jack Welsh. Página 113

### **3 CUÁNDO APLICAR SEIS SIGMA**

Uno de los puntos clave es determinar bien en que ocasión se debe aplicar esta disciplina. Ya que si bien los resultados siempre se citan como muy buenos, mucha gente se equivoca a la hora de implementar, fallando en el principio básico del “¿para que?”,

Un error común en las empresas es decidir implementar Seis Sigma solamente por los beneficios y focalizándose solamente en los resultados. Como bien lo pone Raúl Moteen y Oscar Cecchi en su “Lean Six Sigma”:

*Pero, por lejos, el mayor requerimiento para la dirección es determinar con total claridad el porqué decide instalar la cultura Six Sigma en su empresa. No son válidas las definiciones tales como “por los resultados que le dio a GE”, ni tampoco porque “tarde o temprano nos lo van a pedir los clientes” (...) La claridad con la cual “anticipe” el desarrollo y los resultados a alcanzar con Six Sigma y aquello a lo que deberá enfrentarse en su implementación, es fundamental para que el emprendimiento sea un éxito y no caiga en el saco de “modas aplicadas”. (4)*

Sin ir tan lejos en los errores conceptuales, un error que también es común es el pensar que Seis Sigma resolverá todos los problemas de la empresa. Es por ello que existe una forma simplista de ver si Seis Sigma puede “resolver” un determinado proceso y mejorar una determinada variable, la matriz de IKUCU (*Input, Known, Unknown, Controllable, Uncontrollable*), a continuación se puede ver la matriz:

---

<sup>4</sup> El liderazgo del Lean Six Sigma - Raul Molteni y Oscar Cecchi Página 78

La matriz IKUCU nos sirve para identificar, después de una lluvia de ideas, las actividades que son de fuente:

- conocida, no conocida
- controlable y no controlable.

Entrada	Controlable	No controlable
Conocida	<b>Hacerlo!</b>	Política
No conocida	Procedimiento	<b>Proyecto 6 <math>\sigma</math></b>

Esta matriz es bastante auto-explicatoria, pero se puede ver que Seis Sigma se aplica a una variable desconocida y no controlable. En donde sin duda hace falta un encaramiento de la situación más complejo y minucioso. Las otras situaciones son de alguna manera evidentes, si la variable es conocida, es decir que se está al tanto de la situación, y es controlable, pues entonces es muy fácil de mejorar la situación, simplemente hace falta encarar el proyecto.

Si la variable, por otro lado, es conocida y no controlable, la matriz indica que se debe fijar una política, de manera de establecer un estándar o límites que de alguna manera la controlen. Si es no conocida pero controlable, pues entonces se debe hacer un procedimiento, con el fin de definir pasos, responsables, etc., (iso-9000).

#### 4 CUÁNDO FALLA SEIS SIGMA

A esta altura cabe preguntarse entonces cuándo es que Seis Sigma falla. Uno se puede dar una clara idea de que si no se aplican todos los conceptos antes descriptos con ahínco, pues entonces difícilmente se logre que la organización alcance un nivel de Seis Sigma óptimo. El presente informe pretende demostrar que no existen casos tales como el Seis Sigma óptimo, como aquel que Motorola presenta en sus escritos, y que pocas empresas como General Electric se acercaron al mismo, pero sin realmente alcanzarlo; más aún, existen empresas que fallan de manera deliberada en el intento de la implementación Seis Sigma. De hecho el 50% de las empresas que comienza el proceso de implementación de dicha disciplina fracasa en los primeros dos años. Este dato y la figura 3 fueron extraídos de una presentación que sirvió de base para una conferencia dada por un empleado gerencial de GE en la AAFA.

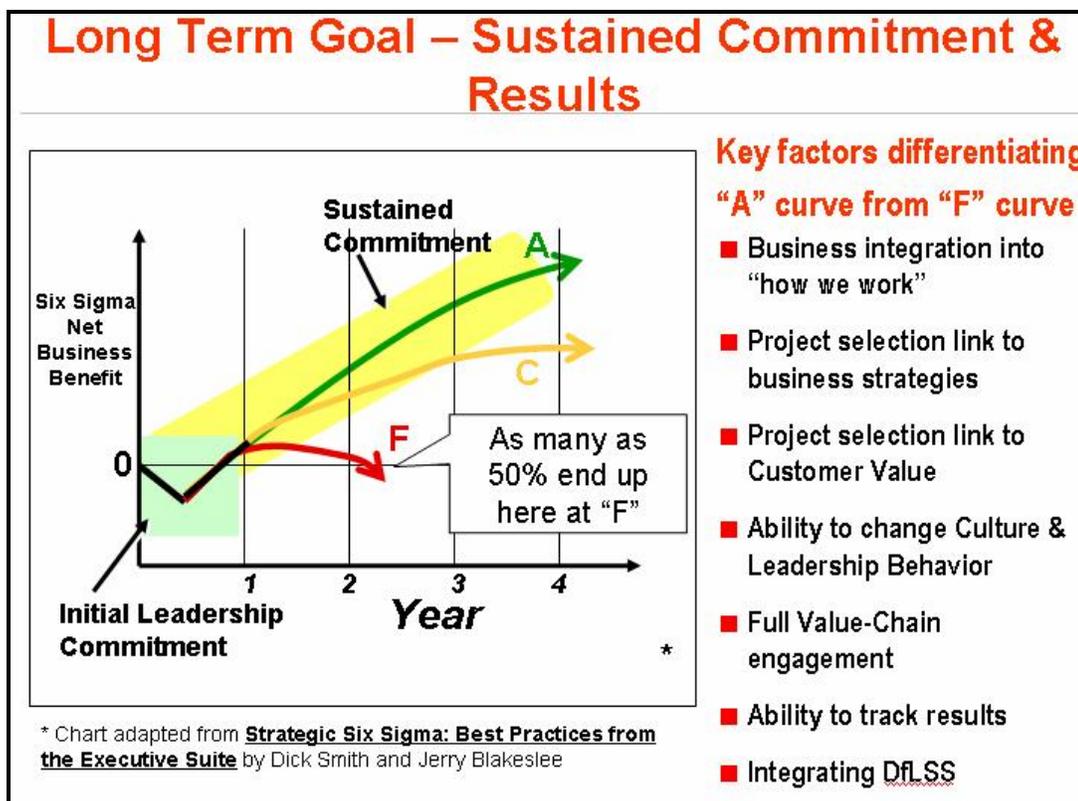


Figura3

Lo que esta filmina indica con gran elocuencia es la vida de los procesos en donde se comienzan los proyectos Six Sigma, y en el eje Y los costos o ganancias dependiendo de les signo de los mismos. Todos los proyectos empiezan con inversiones (costos)

que crecen linealmente hasta que se alcanza cierto nivel de profundidad en el proyecto donde el mismo comienza a rendir frutos, y entonces se comienza a tener beneficios que en un principio no exceden a los costos hasta que, antes de alcanzar al primer año, se alcanza el break-even, en donde los beneficios netos equivalen a cero. Es en este punto donde se hace la distinción de tres distintos caminos: el que termina en un proceso exitoso, entre las empresas que siguieron este camino se pueden citar Motorola, General Electric, Texas Instruments, etc. Empresas que alcanzan el punto C, que son aquellas que no alcanzan un nivel de grandes beneficios luego de aplicado el modelo. Y, finalmente, se encuentran el 50% de las organizaciones que comienzan este camino, las empresas que fracasan en la incorporación del modelo.

A su vez lo que marca la diferencia son las diferencias que definen una curva F de una curva A:

- ) Integración entre el negocio y como se trabaja
- ) Selección de proyectos integrados con las estrategias del negocio
- ) Selección de los proyectos alineados con el valor del cliente
- ) Habilidad para cambiar la cultura de la organización y el comportamiento de la gerencia
- ) Implementación de la cadena de valor
- ) Habilidad de llevar registro de los resultados obtenidos
- ) Integración DfLSS (*Design for Lean Six Sigma – equivalente al antes nombrado DMAIC para el Lean Six Sigma*)<sup>(5)</sup>

Es decir esta lista distingue un proyecto exitoso de aquel que no llega a serlo. En el siguiente punto de la presentación el orador presentó las típicas razones del fracaso de aquellos proyectos que alcanzan el punto F y aquellos que en menor medida alcanzan el punto C.

1. Falta de inclusión de la gerencia
2. Entrenamiento desalineado con los proyectos que se llevaran a cabo
3. Proyectos no conectados con las estrategia
4. Proyectos sólo focalizados en asuntos internos
5. Elegir a los empleados “disponibles”
6. *Black Belts* de *Part-time*
7. Creer que Seis Sigma puede resolver cualquier problema en la empresa

---

<sup>5</sup> La presentación completa se encuentra en el apéndice A

#### 8. Empleados sin reconocimientos por sus contribuciones

Estos puntos dejan afuera grandes problemas en lo que son las fallas de Seis Sigma, ya se mencionó con anterioridad que un proyecto con errores de concepción tampoco tendrá éxito casi con seguridad. Aquel empresario que decide implementar Seis Sigma sin tener bien en claro el por qué, o sin una justificación beneficiosa para el proyecto también fracasará.

Con todo esto anteriormente citado se intenta dar una clara idea en lo que consta Seis Sigma, su metodología, pilares conceptuales, causas comunes de fallas y puntos clave de éxito. Habiendo hecho esta introducción pseudo teórica de la disciplina se puede pasar a lo que consta del informe.

Hace falta una aclaración en este punto, el hecho que las empresas en general ven algunos resultados económicos luego del año o dos años, no quiere decir que Seis Sigma haya triunfado en la empresa, ni que haya valido la pena la implementación de la disciplina en la empresa al año. El gerente de Seis Sigma en Ford asegura que Seis Sigma es viaje de cinco año o más, por los primeros dos años la empresa en general hace esfuerzos casi a ciegas esperando a que la tormenta pase y los beneficios surjan.

## **5 INTRODUCCIÓN AL INFORME**

Hay muchas definiciones que se acercan a describir lo que Seis Sigma representa, pero sólo hay una definición que el presente autor considera a la altura del entendido, o mejor dicho, casi a la altura del entendido:

*A comprehensive and flexible system for achieving, sustaining and maximizing business success. Six sigma is uniquely driven by close understanding of customer needs, disciplined use of facts, data, and statistical analysis, and diligent attention to managing, improving and reinventing business processes.*<sup>(6)</sup>

Lo importante de esta definición es que lo describe como un sistema flexible, que no sólo se encarga de llegar a maximizar el desempeño de una compañía, sino que también se encarga de mantenerlo. Pero lo que mejor diferencia esta definición del resto es la palabra “reinventing”, pues no solo se trata de mejorar los procesos existentes, sino que hasta puede llegarse a tener que reinventar un proceso, cosa que muchas empresas nunca evaluaron posible, y fallar aquí es no pensar enteramente como Seis Sigma indica y puede llevar a la consecuente falla del sistema.

Esta definición si bien cubre una buena porción de lo que seis sigma trata, aun no cubre un punto importantísimo: Seis Sigma es el cambio de la cultura en la organización, la asimilación de una disciplina como filosofía de vida, es cambiar de pies a cabeza la organización y su tradición. Seis Sigma requiere cambios en la cultura y funcionamiento de la organización para que su aplicación sea exitosa. Un proyecto Seis Sigma consiste en la aplicación de técnicas rigurosas para lograr resultados y beneficios realmente significativos, pero requiere también de un ‘baño’ cultural. (Raúl Molteni y Oscar Cecchi 2004).

Es este punto uno clave en el presente estudio, ya que Motorola claramente entendía que de manera de lograr el mayor beneficio de esta disciplina debía entrenar a todos los sectores de la empresa, desde la gerencia hasta los empleados de último nivel, cambiando su manera de pensar y actuar, orientado todo hacia la calidad y el mejoramiento continuo. Es muy común citar al Jack Welch, a la hora de hablar de

---

<sup>6</sup> The Six Sigma Way – Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh, Preface XI

Seis Sigma, y sin miedos a caer en el cliché, es importante recordar sus palabras cuando dijo refiriéndose a la implementación de Seis Sigma: *Mientras que ciertos paradigmas, visiones, personajes, mitos y creencias deben ser reforzados, otros tantos deben ser cambiados. El enfoque requiere de la instalación de una metodología, pasos para lograr cambios desde lo cultural y transformar las claves del Six Sigma en el ‘como se hacen las cosas aquí.’*

Fue Bhote quien en forma teórica siempre sostuvo que si Six Sigma no se convierte en un elemento esencial de la cultura organizacional, no puede jamás llegar a su total potencial. Larson a su vez coincide diciendo que si bien Six Sigma se origina como un set de herramientas estadísticas para medir la calidad y eliminar defectos a través de procesos de mejora continua, es ahora una actitud, una visión y una cultura.

Luego de los increíbles resultados obtenidos por Motorola, muchas empresas empezaron a tomar el modelo y aplicarlo años después. Entre ellas se pueden mencionar General Electric, Ford, Caterpillar, Microsoft, Siemens, Kodak, etc. Todas las empresas que aplicaron este modelo lo aplicaron siguiendo los lineamientos de Motorola. Entonces, Motorola no sólo es la compañía pionera en esta industria, sino que además es el benchmark para el resto de las empresas, y es el modelo a seguir. Si bien todas las empresas se miden con Motorola a la hora de aplicarla, no todas logran los mismos resultados, o a fines de este informe, ninguna ha logrado lo que Motorola logró.

Es difícil comparar en forma cuantitativa las diferencias en los resultados obtenidos por Seis Sigma entre dos empresas. Ya que la diferencia en utilidad neta porcentual no siempre es indicativa, el ejemplo de Kodak claramente lo refleja. Kodak redujo su utilidad neta en forma abrupta luego de haber aplicado Seis Sigma, esto no quiere decir que Seis Sigma lo haya perjudicado ya que factores externos afectaron la rentabilidad. La era digital comenzaba a explotar, las cámaras digitales remplazaban a las cámaras convencionales, impactando directamente en el negocio principal de Kodak. La pregunta es: ¿Cómo afectó Seis Sigma a Kodak? Otra perspectiva puede ser cuantificando la reducción en costos de reingeniería y reprocesos. Esto puede reflejar de alguna manera el impacto que Seis Sigma tuvo sobre la empresa, pero sólo de manera parcial ya que Seis Sigma no sólo incurre en cambios de costos. Un cliente contento consume más que uno insatisfecho, un cliente contento recomienda el producto a nuevos potenciales compradores. Otro efecto de Seis Sigma que es aún

más significativo: la reducción de los clientes insatisfechos, un cliente insatisfecho tiene mucho más impacto sobre el negocio que uno satisfecho, ya que este no sólo no volverá a consumir, sino que también recomendará a muchos otros que dejen de consumir. Entonces, a partir de la aplicación de Seis Sigma los clientes pudieron haberse incrementado, afectando a los ingresos, que a su vez estaban siendo afectados por las condiciones externas del mercado.

Sabiendo que es muy difícil identificar las diferencias y poder hacer un análisis cuantificativo de distintos resultados, el presente informe intenta mostrar como la mayoría de las empresas no obtuvieron el máximo beneficio de Seis Sigma a raíz que no lo han aplicado de manera completa, concentrándose muchas veces en fracciones de la disciplina y no en su totalidad, subestimando su potencial y relevancia.

Mucho se ha hablado y escrito de Motorola, desarrollando la manera en que este la aplicó y la desarrolló, describiendo los impactos que cada aspecto de la disciplina tiene sobre el rendimiento de la empresa y demás. A su vez, abundan los ejemplos de empresas que la aplicaron y obtuvieron increíbles resultados. Pero toda esta bibliografía habla de lo positivo que esto fue para la empresa, en vez de hacer un análisis más profundo y reconocer que no es suficiente, que no se obtuvo todo lo que se pudo. El presente informe pretende demostrar que los grandes ejemplos del éxito de Seis Sigma, no son tan exitosos, y no aplicaron Six Sigma como realmente la teoría pretende. Si esto es un problema de Seis Sigma o un error de la compañía es algo que se estudiará en profundidad en el informe, el análisis partirá de la hipótesis que estas empresas no aplicaron el Seis Sigma completo, y por ello no obtuvieron la totalidad de los resultados beneficiosos.

Un enfoque equivocado en Seis Sigma puede llevar a errores graves, puede tener un impacto muy negativo en el rendimiento de la empresa. Estos casos son evidentes y muy poco se habla de ellos. El presente informe intenta identificar los grandes “logros” de Seis Sigma y analizar si estos logros fueron suficientes comparados con lo que Seis Sigma les pudo haber dado de haberlo aplicado al 100%. Para la investigación se elegirán empresas representativas, y se descartarán en una primera instancia a aquellas que aplicaron Seis Sigma de manera absolutamente incorrecta obteniendo resultados adversos. Para llevar a cabo el estudio, se verá la forma en que se aplicó el Seis Sigma y los distintos enfoques dados en las distintas empresas. No todas las empresas ponen el mismo empeño en cambiar la cultura de la empresa,

algunas olvidan cambiar la gerencia, otras consideran innecesario el entrenamiento de todos los empleados dejando esto de lado y focalizándose sólo en la parte estadística de Seis Sigma, y muchos otros casos.

Entonces el informe constará de tres etapas, la primera es la manera en que Motorola, benchmark elegido para el informe, aplicó Seis Sigma y sus beneficios. La segunda etapa constará en la descripción y análisis de la forma en que cada empresa estudiada llevó a cabo Seis Sigma, en qué puntos hizo más hincapié cada una y cuales aspectos dejaron de lado si los hubo. Esta etapa también contará con el análisis de por que cada empresa no logró el desarrollo completo de cada punto, en algún caso podría ser por simple elección, pero en otros puede ser por la cultura de la empresa, u otros factores que serán desarrollados en su momento. Esta etapa a su vez recolectará la bibliografía existente sobre los resultados cuantitativos de las distintas empresas. Finalmente la tercera etapa hará un análisis comparativo de las distintas empresas con el benchmark que será Motorola, cuya forma de Seis Sigma será también descrita en forma cualitativa y cuantitativa en las correspondientes etapas anteriores. Este análisis servirá para tener una idea de las incidencias que cada forma distinta de aplicación tuvo sobre los resultados del proceso y como se pudo haber cambiado o mejorado esto, si es que este es el caso.

En líneas generales, el informe intenta llevar Seis Sigma de la teoría a la práctica, demostrando que los beneficios tan famosos no son tan fáciles de conseguir, y las empresas que los consiguieron no lograron el máximo aprovechamiento de Seis Sigma como si lo hizo Motorola. Sugiriendo así que puede ser que Seis Sigma, sea la mera 'teorización' de un caso particular con condiciones particulares que llevó a beneficios inesperados, y no es aplicable al 100% a otras empresas, por lo cual hay que tener precauciones a la hora de aplicarlo. Todo esto es sin dudar de que Seis Sigma, cuando es encarado en una manera correcta, es una disciplina muy fructífera para la empresa.

## **6 EL CASO MOTOROLA**

Como se dijo en la sección precedente, Motorola fue quien desarrolló Seis Sigma y a quien todos imitaron y aun imitan para aplicarla en distintos lugares. Es por eso que se convirtió en el benchmark del Seis Sigma, y de este informe. Ya que por ser pionera es el modelo ideal de Seis Sigma. Bhote, uno de los pilares de este informe ya que es su concepto de “ultimate six sigma” lo que se está analizando, roza este tema hasta con algo tan “trivial”, en una primera mirada, como el líder de la organización:

*Afortunadamente para mí y para Motorola, Bob Galvin era el modelo a seguir para ser un líder sobresaliente. El resto de las compañías no podrán hacer más que intentar imitarlo para lograr que el increíble espacio de liderazgo que las compañías tienen en sus organizaciones. Y se ha convertido en el benchmark a seguir en términos de liderazgo a la hora de implementar Seis Sigma. (7)*

Antes de implementar Seis Sigma Motorola gastaba entre un 10% y un 20% de sus ingresos anuales en corregir defectos y problemas por su pobre calidad, esto constituía entre \$800 millones de dólares y \$900 millones. Mientras que Motorola buscaba mejorar esta situación de pseudo-crisis, un ingeniero del sector de comunicación de la empresa, Bill Smith, estudiaba la correlación existente entre la vida útil de un producto, y la cantidad de veces que este producto había sido reparado a lo largo de la línea de producción por defectos en la misma. En 1985 Smith lanzó su reporte concluyendo que si un producto había sido encontrado defectuoso a lo largo del proceso de producción y reparado, entonces era altamente probable que otros defectos no hayan sido identificados y serían en la edad temprana del uso por el cliente. Mientras que un producto sin defectos desde sus comienzos muy raramente se encontraba una queja del cliente en la etapa temprana del mismo. Esto implicaba que la pobre calidad no sólo implicaba altos costos de reparación e ingeniería en la etapa de producción, sin que también significaba costos altísimos en atención al cliente y reparaciones durante el período de garantía. Esto es sin contabilizar los costos que representa un cliente insatisfecho.

---

<sup>7</sup> The Ultimate Six Sigma: Beyond Quality Excellence, Keki R. Bhote – Preface XVII

Como se ha mencionado antes, fueron los japoneses quienes lideraban la industria de la calidad en aquella época, ya que de la mano de Deming habían desarrollado niveles de calidad nunca alcanzados por empresas americanas. Entonces Motorola se encontraba en una situación de desventaja ante sus mayores competidores y debía cambiar urgentemente. Así fue que el mismo sector en el que trabajaba Bill Smith, Comunicaciones, desarrolló Seis Sigma como un método simple de llevar registro y comprar el desempeño del proceso productivo respecto a los requerimientos del cliente. El objetivo, altamente ambicioso, era acotar la distribución entera de la producción dentro de los límites especificados, o casi, dejando sólo 3,4 errores por cada un millón producidos.

Gracias al apoyo de Bob Galvin, el presidente de Motorola, la disciplina se extendió a lo largo de todos los sectores de la compañía. Esto ayudó a Motorola a lograr objetivos, antes impensados en términos de calidad. Logrando su objetivo inicial de alcanzar un nivel de calidad diez veces mejor en menos de cinco años, que luego se modificó para lograr un nivel de calidad de 100 veces mejor y en cuatro años.

En términos más concretos, Motorola dio vuelta su status de manera increíble. Bob Galvin había decidido pelear contra su competencia con las mismas armas, en 1981 estableció una meta: mejorar la calidad de la empresa en un ratio de 10:1 en cinco años. Esta meta era vista por muchos como algo imposible, pero la realidad es que ya muchos sectores en tres años habían llegado a esto. Cinco años después, 1986, toda la compañía había alcanzado el objetivo, cuando orgullosos se midieron respecto a su benchmark, las empresas japonesas, encontrar con desilusión que aun le faltaba un largo trecho para alcanzar a su competencia. Entonces en 1987 Bob Galvin aumentó la apuesta, estableciendo un objetivo aun más difícil, la compañía debía mejorar la calidad en un ratio de 10:1, pero esta vez en dos años. Cumplido esto en 1989, la compañía ya empezaba a distinguirse del resto, pero de todas formas Bob Galvin no se conformó con esto, y estableció un último objetivo, mejorar la calidad en un ratio de 10:1, pero esta vez en un sólo año. Es decir que en 1991 la calidad había mejorado 1000:1 en sólo diez años.

Sólo dos años después de haber implementado Seis Sigma, la compañía fue reconocida con el galardón Malcom Baldrige Nacional Quality Award, según Bhote<sup>(4)</sup> en su libro titulado “The Ultimate Six Sigma: Beyond Quality Excellence” es el día de hoy que aún ninguna corporación grande ha obtenido este reconocimiento en su

totalidad, de hecho cuenta que justamente lo que había impresionado a los examinadores era el nivel de penetración que Seis Sigma había tenido a lo largo de toda la empresa. Cada empleado, en todos los niveles, conocía la importancia de la calidad y su aporte para alcanzar los objetivos de la misma.

En sólo dos años la cantidad de empleados creció de 71,000 a por encima de los 130,000 empleados. Así esta empresa se convirtió en la envidia de todas en términos de calidad, logrando los siguientes resultados en el periodo desde 1987, cuando Six Sigma comenzaba, hasta 1997:

1. Las ventas se multiplicaron por cinco, haciendo crecer la utilidad de la empresa a un paso de 20% por año.
2. Los ahorros logrados acumulados a lo largo del período fueron alrededor de \$14.000 millones de dólares.
3. El valor de la acción de Motorola creció a una tasa de 21.5% anual.

Como Neuman y Cavanagh indican en su libro titulado: “The Six Sigma Way”, Motorola se salvo de la extinción inminente gracias a la aplicación de este sistema en 1980-1990. Pero no sólo afectó a la calidad de la empresa Seis Sigma, sino que Motorola llegó a un nivel de sincronización tal, que desarrolló en menos de 18 meses y por menos de 10 millones de dólares, un diseño de pager que se produciría en una planta automatizada de Florida en 72 minutos desde el momento que se lo pedía por computadora desde cualquier punto de venta del país.

Es claro que el escenario de la empresa ya era totalmente distinto diez años después. Una vez que todo había ocurrido, Bhote, uno de los principales jugadores en la implementación de Seis Sigma en Motorola, que luego se dedicó a la consultaría de Seis Sigma a otras empresas, describe los puntos que hicieron de Seis Sigma un éxito en la organización:

1. **Liderazgo inspirador.** Tomó los conceptos de Seis Sigma como un proyecto personal y estaba en primera línea a la hora de implementarlo.
2. **Herramientas de última generación.** La aplicación de herramientas y la eliminación de antiguas herramientas ya obsoletas.
3. **Priorizar absolutamente de la voz del cliente.**

4. **Importancia al empleado.** El programa contaba de con planes de recompensa y reconocimiento que no sólo mantenía al empleado motivado, sino que además ayudaba a que exista una mejora continua en el desempeño de equipos y empleados.
5. **Diseños Robustos.** En los diseños que se creaban en el DMAIC antes explicado.
6. **Asociación con los proveedores que implicaban una relación de Ganar-Ganar (*Win-win*).** Comprar bien no es comprar barato.
7. **Estandarización de las maneras de medir y controlar.** Esto mantenía a la empresa en la misma posición, ya que las ajaos financieras se analizaban de la misma forma que se analizaba la limpieza que existía en el almacén de repuestos.

Es entonces de esperarse que una empresa que pretende tener éxito con Seis Sigma, deba tener estos mismos factores. Es importante tener este punto en cuenta cuando las empresas estudiadas se estén analizando en la próxima etapa del informe. Descontado queda que Seis Sigma es mucho más que un set de herramientas estadísticas, sino que es una filosofía y manera de correr un negocio u organización. En realidad Seis Sigma mejora el desempeño de organización es en dos maneras distintas:

- Seis Sigma para la resolución de problemas con el uso de la estadística (*SPS - Statistical Problem Solving*). Esto se logra por medio del ya mencionado DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*)
- Seis Sigma para el Diseño. Esto se logra por medio del ya mencionado DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*).

## **7 GENERAL ELECTRIC**

### *7.1 Historia y condiciones iniciales*

Muchas son las empresas que aplicaron seis sigma ya sea a la corporación entera o a un proyecto determinado a raíz de los resultados obtenidos por Motorola, pero fue General Electric quien más se acercó a emular al pionero. Ya que hoy en día GE es también muchas veces utilizado como benchmark en la aplicación de Seis Sigma. Es entonces algo muy osado el intentar demostrar que el mismísimo General Electric no utilizó Seis Sigma de la manera que lo pudo haber utilizado, o mejor dicho que los beneficios obtenidos no son producto de una aplicación al 100% del Seis Sigma de Motorola, y que de haberlo hecho los resultados hubiesen sido mucho mayores. Bhote, por otro lado, indica que General Electric superó a Motorola en el ranking de los Six Sigma en términos de aplicación corporativa y expansión de la misma a lo largo de toda la empresa.

En 1996 Jack Welsh, el entonces presidente de la compañía anunció que quería que la empresa se convierta en una empresa Seis Sigma para el año 2000, de manera de cambiar aquella antigua empresa de producción en línea a una compañía ágil dinámica y competitiva. Con este anuncio, a su vez, Welsh generó lo que en la jerga lo llaman la “trinidad”, que son un conjunto de tres iniciativas para la implementación exitosa de la disciplina Seis Sigma: Un cambio enorme en la estrategia y visión de la compañía, servicios de globalización integrada en donde se combinan puntos de vista y procesos a nivel mundial, y una calidad Seis Sigma con su exigencia y objetivos estadísticos.

Cuando este anuncio fue hecho GE tenía niveles estadísticos de calidad del orden de los 3/4 Sigmas, o lo que es lo mismo, 35.000 defectos por cada millón de unidades producidas. Es importante recalcar que para la época esto representaban niveles altísimos de calidad, pero afortunadamente para la empresa, esto no era suficiente para Welsh.

### *7.2 Seis Sigma en General Electric*

El proceso en General Electric se basó principalmente en mejorar la calidad de los procesos más cercanos al cliente. A estos procesos se le hizo gran hincapié en el

mejoramiento de calidad con la metodología Seis Sigma hasta niveles cercanos a la perfección. Desde allí se iba corriendo la disciplina hacia los procesos más alejados. Claro está que toda la empresa estaba al tanto de esta nueva disciplina y toda la empresa la estaba aplicando al mismo tiempo, pero la organización se focalizaba en el mejoramiento de la calidad a nivel de los procesos cercanos al cliente. Esto es muchas veces citado como una posible fuente de error, ya que Seis Sigma es una disciplina que debe afectar a todos de manera completa, logrando así un cambio en la cultura de toda la empresa. Otros estudiosos del tema afirman que esta estrategia es la mejor manera de lograr una integración total y franca de Seis Sigma a lo largo de toda la organización ya que la aplicación de Seis Sigma por procesos individuales hace su implementación más efectiva y a su vez motiva a los procesos subsiguientes a su proceso de implementación; ya que los procesos que le siguen alimentan probablemente a los procesos que funcionan con Seis Sigma, entonces al entregar piezas con una gran variación afectan a la producción del procesos que funciona con niveles de calidad Seis Sigma.

Otro aspecto importante de la implementación de Seis Sigma en GE fue el gran esfuerzo invertido en el entrenamiento de sus empleados. Welch puso en marcha un programa en donde se entrenaron aproximadamente 4.000 empleados de tiempo completo a Black Belts y Master Black Belts y unos 60.000 Green Belts de tiempo medio que participaron en el desarrollo completo de al menos un proyecto cada uno.

General Electric contaba con un factor a favor que hoy muchos olvidan a la hora de citar el caso: El programa Work-Out. Este fue un programa que se implementó en GE en 1988 con el fin de romper con la burocracia e incentivar la productividad dentro de la empresa, un plan en el cual los ejecutivos de la empresa rechazaban las tareas rutinarias sin sentido y se convertían en personas francas y flexibles con la mirada puesta en la productividad. Esto fue con el fin de cambiar la cultura de la empresa que por sus dimensiones y antigüedad se estaba viendo afectada por la falta de reacción y la institucionalización de la burocracia. Welsh, en ese momento comprendía que la única manera de cambiar la cultura de una empresa es por cambiar la forma en que piensa el empleado día a día.

Básicamente este plan contaba de cuatro objetivos fundamentales:

1. Construir un entorno de confianza entre los empleados
2. Motivar a los empleados con tareas desafiantes y nuevas.

3. Eliminar tareas innecesarias.
4. Generar una organización sin fronteras en la que toda la fuerza trabaja con un objetivo en común.

Muchos autores de la materia aseguran que este programa ayudó de gran manera a GE en la implementación de Seis Sigma. Ya que Seis Sigma arribó a la empresa cuando la organización ya tenía una base cultural fuerte de integridad y trabajo en equipo. Algunos hasta se animan a asegurar que el éxito de GE se debió principalmente a que la organización estaba preparada para cambios de cultura de este tipo, y que el cambio no fue tan abrupto como para otras empresas que sí vienen de la burocracia instalada ya hace décadas. Para estos últimos, y para el presente autor, la aplicación de la disciplina se puede entender como algo que comenzó lentamente en 1988; un cambio de cultura paulatino en que la organización se alineaba con un objetivo común, el objetivo de la empresa como un todo, y no como entidades separadas que forman un grupo que a veces competían y sus objetivos personales hasta a veces se enfrentan. Entonces Welsh al lanzar este programa en 1988 había comenzado, sin saberlo, un proceso de cambio cuyo horizonte final sería un Seis Sigma exitoso.

Como ya se mencionó anteriormente, este informe no intenta recalcar los errores burdos y conocidos de Seis Sigma, ya que estos son de común conocimiento y de fácil análisis. Pero cabe recalcar algo respecto a este último punto que servirá para posteriores análisis en el presente informe. Una de las grandes fallas que tienen estas organizaciones, es esta rigidez para el cambio de cultura, que GE no lo tenía gracias a que había comenzado este programa diez años antes. La gran diferencia es que estos diez años GE tuvo objetivos intermedios que lo mantenían activo para llegar a ser a lo que hoy es. En cambio, una organización que no está tan preparada, hoy puede comenzar el proceso de implementación de Seis Sigma y frustrarse en el camino al cambio de cultura y convertirse en las fallas de Seis Sigma, ya que le llevaría 10 años o más como a GE para lograr este cambio, pero esta empresa no aguanta esperar tanto ya que para esta empresa no existen otros objetivos más que los de la aplicación de Seis Sigma y sus consecuentes resultados.

Si bien la forma en que GE aplicó Seis Sigma (de los procesos más cercanos al cliente para atrás), y las condiciones en las que se encontraba la empresa gracias a este programa (Work-Out), hicieron de GE un caso muy distinto al de Motorola, no se puede negar que la empresa siguió muy bien los lineamientos generales como nunca

antes nadie lo había hecho. Creó una transformación cultural importantísima a lo largo de toda la empresa, un programa de entrenamiento exhaustivo para la formación de Black Belts y Green Belts que abarcó a todos los países en los que GE participaba. De hecho una anécdota muy reconocida en el ambiente, es un email que Jack Welsh mandó a todos los directores o jefes de departamento de la empresa a lo largo de todo el mundo, diciendo que todo aquel que quería ser considerado para un nivel ejecutivo senior debía comenzar un entrenamiento Green Belt o Black Belt antes del 1er de Enero de 1998, el email se envió el 12 de Marzo de 1997. Esto divulgó un mensaje claro a toda la empresa, Seis Sigma llegaba para quedarse, y no era otra moda o movimiento pasajero como tantos otros.

Una de las cosas que los entendidos del tema le recriminan a GE en cuanto a su aplicación, es la rigidez con que aplicó Seis Sigma a su empresa. GE no hizo ningún esfuerzo en cambiar la cultura de Seis Sigma para las condiciones en la cual se encontraba, sino que se adaptó absolutamente a lo que Seis Sigma marcaba. Esto es controversial y existen muchas discusiones si es esto un error o una virtud, pero no se puede negar que GE no hizo ningún esfuerzo para adaptar la cultura aunque sea mínimamente a la cultura de la empresa para lograr mayor compatibilidad y quizás hasta sinergia. Es cierto, GE obtuvo grandes beneficios, pero a esta altura cabe preguntarse si el programa ya existente no le ayudó a aplicarlo exitosamente aun sin adaptar la filosofía a la empresa, ¿y si lo hubiese hecho? Sin mencionar aquellas empresas que no cuentan con este programa y no adaptan ni un poco la cultura a la propia.

Motorola implementó esta disciplina y este cambio de cultura que sin duda le trajo excelentes resultados, pero hay que entender que la rigurosidad que esta cultura tiene, y la forma en la que se adapta e inculca no es la misma en todas las organizaciones del mundo. Motorola necesitaba de una forma impactante, de un shock y de un giro abrupto en el andar de la empresa, es por ello que la forma en que la aplicó se basó un poco en estos puntos. General Electric en cambio venía de cambios, era una empresa líder y no necesitaba como motivo de supervivencia este cambio, es por esto que pudo haber salido mal la forma en que se llevó a cabo esto. O mejor dicho: de haberlo hecho mejor pudo haber logrado aún mejores resultados quizás.

Para verlo en términos más simples: Una empresa a la cual le va bien y no tiene por que ser sometida a un proceso traumático de reestructuración, una empresa cuyos ingresos anuales son razonables y niveles adecuados, tiende a ser más cerrada a la General Electric

hora del cambio. Los cambios son incómodos e implican esfuerzos, y muchas veces no son bienvenidos cuando a la empresa le va bien y no necesita de los mismos de manera urgente. En este caso el cambio no puede ser introducido de la manera en que Motorola lo aplicó, la cultura se debe ir cambiando de a poco y con cautela de manera que la organización o los empleados involucrados, comprendan que estos cambios le hacen bien a la empresa, y luego lograr que los empleados crean en el cambio continuo, en la no conformidad y en la mejora continua, pilar base de la teoría Seis Sigma. Pero es esta “cultura del cambio” lo que se debe inculcar, por que una vez que la cultura Seis Sigma se instala, la organización se vuelve dinámica y de cambio constante, es decir que los empleados tienen que estar preparados psicológicamente para estar en permanente cambio y mejora, y esta preparación no se puede imponer por que el empleado estará negado contestando algo como: “¿Para que? Si así estamos muy bien.”

Se puede hasta llegar a inferir que GE fue muy afortunada al contar con el programa Work-Out ya que fue muy negligente en la forma en que aplicó el cambio de cultura en la empresa, de la misma forma en que Motorola lo aplicó de manera abrupta e imponiendo nuevos principios y filosofías. Esto pudo haber resultado en una negación mayor de parte de los empleados y hasta en un empeoramiento de la situación inicial.

A modo de síntesis, GE hizo gran hincapié en el entrenamiento y la especialización. Un gran esfuerzo en involucrar a toda la empresa a nivel global en este nuevo movimiento que se llevaba a cabo. Un envidiable proceso de integración y alineación de la organización y finalmente un cambio en la cultura en toda la empresa que fue, sin duda, la razón de éxito de la implementación Seis Sigma.

Por otro lado, la empresa desarrolló Seis Sigma de una manera particular, focalizándose inicialmente en aquellos procesos que afectaban directamente a la calidad que el cliente recibía. La cultura que implementó fue exactamente la que Seis Sigma marca y de la manera en que Seis Sigma dice de inculcar, sin tener en consideración que Seis Sigma es un producto de situaciones que le ocurrieron a Motorola y la forma no necesariamente debe ser aquella de Motorola. Finalmente se debe mencionar que GE contaba con un programa iniciado diez años antes que favorecieron a las condiciones iniciales del proceso Seis Sigma.

### 7.3 Los Resultados del Seis Sigma en General Electric

Como se mencionó en una sección precedente Motorola contaba con niveles de calidad del orden del 3/4 sigmas antes de la implementación del programa Seis Sigma. La diferencia de estar entre estos niveles de calidad y 6 sigma le estaba costando a GE entre U\$S 7.000 y U\$S 10.000 millones por año en concepto de scrap, correcciones, reingeniería, mantenimientos, ineficiencias y pérdidas de productividad (4)

En 1997 Seis Sigma regresó a la empresa mas de U\$S 300 millones en concepto de ingreso operativo, en 1998 este número se incrementó a U\$S 750 millones. Para fines de 1999 GE había devuelto U\$S 1.500 millones y se esperaban más de U\$S 5.000 millones para el año siguiente. Los ingresos de la empresa se incrementan de manera abrupta de trimestre a trimestre (encima del 15% trimestral) siendo de las empresas que más marcan financieramente el éxito de aplicar Seis Sigma. Hoy se pueden ver los resultados de la empresa (apéndice c) que son de mejoras difícil de emular, y en gran parte se puede atribuir esto a la implementación de Seis Sigma.

También es importante, dentro de lo posible poder conocer los costos incurridos. En el primer año de la implementación de la disciplina GE entrenó 30.000 empleados gastando alrededor de U\$S 200 millones y tuvo utilidades del orden del U\$S 150 millones. Este año los Black Belts y Green Belts estaban envueltos en 3.000 proyectos de Seis Sigma, pero este número se incrementó a 6.000 en 1997 duplicando las utilidades a U\$S 320 millones.

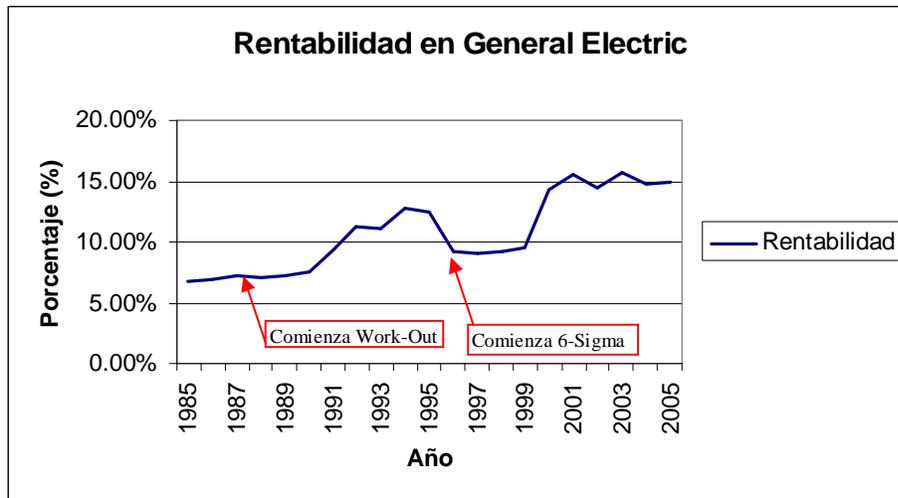
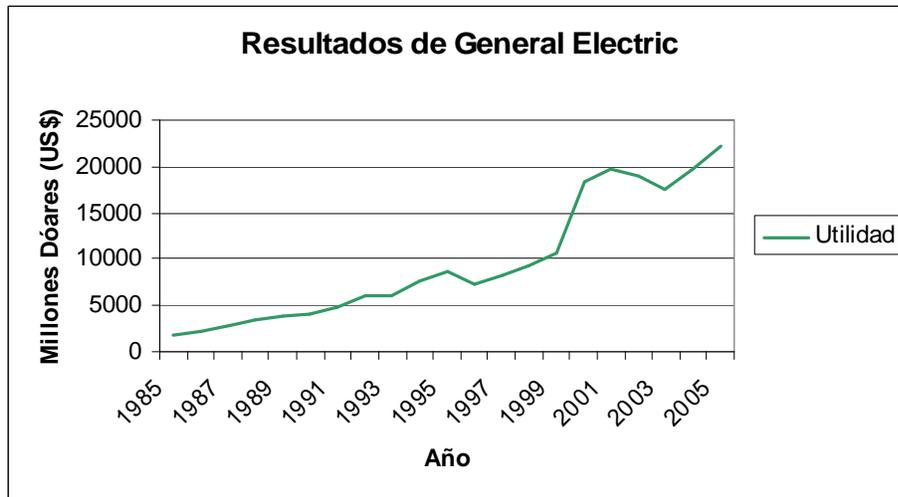
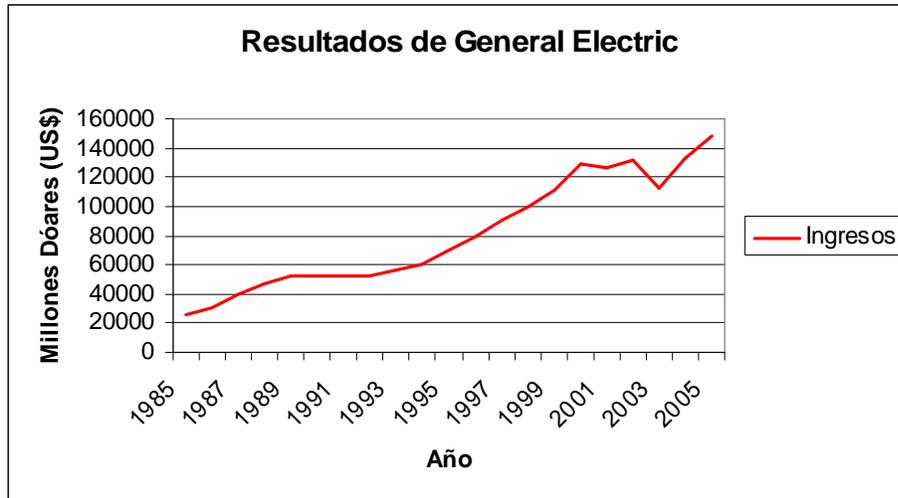
Para poder hacer aún más tangibles los resultados de la implementación de Seis Sigma podemos citar el caso de GE Capital, la empresa subsidiaria financiera de General Electric que es líder en el mercado. Antes de la implementación de Seis Sigma el 25% de la gente que llamaba a los call-centers de la empresa debía dejar un mensaje o llamar nuevamente por falta de operadores disponibles. Luego que un grupo de Seis Sigma asumió el proyecto de cambiar esta situación, más del 99.9% de la gente que llama logra conectarse con un operador en el primer intento, en cualquier parte del mundo. Estos son beneficios que por supuesto no se pueden cuantificar, la satisfacción de un cliente, o mejor dicho evitar la insatisfacción es sin duda algo muy valorable en las empresas.

7.4 Seis Sigma en GE – 10 años o 18 años?

El error que muchos cometen a la hora de presentar estos resultados, que se amplían con más detalle en el apéndice mencionado, es que olvidan el programa Work-Out. A continuación se pueden ver los ingresos brutos y las utilidades desde el año 1985 de la empresa General Electric, incluyendo todas las compañías subsidiarias (algunas de las cuales se encuentran aplicando Seis Sigma en este momento, pero en todas se aplicó el Programa Work-Out). Lo importante de mostrar los resultados desde 1985 es que esto fue justamente tres años antes de la implementación del Programa Work-Out.

<b>Año</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Margen</b>	<b>Rentabilidad</b>
1985	25380	1715	6.76%
1986	31290	2184	6.98%
1987	39643	2873	7.25%
1988	47581	3386	7.12%
1989	52100	3766	7.23%
1990	52523	3999	7.61%
1991	52976	4932	9.31%
1992	53051	5973	11.26%
1993	55701	6136	11.02%
1994	60109	7661	12.75%
1995	70028	8737	12.48%
1996	79179	7280	9.19%
1997	90841	8203	9.03%
1998	100469	9296	9.25%
1999	111630	10717	9.60%
2000	129,417	18,446	14.25%
2001	126,182	19,701	15.61%
2002	131,213	18,972	14.46%
2003	112,284	17,611	15.68%
2004	133,417	19,771	14.82%
2005	148,019	22,129	14.95%

Para poder apreciar con mayor facilidad los resultados se pueden ver los siguientes gráficos:



Como este último gráfico demuestra, la rentabilidad de la empresa comienza un ascenso importante en 1989, coincidente con el primer año luego de la implementación del programa Work-Out, en 1995 esta decae debido a factores externos y cambios estratégicos en la empresa, y en 1997 comienza a subir nuevamente, produciéndose un salto en 2000, cuando la empresa oficialmente termina de implementar Seis Sigma.

## **8 CATERPILLAR**

### *8.1 Historia y condiciones iniciales*

Caterpillar es una empresa que cuenta con un total de 110 plantas en 24 países, sus oficinas centrales se encuentran en Illinois, USA. La empresa es la líder en la fabricación de equipos para la construcción y para la minería. A su vez la empresa cuenta con una gran producción de elementos y equipos militares. De hecho los tractores de cadenas Caterpillar fueron usados por los Aliados en la Primera Guerra Mundial. En 1942 los tractores de cadenas, motoniveladoras, grupos generadores y motores especiales de Caterpillar se comenzaron a utilizar en la aportación militar de Estados Unidos a la guerra para fabricar el tanque M4. Es el día de hoy que Caterpillar es de referencia en todo lo que sea equipos de maquinaria pesada, abasteciendo a las grandes empresas constructoras y a las milicias de países no sólo de USA sino también de Israel, del Reino Unido, y muchos otros.

En Enero de 2001 Caterpillar lanzó su campaña para implementar Seis Sigma y así se convirtió en la primera compañía en incorporar globalmente Seis Sigma y conseguir beneficios el primer año que exceden los costos de implementación. Este título fue atribuido por la misma empresa y muchos discuten que GE alcanzó lo mismo antes, pero esto queda fuera del alcance del presente informe. Como se puede ver en los archivos de Caterpillar, en su anuncio de la implementación de este programa las razones por las cuales la empresa decidió implementar Seis Sigma fueron que la misma conocía globalmente el poderío de Seis Sigma, y que este programa tenía el potencial de proveer a la empresa con una dirección más energética, llevando a la compañía a niveles altos en términos de negocios y de satisfacción en sus clientes. Con esta solicitud enviada a todas las áreas de la empresa, Caterpillar se vio envuelta en un nuevo desafío que afectaría a toda la empresa, o como bien esta solicitud indicaba: “Seis Sigma tacaará todo lo que hacemos en Caterpillar, transformando como trabaja la gente- y en que trabaja- mientras que nos acercamos a la casi perfección en cada proceso”.

## 8.2 *Seis Sigma en Caterpillar*

Caterpillar comenzó sus esfuerzos en Seis Sigma en todas las plantas de manufactura. En realidad todos se focalizó toda la atención en procesos existentes y sus posteriores mejoras por medio del ya mencionado DMAIC, este sistema sirve para mejorar procesos que existen y alcanzar una ciclo de mejora continua. Luego de un tiempo y que se había alcanzado ciertos logros con el DMAIC, Caterpillar comenzó a hacer hincapié en DMADV (para procesos inexistentes, o desarrollos de procesos desde un principio). Con esto no sólo logro desarrollar procesos muy eficientes, sino que también cambió los procesos defectuosos por estos nuevos. La contra de esto es el hecho que los proyectos que llevan la metodología DMAIC se finalizan estimativamente entre cuatro y seis meses, mientras que los DMADV se completan entre seis y dieciocho meses.

La forma en que Caterpillar implementó Seis Sigma globalmente a menudo se compara con un tsunami, o lo que se llama en la jerga inglesa: *a big-wave approach*. El 15 de enero de 2001 la implementación se largo en 13 puntos diferentes del mundo. Todos los proyectos Seis Sigma se elegían con un criterio básico en un principio, el triangulo de Seis Sigma: Crecimiento, reducción de costos y calidad/rentabilidad. Una vez preseleccionados los proyectos, el mismo era sometido a distintos filtros, el primero, era si afectaba o no la visión estratégica de la empresa. Es decir, se reunía la alta gerencia y debía conocer de qué proyecto se hablaba y debía involucrarlos, de lo contrario no era elegido. Esto parece tener mucho sentido a la hora de invertir tiempo y dinero en un proyecto, ya que de lo contrario se podría estar invirtiendo en proyectos que no tienen casi ninguna incidencia en el negocio principal de la empresa y que de poco sirve el rendimiento de la misma. Para citar un ejemplo absurdo: se podría aplicar Seis Sigma e invertir tiempo y dedicación a la limpieza e higienización de los vestuarios de la planta, aunque puede ser un tema serio para el gerente de mantenimiento y limpieza de la planta, y también para los empleados, no hace falta encararlo con un enfoque Seis Sigma y puede ser una mejor distribución de recursos simplemente contratar más empleados de limpieza. Reducir los proyectos a sólo aquellos que inciden en la estrategia general de la empresa y sus beneficios puede también ser peligroso, ya que la historia demuestra que no es fácil identificar problemas críticos en una empresa que funciona de manera correcta. La gerencia

puede no estar al tanto de la criticidad de un proceso hasta que le invierta el tiempo correspondiente de investigación y análisis. Y un primer filtro sin investigación previa puede llevar al descarte de procesos claves para el rendimiento de la empresa.

Esta empresa es otra empresa que se menciona mucho a la hora de hablar de Seis Sigma y sus logros ya que alcanzó niveles impresionantes que ya se estudiarán en su correspondiente sección. El hecho que alcanzó un Seis Sigma global en tan poco tiempo también impresiona muchísimo en la industria, pero cabe el análisis de porqué logró tan buenos resultados en tan poco tiempo. La cultura de Caterpillar no es una cultura que estaba preparada para el cambio como es el caso de GE, pero entonces ¿Por qué Caterpillar logró tanto?

Los resultados de Seis Sigma son muy relativos, una empresa puede lograr grandes resultados al cabo de 18 meses con tan sólo implementar la parte estadística de Seis Sigma, pero sin realmente cambiar la cultura en su totalidad. La relatividad yace sobre el hecho que mucho depende de cómo estaba esta empresa en sus condiciones iniciales. Caterpillar era una empresa que nunca había puesto mucho hincapié en la reducción de costos de sus procesos, esto un poco se debía a la suerte de monopolio que ésta sufría, pudiendo lograr márgenes lógicos aún con procesos productivos poco eficientes. Claro está que Caterpillar no era un desastre en términos productivos, pero mucho tenía que mejorar en ciertos aspectos que, cuando llegó la era Seis Sigma, se encararon convenientemente. En 2001, cuando Caterpillar larga su carrera para alcanzar una empresa Seis Sigma, comienza proyectos de mejora por medio del DMAIC que ayudaron muchísimo a la reducción de costos. Seis Sigma es una gran manera de mejorar en este aspecto, pero Caterpillar nunca en su historia había invertido esfuerzos de calidad, nunca había implementado TQM, o programas estructurados, lo que hizo que todos los esfuerzos de Seis Sigma reluzcan muchísimo más de lo que realmente pudieron haberlo hecho si la empresa se encontraba en niveles normales en términos relativos de calidad.

Varias veces se ha mencionado el hecho que el cambio de cultura es el corazón de Seis Sigma, y sin él Seis Sigma no se alcanza en su totalidad. Pequeños cambios de cultura en pequeños nichos son posibles, pero en ese caso se alcanzan niveles de Seis Sigma incompletos, ya que bien lo dijo Deming en sus escritos: “Basuras compras, basura vendes” y si el proceso anterior al que aplica Seis Sigma, entrega productos defectuosos, o con variaciones, pues el producto terminado también lo tendrá. Claro

está que el cambio de cultura es un proceso, que lleva años y no se alcanza en un año como Caterpillar jacta, al menos no en su totalidad, esto se puede ver mismo en la carta que envía el CEO de la empresa a los accionistas en el reporte anual de la empresa de 2005 donde dice: *“Just as we are looking to encode 6 Sigma into Caterpillar’s DNA, we also are focused on raising the profile of sustainable development within our company.”* Habiendo dicho esto en 2005 claramente denota que la empresa, cuatro años después de haber comenzado el viaje hacia Seis Sigma, aún pelea por lograr que Seis Sigma se instaure en la cultura de la empresa. Esto no quita que los niveles de Seis Sigma alcanzados sean suficientes para sentirse orgullosos, pero alcanzar un nivel de Seis Sigma profundo es un proceso más largo, sobretodo en empresas como esta que tienen sedes en países y culturas distintas.

Esto no quita que Caterpillar haya hecho una gran labor en la implementación de la disciplina. Es por algo que esta empresa es una de las más citadas en términos de Seis Sigma, siempre un pedestal más abajo que las dos otras antes citadas en el presente informe. Como todas las empresas “exitosas” en términos de Seis Sigma, Caterpillar puso grandes esfuerzos en el entrenamiento e integración de la organización con Seis Sigma. De hecho en 2001 Caterpillar ya había entrenado 700 Black Belts que dedicaban el 100% de su tiempo a proyectos de Seis Sigma. En los años 2003 y 2004 los Black Belts se habían incrementado a 1.900 y 2.700 respectivamente, finalmente alcanzando un nivel de 3.600 Black Belts en 2005. A su vez, desde sus comienzos, Caterpillar hizo gran esfuerzo en entrenar a los Green Belts, y sumando más y más cada año hasta alcanzar niveles altísimos en 2005 (eran 14.000 Green Belts en 2003 y 36.000 en 2005 quienes dedicaban el 20% de su tiempo a proyectos Seis Sigma).

Los esfuerzos en lograr una compañía integrada con Seis Sigma no sólo se redujeron al entrenamiento de Green y Black Belts en Caterpillar, también integraban a empleados de rangos diversos a involucrarse en los proyectos de manera parcial. Sin contabilizar al nivel gerencial, ya que solamente en 2003 habían 200 gerentes asignados como sponsors de proyectos de la disciplina. Resumiendo estos esfuerzos, en 2003 la empresa contaba con 67.000 empleados a lo largo de todo el mundo, de los cuales 22.000 estaban involucrados en una manera directa con proyectos Seis Sigma, es decir el 33% de la empresa se alineaba con Seis Sigma y sus Proyectos. Para el 2004 la empresa ya aseguraba en sus solicitudes que todos los empleados de la misma,

el 100%, estaban involucrados directamente con la disciplina, algo, por cierto, muy difícil de creer.

Volviendo a citar la carta que el CEO de la empresa escribe para los accionistas en 2005, este dice que los esfuerzos en Seis Sigma siguen ayudando muchísimo, en áreas como en la seguridad para los empleados, calidad de productos y disponibilidad de productos, a su vez han hecho grandes avances en incrementar la producción en las instalaciones existentes, y en ayudar a los proveedores a romper los cuellos de botella. En 2003 habían completado 17.000 proyectos, sin contar aquellos orientados para entrenar proveedores y distribuidores (ya en ese año había 56 distribuidores y 140 proveedores que contaban con la tecnología Seis Sigma).

### 8.3 Los Resultados del Seis Sigma en Caterpillar

Esta empresa también es un caso conocido por sus grandes logros. El CEO de la compañía en la carta que envía a los accionistas en el reporte todos los años junto con los rendimientos económicos de la empresa indica cuan positivo está siendo esto para la compañía, pero es en 2003 cuando recalca con números los logros, la compañía ha logrado un incremento trimestral en sus ingresos de U\$S 200 millones de los cuales atribuye U\$S 138 millones a la implementación de Seis Sigma. En el resto de los reportes se pueden ver los logros que la empresa está alcanzando (Apéndice d) sin asignación directa a lo que Seis Sigma respecta, pero es claro que se alcanzan grandes cambios en las finanzas de la misma. En el primer trimestre de 2004, Caterpillar logró un record de ventas nunca antes alcanzado U\$S 6.470.000 millones con ganancias de U\$S 1,16, esto significaba un incremento del 34% comparado al mismo trimestre del año anterior. Los aumentos hoy siguen, y de hecho Owens, el CEO de la empresa, predice un aumento de alrededor del 20% en sus ventas para el 2006 (alrededor de U\$S 40.000 millones) y un aumento entre el 70% y 75% en las ganancias por acción.

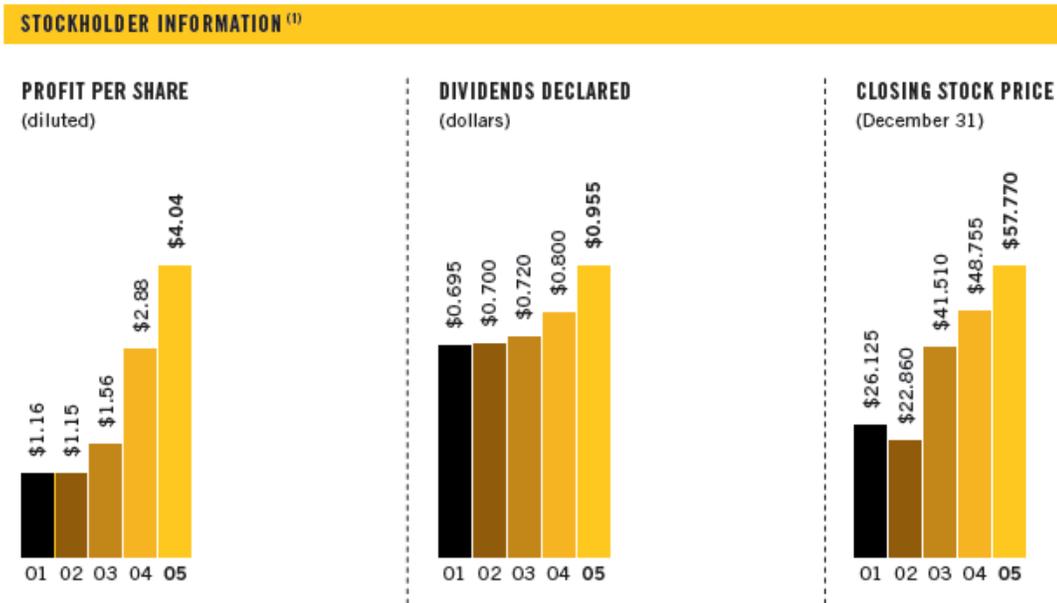


Figura 5

Una vez más como se hizo en el caso de GE, y con vocación de hacer más tangible los logros de Seis Sigma, se citarán dos proyectos en particular. Dado la diversidad de la industria, Caterpillar siempre ha sido un caso interesante para analizar los distintos proyectos encarados para implementar Seis Sigma. Un proyecto interesante de citar es el que se llevó a cabo en la planta de Sanford, USA. La demanda de un determinado vehículo, Skid Steer Loader, había aumentado de manera abrupta y la producción en aquel entonces no era suficiente para satisfacer a la misma. El proyecto entonces contó en aumentar la producción de la planta un 50%, sin alterar las instalaciones ni incurrir en altas inversiones de capital. El equipo de Seis Sigma trabajó en la planta identificando obstáculos, cuellos de botella, modificando el flujo del producto y del trabajo y cambiando la estructura de ciertos procesos y al cabo de unos meses logro su cometido. Al finalizar el proyecto no sólo había alcanzado el objetivo sino que lo había superado ampliamente, y la planta producía más del 55% de lo que solía hacer, a su vez el costo por unidad se redujo más del 25%.

Otro proyecto de Seis Sigma que vale la pena traer a la mención para mostrar distintos enfoques del mismo, es el que se llevó a cabo en 2002. La empresa reportaba errores en los diseños de nuevos modelos o rediseños de los mismos en una frecuencia alarmante. Entonces el equipo de Seis Sigma se dedicó a comprender las razones de dicha tasa, y comprendió que esto se debía a que no todos los ingenieros tenía el mismo nivel de conocimiento de los programas de diseño (Pro/E, etc.), y esto era

básicamente por que la tecnología avanzaba tan rápido que los antiguos empleados no podían seguirle el ritmo a la evolución de la misma. Esto no parece ser un tema tan serio, pero los diseños defectuosos generaban unos altos costos de rediseño, algunos a veces llegaban a etapas de producción e incurrían en costos altísimos, además del tiempo perdido. Luego que el equipo Seis Sigma estudió el problema, desarrolló rutinas de chequeo de error y estandarizaciones para evitar problemas, además se implementó un programa de re-entrenamiento de los ingenieros con la tecnología existente, homogeneizando los conocimientos dentro de la planta. Al finalizar el proyecto los errores se redujeron de 1.25 por plano a menos de 0.01 errores por plano.

## **9 FRACASOS DE SEIS SIGMA**

Los casos estudiados con anterioridad fueron casos extraídos de “los grandes logros de Seis Sigma”. Pero una hipótesis secundaria de este informe es que la imagen de Seis Sigma está muy sobrevaluada, justamente por la constante repetición de casos como los anteriores estudiados. Los logros económicos logrados por las empresas que se estudiaron antes, son tan atractivas que muchos caen en la idea de que Seis Sigma es la solución para la empresa. Sin antes hacer un análisis profundo de ver si la empresa está preparada para un cambio de cultura tal, y en el caso en que no, entonces se debe encarar de un amañera distinta, y no de la manera *Big-wave* o *Tsunami*.

Las empresas que fracasaron en el mundo de Seis Sigma son muchas, de hecho ya se estudió en este mismo informe que el 50% de las empresas que emprenden la travesía hacia la implementación de Seis Sigma, fracasa en el intento. Entonces, en realidad, sólo hay bibliografía de 50% de las compañías que emprendieron este desafío. De hecho hay mucho menos, por que aquellos que terminaron en un punto ‘C’ (referirse a la *figura 3*) tampoco alardean sobre los resultados obtenidos, y poco quieren mostrar de sus metodologías ya que evidentemente no lograron lo que estaban esperando.

Como no existe bibliografía suficiente sobre los intentos fallidos de Seis Sigma como para hacer un desarrollo profundo, esta sección intentará mostrar los errores comunes de Seis Sigma con ejemplos cortos, donde posible y citas de entendidos del tema. Para comenzar se puede citar a Larry Keely jefe del departamento de Diseño e Innovación de la consultora Doblin Inc que dijo en una entrevista para la revista ‘[c]’:

*“Consulting firms often need to relearn the truism that once you master a hammer, everything starts to look like a nail (...) The recent trend to use Six Sigma statistical process-control metrics for every damn fool thing is just the latest example of the adaptive instincts of modern consulting.”*<sup>(8)</sup>

Expresando en sus palabras lo que ya se trató con anterioridad en el presente informe, el error más común y menos percibido en la implementación de Seis Sigma es el creer que Seis Sigma puede resolver todo. Estas palabras ahondan aún más profundamente en el punto y expresan que es un error muy caro aplicarlo a procesos donde no son

---

<sup>(8)</sup> [C] Magazine (<http://www.contextmag.com/>) Artículo: Sick Sigma Autor: Bob Gilbert

necesarios. Muchas empresas fallan creyendo que Seis Sigma es la solución a todos los problemas, algunas de las cuales hicieron un trabajo impecable en su implementación y en inclusión de la cultura, pero esto es tan grave como no entender para que se está utilizando Seis Sigma, por que cada proyecto Seis Sigma es una prueba que se le hace a la disciplina y si el proyecto se aplica en algo que es imposible, o que no se justifica, entonces la disciplina tendrá un tanto en contra. A su vez, hay que tener en cuenta la motivación de los empleados, y encarar proyectos que son de poca relevancia ya es desalentador, muchísimo más cuando al culminar el proyecto se ve que los impactos son casi nulos por ende la gratificación también. Esto puede terminar en un círculo vicioso en la organización que lleva a Seis Sigma a la perdición, por falta de fe de parte de los empleados.

Un ejemplo muy controversial en el mundo de Seis Sigma es el caso de IBM. Hay dos posturas ante dicho ejemplo, por un lado están los que aseguran que IBM hizo un enfoque equivocado en la implementación de Seis Sigma, focalizándose en puntos equivocados, estos son quienes defienden la disciplina a ciegas. Por otro lado están los que creen que Seis Sigma tiene demasiadas falencias para ser utilizado de la manera que la moda lo está llevando hoy en día, éstos aseguran que las empresas se equivocan al aplicar Seis Sigma y al ver toda la empresa con los ojos desde una perspectiva Seis Sigma (lo que en la jerga se llama *Six-Sigma-Goggles*) e IBM no fue una excepción y al ver todo desde esta perspectiva falló en grandes puntos clave de su negocio, representándoles grandes pérdidas.

Cuando la compañía aplicó Seis Sigma, la disciplina estaba en su auge, los 90s como se vio en el informe, eran los tiempos dorados de Seis Sigma, y todos la veían como la práctica que venía a revolucionar las empresas no sólo productivas sino también de servicios. De hecho, al principio, IBM había logrado un gran nivel en términos de calidad, siendo galardonada con el *Malcom Baldrige Quality Award*, claro que no fue galardonada a nivel global como Motorola, pero lo consiguió en su planta en Rochester, Minn, donde se producían, la línea de microcomputadoras AS/400. Todo funcionaba de maravilla en lo que a Seis Sigma respecta, y la empresa se enorgullecía en los alcances logrados. Pero la realidad es que tanto se focalizaron en qué mejorar y cómo en términos de Seis Sigma que dejaron de lado un punto importantísimo: IBM estaba produciendo y queriendo meter en el mercado productos equivocados.

Mientras IBM se focalizaba en disminuir los defectos de los equipos de red que inundaban el Mercado, Cisco Systems Inc. por otro lado innovaba con un nuevo equipamiento de redes, lo que hoy son altamente conocidos denominados: *routers*. Mientras que IBM invertía esfuerzos en sus *disk drives* y lograba pequeños avances, EMC Corp. Innovaba un encare muy distinto al asunto, el conocido RAID, logrando que los discos estén al alcance de todos por los bajos costos que estos significaban. Fue así como Cisco y EMC superaron ampliamente a IBM y comenzaron a liderar el mercado. (Gilbert 2006).

Gilbert asegura que la utilización de Seis Sigma falló en ayudar a IBM detectar que estaba fracasando en la estrategia de producción. Seis Sigma ayudaba a IBM a interpretar y predecir lo que la gente querría, mientras que el enfoque debió haber sido en entender como hacer para producir lo que la gente querrá mañana sin intentar predecir en base al mercado de hoy. De hecho, un ejemplo bien elegido por Gilbert, es el caso de Dell, que demostró que en el mundo de las computadoras no se puede producir un stock, y se debe mantener una flexibilidad y dinámica completa. Fue así que también Dell derrotó a IBM, e IBM con sus pequeños avances en sus productos logró pérdidas de US\$ 1.000 millones por año en el negocio de las computadoras en los 90s, finalmente abandonando el negocio de las computadoras personales por la época.

Recién ahora, con avances de otras índoles las computadoras IBM volvieron a salir al mercado. Este progreso, aseguran, no se logró con Seis Sigma, un vicepresidente de la empresa dijo:

*“We were encountering a whole set of problems and issues that went beyond the elimination and reduction of defects. So we shifted our focus to business process re-engineering. Six Sigma principles still exist in IBM’s business units and manufacturing sites under the rubric of “operational excellence, but the company decided that Six Sigma operates at “too low a level to supply answers to macro problems”*

Otro caso interesante para traer a la luz en esta sección es el caso de Bombardier Inc. una empresa de transporte de Canadá que comenzó produciendo trenes para lugares nevados y hoy produce desde buques hasta aviones. En 1997 esta empresa

implementó Seis Sigma con la esperanza de lograr beneficios económicos y ahorros de costos, pero los resultados nunca fueron lo que la empresa esperaba, de hecho Ingeborg Rittweiler el vicepresidente de Seis Sigma de la empresa asegura:

*“We began the effort in the hope of saving money. Now, though, Six Sigma projects are measured on whether they speed up and improve processes or increase customer satisfaction—not on savings. Savings don’t enter into the equation. There are much cheaper cost-reduction programs than Six Sigma, which is a very training-intensive program.”*

Quizás este empleado es un tanto duro con la disciplina, pero no se puede dejar de escuchar, ya que es el vicepresidente de Seis Sigma de una empresa que ha, obviamente, aplicado Seis Sigma, y no con tanto fracaso. De hecho Bombardier no entra en el 50% que terminan en el punto ‘F’ de la figura 3, ya que la aplicación fue exitosa y se lograron ciertos aciertos, pero no del tipo que la gerencia hubiera esperado.

## **10 ANÁLISIS**

Luego de haber expuesto el *benchmark* y sus logros, sin haber faltado antes una introducción clara de la teoría de Seis Sigma que complementa a lo que el *benchmark* respecta, ya que la teoría dice todo lo que Motorola aplicó. Luego de haber expuesto los dos casos, uno de los casos considerado el mayor logro de Seis Sigma luego de Motorola y el otro mencionado entre las diez empresas que mejor ha aplicado y más se ha favorecido del Seis Sigma en la historia. Y finalmente habiendo comentado casos, que no llegaron a ser fracasos del punto 'F', sino todo lo contrario: logros que al cabo de un tiempo se pueden leer como potenciales fracasos. Se puede hacer un análisis cualitativo de todo lo investigado.

La forma en que aplicó Motorola Seis Sigma fue claramente el tipo *tsunami*, ya que esta empresa estaba incurriendo en costos grandísimos, y debía revertir la situación de manera inmediata para no ser aplastado por las empresas japonesas que llevaban niveles de calidad y reducciones de costos difíciles de superar. Los empleados percibían esto, de hecho el mundo entero lo percibía, es como el caso General Motors hoy, todo Estados Unidos está concientizado con la crisis que está aquejando a la empresa, y hay mucha gente preocupada por el caso. Es por esto que los empleados de la Unión no están haciendo huelgas, por que entienden que son tiempos en que la organización se debe unir para afrontar los peligros externos. Paradójicamente, la analogía citada involucra a los mismos jugadores que de aquel entonces, por que hoy GM está siendo superada por Toyota debido a las políticas de retiro y planes sociales para los empleados. Entonces, los empleados están al tanto de la situación y creer que no lo están es subestimar la inteligencia de los mismos. Entonces, es importante tener en cuenta el contexto de la empresa a la hora de esperar cambios de parte de los empleados, por que cambiar la cultura es cambiar la manera en que estos piensan, y no se puede cambiar esto si no se comprende bien lo que ellos perciben y como.

Es por esto que el presente autor asegura que Motorola tuvo tanto éxito con su Seis Sigma, por que comprendía que la empresa cambiaría, por que la sociedad de la empresa lo estaba esperando, pedían un cambio. De esta manera el cambio fue mucho mejor bienvenido que lo que puede ser en una empresa que no tiene estas condiciones. Es por esto que se utilizó el caso de General Electric, por que esta empresa si bien es un gran logro de la disciplina, la organización estaba preparada para un cambio de

esta envergadura, no hay que olvidar el muy conocido programa *Work-Out* que llevó a la empresa a tener una flexibilidad cultural y social, una integración y sentido de pertenencia y equipo, que pocas empresas tienen, y es esta una de las razones por la que GE triunfó en la implementación. Por supuesto no hay que dejar de lado que la empresa hizo todo bien a la hora de implementarla, o casi todo a excepción de los puntos resaltados en el informe que son discutibles. Finalmente se mencionó el caso Caterpillar, otro éxito de la disciplina. Esta empresa es muchas veces titulada como la primera empresa que logró aplicar Seis Sigma en un año, con resultados asombrosos. Esto es cierto, la empresa al cabo de un año había reportado grandes beneficios, y reducción de costos.

A su vez, se mencionó que la empresa nunca antes había implementado un sistema estructurado que atacase a la mala calidad de frente. Esta empresa jamás había reestructurado sus procesos productivos con vocación de disminuir los costos por reprocesos y reingenierías. Entonces, los logros que se reportaron en el primer año son logros relativos a sistemas que realmente necesitaban ser revistos. Este punto sumado al hecho que el mismo CEO de la empresa recalca anualmente sus esfuerzos por imprimir la cultura Seis Sigma en el ADN de los empleados, es decir que aún la cultura no se ha inculcado del todo, conlleva a pensar que la empresa realmente no aplicó el “*Ultimate Six Sigma*” sino que obtuvo grandes resultados por un sistema que atacó un problema latente en la empresa.

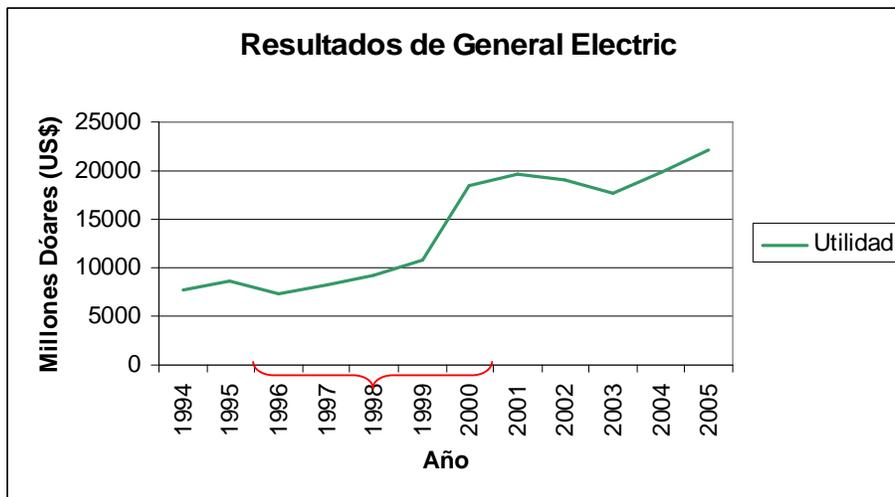
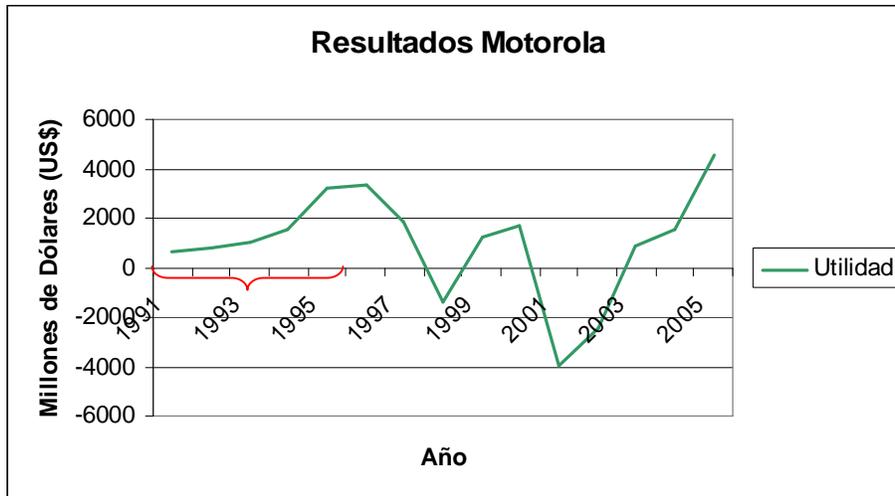
Una vez más, pocos puntos negativos se pudieron resaltar en sus intentos por implementar Seis Sigma, se concentraron mucho en el entrenamiento, y de hecho prácticamente todos los empleados de la empresa a nivel global se encuentran hoy participando de este movimiento Seis Sigma.

Finalmente se analizaron algunos puntos negativos de Seis Sigma, que en casos más severos llevan a un derrumbe de la disciplina, entre ellos el caso IBM y la falta de visibilidad que le brindó a la compañía. En un principio Seis Sigma reflejaba un orden y niveles de calidad que a la empresa la enorgullecían, pero el orgullo de poco sirve si el sistema conlleva a fracasos estratégicos. Las palabras citadas del mismo vicepresidente de la empresa son muy fuertes e indican que ellos mismos consideran a Seis Sigma como un sistema mucho más limitado de lo que se lo considera en el mundo de la calidad. Quizás esto no es un error de Seis Sigma, sino de las empresas que intentan implementarla. De hecho, se puede encontrar en repetidas ocasiones en

este informe el concepto de que uno de los errores más comunes de las organizaciones que aplican la disciplina es creer que arregla todo, y la realidad es que muchas organizaciones creen esto, equivocadamente, y no son sólo aquellas que fallan deliberadamente, el ejemplo de IBM lo muestra con claridad; IBM era un gran logro de la disciplina, galardonada con premios y admirada, pero fallaba en este concepto importantísimo. Si una empresa como IBM comete un error de esta índole, la pregunta que inmediatamente surge es: ¿Qué se puede pretender de una PYME? Por que una empresa sin la envergadura de IBM al encontrar un obstáculo tal como aquel que encontró IBM, en que perdió gran parte del Market Share siendo arrasada por la competencia, no sobrevive de la manera en que IBM lo hizo. IBM hoy mira hacia atrás y aprende de los errores, pero muchas otras empresas hoy no tienen la posibilidad de mirar hacia atrás.

El otro caso que se mencionó de manera casi superficial es el de la empresa Bombardier. Una empresa que luego de un tiempo de aplicar Seis Sigma comprendió que Seis Sigma no mejora rentabilidades como lo hizo con los casos citados (Motorola, GE, Caterpillar), sino que su rendimiento sólo se puede medir con los tiempos acortados y los errores disminuidos, pero en términos de utilidad, los beneficios no siempre superan a los costos. El mismo vicepresidente de Seis Sigma de la empresa dijo que hay sistema mucho más económicos de reducción de costos que la disciplina estudiada. Este es un tema que se trato al principio del informe, por que medir los beneficios de Seis Sigma es una práctica difícil y casi imposible, y compararlos es aún más difícil.

Ya se mencionó que esto es tarea imposible, a continuación se presentará la información pertinente de manera de mostrar los cambios en rentabilidad e ingresos/ganancias de cada empresa. A su vez se muestra en manera porcentual el incremento en la rentabilidad concluido el quinto año de la implementación de la disciplina:

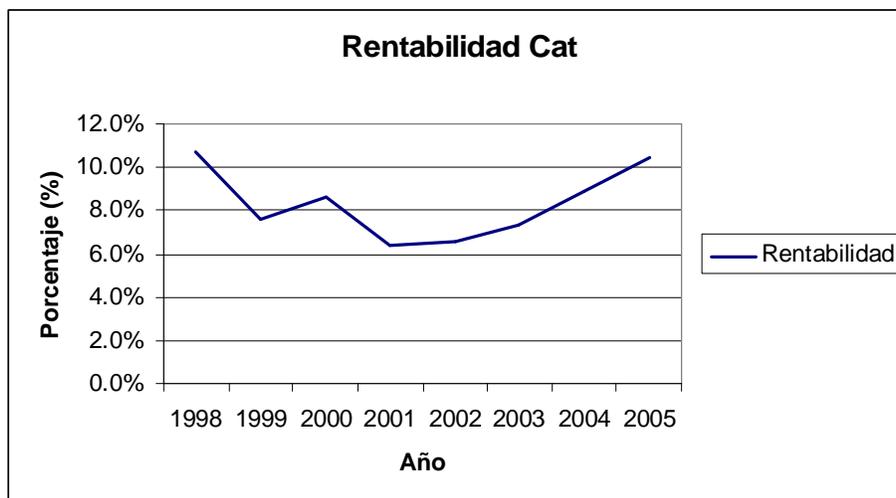
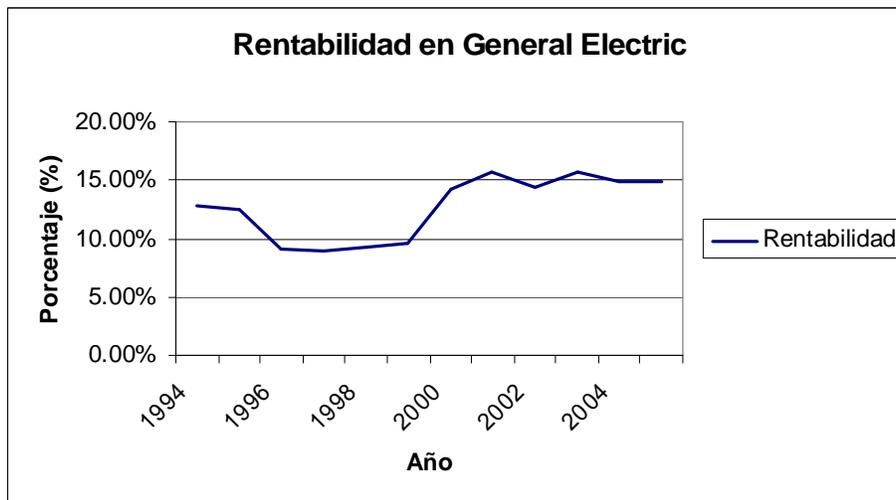


Las flechas en rojo muestran los primeros cinco años de Seis Sigma en cada empresa.

Los ingresos brutos son demostrados en las siguientes tablas:

Motorola			General Electric			Caterpillar	
Año	Ingreso		Año	Ingreso		Año	Ingreso
1991	11341		1993	55701		1998	20977
1992	13303		1994	60109		1999	19702
1993	16963		1995	70028		2000	20175
1994	22245		1996	79179		2001	20450
1995	27937		1997	90841		2002	20152
1996	27973		1998	100469		2003	22807
1997	29794		1999	111630		2004	30306
1998	29398		2000	129417		2005	36339
1999	32107		2001	126182			
2000	35107		2002	131213			
2001	26468		2003	112284			
2002	23422		2004	133417			
2003	23155		2005	148019			
2004	31323						
2005	36843						

Entonces, es el siguiente la prueba de la verdad, y recordando una vez más que los cambios en la rentabilidad no es evidencia concluyente, se muestran a continuación las rentabilidades de las empresas estudiadas:



Si se analizan los cambios en las rentabilidades concluidos los primeros cinco años de Seis Sigma en cada empresa, la siguiente información es relativamente elocuente:

<b>Empresa</b>	<b>Δ Rentabilidad Porcentual</b>
Motorola	120.17%
General Electric	69.81%
Caterpillar	20.95%

Donde la fórmula que se utilizó para alcanzar al mencionado valor es la siguiente (R: Rentabilidad):

$$\Delta R.P. = \frac{(R_{Año5} - R_{Año0})}{R_{Año0}}$$

Si el estudio se basase meramente en el aumento porcentual de la rentabilidad, se podría concluir de manera absoluta que nadie ha podido alcanzar los logros que alcanzó Motorola. De hecho General Electric, empresa que sin duda fue quien mejor implementó Seis Sigma luego de Motorola, alcanzó sólo la mitad del incremento en rentabilidad. Queda claro que el informe no se limita a esto ya que poco indica el incremento de rentabilidad de la empresa, y mucho depende de las condiciones iniciales de la empresa, la forma en que afecta la Seis Sigma.

La siguiente tabla es una tabla extraída de un estudio de un profesor de la UCLA, Oscar D. Lungo, en el que hace una comparación entre varias empresas que aplicaron la disciplina, varias empresas fueron tapadas ya que no abarcaban el presente estudio:

<u>Six Sigma</u> <u>Characteristic</u>	<u>Motorola</u>	<u>GE</u>	<u>Caterpillar</u>
Improved Production	X+	X+	X+
Significant Cost Savings	X+	X+	X+
Significant Profit Increases	X+	X+	X
Managerial Commitment	X+	X+	X+
Black/Green Belt Training	X+	X+	X
Quality Defect Decreases	X+	X	X
Black Belt Projects	X+	X+	X
Increased Use Of Statistical Tools	X+	X+	X
Six Sigma Org. Culture	X+	X+	X
DMAIC Use	X+	X	--

Donde una X+ indica que la empresa ha logrado avances importantísimos en la materia y aplicado con éxito, y una X simplemente indica que lo ha aplicado de manera satisfactoria. En el caso de Caterpillar, Lungo asegura que la empresa no ha aplicado DMAIC, por lo que no se puede juzgar su performance.

Se puede ver que Motorola es la empresa que ha tenido mayores éxitos en los distintos factores analizados, y GE ha sido un muy digno competidor en alcanzar este podio, fallando únicamente en dos puntos: GE no logró disminuir los defectos tan exitosamente como lo ha hecho Motorola, ni ha implementado los ciclos DMAIC con tantos logros. Lungo en esta tabla expone como Motorola sigue siendo el benchmark de la disciplina, y disiente así con los muchos que aseguran que GE es el nuevo benchmark en la industria.

Esta tabla, de alguna manera, sintetiza lo que se expuso en cada caso estudiado, o mejor dicho, sintetiza sólo los casos de Motorola, GE y Caterpillar. Ya que en cada sección desarrollada se elaboraron estos puntos y se mencionó aquellas falencias en cada una de las organizaciones. Habiendo desarrollado tantas fallas, puntos potenciales de tal, problemas, casos en donde no funcionó y habiendo dejado de lado el 50% de las organizaciones que encaran la implementación sin éxito; se puede saltar a la conclusión obvia de que la disciplina no es nada sencilla y su aplicación requiere de mucho cuidado. Si una empresa como IBM reconoce fallas y errores, queda claro que no es tarea sencilla no caer en problemas cuando se aplica, ya que IBM no es una empresa que aplicaría Seis Sigma sin conocimiento y estudio de la materia.

Ahora bien, el presente informe se anima a saltar a una conclusión un poco más cruda y dura con la disciplina: Seis Sigma no existe. Es la generalización de un caso en particular llevado a una utopía imposible de alcanzar, la teorización de un conjunto de factores y contextos que terminaron con un final feliz. No cabe duda que si se aplica la disciplina con cuidado, y teniendo las precauciones pertinentes se van a lograr grandes resultados, por que los pilares de la disciplina son absolutamente benignos y beneficiosos para cualquier organización, pero querer lograr lo que Motorola logró, eso ya es tarea imposible. Los estudiados de la materia aseveran que nadie se le acercó tanto a Motorola como GE, pero el caso de GE que se estudió en detalle aquí, claramente muestra como la empresa ya había comenzado este proceso diez años antes. Entonces, a la hora de evaluar Seis Sigma en la empresa se debería contar todos los esfuerzos y costos invertidos desde su comienzo paulatino con el programa *Work-Out*, que comenzó mucho antes de la existencia de Seis Sigma, pero que sin saberlo estaba ayudando a que la organización en un futuro tenga la respuesta necesaria ante la implementación de Seis Sigma.

Los beneficios logrados por General Electric son indiscutibles, más aun los beneficios logrados por Caterpillar son indiscutibles, pero no lograron lo mismo que Motorola. Eso quedó muy claro con los análisis de las hojas financieras, de los resultados cuantitativos expuestos en las secciones correspondientes y los anexos. En un comienzo claramente se sentó que Seis Sigma es una disciplina desarrollada por Motorola, que requiere de muchos proyectos, y es inevitable medirse con el creador a la hora de aplicarla, pero nadie nunca alcanzó a su modelo. Creer que Motorola fue quien mejor la aplicó y es por eso que nadie la ha alcanzado es un error garrafal, se

comprendía este argumento al principio cuando menos de quince empresas aplicaban la disciplina sin tanto éxito, pero hoy en día que las empresas se han multiplicado de manera exponencial y nadie nunca se le ha acercado, es pecar de ingenuidad.

En el caso en que la sociedad se ponga de acuerdo, y afirme que Seis Sigma sólo sirvió de la manera que sirvió en Motorola, en Motorola. Las empresas no deberían dejar de aplicar la disciplina, el informe a lo largo de todas las etapas siempre sostuvo lo importante y beneficioso que es la disciplina para aquellas que la aplican bien. Quizás yéndose un poco de tema, pero con afán de crear una analogía ejemplificativa, se puede citar a los grandes filósofos y sociólogos contemporáneos que aseguran que el mismísimo comunismo es una utopía, y que si todos en la sociedad se ponen de acuerdo para practicarlo de manera correcta, entonces es sin duda el sistema más evolucionado y beneficioso para el mismo. Pero el comunismo falla justamente en la imposibilidad de aplicarlo de manera completa en una sociedad, y por eso sucumbe. A diferencia de este sistema sociológico, Seis Sigma se puede aplicar de manera pseudo parcial, si se encara de manera absolutamente correcta, y así conseguir grandes logros, como GE, Caterpillar, Texas Instruments, etc. Pero ninguna de estas pudo aplicar Seis Sigma de manera absoluta, por que Seis Sigma sólo se pudo aplicar de manera absoluta en Motorola, por que Seis Sigma no es otra cosa que copiar los lineamientos que una empresa siguió para salir de una crisis.

A lo largo del informe se repitió un mensaje, sin nunca dejar de admirar y avalar lo beneficioso que es Seis Sigma para una empresa cuando es aplicada en la forma correcta, por las razones correctas y en el momento correcto, también se trató de imponer el mensaje que Seis Sigma tiene muchos más fracasos que los que la industria conoce. Que la implementación es mucho más difícil de lo que parece, y que no es un juego, ni una moda dentro de una organización, ya que si se encara de este modo difícilmente triunfe. El mayor marketing que la disciplina tiene son los números alcanzados, la reducción de costos, incremento de ventas y de satisfacción al cliente y demás, pero hay que tener cuidado por que no se debe aplicar como aquellos que implementan un nuevo sistema de costos en las finanzas. Con Seis Sigma no se juega, Seis Sigma es como concebir un hijo, o se hace y se espera el tiempo necesario hasta su nacimiento, o no se hace, pero no se puede estar medio embarazado. Y cuando se hace, se debe estar muy informado y se debe cambiar de manera total la organización en donde se este queriendo aplicar la disciplina. Los ejemplos y casos estudiados

sirvieron de gran manera para entregar este mensaje, y comprender que Seis Sigma no es la solución de todos los problemas y mucho menos una solución fácil.

Durante el informe se le dio mucha importancia a las palabras de los entendidos en el tema. Por un lado se citó mucho al admirador y defensor máximo de la disciplina, Jack Welch, se citó a Galvin de Motorola y a los pioneros de la disciplina que hoy en día viven de ella como consultores e implementadores externos y también se citaron a empleados y entendidos de diversas industrias y compañías que en algunos casos fracasaron en la implementación. Las citas expresan con elocuencia lo que se desarrollaba en el punto anterior, todos estos personajes, con un grado de conocimiento y experiencia en la materia convergen en la idea de que Seis Sigma no es nada sencillo, y muchos otros hasta avanzan un poco más en la osadía e indican lo que también se expresó aquí, que Seis Sigma está muy sobrevaluado. Hammer & Co., una empresa dedicada al diseño de procesos, argumenta lo siguiente:

*...stretching the definition of Six Sigma to include process redesign and process management is like stretching the definition of basketball to include baseball.*

Algo muy interesante para finalizar el análisis, ya que en el comienzo del informe se mencionaron las mejores definiciones de la disciplina, y estas incluían el concepto de rediseño de procesos, y algunas hasta desafiaron con el concepto de reinventar procesos, definición elegida por el autor como la más completa. Entonces, si una empresa como esta cree que Seis Sigma no abarca los diseños de procesos ni el gerenciamiento de los mismos, y justamente se dedica a esto con conocimiento completo de lo que Seis Sigma cubre, deja a la disciplina en una tela de juicio difícil de quitar. De esto, por supuesto, no se puede concluir que la disciplina no sirve para los rediseños de procesos, pero una opinión tal se debe respetar.

Finalmente y para cerrar este capítulo, en el mismo artículo mencionado, se alistan lo que una compañía no debe hacer con Seis Sigma al aplicarlo, de alguna manera sintetiza lo que se viene desarrollando:

- *Don't oversell what Six Sigma can accomplish.*
- *Don't position it as the only tool for improving performance.*
- *Don't apply it to all business problems.*

- *Don't unleash a flood of uncoordinated projects.*
- *Don't let Six Sigma be the province of an autonomous group.*

## **11 CONCLUSIONES**

Dada la naturaleza de la hipótesis planteada, que Seis Sigma es una disciplina altamente beneficiosa y exitosa para las compañías que la aplican, pero que es a su vez una teorización de un conjunto de factores y acciones de una determinada empresa, y que nadie jamás podrá lograr lo que Motorola logró justamente por este último punto; es difícil poder llegar con total determinismo a una conclusión seria. Si bien la evidencia expuesta en el presente informe claramente inclina la balanza a pensar que la hipótesis puede ser correcta, no se puede aseverar con tanto determinismo. Queda abierta la hipótesis como algo que claramente puede ser cierto, pero que hará falta mucho tiempo para que la sociedad lo comprenda y asimile.

De todas maneras es importante resaltar dos puntos sobre la hipótesis anterior: Primero, la disciplina sin duda a madurado desde sus comienzos con Motorola, y hay empresas que la cambian un tanto de acuerdo a su contexto cultural y técnico; pero es esto lo que aqueja al presente autor, ¿No será mejor diseñar un sistema que sea personalizado desde sus pilares fundamentales a la empresa en la cual se aplica? ¿Por qué tratar a todas las empresas de la misma manera, o casi, si no son todas iguales? La prueba está en que Seis Sigma se aplica a nivel global, y no todos los países tienen las mismas culturas, sin contar las empresas y organizaciones. Entonces, quien si implementó un sistema personalizado, acorde a la situación y requerimientos del momento, fue Motorola, no GE o Caterpillar. El segundo punto que es importante recalcar en el presente informe es que puede ser que muchos estén al tanto de que esto puede ser un error, pero los beneficios de Seis Sigma son indiscutibles para cualquier empresa, entonces quizás es más económico y rentable adaptar sutilmente un plan implementado por otro con probada eficacia y beneficios, que diseñar uno nuevo de cero.

Lo que sin duda se puede rescatar del presente informe es que Seis Sigma no es tarea sencilla, y no es todo positivo y con viento a favor cuando se aplica. Que no es la solución de todos los problemas de una empresa, y que no necesariamente va a salvar a la empresa o aumentará la rentabilidad. Es una disciplina que se debe tratar con mucha cautela y se le debe prestar atención en todo momento, siempre pensando fuera de la estructura mental que esta muchas veces genera.

El informe discute y analiza a la disciplina de distintas perspectivas sin ahondar mucho en los tecnicismos estadísticos y de implementación. Con estas discusiones y análisis se intentó desglosar y conocer a fondo una disciplina con altísima reputación y sinónimo de éxito que sin duda es injusta. Los fracasos de Seis Sigma, las fallas de la misma, y las precauciones minuciosas que hay que tener a la hora de aplicarla, no son popularmente conocidas, y el presente informe de alguna manera atinó a revelar estos puntos. A su vez, el informe también mostró la cara positiva de la disciplina y los grandes logros que esta a tenido a lo largo de s corta historia. Y este último punto es indiscutible, Seis Sigma es una gran disciplina que si se aplica en el lugar adecuado, en la forma correcta y en los tiempos justos, traerá grandes resultados tanto económicos como de prestigio para la organización que la aplica.

12 ANEXOS

12.1 Anexo A

**Six Sigma Introduction**

**Supply Chain Leadership Committee**

**Nashville, TN**

**November 4, 2005**

Steve Frontenthal  
KBR/KBR & Company

**Six Sigma Introduction**

1. Six Sigma Definition
2. Evolution of Six Sigma
3. The Six Sigma Process Today
4. The DMAIC Process
5. Consultant Selection

*Key Principles of Six Sigma at Xerox*

Everything starts with the customer.

1. The most effective form of change is the most powerful contribution of Six Sigma.

2. Six Sigma should work in any area that is measurable, repeatable and has a potential impact on the present or future.

3. Sustained improvement requires the collaboration, management, engagement, CEO goal, and financial support for the project and coordinated through the organization of people and technical resources.

4. A standard is a measure of doing a work and a qualitative measure provides the means by which the standard is met.

**Quality Initiatives**

The staircase diagram shows the following steps from bottom to top:

1. Statistical Quality Control
2. Quality Circles
3. ISO 9000 Standards
4. Continuous Improvement/Kaizen
5. Reengineering
6. Theory of Constraints
7. Malcolm Baldrige National Quality Award
8. Total Productive Maintenance
9. Supply Chain Management
10. ISO 9000:2000
11. Lean Manufacturing
12. Six Sigma Quality
13. ?

**What does "Six Sigma" mean?**

Phase I

1. Early 1980's
2. Pioneered at Motorola
3. Statistical approach
4. Measured DPMO
5. Variation is the enemy
6. Eliminated one:
  - Elimination of defects
  - Improving product and service quality
  - Reducing cost
  - Continuous process improvement

**What does "Six Sigma" mean?**

Phase II

1. Mid 1980's
2. Reused by Jack Welch at General Electric
3. Linked Six Sigma to business strategy and customer needs
4. Strong measurement in bringing dollars to the bottom line
5. Strong financial community involvement
6. Project driven
7. High profile role assigned to the Black Belt
8. Black Belts expected to deliver \$250,000/year to bottom line (hard dollars)
9. Black Belts promoted up after two years
10. All senior leaders trained (Green Belt)
11. Projects are sponsored by business leadership (Top Down)
12. 7% of management committed full-time

**What does "Six Sigma" mean?**

Phase III

1. 2000's
2. Lean Six Sigma
3. Caterpillar, Xerox, DuPont
4. Combined lean manufacturing techniques and Six Sigma
5. Benefit: High speed, low cost



### Roles and Responsibility

<b>Deployment Manager</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certification and F to list on of Projects by Levels</li> <li>• Assign and Review Activities of Black Belts</li> </ul>
<b>Champions/ Sponsors</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilitate Project Implementation</li> <li>• Key Role in Green Project Success</li> </ul>
<b>Black Belts</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lead Full Time Improvement projects each year</li> <li>• Facilitate Six Sigma Initiatives</li> <li>• Help place organization in Six Sigma disciplines</li> <li>• Full Time Position</li> </ul>
<b>Master Black Belts</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mentorship of Black Belts</li> <li>• Teach Six Sigma techniques</li> <li>• Full Time Corporate Position</li> </ul>
<b>Green Belts</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultants Experts</li> <li>• 20-30% of Total Project</li> </ul>

### Johnson Controls Inc.

#### Six Sigma Project Prioritization Select Scoring Rules

Score	1-2000	2000-4000	4000-6000	6000-8000	8000-10000
1	1000-2000	2000-4000	4000-6000	6000-8000	8000-10000
2	1000-2000	2000-4000	4000-6000	6000-8000	8000-10000
3	1000-2000	2000-4000	4000-6000	6000-8000	8000-10000
4	1000-2000	2000-4000	4000-6000	6000-8000	8000-10000
5	1000-2000	2000-4000	4000-6000	6000-8000	8000-10000
6	1000-2000	2000-4000	4000-6000	6000-8000	8000-10000
7	1000-2000	2000-4000	4000-6000	6000-8000	8000-10000
8	1000-2000	2000-4000	4000-6000	6000-8000	8000-10000
9	1000-2000	2000-4000	4000-6000	6000-8000	8000-10000
10	1000-2000	2000-4000	4000-6000	6000-8000	8000-10000

### Improvements Start with High Value Projects

• Customer focused opportunity  
 • Business Impact  
 • Risk - High/Low  
 • Feasible

Structured approach to project selection

Effort

Value

### Project Selection

- Structured Process
- Links Business Strategy & Priorities
- Led by Deployment Managers
- Based on Benefit / Effort Analysis
- Leadership Accountable for Prioritization

### Six Sigma Improvement Model

#### "DMAIC" Process

- **Define** – describe the process, problem, opportunity
- **Measure** – gather data
- **Analyze** – listen to the data
- **Improve** – develop solutions, design processes
- **Control** – plan for stability

### Six Sigma Design Model

#### "DMADV" Process

- **Define** – describe the process, problem, opportunity
- **Measure** – gather data
- **Analyze** – listen to the data
- **Develop** – create the solution
- **Verify** – does the solution work?

### Define

Objective	Main Activities	Potential Tools and Techniques
<ul style="list-style-type: none"> <li>• To identify and/or validate the improvement opportunity, develop the business processes, define critical customer requirements, and prepare team charters to be an effective project team.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Validate / Identify Business Opportunity</li> <li>• Validate / Develop Team Charter</li> <li>• Identify and Map Processes</li> <li>• Identify Critical Requirements and Refine Process</li> <li>• Translate VOC</li> <li>• Develop Team Guidelines &amp; Ground Rules</li> </ul>	

### Tools\* are Essential but Not Sufficient

Define	Measure	Analyze	Improve	Control
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Value Stream Map</li> <li>• Process Financial Analysis</li> <li>• Charter Form</li> <li>• Multi-Generational Plan</li> <li>• Stakeholder Analysis</li> <li>• Communication Plan</li> <li>• SIPOC Map</li> <li>• High Level Process Map</li> <li>• New Value Added Analysis</li> <li>• VOC and Kano Analysis</li> <li>• Lean Quality Function Deployment (LQFD)</li> <li>• RACI Grid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operational Definition</li> <li>• Data Collection Plan</li> <li>• Pareto Chart</li> <li>• Histogram</li> <li>• Statistical Sampling</li> <li>• Measurement System Analysis</li> <li>• Setup Reduction</li> <li>• Genetic PDI</li> <li>• Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</li> <li>• Control Charts</li> <li>• Process Capability, C, C<sub>p</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pareto Charts</li> <li>• 5-Why Matrix</li> <li>• Fishbone Diagrams</li> <li>• Brainstorming</li> <li>• 40/60 Rule</li> <li>• Process Maps</li> <li>• Basic Statistical Tools</li> <li>• Supply Chain Models for Analysis</li> <li>• New Value-Added Analysis</li> <li>• Hypothesis Testing</li> <li>• Confidence Intervals</li> <li>• FMEA</li> <li>• Simple to Multiple Regression</li> <li>• SIPOC</li> <li>• Queue Theory</li> <li>• Analytical Batch Size</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brainstorming</li> <li>• Benchmarking</li> <li>• Process Improvement Techniques</li> <li>• Line Balancing</li> <li>• Process Flow Improvement</li> <li>• Constraints Identification</li> <li>• Replacement Pull</li> <li>• Sales &amp; Operations Planning</li> <li>• Six-Sigma</li> <li>• DMAIC</li> <li>• Solution Selection Matrix</li> <li>• To-Be Process Map</li> <li>• Design and Simulation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control Charts</li> <li>• Standard Operating Procedures (SOPs)</li> <li>• Training Plan</li> <li>• Communication Plan</li> <li>• In-Process Control</li> <li>• Visual Process Control</li> <li>• Mistake Proofing</li> <li>• Process Control Plans</li> <li>• Project Commissioning</li> <li>• Project Implementation</li> <li>• Plan Do Check Act Cycle</li> </ul>

\* Tool items indicated with a star for Six Sigma for Review/Validation Purposes

### Measure

Objective	Main Activities	Potential Tools and Techniques
<ul style="list-style-type: none"> <li>• To identify critical measures that are necessary to evaluate the success of the critical customer requirements and design a sampling methodology to effectively collect data to measure process performance.</li> <li>• To understand the elements of the six sigma operational plan and establish baseline, targets for the processes for team to</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identify Input, Process, and Output (IPO) Data</li> <li>• Develop Operational Definition &amp; Measurement Plan</li> <li>• Collect and Analyze Data</li> <li>• Determine If Process Cause Exists</li> <li>• Determine Six Sigma Performance</li> <li>• Collect Operational Performance Data</li> </ul>	



**A Six Sigma Deployment Cannot Be Done  
Without Consultants**

- Training Materials
- Testing Materials
- Professional Educators
- Six Sigma Project Management Expertise  
(Master Black Belts)
- Credibility With Top Management
- Can "Jump Start" The Deployment

**If properly driven by Top Management,  
Six Sigma can have a dramatic impact  
on a company's culture and how it aligns  
itself with its customers**

***Thank  
You!!***

12.2 Anexo B

EX-12-4-00238.txt: Motor STAFF REPORT REGARDING COMPUTATION OF RATIO OF EARNINGS TO FIXED CHARGES

EXHIBIT 12

Motor, Inc. and Subsidiaries  
Computation of Fixed Charges Ratio

(In Millions)	Years Ended December 31,				
	2005	2004	2003	2002	2001
Pretax income (loss) (1)	\$ 3,500	\$ 3,223	\$ 1,346	(\$ 2,080)	(\$ 3,855)
Capitalized interest	—	—	(0)	(13)	(18)
Pretax income (loss) (as calculated below)	350	453	682	896	765
Earnings (2)	\$ 498	\$ 367	\$ 682	(\$ 790)	(\$ 272)
<b>Fixed charges:</b>					
Interest expense	\$ 381	\$ 504	\$ 609	\$ 783	\$ 673
Rent expense interest factor	72	74	73	113	94
Total fixed charges (2)	\$ 453	\$ 578	\$ 682	\$ 896	\$ 767

(1) After adjustments required by Article 6 of SEC Regulation S-X.  
 (2) As defined in Article 6 of SEC Regulation S-X.  
 (3) To improve comparability to other fixed charges for the year ended December 31, 2001 and 2002, we have included \$2 billion and \$18 billion, respectively.

Address: <http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/688505/000095013705002687/c91705exv12.txt>

EXHIBIT 12

MOTOROLA, INC. AND SUBSIDIARIES  
COMPUTATION OF FIXED CHARGES RATIO

<TABLE>  
<CAPTION>

(In Millions)	YEARS ENDED DECEMBER 31,				
	2004	2003	2002	2001	2000
<S>	<C>	<C>	<C>	<C>	<C>
Pretax income (loss) (1)	\$ 3,223	\$ 1,346	(\$ 2,080)	(\$ 3,855)	\$ 2,016
Capitalized interest	—	—	(0)	(13)	(18)
Fixed charges (as calculated below)	453	578	682	896	767
Earnings (2)	\$ 3,676	\$ 1,924	(\$ 1,398)	(\$ 2,972)	\$ 2,765
<b>FIXED CHARGES:</b>					
Interest expense	\$ 381	\$ 504	\$ 609	\$ 783	\$ 673
Rent expense interest factor	72	74	73	113	94
Total fixed charges (2)	\$ 453	\$ 578	\$ 682	\$ 896	\$ 767

### 12.3 Anexo C

#### **Overview**

General Electric Company's consolidated financial statements represent the combination of the Company's manufacturing and nonfinancial services businesses ("GE") and the accounts of General Electric Capital Services, Inc. ("GECS"). See [note 1](#) to the consolidated financial statements, which explains how the various financial data are presented.

Management's Discussion of Operations is presented in three parts: Consolidated Operations, Segment Operations and International Operations.

#### **Consolidated Operations**

GE achieved record revenues, earnings and cash generation in 1998. This year's performance again demonstrated the benefits of GE's continuing emphasis on growth in services, Six Sigma quality and globalization.

Revenues, including acquisitions, rose to a record \$100.5 billion in 1998, up 11% from 1997. This increase was primarily attributable to continued growth from global activities and product services. Revenues were \$90.8 billion in 1997, a 15% increase from 1996 attributable primarily to increased global activities and higher sales of product services.

Earnings increased to a record \$9.296 billion, a 13% increase from \$8.203 billion reported in 1997. Earnings per share increased to \$2.80 during 1998, up 14% from the prior year's \$2.46. Except as otherwise noted, earnings per share are presented on a diluted basis. Earnings in 1997 rose 13% from \$7.280 billion reported in 1996. In 1997, earnings per share increased 14% from \$2.16 per share in 1996. Growth rates in earnings per share exceeded growth rates in earnings as a result of the ongoing repurchase of shares under the six-year, \$17 billion share repurchase plan initiated in December 1994.

A consolidated statement of changes in share owners' equity is provided on [page 26](#), summarizing information about movements in equity from transactions with share owners and other sources. Additional information about such changes is provided in [note 25](#).

**New accounting standards** issued in 1998 are described below.

Statement of Financial Accounting Standards (SFAS) No. 133, *Accounting for Derivative Instruments and Hedging Activities*, requires that, upon adoption, all derivative instruments (including certain derivative instruments embedded in other contracts) be recognized in the balance sheet at fair value, and that changes in such fair values be recognized in earnings unless specific hedging criteria are met. Changes in the values of derivatives that meet these hedging criteria will ultimately offset related earnings effects of the hedged items; effects of certain changes in fair value are recorded in equity pending recognition in earnings. GE will adopt the Statement on January 1, 2000. The impact of adoption will be determined by several factors, including the specific hedging instruments in place and their relationships to hedged items, as well as market conditions. Management has not estimated the effects of adoption as it believes that such determination will not be meaningful until closer to the

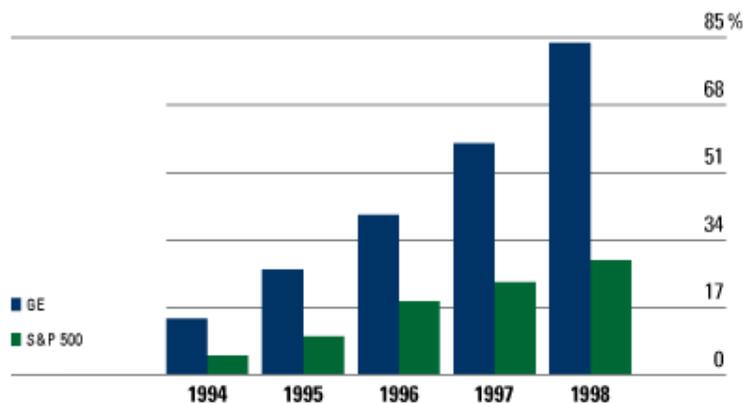
adoption date.

Statement of Position (SOP) 98-5, *Reporting on the Costs of Start-up Activities*, provides guidance on accounting for start-up costs and organization costs, which must be expensed as incurred. The SOP, which is consistent with GE's previous accounting policy, is effective for financial statements beginning January 1, 1999.

**Dividends declared in 1998 amounted to \$4.081 billion.** Per-share dividends of \$1.25 were up 16% from 1997, following a 14% increase from the preceding year. GE has rewarded its share owners with 23 consecutive years of dividend growth. The chart below illustrates that GE's dividend growth for the past five years has significantly outpaced dividend growth of companies in the Standard & Poor's 500 stock index.

**Return on average share owners' equity** reached 25.7% in 1998, up from 25.0% and 24.0% in 1997 and 1996, respectively.

**GE/S&P cumulative dividend growth since 1993**



Except as otherwise noted, the analysis in the remainder of this section presents GE results with GECS on an equity basis.

**GE total revenues** were \$56.0 billion in 1998, compared with \$54.5 billion in 1997 and \$49.6 billion in 1996.

- GE sales of goods and services were \$51.5 billion in 1998, an increase of 5% from 1997, which in turn was 6% higher than in 1996. Volume was about 8% higher in 1998, including acquisitions, reflecting growth in most businesses during the year. While overall selling prices were down slightly in 1998, the effects of selling prices on sales in various businesses differed markedly. Revenues were also negatively affected by exchange rates for sales denominated in other than U.S. dollars. Volume in 1997 was about 9% higher than in 1996, with selling price and currency effects both slightly negative.

For purposes of the required financial statement display of GE sales and costs of sales on pages [26 and 27](#), "goods" refers to tangible

products, and "services" refers to all other sales, including broadcasting and information services activities. An increasingly important element of GE sales relates to product services, including both spare parts (goods) as well as repair services. Sales of product services were \$12.6 billion in 1998, including acquisitions, a strong double-digit increase over 1997. Nearly all businesses reported increases in product services revenues, led by double-digit increases at Aircraft Engines, Transportation Systems and Power Systems. Operating margin from product services was approximately \$2.8 billion, up from \$2.5 billion in 1997. This improvement was primarily attributable to strong growth at Aircraft Engines and Power Systems.

- GE other income, earned from a wide variety of sources, was \$0.7 billion in 1998, \$2.3 billion in 1997 and \$0.6 billion in 1996. The decrease in other income in 1998 was primarily attributable to the lack of a current-year counterpart to the \$1,538 million after-tax gain realized in 1997 from exchanging preferred stock in Lockheed Martin Corporation (Lockheed Martin) for the stock of a newly formed subsidiary as described in [note 2](#).
- Earnings of GECS were up 17% in 1998, following a 16% increase the year before. See [page 37](#) for an analysis of these earnings.

**Principal costs and expenses for GE** are those classified as costs of goods and services sold, and selling, general and administrative expenses.

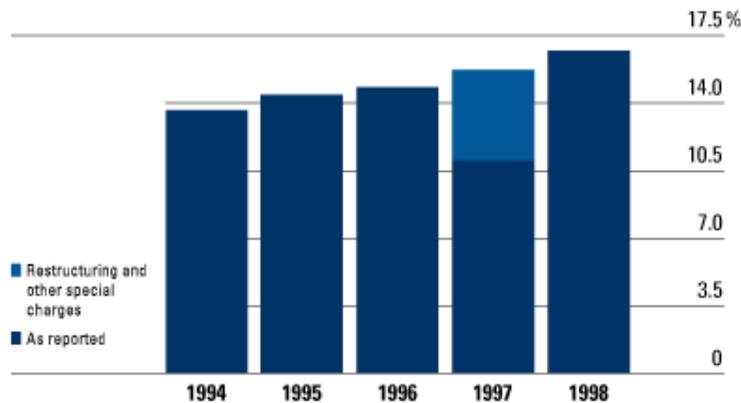
The Six Sigma quality initiative is an important factor affecting GE's cost structure. The benefits of Six Sigma quality are reflected in both variable and base cost productivity (discussed below) as well as in lower direct material costs.

Comparisons between 1998 and 1997 costs and expenses are affected by restructuring and other special charges amounting to \$2,322 million recorded in the fourth quarter of 1997. Aggregate restructuring charges of \$1,243 million covered certain costs of plans that will enhance GE's global competitiveness through rationalization of certain production, service and administration activities of its worldwide industrial businesses; among these charges were \$577 million of special early retirement pension, health and life benefit costs, including a one-time voluntary early retirement program that was provided to the U.S. work force in the 1997 labor contracts. Also included in restructuring charges were other severance costs as well as certain costs of exiting affected properties, including site demolitions, asset write-offs and expected losses on subleases.

Other special charges amounting to \$1,079 million were also recorded in 1997, principally associated with strategic decisions to enhance the long-term competitiveness of certain industrial businesses and fourth-quarter developments arising from past activities at several current and former manufacturing sites not associated with any current business segments. Such special charges included \$275 million to reflect higher estimated manufacturing costs to fill firm customer orders for an aircraft engine program and \$261 million that related principally to gas turbine warranty costs and costs arising from renegotiation and resolution of certain disputes in the Power Systems business.

As discussed below, restructuring and other special charges are not allocated to segments for purposes of measuring segment profit.

**GE operating margin as a percentage of sales**



**Operating margin** is sales of goods and services less the costs of goods and services sold, and selling, general and administrative expenses. GE operating margin reached a record 16.7% of sales in 1998, compared with 15.7% achieved in 1997 before the effects of restructuring and other special charges, and 14.8% in 1996. Including restructuring and other special charges, GE reported operating margin of 11.0% of sales in 1997. The improvement in ongoing operating margin in 1998 was broad-based, with improvements in a majority of GE's businesses reflecting the increasing benefits from GE's product services and Six Sigma quality initiatives.

**Total cost productivity** (sales in relation to costs, both on a constant dollar basis) has paralleled the significant improvement in GE's ongoing operating margin. Total cost productivity in 1998 was 4.4%, reflecting benefits from the Six Sigma quality initiative as well as higher volume. Three businesses - Medical Systems, Power Systems and NBC - achieved productivity in excess of 5%. Total cost productivity was 4.2% in 1997, reflecting Six Sigma benefits and the positive effects of higher volume. In 1997, three businesses - Power Systems, NBC and Plastics - reported productivity in excess of 5%. The total contribution of productivity in the last two years offset not only the negative effects of total cost inflation, but also the effects of selling price decreases.

**GE interest and other financial charges** in 1998 amounted to \$883 million, compared with \$797 million in 1997 and \$595 million in 1996. Lower interest rates in 1998 and 1997 were more than offset by higher average levels of borrowings and other financing activities.

**Income taxes** on a consolidated basis were 31.0% of pretax earnings in 1998, compared with 26.6% in 1997 and 32.6% in 1996. The most significant factor explaining 1997's lower effective tax rate was the 4.8% decrease attributable to the realized gain on the tax-free exchange of Lockheed Martin Corporation preferred stock. A more detailed analysis of the differences between the U.S.

federal statutory rate and the consolidated rate, as well as other information about income tax provisions, is provided in [note 8](#).

**Return on average total capital invested** was 23.9% at year-end 1998, compared with 23.6% in 1997 and 22.2% in 1996.

**Revenues and segment profit for operating segments** are shown on [page 36](#). At year-end 1998, GE adopted SFAS No. 131, *Disclosures About Segments of an Enterprise and Related Information*, which requires segment data to be measured and analyzed on a basis that is consistent with how business activities are reported internally to management. The most significant change from previous Annual Reports is that restructuring and other special charges are not included in the measure of segment profit. Previously reported data have been restated as required by SFAS No. 131. For additional information, including a description of the products and services included in each segment, see [note 28](#).

**Aircraft Engines** achieved a 32% increase in revenues in 1998, following a 24% increase in 1997, on higher volume in commercial engines and product services, including acquisitions, in both years. Operating profit increased 30% in 1998, and 13% in 1997, largely as a result of strong growth in product services as well as good volume growth in commercial engines.

In 1998, \$1.6 billion of Aircraft Engines revenues were from sales to the U.S. government, an increase of \$0.1 billion from 1997, which was \$0.3 billion lower than in 1996.

Aircraft Engines received orders of \$10.8 billion in 1998, up \$1.9 billion from 1997. The backlog at year-end 1998 was \$9.7 billion (\$9.5 billion at the end of 1997). Of the total, \$7.5 billion related to products, about 52% of which was scheduled for delivery in 1999, and the remainder related to 1999 product services.

**Appliances** revenues were 3% lower than a year ago, reflecting primarily selling price decreases and, to a lesser extent, lower volume. Operating profit was 2% lower as the decreases in selling prices and volume more than offset productivity from Six Sigma. Revenues in 1997 were 4% higher than in 1996, reflecting primarily acquisition-related volume. Operating profit increased 3% in 1997, primarily as a result of productivity and higher volume, partially offset by lower selling prices.

**Industrial Products and Systems** revenues increased 2% in 1998, primarily as a result of volume increases at Transportation Systems and Industrial Systems that were partially offset by lower selling prices across most businesses in the segment. Operating profit increased 5%, reflecting productivity from Six Sigma and the improvement in volume, which more than offset the effects of selling price decreases. Revenues rose 6% in 1997 as improved volume more than offset weaker pricing across all businesses in the segment. Operating profit increased 13% in 1997, the result of Six Sigma-

based productivity and volume improvements across the segment, which more than offset the effects of lower selling prices.

Transportation Systems received orders of \$2.4 billion in 1998, about the same as in 1997. The backlog at year-end 1998 was \$2.3 billion (\$2.0 billion at the end of 1997). Of the total, \$2.1 billion related to products, about 83% of which was scheduled for shipment in 1999, and the remainder related to 1999 product services.

NBC revenues increased 2% in 1998, reflecting higher revenues in NBC's owned-and-operated stations, including revenues from station acquisitions and growth in cable operations, the combination of which more than offset lower network revenues. Operating profit was 11% higher than a year ago as improved results in international, cable operations and owned-and-operated stations, as well as cost reductions across NBC, more than offset higher license fees for certain prime-time programs that were renewed. Revenues decreased 2% in 1997 as a strong advertising marketplace was more than offset by the absence of a 1997 counterpart to NBC's broadcast of the 1996 Summer Olympic Games. Operating profit increased 19% in 1997, reflecting improved prime-time

pricing, strong growth in both owned-and-operated stations and cable operations, and increased international distribution of programming, the combination of which more than offset the absence of a 1997 counterpart to the Olympics broadcast and higher license fees for certain prime-time programs that were renewed.

**Plastics** revenues decreased 1% in 1998 as lower selling prices and adverse currency exchange rates offset slightly higher volume. Operating profit in 1998 improved by 6% as lower material costs and productivity from Six Sigma more than offset lower selling prices. Revenues grew 3% in 1997, reflecting an increase in volume that was largely offset by lower selling prices and adverse currency exchange rates. Operating profit increased 4% as Six Sigma-based productivity and higher volume more than offset lower selling prices.

**Power Systems** revenues increased 7% in 1998, reflecting primarily higher volume in product services, including acquisitions, which was partially offset by lower selling prices. Operating profit increased 9% in 1998 as growth in product services and productivity more than offset the effects of lower selling prices. Revenues in 1997 were 4% higher than in 1996, primarily as a result of higher volume in gas turbines and product services. Operating profit increased by 7%, the result of strong productivity and higher volume, which more than offset lower selling prices.

Power Systems orders were \$10.5 billion for 1998, an increase of more than 50% over 1997, reflecting strong U.S. market growth. The backlog of unfilled orders at year-end 1998 was \$12.4 billion (\$10.5 billion at the end of 1997). Of the total, \$11.3 billion related to products, about 45% of which was

scheduled for delivery in 1999, and the remainder related to 1999 product services.



**Here is how GE performed in 2005:**

- Continuing revenues increased 11% to \$150 billion. Organic revenue growth was 8%.
- Earnings from continuing operations grew 12% to \$18.3 billion. Earnings in the six business segments grew 20% with at least 10% growth in each. Industrial operating profit expanded from 13.7% to 14.4%.
- Cash flow from operating activities (CFOA) was \$21.6 billion, an increase of 42%. Industrial cash flow grew 14%.
- Return on average total capital (ROTC) was 16.4%, up 40 basis points from 2004. Incremental return on invested capital, an important indicator of ROTC expansion, was a robust 50%.
  - The Board of Directors increased the dividend 14% for GE's 30th consecutive annual increase. In addition, the Board increased the share repurchase program to \$25 billion from 2005 – 2008. At year end, GE's dividend yield was 2.9%, a 60% premium to the S&P 500. In all, GE returned \$14 billion to investors in 2005.
  - Total return for GE shareowners (stock price appreciation assuming reinvested dividends) was -1.4% versus the S&P 500's total return of 4.9%. Over the last three years GE's total shareowner return was 55%, a 12% premium to the S&P 500. At year end, GE traded at a forward price/earnings ratio (PE) of 17.7, a 13% premium to the S&P 500.
  - GE continued to earn the respect of the business world. GE was named "America's Most Admired Company" and "Global Most Admired Company" by *FORTUNE* magazine. GE ranked second in the *Financial Times* annual "World's Most Respected Companies" survey and again placed first for corporate governance. GE has been in the top five in these surveys for each of the last five years. In addition, the Company was named "World's Most Respected" by *Barron's* in its inaugural investor survey.
- GE has substantial financial strength. The Company remained one of only six "Triple-A"-rated U.S. industrial companies. GE's global pension plans have more than \$54 billion in assets, a surplus of nearly \$3 billion, and the Company expects to meet its obligations to pensioners with no significant increase in funding for the foreseeable future.
- GE invested \$14 billion in its intellectual foundation. This included more than \$5 billion in product, services and information technologies; nearly \$4 billion in marketing; \$4 billion in media programming; and \$1 billion in training and executive development. GE filed 2,561 patents in 2005.

El siguiente es un cuadro que demuestra con claridad los beneficios económicos entre 1998 y 2002 en General Electric Capital, la empresa financiera de GE.

<i>(Dollars in millions)</i>	Year ended December 31				
	2002	2001	2000	1999	1998
Revenues	\$ 48,306	\$ 48,545	\$ 54,267	\$ 46,605	\$ 41,405
Earnings before accounting changes	6,505	6,060	4,289	4,208	3,374
Cumulative effect of accounting changes	(1,015 )	(158 )	-	-	-
Net earnings	5,490	5,902	4,289	4,208	3,374
Return on common equity (a)	19.47 %	22.53 %	18.97 %	21.81 %	20.33 %
Ratio of earnings to fixed charges	1.65	1.72	1.52	1.60	1.50
Ratio of earnings to combined fixed charges and preferred stock dividends	1.64	1.70	1.50	1.58	1.48
Ratio of debt to equity	<u>6.58:1</u>	<u>7.31:1</u>	<u>7.53:1</u>	<u>8.44:1</u>	<u>7.86:1</u>
Financing receivables - net	\$ <u>197,179</u>	\$ <u>171,409</u>	\$ <u>140,500</u>	\$ <u>132,023</u>	\$ <u>118,098</u>
Total assets	439,442	381,076	332,636	307,441	269,050
Short-term borrowings	122,745	154,124	117,482	123,073	107,419
Long-term senior notes	137,893	75,601	78,078	68,164	57,486
Long-term subordinated notes	965	873	698	698	697
Minority interest	1,834	1,650	1,344	1,767	1,137
Share owners' equity	<u>39,753</u>	<u>31,563</u>	<u>26,073</u>	<u>22,746</u>	<u>21,069</u>

(a) Common equity excludes unrealized gains and losses on investment securities and derivatives qualifying as hedges, net of tax. Return on common equity is calculated using earnings that are adjusted for preferred stock dividends and common equity excludes preferred stock.

## 12.4 Anexo D

El siguiente es un documento extraído de la página <http://www.cat.com>, en la misma se pueden encontrar todos los resultados financieros y las cartas enviadas por el CEO de la compañía al directorio. El documento muestra los resultados en 2005 y algunos extractos de documentos pertinentes, artículos, cartas, análisis.

# OUR WORK IS PRODUCING RESULTS

This is a great time to be part of Team Caterpillar—and the future promises to be even more rewarding. With our current outlook, projected sales and revenues should be close to \$40 billion in 2006. That means we will have nearly doubled the size of our company in just three years, thanks to customers worldwide who have placed their trust and confidence in our products and services—and thanks to a global team of employees, dealers and suppliers who are working hand-in-hand to address the strong surge in customer demand. We're in the midst of the most aggressive new product introduction campaign in our history and rapidly growing our service businesses. We're making great gains in employee safety, engagement and diversity. And we're laser-focused on reaching the 2010 targets in our new enterprise strategy.

I feel incredibly good about our accomplishments, but even better about the fact that we're not stopping here. At a time when business is going well, when we're hitting on all cylinders in the marketplace and growing around the world, our people are thinking about how we can improve and are putting substantive plans in place to get even better. As I said in this letter last year, I can't think of another company

in any industry that is better positioned to win in the global economy. Our vision is to be recognized as a great employer, an outstanding investment and an admired global leader committed to making progress possible around the world. I believe we're well on our way.

#### **ANOTHER RECORD YEAR**

In 2005, we again achieved record financial results. Our sales and revenues were up 20 percent, reaching \$36.34 billion. Our earnings of \$2.85 billion were up 40 percent and reached \$4.04 per share, our second consecutive year of record profits. And prospects for continued strong results are promising. We enter 2006 with one of the largest order backlogs in our history, particularly for large machines, engines and turbines—indicating continued market strength in the year ahead. And there are strong economic winds at our back. We're three years into a period of explosive growth in all the major market segments we serve—global mining, global energy and infrastructure development in particular—and the future looks very strong in each.

## RETURNING VALUE TO OUR STOCKHOLDERS

Caterpillar's recent profits and strong cash flow enabled us to reinvest in the business, improve funding of employee benefit plans and reward our stockholders. We focused on growing the business by reinvesting \$2.20 billion in capital expenditures (excluding equipment leased to others). For our employees, we improved the already well-funded status of our pension plans by contributing \$0.12 billion. For our stockholders, we increased the dividend 22 percent, our eleventh increase in the last twelve years, and repurchased nearly 34 million shares. Finally, we improved our financial strength as our stockholders' equity increased \$265 million. These actions significantly enhanced stockholder value.

## CASH FLOW HIGHLIGHTS

	2005	2004	2003
(dollars in millions)			
Stock repurchased	\$1,854	\$1,038	\$406
Capital expenditures <sup>(1)</sup>	\$1,291	\$1,406	\$1,017
Pension contributions	\$122	\$677	\$726
Dividends paid	\$178	\$134	\$191

<sup>(1)</sup> Excluding equipment leased to others.

Solid growth also continues in each of our major service businesses. Cat Financial is an integral part of our business model, contributing \$364 million in profit in 2005. With a portfolio of \$24 billion in receivables, it maintains a solid investment grade credit rating. Cat Financial enables many customers to acquire our products, and we've demonstrated that it has solid earnings stability—instrumental in our ability to maintain attractive profitability throughout the business cycle. The insurance arm of our financial products division provides cost-effective extended warranty coverage to customers and is also growing rapidly. In addition, Cat Logistics recorded double-digit growth in 2005 and announced new contracts to propel future growth, including Cat Logistics' largest deal ever—a service parts distribution agreement with General Motors Europe.

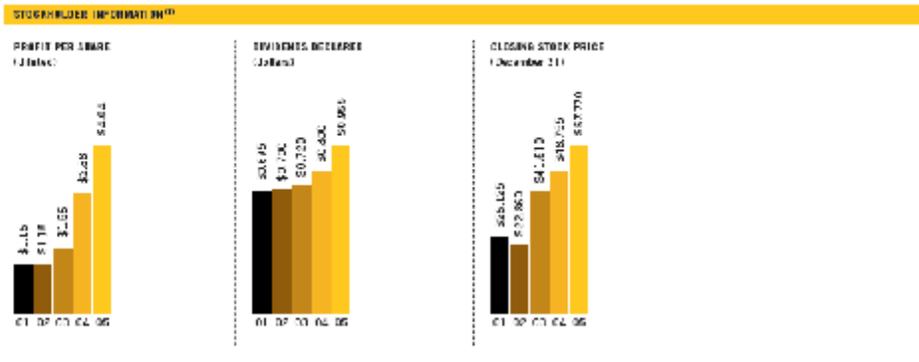
## INCREASING OUR PRESENCE IN GROWING MARKETS

Overall, business remains strong not only in the established markets of North America, Europe and Japan but in the emerging markets as well. We have teams on the ground establishing our proven global business model in China, India and Russia.

In China, we continue to make great strides, quickly expanding our dealer network, product line and logistics capabilities and offering Cat Financial services in-country. Achieving our vision means being a cost-effective competitor in every major currency zone, and doing so requires a solid manufacturing and supply base in those areas of the world. Yet, even as we grow worldwide, we will continue to maintain a strong U.S. manufacturing presence with significant exports.

## A NEW STRATEGIC VISION

Significantly better execution is a key focus of our new enterprise strategy, developed and introduced to all employees in 2005. The first in a series of five-year strategic plans leading to our Vision 2020, the new strategy includes specific goals in the areas of people, product and process performance and profitable growth. While not a dramatic shift in direction, it does set aggressive targets—particularly in the areas of employee safety, product quality and customer order-to-delivery capability—and it puts a strong focus on rapid alignment and execution across all 30 of our business units.



<sup>12</sup> The per share data reflects the 2005 2-for-1 stock split.

Our 22 autonomous profit center business units, supported by eight service center units, are all driving for solid leadership positions in their respective markets and the product line. This organizational structure encourages the entrepreneurial zeal that will ensure our continued success in the global marketplace. And based on our leadership team's and employees' enthusiastic response to the roll-out of our new strategy, we are confident in our ability to deliver on these goals if the projected market environment materializes.

**CATERPILLAR VALUES**

At the foundation of our strategy is *Our Values in Action*, the update to our *Worldwide Code of Conduct*, first published in 1974. Our updated Code is now clearly defined by the values and behaviors that have made us successful for 80 years—and will drive our success in the future. We are justifiably proud of our strong ethical standards, but we know we can do more to build a values-based culture, particularly as we expand worldwide. In 2005, we added more than 8,000 employees, and as we continue to grow to meet demand, we must stay focused on hiring the best people and integrating them into

our culture. By living our values, we are building one global Team Caterpillar—where we serve customers, develop people and leaders, focus on employee satisfaction and create an enriching environment for all who work here. In fact, during my 33 years with Caterpillar, I've never been prouder of this organization than I am today. Thanks to a strong focus on integrity, excellence, teamwork and commitment, we accomplished great things in 2005—many of which you can read about in this report.

One key to that is our ongoing effort to encode 6 Sigma disciplines into our daily work. Today more than 3,600 black belts are leading teams and nearly 26,000 employees are contributing to 6 Sigma projects worldwide. These teams are generating significant improvements in our key focus areas of employee safety, product quality and product availability. They also have played a major role in our ability to ramp up production dramatically within our existing facilities—and to help many suppliers break through capacity bottlenecks at the same time.

## FINANCIAL HIGHLIGHTS

Years Ended December 31	2005	2004 <sup>(A)</sup>	2003 <sup>(A)</sup>	2002 <sup>(A)</sup>	2001 <sup>(A)</sup>
(\$ in millions, except per share data)					
Sales and revenues	\$25,319	\$20,905	\$22,897	\$20,165	\$20,510
Profit	\$ 2,854	\$ 2,055	\$ 1,099	\$ 798	\$ 805
Profit per common share	\$ 4.21	\$ 2.97	\$ 1.59	\$ 1.16	\$ 1.17
Profit per common share—diluted	\$ 4.04	\$ 2.85	\$ 1.56	\$ 1.15	\$ 1.15
Dividends declared per common share	\$ 0.955	\$ 0.800	\$ 0.700	\$ 0.700	\$ 0.695
Capital expenditures—excluding equipment leased to others	\$ 1,201	\$ 325	\$ 632	\$ 728	\$ 1,100
Research and development expenses	\$ 1,004	\$ 325	\$ 589	\$ 556	\$ 595
Year-end employment	85,116	75,920	69,150	68,990	72,004
Return on average stockholders' equity	36.9%	30.0%	19.0%	17.1%	17.7%
Closing stock price (December 31)	\$ 57.77	\$ 48.75	\$ 31.51	\$ 22.86	\$ 26.13

<sup>(A)</sup> The per share data reflects the 2002-2004 stock split.

## OUR COMMITMENT TO SUSTAINABLE PROGRESS

Just as we are looking to encode 6 Sigma into Caterpillar's DNA, we also are focused on raising the profile of sustainable development within our company. Enabling development is at the heart of our business, and doing so in an increasingly sustainable manner holds great benefits for our company, our customers and our world. We're proud of the progress made to date—including five straight years on the Dow Jones Sustainability World Index—and we are issuing our first-ever sustainability report in conjunction with this annual report. Our goal is not just to report on what we've accomplished, but also to set definitive goals for what we're working to achieve by 2010.

One element of sustainable development for Caterpillar is helping communities rebuild after natural disasters. During 2005 we were challenged to respond to a number of tragedies around the world, including the tsunami in Asia, a horrific hurricane season along the U.S. Gulf Coast and earthquakes in South Asia. Cat® equipment, dealers and employees provided as much relief of human suffering as possible and today are helping people in the affected areas rebuild their lives.

Our quick, compassionate response made me proud to be part of the Caterpillar team.

## GLOBAL LEADERSHIP

Overall, our product line remains the global leader, number one or two in virtually every market we serve, and we are committed to delivering the best quality to our customers. Our brands are strong and recognized worldwide as the highest in customer value. Our global manufacturing footprint is well established, with a highly integrated supply chain. Our distribution, sales, rental and product support capabilities are stronger than any competitor, delivering a terrific value proposition to our demanding customer base. Our service businesses are growing at a record pace. Further, our investments in product technology are growing, and our employees are the best and most experienced in the business.

## MORE RECORD YEARS AHEAD

With all this, we feel good about our growth potential. In 2010, we're targeting \$50 billion in sales and revenues with 15 to 20 percent interim annual growth in earnings per share. We're

off to a strong start with a good line of sight to delivering these goals. Hitting these targets will continue to position Caterpillar as an outstanding investment opportunity.

That's not to say we don't have challenges. We do. First is safety. The health and well-being of our employees come above all else. None of our other goals matter if people are injured in the process of achieving them. We've made good progress the past few years, and the metrics in our new strategy will push us to improve even faster as we move toward our ultimate goal of zero injuries. Maintaining product quality standards also is critical. Quality is one of the reasons customers choose our equipment—it's the hallmark of our reputation—but our quality levels have hit a plateau in recent years. To remain the market leader, we must make breakthrough improvements in product quality now. The same is true for product availability. We must improve our order-to-delivery processes so we can get our products to customers when they need them and faster than any competitor, all at lower costs and with less inventory tied up in our supply chain.

None of these challenges has an easy solution. But our team is committed to addressing them, and we've set aggressive goals and timelines for success. And those of you who know Caterpillar know this: When we say we'll do something, we do it. We've proven that time and time again during our 80-year history. That's why I am so excited about our company's future. We have embarked on the "good to great" journey. We are committed to taking what is a very good company today and making it better, because we know what all our stakeholders expect—and deserve—is an even better Caterpillar tomorrow.



Jim Owens, Chairman and CEO  
Caterpillar Inc.

### **13 BIBLIOGRAFÍA**

1. Juan Carlos Bassi. Apuntes entregados durante la clase de Calidad en el Instituto Tecnológico Buenos Aires. Año: 2005.
2. Meter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh; *The Six Sigma Way – How GE, Motorola, and other top companies are honing their performance*. Editorial McGraw-Hill, 413 páginas. Año 2000. ISBN 0-07-135806-4.
3. R.W. Hoyer y Brooke B.Y. Hoyer *¿Qué es Calidad?* Tomado de la revista Quality Progress. Julio, 2001
4. John Lopez-Ona, presidente de la compañía consultora Six Sigma Qualtec. *For Six Sigma Success, start with the CFO*. [http://www.automationworld.com/Dentro de la sección: /articles/Departments/696.html](http://www.automationworld.com/Dentro%20de%20la%20secci3n%3A%20/articles/Departments/696.html)
5. Raúl Molteni, Oscar Cecchi. *El liderazgo del Lean Six Sigma*. Año 2004. Editorial Dunken. 466 páginas. ISBN 987-02-0744-8.
6. Mauricio Lefcovich. *Preguntas y respuestas sobre Seis Sigma*. 2000. <http://www.ilustrados.com/publicaciones/EEkpkFEluVEmmJTgnN.php>
7. Greg Brue. *Six Sigma for Managers*. 179 páginas. Año 2002. Editorial McGraw Hill. ISBN 0-07-138755-2.
8. Hasan Akpolat. *Six Sigma in Transactional and Service Environments*. 161 Páginas. Año 2004. Editorial: Gower. ISB 0 566 08577 1
9. Kodak, una página dedicada a la aplicación de Seis Sigma en Kodak, y sobre la teoría de la misma, no tiene autor personal, sino corporativo. <http://www.kodak.com/US/en/corp/researchDevelopment/careers/sixSigma.shtml>
10. Bhoté Kaki. *The Ultimate Six Sigma*. Año 2002. Editorial Amacom. 395 Páginas. ISBN 0-8144-0677-7.
11. Universidad Motorola, una página dedicada a la aplicación de Seis Sigma en Motorola, y sobre la teoría de la misma, no tiene autor personal, sino corporativo. <http://www.motorola.com/motorolauniversity.jsp>
12. General Electric, una página dedicada a la aplicación de Seis Sigma en GE, y sobre la teoría de la misma, no tiene autor personal, sino corporativo. <http://www.ge.com/en/company/companyinfo/quality/whatis.htm>
13. Caterpillar, página oficial de Caterpillar de donde se extrajeron no sólo los resultados económicos sino también toda la información relacionada a la aplicación de la disciplina en la empresa.
14. Bob Gilbert. *Sick Sigma?* Artículo extraído de la revista [c]. 2005
15. Oscar D. Luengo. *Six Sigma in action, a case study analysis*. Artículo extraído de la base de datos de la Universidad de California. Año 2004.
16. Jennifer Ho. *Six Sigma Case Study: Microsoft*. December 2003.
17. Información complementaria sobre la aplicación de Seis Sigma y otros modelos de calidad en las industrias tratadas. Empresa consultora del medio. <http://www.grupokaizen.com>

18. Los resultados económicos de Motorola, GE y Caterpillar que no eran expuestos de manera clara y homogénea en las páginas mencionadas, fueron extraídos de <http://www.sec.gov>
19. Los resultados económicos históricos para años antes de 1994 fueron extraídos de la base de datos de <http://www.nytimes.com>
20. La información complementaria sobre la evolución y el negocio de cada empresa no sólo fue extraído de las páginas oficiales, sino que también se reforzó con las siguientes páginas Web: <http://finance.google.com>, <http://finance.yahoo.com>, <http://www.reuters.com>