

**Aplicación de la Metodología Seis Sigma en el  
Mantenimiento Preventivo de la Flota Secundaria de Sabritas.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## **Agradecimientos**

Con este trabajo se cierra una etapa más de mi vida

Agradezco a Dios por haberme dado las fuerzas, salud y sabiduría para concluir la licenciatura, por haberme dado la oportunidad de conocer a buenos amigos por que sin ellos definitivamente no hubiera sido fácil este camino.

Gracias a mis padres por el apoyo incondicional que me brindaron, por que estuvieron conmigo en todo momento, gracias a su ejemplo me enseñaron a ser una persona responsable y con valores.

A mis hermanos por el apoyo brindado, pero agradezco en especial a mi hermana Mariana por el tiempo y ayuda que me dio para la terminación de este proyecto.

Gracias a mi esposa Cirse por su amor y comprensión que me ha entregado, pero sobre todo por ayudarme a ser la persona que soy.

Paula aunque estas por llegar a este mundo, también fuiste una inspiración y motivo para que yo siga superándome.

E.Ovando

# INDICE

	PAG.
<b>Introducción</b>	<b>5</b>
<b>CAPITULO I: Seis Sigma y sus antecedentes.</b>	<b>6</b>
1.1.- Inicio de Seis Sigma	7
1.2.- Los siete motivos de la calidad	10
1.3.- Seis Sigma está enfocado en el cliente	13
1.4.- Las siete metamorfosis	14
1.5.- ¿Qué es Seis Sigma?	16
1.6.- ¿Quiénes utilizan Seis Sigma ?	17
1.7.- ¿Como se determina el nivel de Sigma?	19
1.8.- Herramientas de Mejora de Procesos Seis Sigma	23
1.9.- Equipo de Mejora Seis Sigma	24
1.9.1.- Identificación y selección de proyectos.	24
1.9.2.- Se procede a la formación de los equipos,	24
1.9.3.- Desarrollo del documento marco del proyecto.	24
1.9.4.- Capacitación de los miembros del equipo.	25
1.9.5.- Ejecución del COSMIIC e implementación de soluciones.	25
1.9.6.- Traspaso de la solución.	25
1.10.- Postulados de Seis Sigma sobre el cliente	25
1.11.- Postulados de Seis Sigma sobre los procesos	26
1.12.- Los Beneficios de Seis Sigma	27
1.13.- El modelo de Mejora DMAIC	28
1.14.- El nuevo rol de los empleados	28
1.14.1. - Champion:	29
1.14.2. - Master Black Belt:	29
1.14.3. - Black Belts:	29
1.14.4.- Green Belts:	30
1.15.- La selección de proyectos	30
<b>CAPITULO II: Sabritas y sus orígenes.</b>	<b>32</b>

2.1.- Visión, misión y principios organizacionales	33
2.1.1.- Visión	33
2.1.2.- Misión	33
2.1.3.- Principios organizacionales:	33
2.2.- Innovación	34
2.3.- Compromiso social	34
<b>CAPITULO III: Seis Sigma Aplicado a Sabritas.</b>	<b>37</b>
3.1.- Metodología aplicada	38
3.2.- Definir Alcance del Proyecto ¿En que voy a trabajar y por que? ¿Cómo voy a medir el problema?	38
3.3.- Causas de malos mantenimientos:	39
3.4.- Definir Medible (Indicadores Primarios y Secundarios)	39
3.5.- Definir alcance de la investigación. (Diagrama de Pareto)	40
3.6.- Estimación Financiera	41
3.6.1.- Ahorros Profitability	41
3.6.2. - Ahorros Hard Saving	42
3.6.3. - Ahorros cost avoidance	43
3.6.4.- Ahorros Potenciales	43
3.6.5.- Beneficios Intangibles	44
3.7.- Evaluar desempeño inicial y Objetivo del Problema ¿Qué tan grande es el problema y cuando podemos decir que ya esta resuelto?	44
3.7.1.- Recolectar Datos	44
3.7.2.- Evaluar Desempeño Inicial y Objetivo.	45
3.8- Validar confiabilidad de los sistemas de medición. ¿Los datos son confiables?	48
3.9.- Establecer sistemas de medición.	49
3.9.1.- Las evaluaciones cuantitativas	49
3.9.2.- Las evaluaciones sensoriales	49
3.10.- Tipos de estudios petrológicos	51
3.11.- Validar precisión de las mediciones.	52

3.12.- Identificar que tipo de problema tratamos.	54
3.13 Clasificar, Ordenar y Limpiar ¿Ordenaste tu lugar de trabajo?	55
3.13.1.- Beneficios Personales de las 5 S's	57
3.13.2.- Beneficios para la Empresa	57
3.13.3.- Descripción de las 5's: Primera "S" Clasificar	58
3.13.4.- La segunda "S" Orden	60
3.13.5.- La tercera "S" La Limpieza	64
3.13.6.- La cuarta "S" Estandarización	65
3.13.7.- La quinta "S" Disciplina	68
<b>CAPÍTULO IV: CASO PRÁCTICO SABRITAS:</b>	<b>73</b>
4.1.- Auditorias	74
4.2.- La administración visual	73
4.3.- Información Estadística	76
4.4.- Resumen de 5's	79
4.5.- Sistema Jalar.	79
4.6.- Introducción al diseño y análisis de experimentos.	80
4.7.- Estrategia de Experimentación	81
<b>Conclusiones</b>	<b>82</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>88</b>

## **Introducción**

Sabritas es una empresa transnacional que ha crecido de manera considerable en ventas, personal, flota, etc. en los últimos 15 años.

Actualmente Sabritas cuenta con más de 14,000 unidades de reparto a las cuales se les da mantenimiento dentro de sus instalaciones, para lo cual existen procesos definidos. Sin embargo para que cualquier empresa de primer mundo siga siendo líder tiene que renovar sus procesos e ideología para trabajar.

Hoy en día no se sabe con exactitud si el gasto generado por el concepto de mantenimiento es aprovechado correctamente, ya que hay vehículos cuya productividad diaria es afectada por fallas mecánicas (rutas paradas) y existen muchos trabajos correctivos.

Aquí podremos observar como es aplicada parte de la metodología Seis Sigma en los procesos del área de talleres de flota en la zona valle de México, lo que permitirá optimizar los recursos (\$), mejorar la productividad de los vehículos, mantenerlos en buen estado, mejorar la imagen y funcionamiento.



## **CAPITULO I.**

### **Seis Sigma y sus antecedentes.**

## 1.1.- Inicio de Seis Sigma

En la década del 80, Philip Crosby popularizó el concepto de Cero Defecto como orientación para el control de calidad. Este enfoque establece la meta de resultados que carezcan de errores al 100 por ciento. Crosby sostiene que si se establece un nivel “aceptable” de efectos, ello tiende a provocar que dicho nivel (o uno más alto) se conviertan en una profecía que se cumple; si los empleados saben que está “bien” trabajar dentro de un nivel Determinado de errores, llegarán a considerar que ese nivel es la “norma”. Es evidente que dicha “norma” está por debajo de lo óptimo. Crosby sostiene que a las personas se les establecían estándares de desempeño mucho más holgados en sus trabajos que lo que regían sus vidas personales. “Ellos esperaban hacer las cosas bien cuando se trataba de sostener a un bebé, de pagar las facturas o de regresar temprano a la casa correcta. En cambio, en los negocios se les fijaban “niveles aceptables de calidad”, márgenes de variación y desviaciones.<sup>1</sup>

La idea de un “porcentaje de error aceptable” (a veces denominado un “nivel de calidad aceptable”) es un curioso remanente de la era del “control” de calidad. En aquellos tiempos se podían encontrar maneras de justificar estadísticamente las naturales fallas humanas, sosteniendo que nadie podía ser posiblemente perfecto. De modo que si el 100% es inalcanzable, ¿por qué no conformarse con el 99%, e incluso con el 95%? Entonces, si alcanzáramos el 96,642%, podríamos dar una fiesta y celebrar el hecho de haber superado los objetivos. La cuestión es que el 96,642% significa que de 100.000 transacciones

---

<sup>1</sup> Lowenthal, Jeffrey Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma. Traducción de Carlos Rosser Madrid: Fundación Confemetal, 2002, 135p.

efectuadas por un servicio, 3.358 resultarían desfavorables. Como las fallas de uno entre mil paracaidistas. Los clientes insatisfechos, aquellos que habrían estado fuera del porcentaje de transacciones perfectas, no regresarían jamás.<sup>2</sup>

Ahora bien, Tom Parker señala que “cada día 67.000 norteamericanos pasan por un quirófano. Un porcentaje de éxitos quirúrgicos del 99% significaría que 66.330 personas saldrían de la anestesia sin otra dificultad que tratar de operar el control remoto del aparato de televisión del hospital. Pero ¿qué sucedería con los pocos desafortunados que no entraran dentro de la categoría del “error aceptable”? Cada día, 670 de nuestros amigos, vecinos, parientes y seres queridos experimentarían complicaciones, o morirían, como resultado de los fracasos quirúrgicos aceptables”.

Así pues, un rendimiento del 99% sería un alto promedio, pero no muy admirable como porcentaje de éxitos quirúrgicos. ¿Qué pasaría si nos apartáramos de esa norma de calidad y estableciéramos una ambiciosa meta del 99,9%? ¿Sería aceptable? En un informe especial sobre calidad, publicado en 1991 en la revista *Training*, Natalie Gabel aplicó esa norma a una serie de actividades. Las cifras que obtuvo fueron sorprendentes. Si el 99,9% fuera la verdadera norma de rendimiento alcanzada en algunas actividades corrientes (datos correspondientes a los Estados Unidos):<sup>3</sup>

- Las guarderías de hospitales entregarían 12 bebés por día a padres que no corresponden.

---

<sup>2</sup> Barba, Enric Seis sigma: una iniciativa de calidad total. Barcelona, Gestión 2000. 209p.

<sup>3</sup> Barba, Enric Seis sigma: una iniciativa de calidad total. Barcelona, Gestión 2000. 209p.

- Las instituciones financieras descontarían 22.000 cheques de cuentas bancarias equivocadas... cada 60 minutos.

- Los servicios de telecomunicaciones transmitirían 1.314 llamadas erróneas... cada 60 minutos.

- Los productores cinematográficos utilizarían 811.000 rollos de películas defectuosos para filmar escenas.

En los siguientes 12 meses:

- Se fabricarían 268.500 neumáticos defectuosos
- Se procesarían incorrectamente 103.260 impuestos defectuosos sobre los réditos.

- 5.517.200 cajones de gaseosas contendrían bebidas sin efervescencia.

- Se emitirían 20.000 recetas medicinales incorrectas.

- Se gastarían 761.900 dólares en cintas magnetofónicas y discos compactos que no se podrían reproducir.

Por suerte las cosas funcionan mejor de lo previsto. Así, los informes reales muestran que de los 67.000 pacientes quirúrgicos diarios antes citados, solamente 25 no lograrían salir del trance en la actualidad.

Esto significa un 0,000037, o sea, un 0,037%, lo que equivale a un promedio de éxito del 99,963% (15 veces mejor que la norma del 99,9%). En el caso de las aerolíneas, si se

consideran los accidentes como defectos, su nivel actual sería de 6,5 Sigma. Pero en el manejo del equipaje, el nivel es apenas del 3,5 Sigma.<sup>4</sup>

Al igual que en la industria de los semiconductores, otras como la textil, la siderúrgica, las máquinas herramientas, la electrónica, la automotriz, entre otras tantas, han visto perder competitividad, mercado y utilidades día a día por haber estado ancladas a paradigmas que ya no eran válidos dentro del nuevo esquema mundial.<sup>5</sup>

Es por todas estas razones que se aplicó la metodología Seis Sigma en los procesos de mantenimiento a las unidades de reparto de la empresa Sabritas S. de R.L. de C.V. ya que se tienen altos gastos en mantenimientos correctivos y pérdidas de ventas y de mercado por tener unidades paradas por causas mecánicas.

La empresa de finales de los ochenta parece haber encontrado su nuevo credo: el de la calidad total. Las empresas que se limitaban a hacer el control *a posteriori* de su única calidad presentaron la quiebra una tras otra. Las empresas de hoy, si quieren sobrevivir, deben trabajar para sus clientes más que para sí mismas.

## **1.2.- Los siete motivos de la calidad**

Existen siete motivos, de los cuales cada uno por sí solo justifica la adopción de la calidad total como proyecto de gestión.

---

<sup>4</sup> Barba, Enric Seis sigma: una iniciativa de calidad total. Barcelona, Gestión 2000. 209p.

<sup>5</sup> Lowenthal, Jeffrey Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma. Traducción de Carlos Rosser Madrid: Fundación Confemetal, 2002, 135p.

**El primer motivo** es la llegada de una economía globalizada. La irrupción de competidores nuevos en el juego económico mundial hace caducar a las empresas no competitivas y obliga a todas aquellas que quieran sobrevivir a apoyar de ahora en adelante su actividad sobre una vigilancia meticulosa, atenta y permanente del mercado para ajustar siempre mejor la calidad de la respuesta que se le pide.

**El segundo motivo** en el que se basa el carácter inevitable de la calidad total es la súbita inversión en los países industrializados de la relación de fuerzas entre una demanda menos creciente y una oferta múltiple, desde mediados de los años setenta, por la explosión de Japón y de los nuevos países industrializados. He aquí que los consumidores y clientes, ante múltiples ofertas, se vuelven más exigentes y reclaman siempre mejor calidad a precios siempre más bajos.

**El tercer motivo** es lo que Alvin Tofler define como el final de la masificación. Con las nuevas tecnologías de producción, la diversidad se vuelve en adelante tan poco costosa como la uniformidad. Para ello hará falta que los hombres manejen perfectamente los procesos “justo a tiempo”. Aquí también es la calidad total la que hace la diferencia.

**El cuarto motivo** es que hemos cambiado. En occidente se ha ido observando un menor compromiso de los trabajadores para con la empresa. Es menester un cambio de actitud si queremos conservar los puestos de trabajo frente a culturas con mano de obra mucho más comprometida y disciplinada.

**El quinto motivo** está dado por la incapacidad de la empresa tayloriana para reducir costos de no calidad. Fraccionada en grandes funciones auto-centradas, generadora de la empresa fantasma, más preocupada en “hacer más” que en “hacer mejor”, en controlar y corregir que en prevenir, esta empresa, sobrecargada de costos inútiles y de recursos ocupados en “fabricar nada”, pierde rápidamente terreno en la competencia económica y se condena a muerte a corto plazo. La calidad total constituye su única tabla de salvación.

**El sexto motivo** alude también a la organización tayloriana y al desperdicio de inteligencia que ha podido permitirse tolerar en la empresa, mientras la relación entre la oferta y la demanda era la inversa de la de hoy día. De ahora en adelante, no se puede dejar más en un punto muerto a todas estas inteligencias puestas en barbecho en todos los niveles y, particularmente, en los niveles de ejecución, en el de los obreros y empleados. La batalla de la calidad es demasiado difícil para que se tenga a toda esta inteligencia apartada del combate.

**Y el séptimo motivo** es que desde que existe un proceso de calidad total y que ciertas economías lo han adoptado, todas aquellas que no lo han hecho han visto abrirse a toda velocidad un abismo en su competitividad. Y lo que es cierto para las economías lo es también para las empresas. Para ello es menester tomar en cuenta que el costo de la no-calidad en las economías occidentales está en el orden del 20% de su facturación, en tanto que en la economía japonesa se encuentra en el 12%. No reducir rápidamente esta brecha y

ante el crecimiento económico de países como China, Tailandia, Malasia y otros países del Sureste asiático, preanuncia inevitables derrotas.<sup>6</sup>,

Ante las circunstancias descritas, empresas norteamericanas se han visto en la necesidad imperiosa de realizar un cambio total en su manera de gestionar las empresas, dando lugar a la metodología de Seis Sigma.

En los años ochenta la TQM (Gestión de Calidad Total) fue muy popular, pero sufrió un proceso de desgaste, y en muchas empresas de agonía. Era menester generar un método que motivara un liderazgo por la calidad. Por lo cual se creó Seis Sigma con la finalidad de satisfacer al cliente.<sup>7</sup>

### **1.3.- Seis Sigma está enfocado en el cliente**

Los proyectos Seis Sigma producen grandes retornos sobre la inversión. En un artículo de la Harvard Business Review, Sasser y Reichheld señalan que las compañías pueden ampliar sus ganancias en casi un 100% si retienen sólo un 5% más de sus clientes gracias al logro un alto grado de calidad. Seis Sigma cambia el modo en que opera la Dirección. Seis Sigma no sólo implica proyectos de mejora, la Dirección y los supervisores aprenden nuevos enfoques en la forma de resolver problemas y adoptar decisiones. Así como en el Japón empresas como Toyota, Honda, Mazda, Fujitsu, Cannon y NEC, entre otras, fueron base del desarrollo del *Just in Time* y del Kaizen, en el caso de Seis Sigma empresas como Motorola, General Electric, Honeywell, Sears Roebuck, American Express,

---

<sup>6</sup> Lowenthal, Jeffrey Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma. Traducción de Carlos Rosser Madrid: Fundación Confemetal, 2002, 135p

<sup>7</sup> [www.6sigma.com.mx](http://www.6sigma.com.mx)



Johnson & Johnson, Federal Express y Ford Motor le han servido como plataforma de investigación y desarrollo.<sup>8</sup>

#### **1.4.- Las siete metamorfosis**

La nueva piedra filosofal de la calidad total permite a la empresa satisfacer siempre mejor al cliente y siempre más barato. Se demuestra que la calidad no cuesta más caro; al contrario, rinde porque permite vender. Lo que cuesta caro es la no-calidad, es decir, el fracaso, los costes inútiles, los retrasos; todo esto es producto de una mala organización que se le factura como multa al cliente y que le sorprende, le disgusta y finalmente le desvía hacia otros proveedores, porque tienen de ahora en adelante el dilema de elegir. En este proceso destinado a lograr el cero defecto (Seis Sigma implica 3,4 efectos por millón de oportunidades), las empresas se enfocan en siete cambios o metamorfosis.

**La primera metamorfosis** implica que la empresa se interesa más en su mercado que en sí misma, en sus clientes que en sus máquinas, en sus fines que en sus medios, y que sus dirigentes sustituyen la lógica del ingeniero o del contable, centrada en una confianza desmedida en la capacidad de su técnica, por la lógica del empresario comercial, que reconoce la inutilidad de un producto soberbio que no se ha podido vender.

**La segunda metamorfosis** es el establecimiento de las relaciones clientes-proveedores en el interior mismo de la empresa: cada departamento, cada servicio, cada

---

<sup>8</sup> Barney, Matt. La nueva seis sigma: cómo aplicarla y obtener resultados traducción al español Roberto E. Arrache México: Trillas: Motorola University, 2005, 195p.

función, cada trabajador, debe esforzarse en especificar mejor lo que desea de su fuente y en responder mejor a las demandas de su consumidor. La organización atomizada cede su lugar a una organización por flujos. Se caen los muros que defendían los territorios funcionales para dar lugar a un desarrollo de procesos integrales en los cuales todos toman parte de forma armónica.

**La tercera metamorfosis** consiste en dejar de “producir más” para pasar a “producir mejor de entrada”. Los ritmos infernales no fabrican más que productos de calidad mediocre y asalariados amargados, cansados y cada vez menos competentes. La calidad total persigue el autocontrol y las acciones colectivas, produciendo bien a la primera, arreglando el defecto en el momento de producirse.

**La cuarta metamorfosis** implica sustituir el modelo mecanicista de una organización que asigna a cada individuo un puesto instrumental de ejecutante, por un modelo biológico donde los equipos responsables asumen misiones, uniendo colectivamente su talento para hacerlo. Se sustituye la empresa piramidal por la empresa multicelular.

**La quinta metamorfosis** implica pasar de una empresa aislada e intransigente frente a sus proveedores y subcontratistas, a una implicada en profundas relaciones de confianza.

**La sexta metamorfosis** implica la sustitución del control por la prevención. Un incremento en los costos de prevención trae como resultado una disminución en el costo total de calidad, al reducirse significativamente los costos por fallos internos y externos, y disminuir las necesidades de evaluación.

**La séptima metamorfosis** implica la eliminación de todos los desperdicios y despilfarros, no sólo los relativos al proceso productivo, sino también los atinentes a las actividades administrativo-burocráticas. Lograr estos cambios permite llegar a los “Seis Ceros”: cero defectos, cero stocks, cero averías, cero plazos, cero papeles y cero accidentes.<sup>9</sup>

### **1.5.- ¿Qué es Seis Sigma?**

Seis Sigma, es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón. Adicionalmente, otros efectos obtenidos son: reducción de los tiempos de ciclo, reducción de los costos, alta satisfacción de los clientes y más importante aún, efectos dramáticos en el desempeño financiero de la organización.<sup>10</sup>

En general, los procesos estándar tienden a comportarse dentro del rango de tres (3) Sigma, lo que equivale a un número de defectos de casi 67.000 por millón de oportunidades (DPMO), si ocurre un desplazamiento de 1,5 Sigma; esto significa un nivel de calidad de apenas 93,32 %, en contraposición con un nivel de 99,9997 % para un proceso de Seis Sigma. Comparativamente, un proceso de Tres Sigma es 19.645 veces más malo (produce más defectos) que uno de Seis Sigma.

---

<sup>9</sup> [www.6sigma.com.mx](http://www.6sigma.com.mx)

<sup>10</sup> Barney, Matt. La nueva seis sigma: cómo aplicarla y obtener resultados traducción al español Roberto E. Arrache México: Trillas: Motorola University, 2005, 195p.

Técnicamente (Estadísticamente) Seis Sigma significa que dentro de los Límites de Especificación dados por el cliente “cabén”  $\pm$  Seis (6) Desviaciones Estándar de corto plazo ( $\sigma$ ) (figura 1)

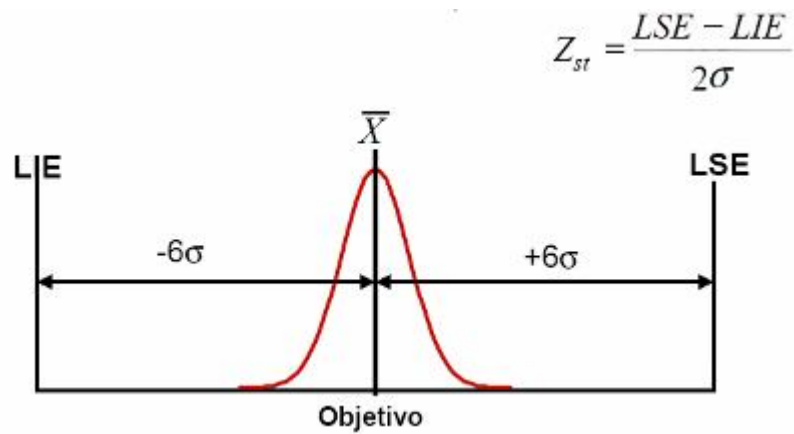


Figura 1

### 1.6.- ¿Quiénes utilizan Seis Sigma ?

Seis Sigma es utilizado por empresas comprometidas con la satisfacción del cliente en la entrega oportuna de productos y de servicios, libres de defectos y a costos razonables.

Algunos ejemplos:

- Motorola
- Allied Signal
- G.E., Polaroid
- Sony
- Lockheed

- NASA
- Black & Decker
- Bombardier
- Dupont
- Toshiba
- Etc.

Por ejemplo, Motorola entre 1987 y 1994 redujo su nivel de defectos por un factor de 200. Redujo sus costos de manufactura en 1,4 billones de dólares. Incrementó la productividad de sus empleados en un 126,0 % y cuadruplicó el valor de las ganancias de sus accionistas.

Los resultados para Motorola hoy en día son los siguientes:

- Incremento de la productividad de un 12,3 % anual;
- Reducción de los costos de mala calidad sobre un 84,0 %;
- Eliminación del 99,7 % de los defectos en sus procesos;
- Ahorros en costos de manufactura sobre los Once Billones de dólares y
- Crecimiento anual del 17,0 % compuesto sobre ganancias, ingresos y valor de sus acciones.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Barney, Matt. La nueva seis sigma: cómo aplicarla y obtener resultados traducción al español Roberto E. Arrache México: Trillas: Motorola University, 2005, 195p.

## 1. 7.- ¿Como se determina el nivel de Sigma?

En primer lugar debemos definir y aclarar términos y conceptos. Sigma ( $\sigma$ ) es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto a su valor medio, de modo que cuanto menor sea sigma, menor será el número de defectos. Sigma cuantifica la dispersión de esos valores respecto al valor medio y, por tanto, fijados unos límites de especificación por el cliente, superior e inferior, respecto al valor central objetivo, cuanto menor sea sigma, menor será el número de valores fuera de especificaciones y, por tanto, el número de defectos.<sup>12</sup>

De tal forma, en la escala de calidad de Seis Sigma se mide el número de sigmas que caben dentro del intervalo definido por los límites de especificación, de modo que cuanto mayor sea el número de sigmas que caben dentro de los límites de especificación, menor será el valor de sigma y por tanto, menor el número de defectos. (figuras 2 y 3)

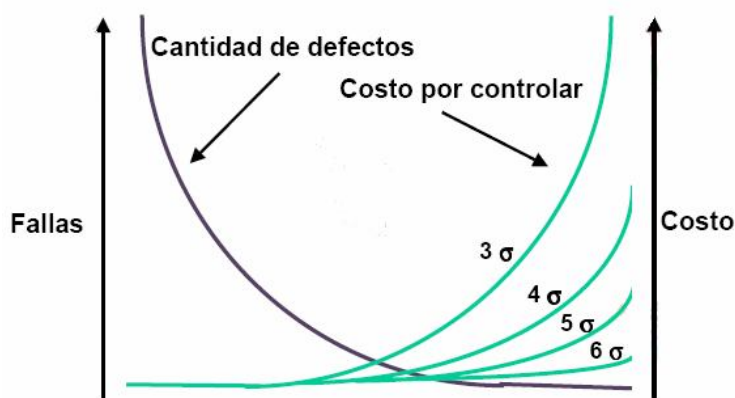


Figura 2

<sup>12</sup> Lowenthal, Jeffrey Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma. Traducción de Carlos Rosser Madrid: Fundación Confemetal, 2002, 135p

$\sigma$	DPM
2	308,537
3	66,807
4	6,210
5	233
6	3.4

Corto-Plazo      Largo-Plazo

Figura 3

La diferencia entre la Tolerancia Superior (TS) y la Tolerancia Inferior (TI) dividido por la desviación estándar, nos da la cantidad (o nivel) de sigmas (z).

La Capacidad del Proceso para un nivel 6 sigma es igual a 2, resultante de dividir la diferencia entre las Tolerancias Superior e Inferior por Seis Sigma. (figura 4)

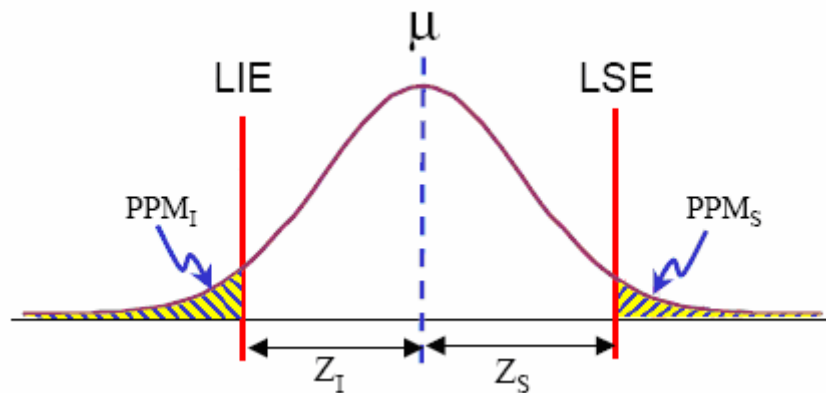


Figura 4

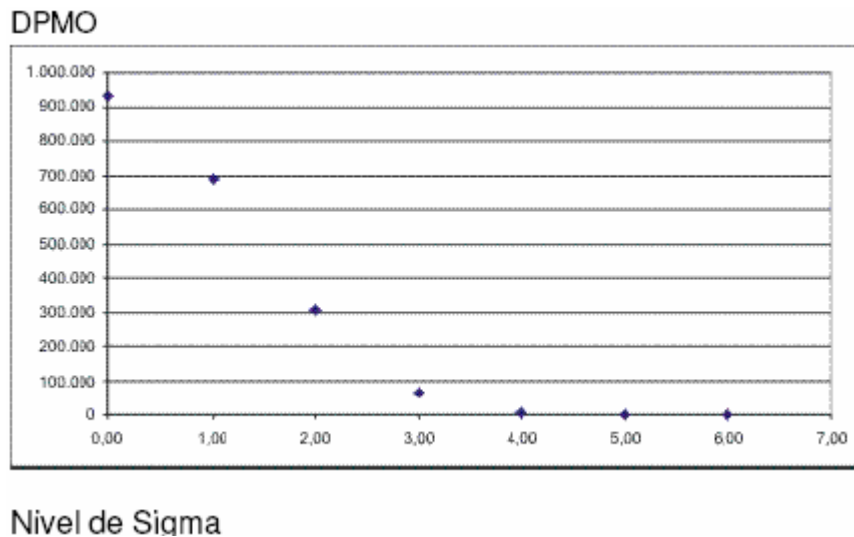
En un nivel 6 sigma entran en el espacio existente entre la Tolerancia superior (TS) y la Tolerancia Inferior (TI) un total de 12 sigmas.

Siempre que la medición esté dentro del intervalo TS-TI, diremos que el producto o servicio es conforme o de calidad. En este caso se siguen las ideas de Crosby, quien considera la calidad como sinónimo de *cumplimiento de las especificaciones*. Así pues, cuanto más cercanos estén los valores de las mediciones al Valor Central Optimo, más pequeño será el valor de sigma, y de tal forma mayor números de sigmas entrarán dentro de los límites de tolerancia.

Así tenemos pues, partiendo de los ejes de coordenadas ubicadas en el ángulo superior izquierdo, una curva con pendiente negativa, correspondiente a la relación existente entre el desvío estándar (sigma) y la cantidad de sigmas (z). Cuanto mayor sea el valor de sigma, menor es el valor de z (cantidad de sigmas) y, por el contrario, al disminuir el valor de sigma, la cantidad de sigmas que entran dentro de los límites de tolerancia aumenta. En los ejes de coordenadas del ángulo superior derecho tenemos una curva de pendiente positiva, la cual indica que al aumentar el nivel de z se incrementa el rendimiento del proceso (%).

En el ángulo inferior derecho tenemos una curva con pendiente negativa, la cual nos indica que al aumentar el rendimiento, la cantidad de defectos por millón de oportunidades (DPMO) disminuye. En el ángulo inferior izquierdo la curva es de pendiente positiva e indica que al aumentar la cantidad de DPMO el valor de sigma aumenta, en tanto que si el nivel de DPMO disminuye el valor de sigma también decrece. (Gráfica 1)





Gráfica 1

Calcular el nivel de sigmas para la mayoría de los procesos es bastante fácil. Dado un determinado producto o servicio, se determinan los factores críticos de calidad (FCC), luego se multiplican éstos por la cantidad de artículos producidos, obteniéndose el total de defectos factibles (oportunidades de fallos). Si dividimos los fallos detectados (con los distintos sistemas de medición en función del tipo de bien o servicio) por el total de defectos factibles (TDF), y luego lo multiplicamos por un millón, obtenemos los defectos por millón de oportunidades (DPMO). Luego, revisando la tabla de sigma se tienen los niveles de sigma.

Los factores críticos de calidad pueden ser determinados tanto por los clientes internos como externos, y serán aplicados a las distintas etapas de los diversos procesos.

En cuanto a la metodología de medición, ésta se efectuará por muestreos internos (mediciones) o mediante requisitoria (cuestionario) para la totalidad o parte de los consumidores.

Así, si para un producto se han determinado 12 factores críticos de calidad (FCC) y se han producido un total de 250.000 artículos, tomando una muestra de 1.500, el total de defectos factibles es de  $(1.500 \times 12)$  18.000. Si el total de errores o fallos detectados asciende a 278, ello implica que tenemos 15.444,44 DPMO (resultante de dividir 278 por los 18.000 y multiplicarlos por 1.000.000). Para este nivel de DPMO la cantidad de sigmas es de 3,67 (lo cual implica un rendimiento entre el 99,80 y el 99,87 por ciento).

### **1.8.- Herramientas de Mejora de Procesos Seis Sigma**

El sistema Seis Sigma es mucho más que un trabajo en equipo, implica la utilización de refinados sistemas de análisis relativos al diseño, la producción y el aprovisionamiento.

En materia de Diseño se utilizan herramientas tales como: Diseño de Experimentos (DOE), Diseño Robusto y Análisis del Modo de Fallos y Efectos (ARMEF).

En cuanto a Producción se utilizan las herramientas básicas del control de calidad, entre los cuales se encuentran: los histogramas, el Diagrama de Pareto, el Diagrama de Ishikawa, ARMEF, SPC (Control Estadístico de Procesos) y DDE.

A las actividades y procesos de Aprovisionamiento le son aplicables el SPC y el DDE correspondientes a los proveedores.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Lowenthal, Jeffrey Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma. Traducción de Carlos Rosser Madrid: Fundación Confemetal, 2002, 135p

## **1.9.- Equipo de Mejora Seis Sigma**

El cual atraviesa por seis fases, las cuales serán mencionadas a continuación:

### **1.9.1.- Identificación y selección de proyectos.**

La Dirección considera los diversos proyectos de mejora presentados, seleccionando los más prometedores en función de posibilidades de implementación y de los resultados obtenibles. El proyecto tiene que tener un beneficio tanto para el negocio como para los clientes. El uso del Diagrama de Pareto es una herramienta beneficiosa para dicha selección.

### **1.9.2.- Se procede a la formación de los equipos,**

Entre los cuales se encuentra el Líder del Grupo (Cinturón Negro), para lo cual se involucrará a aquellos individuos que de acuerdo al Inventario Permanente de RR.HH. (ver Anexo, punto 14, al final del artículo) poseen las cualidades necesarias para integrarse al proyecto en cuestión.

### **1.9.3.- Desarrollo del documento marco del proyecto.**

El documento marco es clave como elemento en torno al cual se suman las voluntades del grupo, sirviendo de guía para evitar desvíos y contradicciones.

El mismo debe ser claro, fijar claramente los límites en recursos y plazos, y por sobre todas las cosas el objetivo supremo a lograr.

#### **1.9.4.- Capacitación de los miembros del equipo.**

Los mismos son capacitados, de no contar ya con conocimientos y/o experiencia en Seis Sigma, en estadísticas y probabilidades, herramientas de gestión, sistema de resolución de problemas y toma de decisiones, creatividad, pensamiento lateral, métodos de creatividad, PNL, planificación y análisis de procesos.

#### **1.9.5.- Ejecución del COSMIIC e implementación de soluciones.**

Los equipos deben desarrollar los planes de proyectos, la capacitación a otros miembros del personal, los procedimientos para las soluciones, y son responsables tanto de ponerlos en práctica como de asegurarse de que funcionan (midiendo y controlando los resultados) durante un tiempo significativo.

#### **1.9.6.- Traspaso de la solución.**

Luego de cumplidos los objetivos para los cuales fueron creados, los equipos se disuelven y sus miembros vuelven a sus trabajos regulares o pasan a integrar equipos correspondientes a otros proyectos.

#### ***1.10.- Postulados de Seis Sigma sobre el cliente***

- 1) Es necesario tener un conocimiento profundo de las preferencias del cliente y sus necesidades.
- 2) Creemos que conocemos al cliente mejor de lo que verdaderamente lo conocemos.
- 3) Frecuentemente ni siquiera el cliente sabe como explicar sus preferencias y necesidades.

4) El conocimiento que tenemos del cliente es subjetivo, cualitativo, reducido e inexacto.

### **1.11.- Postulados de Seis Sigma sobre los procesos**

1) Es necesario tener un conocimiento profundo de los procesos y la relación entre las variables y operaciones

2) Creemos que conocemos los procesos mejor de lo que verdaderamente lo conocemos.

3) El conocimiento que tenemos del proceso es subjetivo, cualitativo, reducido e inexacto.

4) La mayoría de los procesos están mal diseñados, haciéndolos caros, lentos e inefectivos.

### **También es posible definir Seis Sigma desde tres diferentes perspectivas:**

- Seis Sigma es un método altamente técnico usado por ingenieros y estadistas para mejorar productos y procesos.

- Seis Sigma es un objetivo de alcanzar los requerimientos del cliente con productos casi-perfectos. El nivel 6 s .

- Seis Sigma es un método de administración que se basa en datos y hechos para tomar las decisiones que generen mayor satisfacción del cliente, utilidades y competitividad

La iniciativa Seis Sigma se construye sobre tres elementos clave:

## Complacer a los clientes

El cliente define lo que es importante: Valor y Calidad. Ellos esperan desempeño, confiabilidad, precios competitivos, entregas a tiempo, transacciones claras y correctas, completar proyectos a tiempo, y más....Los clientes son el centro de la iniciativa “Seis Sigma”:

## Pensamiento de afuera hacia adentro.

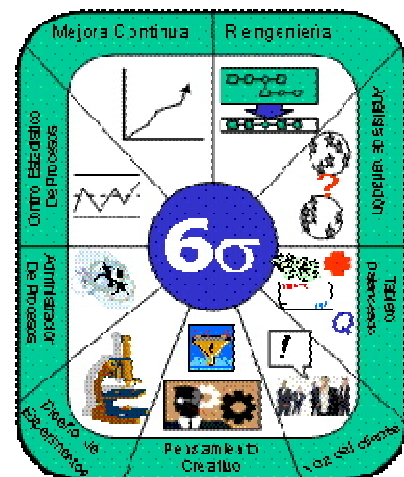
La Calidad requiere que veamos nuestro negocio desde la perspectiva del cliente, no la nuestra. Al entender los ciclos de vida de las necesidades y procesos de nuestros clientes, podemos descubrir lo que ven y sienten.

## Compromiso gerencial

La gente crea resultados. Involucrar a todos los empleados es esencial para el enfoque Seis Sigma. La empresa debe comprometerse a proveer oportunidades e incentivos para que los empleados enfoquen sus talentos y energías en satisfacer a los clientes.

### 1.12.- Los Beneficios de Seis Sigma

1. Genera un éxito sostenido
2. Fija un objetivo de desempeño común
3. Mejora el servicio a clientes
4. Acelera el ritmo de mejora
5. Promueve el aprendizaje
6. Ejecuta cambios estratégicos



La caja de Herramientas de Seis Sigma Figura 5

### 1.13.- El modelo de Mejora DMAIC

Existen básicamente dos metodologías de mejora dentro de Seis Sigma. Una para mejorar procesos (DMAIC) y otra para mejorar diseños (DFSS).

La primera es por mucho, la más popular y es usada siempre que se desea aplicar Seis Sigma para mejorar el desempeño de un proceso actual. (Figura 6)

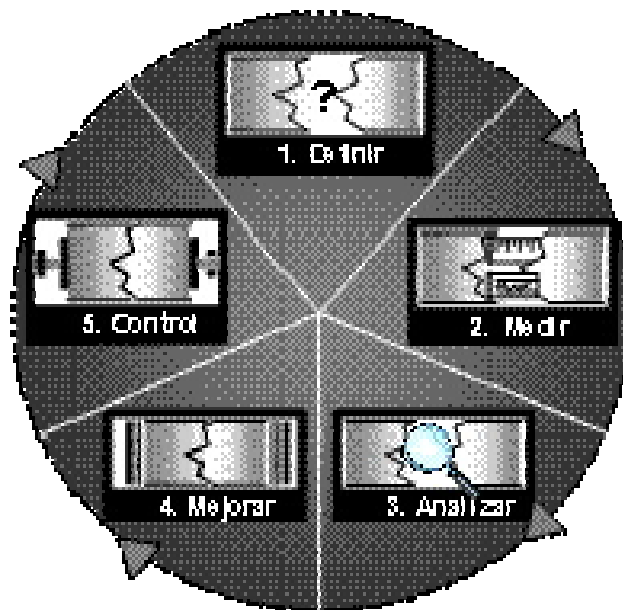


Figura 6

### 1.14- El nuevo rol de los empleados

- Green Belts
- Black Belts
- Master Black Belts
- Champion

### **1.14.1.- Champion:**

Típicamente es alguien de la alta gerencia y asigna recursos que promuevan la mejora de procesos y el desarrollo de Black Belts. Se entrenan en los conceptos básicos de Seis Sigma y en estrategias de implementación. Lideran la implementación del programa Seis Sigma.

### **1.14.2.- Master Black Belt:**

Consumados expertos en la metodología Seis Sigma y Herramientas estadísticas avanzadas. Son antes que nada maestros y dedican todo su tiempo a consultoría, guía y entrenamiento de green belts, black belts y champions

### **1.14.3.- Black Belts:**

El término se refiere a líder de proyecto, hábil en el uso de métodos estadísticos y comunicaciones interpersonales. Dedicado a usar la metodología Seis Sigma para asegurar la satisfacción del cliente. Usualmente dedican 70% ~ 100% de su tiempo a Seis Sigma. <sup>14</sup>

Los Black Belts son más efectivos en posiciones de mejora de procesos de tiempo completo. Pueden utilizarse como líder de equipo y como consultor interno, incluso como instructor en técnicas de solución de problemas.

---

<sup>14</sup> Escalante Vázquez, Edgardo J. Seis-sigma: metodología y técnicas México: Limusa-Noriega, c2003 197p



#### **1.14.4.- Green Belts:**

Requieren menos entrenamiento que un black belt y toman responsabilidad de liderar menos proyectos. Usualmente dedican 25% ~ 40% de su tiempo a Seis Sigma. Dependiendo del programa de entrenamiento, pueden tener las mismas bases teóricas que un Black Belt, solamente que menos experiencia practica en dirección de proyectos Seis Sigma y liderazgo.

#### **1.15.- La selección de proyectos**

¿Porque seleccionar proyectos?

- Seleccionar el proyecto correcto puede tener un efecto tremendo en su negocio. Si se hace apropiadamente, los procesos funcionaran mas eficientemente en 3 o 4 meses, los empleados se sentirán mas satisfechos y motivados y la gerencia vera los beneficios.

- Las bases de la selección de proyectos
- Enseñe al equipo gerencial a seleccionar proyectos.
- Lanzar un número razonable de proyectos.
- Enfoque los proyectos apropiadamente.
- Enfoque tanto en eficiencia como beneficios al cliente. <sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Escalante Vázquez, Edgardo J. Seis-sigma: metodología y técnicas México: Limusa-Noriega, c2003 197p

## **Conclusión**

### **¿Cuál es el objetivo de Seis Sigma?**

Mejorar el desempeño de todos los procesos para lograr 3.4 Defectos por Millón de Oportunidades.

### **¿Cual es la Estrategia para lograr la meta de 3.4 DPMO?**

Eliminar todas las fuentes de variabilidad para reducir el tamaño de la Desviación Estándar de los procesos.

### **¿Cómo se puede reducir la variabilidad?**

Rediseñando los productos, procesos ó sistemas existentes ó diseñando nuevos productos, procesos ó sistemas.

### **¿Cómo saber que es lo que hay que cambiarle a los productos, procesos ó sistemas?**

Obteniendo profundo conocimiento de los productos, procesos ó sistemas existentes.

### **¿Cómo conocer las relaciones causa-efecto de los productos, procesos ó sistemas?**

Analizando la información de los productos, procesos ó sistemas siguiendo una metodología usando mejores herramientas de análisis.

## **CAPITULO II**

### **Sabritas y sus orígenes**

## **2.1.- Visión, misión y principios organizacionales**

Sabritas es una de las más importantes empresas del país que crece basada en los siguientes preceptos:

### **2.1.1.- Visión**

Ser la opción favorita para consumidores y clientes de alimentos divertidos, convenientes y de consumo frecuente.

### **2.1.2.- Misión**

Lograr un crecimiento retador, sostenido y rentable, ofreciendo al consumidor alimentos divertidos, reconocidos por su marca, alto valor, calidad e innovación, con dominio absoluto de los puntos de venta.

Promover la pasión por servir y el desarrollo de nuestra gente en una cultura donde todos participamos.

### **2.1.3.- Principios organizacionales:**

- 1.- Superar las expectativas del consumidor
- 2.- Lograr una percepción de valor y calidad insuperables en todos nuestros productos.
- 3.- Pasión por servir
- 4.- Aportar nuestro máximo esfuerzo para superar las expectativas de nuestros clientes.

## **2.2.- Innovación**

Sorprender al consumidor creando los mejores productos, sistemas y procesos que aseguren nuestra ventaja competitiva.

### **Dominio absoluto**

- Lograr presencia total en cada punto de venta.
- Ser el mejor lugar para trabajar
- Ser la empresa que contrata, retiene y desarrolla la mejor gente.

### **Liderazgo compartido**

Compartir entre todos los miembros de la organización la responsabilidad de construir una operación exitosa.

### **Óptima rentabilidad de todos nuestros recursos**

Ser productivos, eliminar los desperdicios e invertir inteligentemente cumpliendo nuestros compromisos financieros.

## **2.3.- Compromiso social**

Respetar las leyes de las naciones donde operamos, así como promover y colaborar en el desarrollo de sus comunidades.

Actualmente Sabritas cuenta con seis plantas de botanas en la República Mexicana y una de dulces; así como una en Mission, Texas, que exporta a Centroamérica, el Caribe y ocasionalmente a México.

Adicionalmente, Sabritas tiene alianzas estratégicas con más de 25 fabricantes mexicanos de golosinas, chocolates y bebidas en polvo para abastecer el mercado nacional y Centro-americano

Todas las plantas de Sabritas se someten periódicamente a las auditorias de la American & Baking Institute, mismas que nos aseguran que la calidad sanitaria de nuestros productos es óptima.

- Mexicali
- Cd. Obregón
- Saltillo
- Guadalajara
- Distrito Federal
- Veracruz
- Planta de Dulces Metepec
- Mision Texas

En Sabritas tenemos el compromiso de seguir contribuyendo a desarrollar el campo mexicano, con el fin de apoyar a nuestro país y garantizar la calidad de nuestras materias primas.

Entre los apoyos al campo mexicano, contamos desde 1991 con un Centro de Investigación y Desarrollo Agrícola, que permite que los productores tengan semillas de alta calidad y que podamos ofrecer a nuestros consumidores un producto en condiciones inmejorables.

El resultado de este esfuerzo y de nuestras inversiones constantes nos permite actualmente generar 300 mil empleos indirectos y temporales en esta área.

## **CAPITULO III**

### **Seis Sigma Aplicado a Sabritas**



### **3.1.- Metodología aplicada**

En este capítulo se muestra el desarrollo de la metodología COSMIIC de Seis Sigma aplicada a un problema real de Sabritas.

Nombre del Proyecto. **“Certificación de Mantenimientos Preventivos”**

**3.2.- Definir Alcance del Proyecto ¿En que voy a trabajar y por que? ¿Cómo voy a medir el problema?**

Herramientas:

- Indicadores
- Diagrama de Árbol
- Pareto y Sipoc

Entienda claramente lo siguiente:

¿Cuáles son los problemas evidentes por los que se seleccionó este proyecto?

-En la actualidad hay un alto número de mantenimientos correctivos, un gasto elevado en el rubro de reparación y mantenimiento.

- Incrementos de auxilios en ruta.
- Baja productividad de las unidades.



**Imagen 1**

### **3.3.- Causas de malos mantenimientos:**

¿Cuales son las causas aparentes del problema?

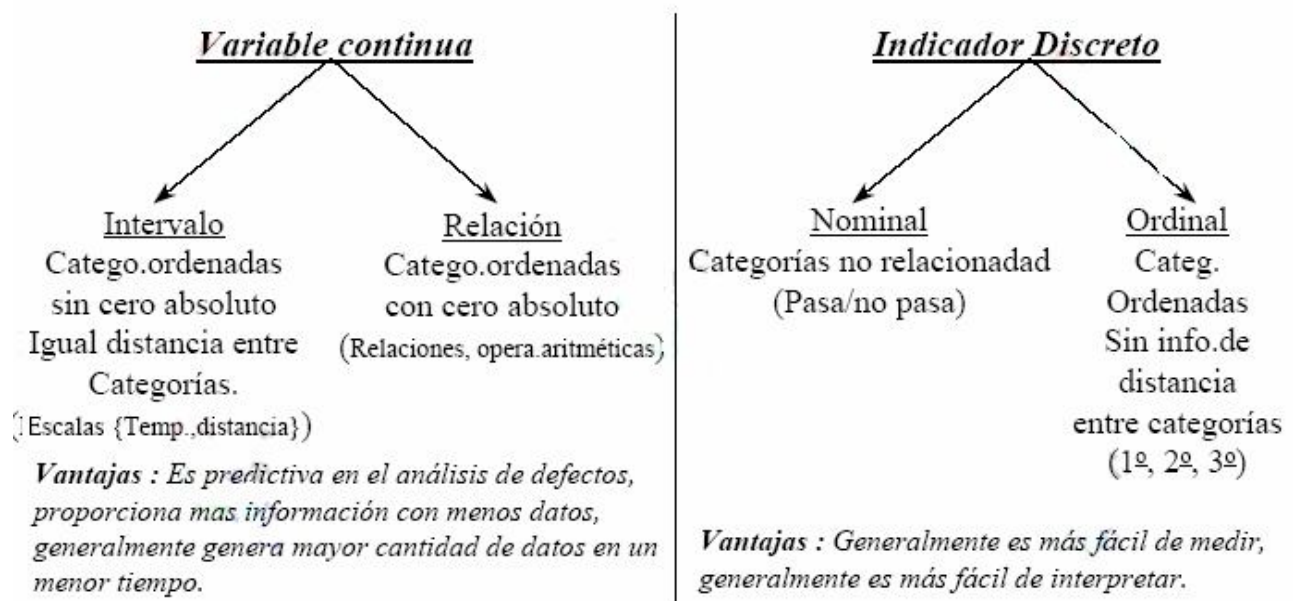
- El programa de mantenimientos esta mal elaborado.
- No se cumple el programa de mantenimientos preventivos.
- No existe un seguimiento a las rutinas de mantenimiento
- Bajo desempeño de los mecánicos
- Poca supervisión.

### **3.4.- Definir Medible (Indicadores Primarios y Secundarios)**

A) Defina el defecto

Para el proyecto “Certificación de mantenimientos preventivos” los defectos serán el % de mantenimientos correctivos vs la flota en cada uno de los talleres en un determinado tiempo.

B) Defina cómo va a medir la magnitud del defecto (Este es el medible) (Tabla 1)<sup>1</sup>



### 3.5.- Definir alcance de la investigación. (Diagrama de Pareto)

Estratificar el problema por áreas, productos, grupos, etc. Para enfocar la investigación hacia lo que represente mayor problema/ área de oportunidad.

Procedimiento:

- 1) Recolectar los datos por elemento estratificado (Área, producto, etc.)
- 2) Ordenar de forma descendente según la frecuencia de los datos por causa
- 3) Calcular la frecuencia relativa por causa

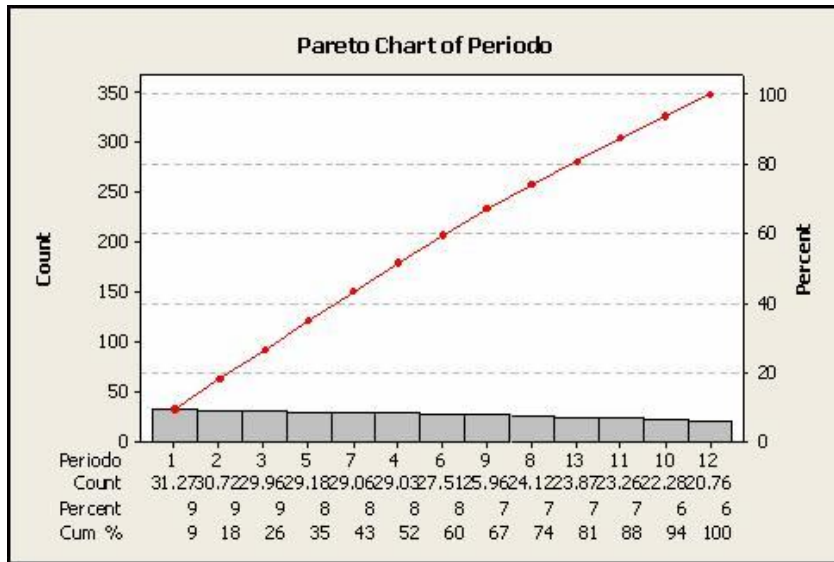
$$\text{Frecuencia Relativa (\%)} = (\text{Frecuencia de Causa} / \text{Total de Frecuencia}) \times 100$$

- 4) Calcular la frecuencia acumulada relativa.

5) Graficar mediante barras los datos de frecuencia por causa y los de frecuencia acumulada relativa usando una ojiva utilizando diferentes escalas en el eje “y”.

<sup>1</sup> Gómez Fraile, Fermín. Seis sigma Madrid: Fundación Confemetal, 2002 150p

6) Mediante la ojiva determine cuales son los factores con mayor frecuencia absoluta que acumulan el 80% de la frecuencia total; esos son los factores vitales.<sup>2</sup>



Gráfica 2

En la Gráfica 2 se demuestra como a mayor número de mantenimientos preventivos, disminuye el número de eventos correctivos.<sup>3</sup>

### 3.6.- Estimación Financiera

#### 3.6.1.-Ahorros Profitability

Son las ganancias adicionales. Se identifican como “lo que voy a ganar”.

<sup>2</sup> Barba, Enric Seis sigma: una iniciativa de calidad total. Barcelona, Gestión 2000. 209p

<sup>3</sup> Gómez Fraile, Fermín. Seis sigma Madrid: Fundación Confemetal, 2002 150p

Ejemplos:

- Incremento en ventas (Mayor disponibilidad de producto resultante en ventas adicionales)

- Mejores pronósticos de ventas.

- Mayores volúmenes de producción (Menores tiempos de ciclo).

Nota = Típicamente se considera como beneficios el Margen de utilidad de las ventas adicionales.

- Incremento flujo de efectivo (Menores inventarios, menores tiempos de cobro en cuentas por cobrar, menos cuentas incobrables, etc.)

Nota = Típicamente se considera la utilidad financiera del incremento en el flujo

### **3.6.2.- Ahorros Hard Saving**

Son los ahorros directos. Se identifican como “lo que hemos dejado de gastar”.

Ejemplos:

- Ahorro de materias primas (Menos desperdicios)
- Ahorro de energía y servicios (Menos re-trabajos)
- Ahorro de mano de obra (Reducción de tiempo extra)
- Ahorro de transportación (Nuevas rutas logísticas, mayor utilización del transporte)
- Ahorro en costos (Materias primas más baratas, menos materiales)<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Barba, Enric Seis sigma: una iniciativa de calidad total. Barcelona, Gestión 2000. 209p

### **3.6.3.- Ahorros cost avoidance**

Son los gastos que se evitaron por hacer las cosas bien desde el principio. Se identifican como “lo que pudimos haber gastado si no se hubiera hecho”.

Ejemplos:

- Evitar inversiones (Desarrollar tecnología propia más eficiente y/o de menor costo).
- Evitar Inspección (Desarrollo de procesos altamente confiables que no requieran inspección en su operación)
- Evitar pérdida de Mercado (Satisfacción de clientes)
- Evitar/prevenir la ocurrencia de accidentes
- Evitar sanciones gubernamentales (Contaminación ambiental, etc.)
- Evitar huelgas

### **3.6.4.- Ahorros Potenciales**

Son los beneficios ó ahorros que se pudieran concretar si ocurren ciertas circunstancias. Se identifican como “lo que podríamos obtener si...”.

Ejemplos:

- Incremento en capacidad de producción de cierta área (Es potencial si existen otras áreas que son “cuello de botella” al proceso completo).
- Incremento en capacidad de producción total (Es potencial si no se tiene mercado para vender todo lo que se produce)

- Liberación de espacio (Es potencial si eso no representa pagar menos renta ó la posibilidad de darle un uso productivo)

### **3.6.5.- Beneficios Intangibles**

Son los beneficios ó ahorros que son muy difíciles ó incluso de medir.

Ejemplos:

- Mejorar la imagen de la compañía
- Mejorar la satisfacción del cliente
- Mejorar el ambiente laboral
- Incrementar el “know-how” de la empresa

**Para nuestro proyecto se espera que los ahorros en un año sean del tipo “Hard**

**Saving” por la cantidad de:**

**\$78,000.00 USD**

**3.7.- Evaluar desempeño inicial y Objetivo del Problema ¿Qué tan grande es el problema y cuando podemos decir que ya esta resuelto?**

#### **3.7.1.- Recolectar Datos**

Recolecte la mayor cantidad de datos posible:

- Si son datos continuos, obtenga por lo menos 15 datos
- Si son datos discretos, obtenga datos de por lo menos 4 meses

A continuación se muestra algunos datos sobre los cuales se esta realizando el estudio (Tabla 2)<sup>5</sup>

**C.S. PUEBLA**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
<b>Unidades</b>	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377
<b>Preventivos</b>	30	57	55	66	85	76	80	67	118	75
<b>\$ Preventivo</b>	\$ 167,185	\$ 349,796	\$ 91,590	\$ 91,797	\$ 119,022	\$ 124,665	\$ 118,602	\$ 67,518	\$ 107,394	\$ 67,758
<b>Correctivos</b>	346	330	370	352	381	292	341	435	454	314
<b>\$ Correctivo</b>	\$ 284,732	\$ 248,045	\$ 261,661	\$ 216,203	\$ 262,904	\$ 230,066	\$ 297,723	\$ 300,854	\$ 347,900	\$ 251,974

**C.S. VERACRUZ**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
<b>Unidades</b>	415	415	415	415	415	415	415	415	415	415
<b>Preventivos</b>	33	61	70	69	66	69	66	47	71	46
<b>\$ Preventivo</b>	\$ 104,531	\$ 207,400	\$ 263,616	\$ 109,842	\$ 180,973	\$ 151,655	\$ 155,627	\$ 55,546	\$ 174,818	\$ 113,783
<b>Correctivos</b>	236	267	280	280	290	210	241	305	177	272
<b>\$ Correctivo</b>	\$ 239,280	\$ 393,118	\$ 158,379	\$ 241,126	\$ 302,633	\$ 198,392	\$ 315,543	\$ 274,830	\$ 398,992	\$ 245,823

**C.S. ORIZABA**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
<b>Unidades</b>	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
<b>Preventivos</b>	18	19	16	17	17	17	17	17	17	17
<b>\$ Preventivo</b>	\$ 112,763	\$ 81,445	\$ 57,378	\$ 38,453	\$ 53,206	\$ 54,687	\$ 31,248	\$ 25,443	\$ 26,905	\$ 51,200
<b>Correctivos</b>	63	66	65	68	93	62	66	86	77	66
<b>\$ Correctivo</b>	\$ 46,156	\$ 45,458	\$ 26,307	\$ 66,772	\$ 48,512	\$ 43,880	\$ 68,689	\$ 69,120	\$ 38,427	\$ 44,659

**C.S. OAXACA**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
<b>Unidades</b>	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
<b>Preventivos</b>	46	39	35	44	38	38	33	44	45	42
<b>\$ Preventivo</b>	\$ 183,514	\$ 286,163	\$ 25,554	\$ 77,735	\$ 30,990	\$ 21,716	\$ 28,308	\$ 33,852	\$ 20,115	\$ 9,033
<b>Correctivos</b>	119	54	81	95	263	44	233	88	78	91
<b>\$ Correctivo</b>	\$ 54,684	\$ 65,327	\$ 113,274	\$ 147,549	\$ 146,825	\$ 53,846	\$ 140,694	\$ 90,384	\$ 84,085	\$ 111,298

Tabla 2

**3.7.2.- Evaluar Desempeño Inicial y Objetivo.**

Evaluación por tipo de datos. Existen 2 tipos de evaluaciones (DPMO y PPM)

Sistema de datos por atributos: La capacidad es definida en términos de Defectos/Unidades (DPMO) (Figura 7)

<sup>5</sup> Barba, Enric Seis sigma: una iniciativa de calidad total. Barcelona, Gestión 2000. 209p



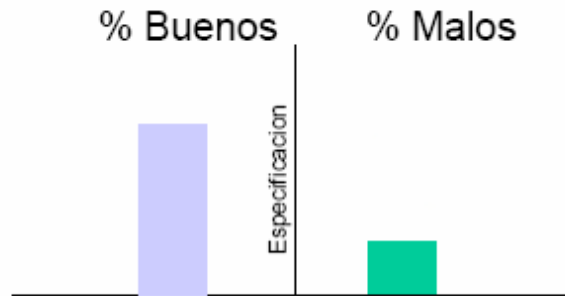


Figura 7

Sistema de Datos Continuos: La capacidad es definida en términos de proporción del área de una distribución probabilística que se sale de los límites de especificación (PPM). (Figura 8)

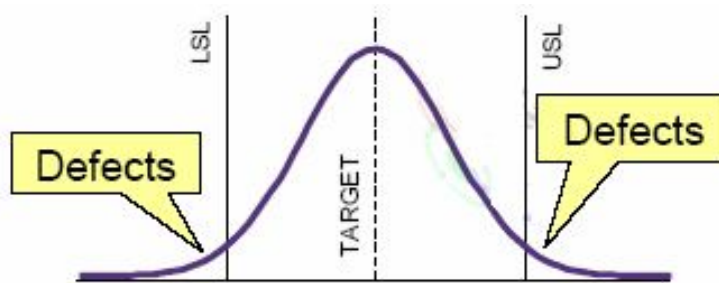


Figura 8

Para nuestro proyecto definiremos a los PPM como el % de Mantenimientos Preventivos y DPMO como la disminución de relevos en centros de servicio.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Escalante Vázquez, Edgardo J. Seis-sigma: metodología y técnicas México: Limusa-Noriega, c2003 197p

Después de analizar los datos los resultados son los siguientes (Tabla3):

	Medible	DPMO / PPMO Inicial	DPMO / PPMO Objetivo	Intervalo de Confianza	% De Mejora
1°	<b>% de Mantenimientos Correctivos</b>	<b>784867.5</b>	<b>235460.2</b>	<b>864316.8 &lt; PPM &lt; 683607.4</b>	<b>70%</b>
2°	<b>Disminución de Relevos de CS</b>	<b>173611.1</b>	<b>52083.33</b>	<b>111744.6 &lt; PPM &lt; 235477.3</b>	<b>70%</b>

Tabla 3

Con estos datos concluimos que nuestro porcentaje de mejora en ambos casos (DPMO y PPMO) mínimo a mejorar deberá de ser del 70%.

Con los datos de nuestro desempeño inicial y objetivo podemos saber cual es nuestro nivel sigma actual y el objetivo. (Tabla 4)

Nivel sigma Actual = 0.711263

Nivel sigma Objetivo = 2.03

Numero de Datos	Media	Desviación Estándar (It)	PPM inicial
13	0.266912304	0.035032239	782040.8
$t_{0.05} = 2.178812827$			
$\eta^2_{,0.025} = 4.403788517$		$\eta^2_{,0.975} = 23.33666416$	
0.245742533		$< \eta <$	
0.025121128		0.288082074	
<b>839333.6</b>		$< \text{PPM} <$	
<b>1.07</b>		<b>666696.1</b>	
<b>1.07</b>		$< \text{Sigma} <$	
<b>0.51</b>			
<p>% de Reducción de Defectos = 70%</p> <p>PPM Final Objetivo &lt; 234612.2</p> <p>Valor Sigma Final Objetivo &gt; <b>2.22</b></p>			

### 3.8- Validar confiabilidad de los sistemas de medición. ¿Los datos son confiables?

#### Herramientas:

- Exactitud, Linealidad, Estabilidad
- Estudio Re-evaluación experta
- Estudio Round Robin

Todo proceso tiene variabilidad y los procesos de medición no son la excepción; Los valores observados son el resultado del comportamiento verdadero más el “ruido” de la medición, por lo que se hace entonces necesario evaluar el sistema de medición de la variable de respuesta para determinar si este es aceptable para la necesidad.<sup>7</sup>

Ejemplo:

Octubre de 1707

**Situación:** Gran Bretaña pierde 4 Buques de Guerra y dos mil vidas (Más muertes que en el Titanic). No hubo batalla alguna.

**Problema:** Era de noche y había neblina. El almirante Clowdisley Shovell calculó mal su posición en el atlántico y su barco insignia se desplazó contra las rocas de la Isla de Scilly...El resto de los barcos lo siguieron a ciegas.

**Causa:** El concepto de latitud y longitud existían desde el siglo I A.C. Pero en el siglo XVIII aún no se sabía como medir la longitud a ciencia cierta; la distancia recorrida y la

---

<sup>7</sup> Barba, Enric Seis sigma: una iniciativa de calidad total. Barcelona, Gestión 2000. 209p

velocidad eran aproximaciones dejando caer un tronco en el agua y midiendo el tiempo que tardaba en llegar al otro extremo del barco.<sup>8</sup>

### **3.9.- Establecer sistemas de medición.**

#### **3.9.1.- Las evaluaciones cuantitativas**

En términos generales se prefieren mediciones continuas obtenidas mediante equipo de medición, ya que generalmente la resolución es mayor y la medición es más precisa (Se repite mejor el valor para las mismas condiciones).

Aún y cuando la evaluación haya sido sensorial, se recomienda en la medida de lo posible, que los evaluadores le asignen un valor al atributo evaluado (Dentro de una escala previamente establecida) para poderle dar un tratamiento continuo a la información.

No existen reglas para determinar cual es el equipo ó método cuantitativo a utilizar para medir cada característica CTS, pero se sugiere realizar estudios de Benchmark de producto, funcionales y de estándares de medición; así como investigar el mercado sobre las ofertas existentes en cuanto a métodos y equipos de medición.

#### **3.9.2.- Las evaluaciones sensoriales**

La evaluación sensorial es una disciplina científica que permite evocar, medir, analizar e interpretar las características de los productos tal y cómo se perciben por los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído. (IFT, 1975).

---

<sup>8</sup> Escalante Vázquez, Edgardo J. Seis-sigma: metodología y técnicas México: Limusa-Noriega, c2003 197p

Para realizar evaluaciones sensoriales es necesario entrenar al personal que realizará las “mediciones” hasta lograr su estandarización, por lo que la evaluación sensorial es considerada como una Cultura y una Tecnología que ayuda a sensibilizar a una empresa a pensar y actuar en función de la percepción humana.

No todas las personas tenemos la misma sensibilidad en los sentidos, por lo que NO todas las personas son buenos candidatos como evaluadores sensoriales.

Los resultados de las evaluaciones sensoriales generalmente son de tipo discreto, ya sea “tiene” ó “no tiene” un atributo, o bien, algún valor dentro de una escala previamente definida.

**Herramienta:** Introducción a la metrología.

Generalidades: En este momento hemos definido los medibles (CTQ's), como los vamos a medir y cuales son sus Especificaciones ó Tolerancias; no obstante, no hemos validado si la variabilidad de los sistemas de medición es aceptable para la tolerancia que nos queremos permitir.

Los estudios de confiabilidad de la medición constan de 2 elementos:

- Estudios sobre la media (Exactitud)
- Estudios sobre la varianza (Precisión)

## **Operaciones metrológicas**

**Patrón:** Medida material, instrumento de medición, material de referencia o sistema que tiene por objeto definir, conservar o reproducir una unidad o más valores de una cantidad para transmitirlos a otros instrumentos de medición por comparación.

**Verificación:** Comparación del acondicionamiento del equipo conforme a los métodos de prueba específicos en cada caso y su ajuste en caso necesario.

**Ajuste:** Operaciones destinadas a llevar a un instrumento de medición a un estado de desempeño dado y libertad de tendencias, que resulten adecuados para su uso.

**Corrección:** Valor agregado algebraicamente al resultado no corregido de una medición para compensar un error sistemático.

**Calibración:** Conjunto de operaciones que se establecen bajo condiciones específicas. Es la relación entre los valores indicados por un aparato o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada, y los valores conocidos de una magnitud medida.

### **3.10.- Tipos de estudios metrológicos**

Existen 2 tipos de estudios que nos ayudarán en los sistemas de medición y que son de los mas comunes.

1. Reevaluación experta: investiga exactitud únicamente

2. Estudio de "Round Robin": Investiga operador a operador (precisión), puede estudiar también la exactitud si se incluye el experto.

NOTA: Ambos involucran una persona (o equipo) sirviendo como el "Experto" del estándar de referencia, como estaba. El "Experto" es la "Autoridad Final" en el estatus del proceso -- el que conoce "La verdad".

En nuestro caso práctico se realizó un estudio Round Robin en el cual se comparaba los mantenimientos que reportaba el sistema vs lo que se había hecho en realidad, esto únicamente es un paso que debe realizarse para saber si los datos sobre los cuales vamos a trabajar son confiables.

### **3.11.- Validar precisión de las mediciones.**

Estudios de Precisión:

- Si en los sistemas de medición siempre participa la misma persona y equipo y método, entonces se sugiere evaluar la precisión mediante estudios de incertidumbre.
- Si en los procesos de medición participa el ser humano, ó diferentes equipos que miden lo mismo, ó diferentes métodos para medir lo mismo, se recomienda realizar estudios de GR&R (Repetibilidad y Reproducibilidad)

Repetibilidad: La variación en las medidas obtenidas con un instrumento de medición cuando se usa varias veces por un operador mientras mide la misma característica en la parte.

Reproducibilidad: La variación en el promedio de las medidas obtenidas con un instrumento de medición cuando es usado por varios operadores al medir la misma característica en la misma parte.<sup>9</sup>

En nuestro caso práctico se realizó un estudio Roun Robin en el cual se comparaba los mantenimientos que reportaba el sistema vs lo que se había hecho en realidad, esto únicamente es un paso que debe realizarse para saber si los datos sobre los cuales vamos a trabajar son confiables. (Tabla 5)

Recomendaciones saber si nuestros datos son confiables:

Recomendación si la exactitud es > 10%

Ajustar el equipo de medición

Utilizar factores de corrección

- Recomendaciones de estabilidad

<5% Espaciar periodos de uso entre calibración

>10% acortar periodos de calibración

- Recomendaciones si linealidad > 10 %

Restringir su uso

Aplicar factores de corrección

---

<sup>9</sup> Brunet Icart, Ignasi: Sistemas de Administración empresarial: organización, calidad y recursos humanos México, SICCO, 2005. 288 p



Tabla 5 Datos sacados de SSSTASS

Tabla de captura de datos para el estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (GR&R) :

Nombre =	Sistema P1	Cs P1	Sistema P2	Cs P2	Sistema P3	Cs P3					
Muestra	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5	Operario 6	Operario 7	Operario 8	Operario 9	Operario 10	Rango
1	19	21	39	51	29	29					32
2	41	41	44	43	40	24					20
3	32	32	57	58	45	45					26
4	34	34	56	57	51	49					23
5	16	16	34	31	66	63					50
6	102	82	93	68	107	80					39
7	28	24	51	44	19	19					32
8	33	31	34	35	46	44					15
9	28	22	29	29	21	24					8
10											0
<b>Rango Promedio =</b>											27.222

Resultados :

Desviación Estándar del Sistema de Medición ( $\sigma_{SM}$ ) = 1.050696 Repetibilidad y Reproducibilidad (GR&R) = 5.411084 % GR&R (vs Tolerancia = 32.25) : 17% % GR&R (vs Proceso [Stt = 21.4786715914493]) : 5%	valores a considerar (Marque una opción) -	Definidos en "Captura de datos continuos" = <input checked="" type="checkbox"/>		
		Otros datos a considerar en esta sección = <input type="checkbox"/>		
		De "Captura de datos"	Nuevos	A considerar
	Tolerancias =	32.25		32.25
	Desv. Std. (It) =	21.47867159		21.47867159
	PPMs =	457,196.87		457,196.87
%GR&R(T) Máximo Permitido (Considerando PPMs) = 30%				

**Conclusión :**

**Sistema de medición condicionado (Aceptable)**

**Sistema de Medición Aceptable vs Proceso**

SEMAFORO DE DECISION

**SISTEMA DE MEDICION CONFIABLE,  
Puede continuar con el desarrollo  
del proyecto**

SSStatSS, Módulo 1 de 5 (Caracterizar) v.6.12 Febrero del 2006  
 Una evolución autorizada para Software S. De R.I. De C.V.

### 3.12.- Identificar que tipo de problema tratamos.

Una vez que ya tenemos nuestros datos y nuestro problema convertido en números, ya se podrá analizar de manera estadística, por lo que el siguiente paso es definir que tipo de problema estadístico tenemos de acuerdo al siguiente cuadro: (Tabla 6)

<b>PROCESO</b> Zst>=4 ok Entre 4 y 3 amarillo Menor de 3 rojo		<b>OPERACIÓN</b> Zopn =Zst – Zbench<=1 ok Entre 1 y 1.5 amarillo Mayor 1.5 rojo	
Variabilidad natural del proceso	<b>OUTLIERS</b> Datos fuera de control	<b>SHIFT</b> Variabilidad/corto y largo plazo	<b>BIAS</b> Desplazamiento de la media
Problema de Capacidad, Diseño o tecnología	Falta de atención (control)	Falta de estandarización y disciplina	Falta de cumplimiento en el parámetro
Modelar/Importar	<b>ORDENAR O SIMPLIFICAR</b>	<b>ORDENAR MODELAR</b>	<b>SIMPLIFICAR IMPORTAR</b>
Zst=3*cp	Zctr=Zlt- Zbench<0.3 ok Entre 0.3 y 0.4 amarillo Mayor 0.4 rojo	Zshift=3(cp-pp) Zshift=(Zst-Zlt) Zshift <1.5 ok Entre 1 y 1.5 amarillo Mayor 1.5 rojo	Zbias=3(cp-cpk) Zbias =3(pp-ppk) Zbias<1.5 ok Entre 1 y 1.5 amarillo Mayor 1.5 rojo
<b>PRECISIÓN</b>	<b>PRECISIÓN</b>	<b>EXACTITUD</b>	<b>EXACTITUD</b>

Tabla 6

Nota: Los valores de todas las variables son obtenidas mediante el programa SSSTASS o MINITAB.

En nuestro caso se determino que tenemos un problema de Capacidad de diseño o tecnología.

### 3.13.- Clasificar, Ordenar y Limpiar. ¿Ordenaste el lugar de trabajo?

#### Herramientas: 5's de la calidad

¿Qué son las 5 S's y la organización del lugar de trabajo?

- Están enfocadas en el empleado
- Dispositivos que ayudan a la Sincronización y ergonomía

- “Gestión mediante un vistazo”
- Indicar condiciones normales y anormales
- Acciones necesarias para asegurar alta calidad
- Administración en tiempo real (NO mediante reportes)
- Administrar las excepciones
- Mantener disciplina para ejecutar consistentemente

Las 5S's fueron creadas en el mundo occidental en base a la organización y sistema Japonés que contiene cinco palabras que inician con la letra “S”. (Figura 9)

Japones	Traducción Español	Traducción Inglés
<b>Paso 1:</b> Seiri	Clasificar	Sorting
<b>Paso 2:</b> Seiton	Organizar	Storage
<b>Paso 3:</b> Seiso	Limpiar	Shining
<b>Paso 4:</b> Seketsu	Estandarizar	Standardize
<b>Paso 5:</b> Shitsuke	Entrenamiento y disciplina	Sustaining



Figura 9

### **3.13.1.- Beneficios Personales de Las 5 S's:**

- Oportunidad de aportar ideas creativas sobre cómo organizar el área de trabajo y cómo desempeñar éste.
- Hacer más grata la estación de trabajo.
- Hacer más satisfactorio el trabajo.
- Eliminar obstáculos y frustraciones.
- Ayudar a conocer lo que se espera que se haga y cuándo y dónde se espera que se haga.
- Fácil identificación de riesgos mejorando con ello la seguridad y ergonomía<sup>10</sup>

### **3.13.2.- Beneficios para la Empresa**

- Incrementar en la diversidad de productos
- Mejoramiento en la Calidad: Al tener las mejores prácticas documentadas para asegurar una entrega con calidad repetible
- Reducción de costos: Es el primer paso para la compresión de operaciones
- Mejorar el servicio / entregas a los clientes: Inventarios fáciles de contar y “ver” los inventarios Máximos y Mínimos
- Promover la seguridad
- Crear confianza en los clientes
- Contribuir al crecimiento de la empresa

---

<sup>10</sup> Gómez Fraile, Fermín. Seis sigma Madrid: Fundación Confemetal, 2002 150p

- Productividad al no tener áreas congestionadas ó atiborradas: Materiales, archivos y transacciones de tamaño adecuado para las estaciones de trabajo.
- Productividad al realizar las tareas más rápidamente: Un lugar designado para cada parte, archivo, documento, etc.<sup>11</sup>

### 3.13.3.- Descripción de las 5´s.

#### Primera “S” Clasificar:

“Clasificar significa retirar de las estaciones de trabajo todos los elementos que no son necesarios para las operaciones normales de producción o de las oficinas”

#### La Clave para Clasificar

- Organizar no implica deshacerse solamente de los elementos que estamos seguros de no necesitar nunca.
- Organizar no significa ordenar las cosas.
- Organizar significa dejar sólo lo estrictamente necesario. Si hay duda de que algo sea necesario, descártalo.(Imágenes 2 y 3)



Imagen 2: Antes

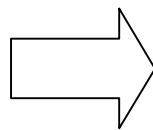


Imagen 3: Después

<sup>11</sup> Gómez Fraile, Fermín. Seis sigma Madrid: Fundación Confemetal, 2002 150p

### **Proceso para 'Organizar'**

- Establezca y explique los criterios y reglas para el manejo de los artículos.
- Asigne zonas para confinar los artículos innecesarios
- Conduzca un evento de 'etiquetado rojo'
- Identifique los artículos necesarios de los que no lo son
- Mueva los artículos identificados como innecesarios a la zona de confinamiento
- Conduzca una venta de 'Elefantes blancos'
- Realice una limpieza inicial

### **Técnica de Etiqueta Roja**

Es un método simple para identificar los elementos potenciales innecesarios o que no están en el lugar debido en la empresa, evaluando su utilidad y tratándolos apropiadamente.

### **Tipos de Artículos Innecesarios**

- Productos defectuosos o cantidades en exceso de pequeñas piezas o stocks
- Plantillas y troqueles rotos o fuera de uso
- Herramientas desgastadas
- Herramientas rotas o fuera de uso
- Artículos de limpieza viejos
- Equipos eléctricos con cables rotos

- Póster, tableros de avisos fuera de uso.<sup>12</sup>

### 3.13.4.- La segunda “S” Orden

#### Importancia del Orden

El orden es importante porque elimina muchos tipos de desperdicios, sobre todo de tiempo, tanto en actividades de producción como en las oficinas debido a que:

- Fácilmente se observa cuando algo se encuentra fuera de lugar.
- Los objetos ó documentos se encuentran con mayor facilidad.
- Ahorra tiempo en búsqueda de objetos.
- Menores distancias de desplazamiento. (Imágenes 4 y 5)



Imagen 4: Antes

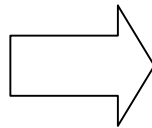


Imagen 5: Después

#### ¿Cómo ordenar?

- Identifique los artículos necesarios
- Determine la frecuencia de uso
- Defina “el mejor” lugar para colocarse

<sup>12</sup> Brunet Icart, Ignasi: Sistemas de Administración empresarial: organización, calidad y recursos humanos México, SICCO, 2005. 288 p

- Crear un diagrama de espagueti del área
- Determine a los responsables para la implementación
- Crear “Controles Visuales”
  - Etiquetar los artículos
  - Tableros y señalizaciones
  - Estrategia de pintura

Haga 4 preguntas:

1. ¿Que es esto?
2. ¿Debo de mantenerlo, almacenarlo ó tirarlo?
3. Si lo necesito ¿Con cuántos de estos artículos debo quedarme?
4. Si lo necesito ¿Que tan frecuentemente lo uso?

### ***Actividades comunes para ordenar***

- Arregle los artículos necesarios de forma que sean fáciles de encontrar y usar por cualquier persona
- Crear áreas de almacenaje para los artículos necesarios
- Los artículos que sean compartibles póngalos en una localidad centralizada (Eliminar excesos)
- Controlar el acceso a los suministros y a las áreas de almacenaje.
- Organice las áreas de almacenajes usando gabinetes ó estantes



- Use etiquetas, identificadores, marcas en el piso, señales, sombreado, diferentes colores, etc. en los artículos y/o áreas para el acceso eficiente.
- Prepare las hojas de inventarios que permitan asegurar la disponibilidad de los artículos
- Aplique las mismas reglas a las áreas individuales de trabajo<sup>13</sup>

### ***Cómo Implantar el Orden***

Para implantar el orden en le área de trabajo se requiere llevar a cabo un proceso de dos pasos: (Imágenes 6 y 7)

Paso 1: Decidir la localización adecuada

Paso 2: Identificar las localizaciones



Imagen 6: Antes

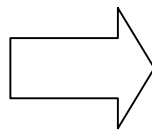


Imagen 7: Después

<sup>13</sup> Brunet Icart, Ignasi: Sistemas de Administración empresarial: organización, calidad y recursos humanos México, SICCO, 2005. 288 p

### ***Valor de la Estandarización***

Estandarizar significa definir un modo consistente de realización de tarea y procedimientos.

Estandarizar implica que cualquier persona pueda realizar el trabajo, ya sea en la planta o la oficina.

El orden es la esencia de la estandarización. (Imágenes 8 y 9)



Imagen 8: Antes

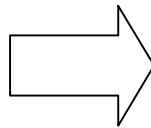


Imagen 9: Después

### ***El Orden y los Controles Visuales***

Control Visual es cualquier medio de comunicación usado en el área de trabajo, que nos dice de un vistazo cómo debe hacerse algo.

El Orden Visual significa poner en práctica Controles Visuales para implantar el orden (Imágenes 10 y 11).



Imagen 10: Antes

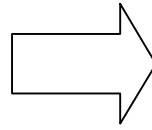


Imagen 11: Después

### 3.13.5.- La tercera “S” La limpieza.

“*Limpieza* significa mantener el área de trabajo con una extrema pulcritud y libre de suciedad”.

La limpieza es importante porque ayuda a mantener el área de trabajo en una condición tal en la que todos puedan trabajar a gusto.

Otro propósito es el de mantener todo en condiciones óptimas, de modo que cuando alguien necesite utilizar algo, esté listo para su uso (Imágenes 12 y 13)

#### Consideraciones para limpieza



Imagen 12: Antes

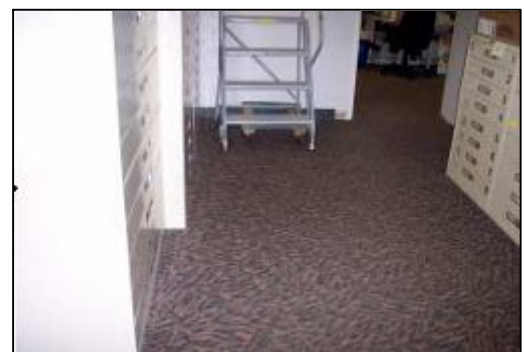
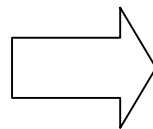


Imagen 13: Después

- Tener “Cada cosa en su lugar” permite tener tiempo disponible para limpiar.
- No deje áreas “en tierra de nadie”, cada área debe de tener a un responsable de mantenerla limpia
- Limpiar el área de trabajo es como bañarse (Tomar una ducha). “Baja el estrés y relaja, elimina el sudor y la mugre, y prepara al cuerpo para el trabajo”.<sup>14</sup>

### **3.13.6.- La Cuarta “S” Estandarización.**

“Estandarización es el estado que existe cuando las tres primeras S’s” (Organización, Orden y Limpieza) se mantienen.

#### **Estandarizar/Adherencia**

Crear las reglas mediante las cuales las primeras 3 S’s son implementadas y mantenidas.

- Estandarizar procedimientos de Etiqueta Roja.
- Estandarizar reglas de áreas de almacenamiento de Etiquetas Rojas.
- Estandarizar localización, número y posición de todos los artículos.
- Estandarizar programas y procedimientos de limpieza.

Mantener el lugar de trabajo a un nivel que revele y haga obvios los problemas permite la mejora continua mediante evaluaciones y acciones frecuentes.

---

<sup>14</sup> Gómez Fraile, Fermín. Seis sigma Madrid: Fundación Confemetal, 2002 150p

## **Objetivos de estandarizar**

Deben de escribirse instrucciones de trabajo y de operaciones y deben de seguirse de manera consistente:

- Mantener de manera consistente la clasificación, orden y limpieza (Día a día, turno a turno y hora a hora)
- Que cualquiera pueda realizar las operaciones
- Debemos mantener el lugar de trabajo suficientemente limpio y ordenado para identificar a simple vista problemas escondidos
- Desarrollar un sistema que permita a cualquier persona ver rápidamente los problemas cuando estos ocurran.

## **Importancia de la Estandarización**

- La Estandarización es el medio que nos permitirá uniformizar criterios con todo el personal.
- Establece claramente el Qué, Quién, Cómo, Cuándo, Dónde y Por qué.
- No deja lugar a interpretaciones, gustos o inclinaciones personales.

***“El propósito básico de la Estandarización es evitar retrocesos en las primeras 3 S’s, hacer de su ejecución un hábito diario y asegurar que ellas se mantienen en un estado de implantación”***

## **Metodología de Implantación**

**Paso 1:** Determinar responsabilidades respecto a las condiciones de las primeras 3S's.

**Paso 2:** Incorporar las actividades a las funciones del puesto (Procedimientos).

**Paso 3:** Verificar periódicamente el cumplimiento de las primeras 3S's<sup>15</sup>

## **Información en Archivos**

**Meta:** Encontrar cualquier expediente en menos de 30 segundos:

1. Descarte expedientes inútiles
2. Organice
3. Identifique
4. Adopte códigos de colores
5. Cree una guía de referencia

## **Información en Computadoras**

**Meta:** Encontrar lo que sea en 30 segundos:

1. En su PC
2. Su servidor
3. La red
4. Organice
5. Borre archivos
6. Cree una guía de referencia

---

<sup>15</sup> Brunet Icart, Ignasi: Sistemas de Administración empresarial: organización, calidad y recursos humanos México, SICCO, 2005. 288 p

## **Recomendación**

1. Es altamente recomendable, que en la elaboración de los estándares participen quienes deben realizar las actividades de las primeras 3S's.
2. Esto ayuda a crear un sentido de pertenencia y facilita avanzar en este esfuerzo<sup>16</sup>

### **3.13.7.- La Quinta “S” Disciplina.**

“**Disciplina** es el hábito de mantener correctamente los procedimientos adecuados”

#### **Sostener / Disciplina**

- Hacer que las 5-S's sean parte de nuestro proceso diario
- Adherirse a las reglas, escrupulosamente:
- Los procedimientos correctos se han vuelto un hábito
- Todos los colaboradores han recibido un entrenamiento adecuado.
  - Los colaboradores han “comprado” y se ha logrado un cambio en sus hábitos.
  - El área de trabajo está bien ordenada y se maneja bajo estándares acordados mutuamente.

#### **Importancia de la Disciplina**

Hemos tratado los aspectos de implantación de la Organización, el Orden, la Limpieza y la Estandarización. Muy poco servirá tener estándares, si éstos no son llevados a cabo por personas plenamente convencidas de sus ventajas.

---

<sup>16</sup> Brunet Icart, Ignasi: Sistemas de Administración empresarial: organización, calidad y recursos humanos México, SICCO, 2005. 288 p

La Quinta “S” es la que permitirá convertir en un hábito diario el respeto a los estándares.

“**La Disciplina** difiere de las primeras 4S’s en el sentido de que no es visible y no puede medirse”<sup>17</sup>

“**La Disciplina** existe en la mente y la voluntad de las personas y sólo su conducta muestra su presencia”

### ¿Cómo se logra la Quinta S?

- Práctica, práctica, práctica
- Entrenando
- Mejora continua
- Inspección
- Retroalimentación
- Cooperación Total de los Empleados
- Supervisando
- Facilitando
- Educando

---

<sup>17</sup> [www.larutadelaprendizaje.net](http://www.larutadelaprendizaje.net)



Las técnicas más comunes usadas como sistema para “forzar” el cambio de hábitos son:

- La técnica de Etiquetas rojas
- Auditorias 5 S's
- Fotografías de “antes y después”
- Mejorar radicalmente un área a la vez
- Tours diarios interdepartamentales
- Programar visitas de todos los clientes críticos<sup>18</sup>

#### **Auditorias 5S's (Calificaciones)**

0 = **Inaceptable**

20 = **Marginal**

40 = **Satisfactorio**

60 = **Bueno**

80 = **Excelente**

100 = **Condiciones de quirófano**

---

<sup>18</sup> [www.6sigma.com.mx](http://www.6sigma.com.mx)

**Niveles de logro en las 5S's (Tabla 7)**

<p><b>NIVEL</b> <b>5</b> <i>Mejora Continua</i></p>	Se han identificado las áreas con problemas de limpieza y se han implementado acciones para prevenir el desorden	Los artículos necesarios pueden ser "adquiridos" en 30 segundos en pocos pasos	Se han identificado problemas potenciales y se han documentado las contramedidas	Se usan y se comparten los métodos probados para el arreglo y buenas prácticas del área	La causa raíz se ha eliminado y las acciones de mejora incluyen prevención.
<p><b>NIVEL</b> <b>4</b> <i>Enfoque en Confiabilidad</i></p>	Los programas y responsabilidades han sido documentadas y son respetadas	Los artículos mínimos necesarios están arreglados según la frecuencia de uso.	Diariamente se limpia, inspecciona y abastece el área de trabajo.	Se usa en el área métodos probados para el arreglo del área y buenas prácticas.	Se documentan la frecuencia y causa raíz de los problemas así como un plan de acción.
<p><b>NIVEL</b> <b>3</b> <i>Háhalo Visual</i></p>	Se ha hecho una limpieza inicial y se conoce y ha corregido la fuente del desorden	Los artículos necesarios están delineados, tienen una ubicación asignada y están etiquetados en cantidades planeadas.	Se han implementado controles visuales e indicadores y se han marcado las áreas de trabajo	Se han documentado los acuerdos respecto a la identificación, cantidades y controles.	El grupo revisa de manera rutinaria los acuerdos en 5 S's para mantenerlos.
<p><b>NIVEL</b> <b>2</b> <i>Enfoque en lo Básico</i></p>	Se encuentran identificados los artículos necesarios e innecesarios	Los artículos necesarios están almacenados de manera segura y organizada de acuerdo a la frecuencia de uso	A simple vista se vé limpio pero en áreas ocultas hay basura ó polvo	El grupo de trabajo ha documentado y arreglado y el control del área.	Se ha establecido el nivel inicial de 5 S's y se ha exhibido en el área.
<p><b>NIVEL</b> <b>1</b> <i>Apenas Empezando</i></p>	Se encuentran revueltos los artículos necesarios e innecesarios	Los artículos están colocados de forma aleatoria a lo largo y ancho del área de trabajo	Se observa polvo á basura a simple vista	No siempre se siguen y/o no están documentados los métodos del área de trabajo.	Las revisiones del área de trabajo se hacen de forma aleatoria y no hay medición de las 5 S's
	<b>Clasificar</b>	<b>Ordenar</b>	<b>Limpiar</b>	<b>Estandarizar</b>	<b>Sostener</b>

Tabla 7

**Ejemplo de evaluación de las 5 S's (Figura 10)**

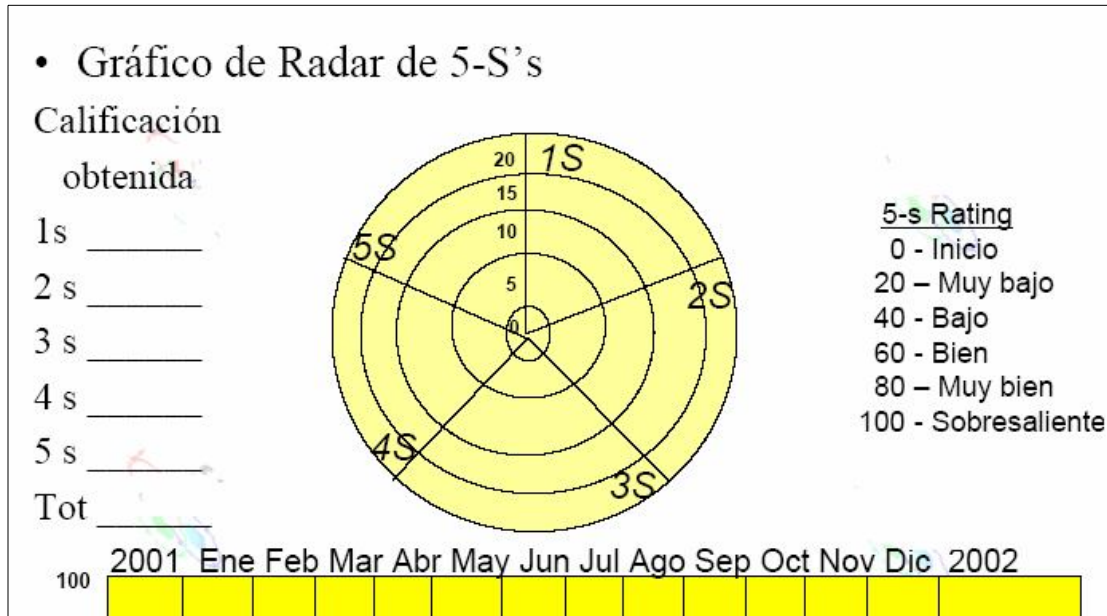


Figura 10

**Resumen de las 5 S's + 1 (Figura 11)**

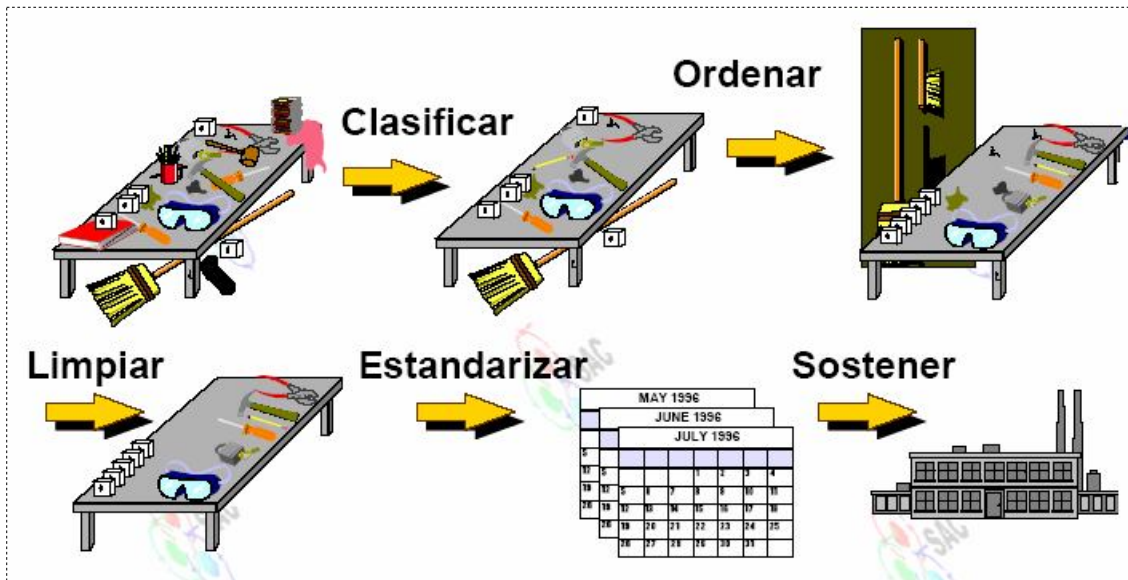


Figura 11

## **CAPÍTULO IV**

### **Caso Práctico: Sabritas**

#### 4.1.- Auditorias

En Sabritas implementamos las auditorias 5's en algunos de los talleres y obtuvimos como consecuencia lo siguiente.

- 1.- Talleres Limpios y ordenados.
- 2.- Mejor control de herramienta.
- 3.- Optimización en los inventarios de refacciones.
- 4.- Lugares más confortables para trabajar.
- 5.- Mayor aceptación y confianza de nuestros clientes.



Imagen 14



Imagen 15

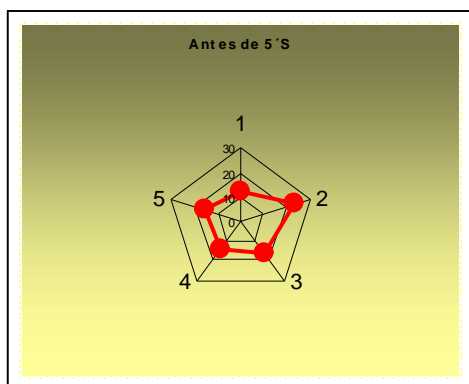


Figura 12: antes de 6's

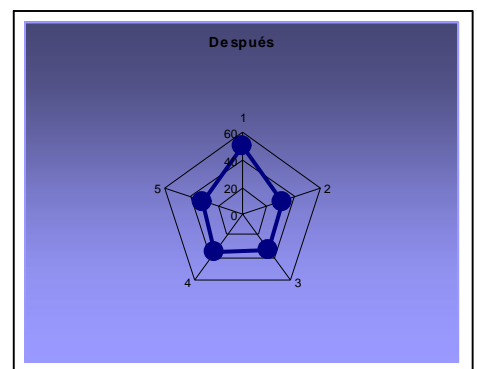


Figura 13: Después de 6's

## **4.2.- La administración visual**

Es un sistema que permite a cualquier persona (incluso a aquellos que tienen muy poco conocimiento sobre un área de trabajo específica) reconocer inmediatamente los estándares e información así como cualquier problema, anomalía, desperdicio ó desviación de los estándares.

Mecanismos comunes de retroalimentación:

La retroalimentación puede ser táctil, sonido, color, imagen u olor.

- Una Luz en un elevador indicando en el piso el piso seleccionado
- Un sonido al teclear en un tablero
- El rechinado de bandas al patinarse
- El mal olor del Gas Natural (El olor del Mercaptano añadido)
- Las estrías ó acanalado en las curvas peligrosas

Guía para implementa la administración visual

1. Identificar un área
2. Seleccionar el medio de comunicación
3. Establecer un sistema de actualización
4. Involucrar a los empleados

Display Visual Información Estadística

Los displays visuales sirven para comunicar información importante pero no necesariamente controla lo que la gente ó las máquinas hacen. No obstante, este es el primer paso para la administración visual. (Imagen 16)



Imagen 16

#### 4.3.- Información Estadística

- Tiempo muerto por accidentes
- Ventas
- Utilidades
- Rechazos de clientes
- Desperdicios (Scrap)

#### Display Visual – Información de Identificación (Imagen 17)

Identificación de área :

- Código de colores y demarcación de los límites de las áreas de trabajo.
- Nombre del área

- Tablero de productos del cliente
- Descripción de uso final del producto

#### Información General

- Juntas de empleados
- Programación de entrenamiento
- Asistencia de empleados



Imagen 17

#### Caso Sabritas.

En el caso de los talleres de Sabritas se colocó un tablero en los que se muestran los indicadores bajo los cuales se mide la productividad. (Imagen 18 ) De igual manera se implementó un tablero de mantenimientos preventivos, el cual permite de manera fácil y rápida identificar si los mecánicos están cumpliendo con su programa de mantenimientos preventivos. (Imágenes 19 y 20)





Imagen 18



Imagen 19



Imagen 20

#### 4.4.- Resumen de 5's

- Las 5S's y la administración visual son herramientas entrelazadas y requeridas para una conversión hacia Lean-Sigma
- Los controles visuales conducen a la **ACCIÓN!!**
- Los Displays Visuales proporcionan el CONTEXTO para dichas acciones.
- Las 5S's son una parte integral y apoyan los elementos de la Administración Visual

#### 4.5.- Sistema Jalar.

En un sistema de Jalar, la reposición se basa en lo que ha sido consumido por el cliente. El cliente jala lo que necesita del productor.

El productor entonces debe de jalar del proveedor para reponer lo que fue consumido.

Ejemplo:

##### **Sistema Tradicional**

Cuando el proceso "A" termina su trabajo, lo entrega al proceso "B", el cual lo almacena hasta que lo necesite.

##### **Sistema Jalar**

El Proceso "B" es responsable de obtener lo que necesite del proceso "A" **conforme lo vaya necesitando**. No hay almacenamiento intermedio.

#### **4.6.- Introducción al diseño y análisis de experimentos**

Diseño de experimentos: Proceso pro-activo y estructurado para investigar las relaciones entre los factores de entrada (x's) y salida (y) de un proceso. Los múltiples factores de entrada son considerados y controlados simultáneamente de forma que asegura que el efecto en la(s) respuesta(s) es causal y estadísticamente significativo.

- Diversos factores de entrada son considerados y controlados simultáneamente para asegurar que la respuesta o salida sea causal y estadísticamente significativa.
- Análisis de Experimentos: Descubrir qué significan los resultados de la experimentación, así como el planteamiento de la mejor alternativa a seguir en el diseño de otro experimento o al llevarlo a la práctica.
- Un experimento es eficiente cuando: Se obtiene la información requerida con el mínimo consumo de recursos.
- Variable de respuesta: Aquello que indica el resultado del experimento, es decir, es aquella variable que al medirla muestra indicios sobre el comportamiento de lo que se desea investigar. Es la variable que se desea modificar en un momento dado en cualquier proceso para cumplir con las especificaciones que el cliente requiere del producto.
- Factor: Es una parte del proceso que al cambiar de estado, modifica significativamente el comportamiento de la variable que se está midiendo.

- Nivel: Los valores que el factor toma y que serán utilizados en el experimento.<sup>1</sup>

#### **4.7.- Estrategia de Experimentación**

1. Definir el problema.
2. Establecer el objetivo: no es simplemente mencionar una variable y el valor óptimo que ésta debiese tener.
3. Seleccionar la variable de respuesta: Indicador sobre el objetivo trazado.
4. Seleccionar los factores: Elementos que al ser modificados, alteran la característica del proceso que está bajo estudio.
5. Escoger los niveles de los factores.
6. Seleccionar el diseño experimental.
7. Recabar datos: Recolectar los datos en la forma en que fue planeado.
8. Analizar los datos.
  - Seguir la técnica
  - Verificar que los supuestos se cumplan
  - Verificar que la información sea congruente con lo que se conoce del proceso
  - Considerar aspectos no sólo operativos
9. Establecer conclusiones.
10. En caso necesario, correr experimentos adicionales.
11. Trabajar hasta cumplir el objetivo.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Brunet Icart, Ignasi: Sistemas de Administración empresarial: organización, calidad y recursos humanos México, SICCO, 2005. 288 p

<sup>2</sup> [www.lean.com.mx](http://www.lean.com.mx)

## Conclusiones

### Resumen General:

Aplicando estos pasos de la metodología Seis Sigma, pudimos encontrar que los principales puntos por lo cual teníamos un alto gasto y número de mantenimientos correctivos y auxilios eran:

1. Programa de mantenimientos preventivo mal elaborado.
2. Bajo seguimiento al programa de mantenimientos preventivos.
3. Los mantenimientos preventivos no se estaban realizando bajos las rutinas ya establecidas.
4. Poco control en el manejo de refacciones

### Solución:

**1.- Para el primer problema (Programa de mantenimientos preventivos mal elaborados).**

Se identifico mediante un diseño de experimentos que el programa de mantenimiento debe realizarse dependiendo el tipo de ruta de cada unidad por tiempo o por kilometraje.

Si la ruta de la unidad es foránea se deberá programar el mantenimiento preventivo cada 5000 km.

Si la ruta de la unidad es local se deberá programar el mantenimiento preventivo dos veces al año, es decir, uno cada seis meses.

Con esto conseguimos que las unidades tengan por lo menos 2 mantenimientos al año, un mantenimiento mayor y uno menor.

**2.- Poco o nulo seguimiento a Mantenimientos Preventivos:** Mediante Un diagrama de riesgos de falla (ARMEF) se identifico que uno de los puntos críticos era que no se llevaba o no se seguía el programa de Mantenimientos Preventivos (Tabla8).

Paso/ Proceso/ Actividad	Importancia (I)	Modo de falla (¿Qué puede fallar?)	Efecto de la falla	Severidad (S)	Ocurrencia absoluta	Causas de la falla	Ocurrencia relativa	Ocurrencia (O)	Riesgo Interno (I*S*O)	Riesgo interno codificado (RIC)	Descripción de acciones correctivas	Facilidad de Implementación (EOC)	Prioridad (RIC*EOC)
Mant. Preventivo	5	Los servicios no son efectivos	Ruta parada	10	3	Falta de seguimiento del Cs	6	5	225	3	Control visual del programa	4	12
	5		Ruta parada	10	1	Falta de refacciones	6	4	175	3	Mejorar el proceso de surtimiento	1	3
	5		Ruta parada	10	1	Gasto elevado	7	4	200	3	Mayor control del presupuesto	5	15
	5		Desgaste prematuro de la unidad	9	5	Falta de seguimiento del Cs	7	6	270	4	Control visual del programa	4	16
	5	No se realiza el mant. Prev.	Auxilio en ruta	8	7	Falta de seguimiento del Cs	4	6	220	3	Control visual del programa	1	3
	5		Auxilio en ruta	9	7	Falta de seguimiento del Cs	9	8	360	5	Disminucion de gasto en mantenimientos correctivos	1	5
	5	No se realiza el mant. Prev.	Desgaste prematuro de la unidad	5	9	Gasto elevado	10	10	238	4	Cultura del RV	1	4
	5	No se realiza el mant. Prev.	Accidente	10	1	Negligencia del RV	1	1	50	1	Seguimiento al programa de MP	1	1
	5		Accidente	10	1	Falta de mantenimiento	5	3	150	2	Mejorar la calidad de los servicios preventivos	1	2

Tabla 8

Para lo cual se implemento un tablero el cual permite que se identifique rápidamente cuales son los mantenimientos preventivos que deben realizarse por mes y que los usuarios sepan cuando les toca su próximo servicio.

Ejemplo:

**Parte superior izquierda**

- Zona de Ventas.
- Columna de económicos en orden ascendente.



**Para cada Período**

- Tipo de Mantenimiento A ó B.
- Fecha en que se efectuó el servicio.
- Kilometraje de la unidad.
- Nombre del mecánico que efectuó el servicio.

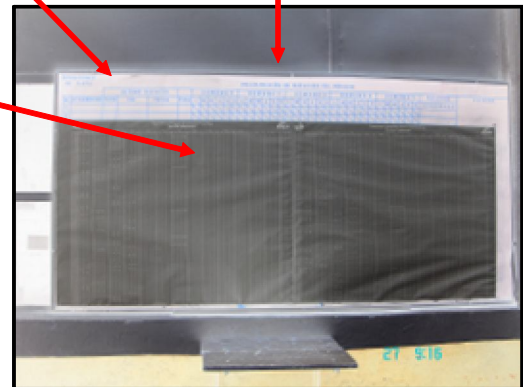
Período 2					
octu	Mto	Fecha	Kilometraje	Efectuó	Mto

•ESTA INFORMACION LA TRANSCRIBE EL MECANICO DE LA ORI TERMINADA.

**Parte superior al centro**

- Nombre de la sucursal.
- Dependiendo de la cantidad de unidades es el formato estandarizado a usar.

Seguimiento a Programa de Servicios Preventivos  
Sucursal Tlalpizahuac



**Tablero C. Tlalpizahuac**

### 3.- Los Mantenimientos Preventivos no se estaban realizando bajo las rutinas establecidas.

Debido a que los servicios preventivos no se hacían bajo las rutinas ya establecidas, esto ocasionaba que cada mecánico hiciera los servicios como el entendía y no revisaban todos los puntos cruciales de la unidad.

Para solucionar este punto, se mando a poner las rutinas de mantenimiento detrás de la orden de trabajo (Hoja en la que se registran todas las refacciones y que debe firmar el mecánico, Jefe de centro de servicio y usuario de aceptación del trabajo), de tal manera que ahora para que ahora para que a el mecánico se le autorice el trabajo, el Jefe de Centro de servicio deberá verificar que se cumplió con las rutinas de Mantenimiento.

Rutinas de mantenimiento Flota						
INFORME DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - UNIDADES DE VENTAS					TIPO DE SERVICIO	
EL SEGUIMIENTO DE LAS RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEBE REALIZARSE EN UN ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO DE LA UNIDAD, EL CUAL DEBE SER CERRADO POR EL MECÁNICO Y EL JEFE DEL CENTRO DE SERVICIO.					<input checked="" type="checkbox"/> Limpieza <input type="checkbox"/> Ajuste <input type="checkbox"/> Reparación <input checked="" type="checkbox"/> Mecánica	
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD						
	A	B		A	B	
<b>RUTINA DE MOTOR</b> DETERMINAR ESTADO GENERAL DE MOTOR. LUBRIFICAR MOTOR Y VERIFICAR NIVEL DE ACEITE. CORRIER TRANSACCIONAL, FRENOS Y TIEMAS. BANDA DENTADA DE DISTRIBUCIÓN REVISAR Y TENSAR. CABLE ACCIONADOR MECANISMO FRENOS. VERIFICAR ESTADO Y APRIETE DE ABRAZADERAS Y MANGUETAS. DISTRIBUCIÓN: MANGUETAS, LUBRIFICAR Y INSPECCIONAR. ESTADO DE ACEITE DE MOTOR. CAMBIO FILTRO ACEITE. REVISIÓN CABLES Y BLOQUEAR. COMPROBAR NIVEL DE REFRIGERANTE Y FILTRO DE HERMETICIDAD. REVISAR FRENOS Y FRENADA DE MANTENIMIENTO. COMPROBAR MANGUETAS Y ABRAZADERAS EN FRENOS. COMPROBAR LA OPERACIÓN DE SECCIONADOR. COMPROBAR FUSIBLES Y DESPACHADOR. LUBRIFICAR ACEITE TRANSMISIÓN. BARRA DE MANDO COMPROBAR Y LUBRIFICAR. ARTICULACIONES Y CABLES DEL PALANCA VELOCIDADES COMPROBAR. COMPROBAR Y AJUSTAR MECANISMO DE DIRECCIÓN. COMPROBAR ESTADO DE BARRAS DE TORSIÓN Y VIBRILLAS. COMPROBAR ESTADO DE FRENOS Y BARRA ESTABILIZADORA. ENFRIAMIENTO GENERAL.						
	<b>RUTINA DE FRENOS</b> COMPROBAR ESTADO Y TAMBORES DE FRENO. LUBRIFICAR DISCOS. BARRAS CONEXIONES Y PASAJES LUBRIFICAR FRENO. CAMBIOS DE FRENO LAMPAS Y/O CABLES. COMPROBAR MANGUETAS EN MANGUETAS. COMPROBAR APRIETE, JUNTA HORIZONTAL. ESTADO FRENO DEL VEHICULO. COMPROBAR LUBRIFICAR EN GENERAL. COMPROBAR MANGUETAS DE TRABAJO. COMPROBAR CABLES VELOCIDADES. COMPROBAR CABLES Y CONEXIONES. COMPROBAR ESTADO DE FRENOS EN VEHICULO. LIMPIEZA DE CONTACTOS DE BATERIA. LUBRIFICAR BATERIA LAMPAS PARABRISAS. COMPROBAR FUNCIONAMIENTO LAMPAS PARABRISAS. COMPROBAR ESTADO DE FUSIBLES Y MANGUETAS. REVISAR NIVEL SECCIONADOR LAMPAS PARABRISAS. VERIFICAR PRESIÓN DE INFLADO. COMPROBAR PNEU. ESTADO DE LLANTAS. BALANZADO BALANZADO DE BARRAS. CONTROLAR POR ESTE MEDIO, QUE A ESTE VEHICULO SE LE HAN REALIZADO LAS RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEGUN SU TIPO DE SERVICIO.					
		FIRMA DEL MECÁNICO LOCALIDAD				

No hay seguimiento de rutinas de mantenimiento

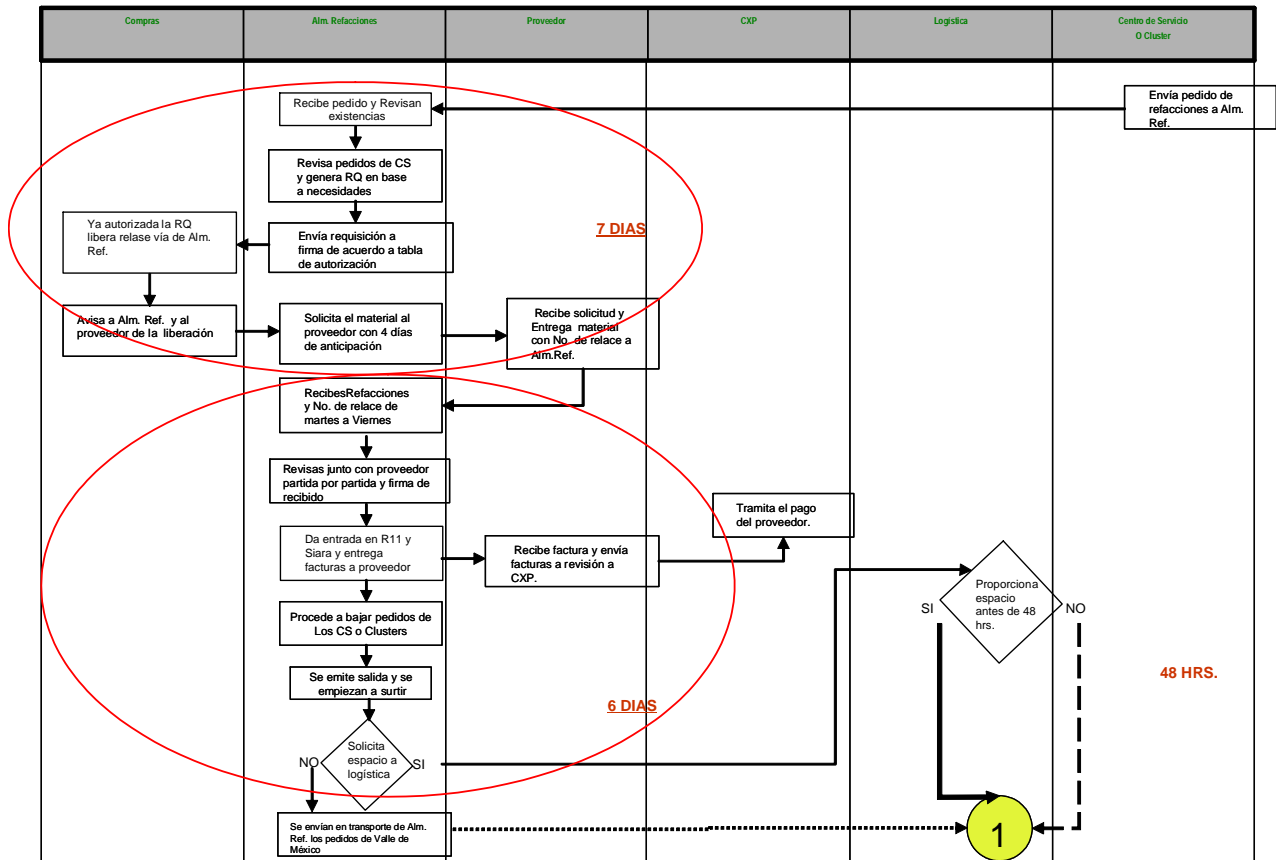
### 4.- Poco control en el manejo de refacciones.

Esto ocasionaba que se tuvieran inventarios muy elevados, falta de refacciones para los mantenimientos preventivos y un alto número de refacciones con muy bajo movimiento.

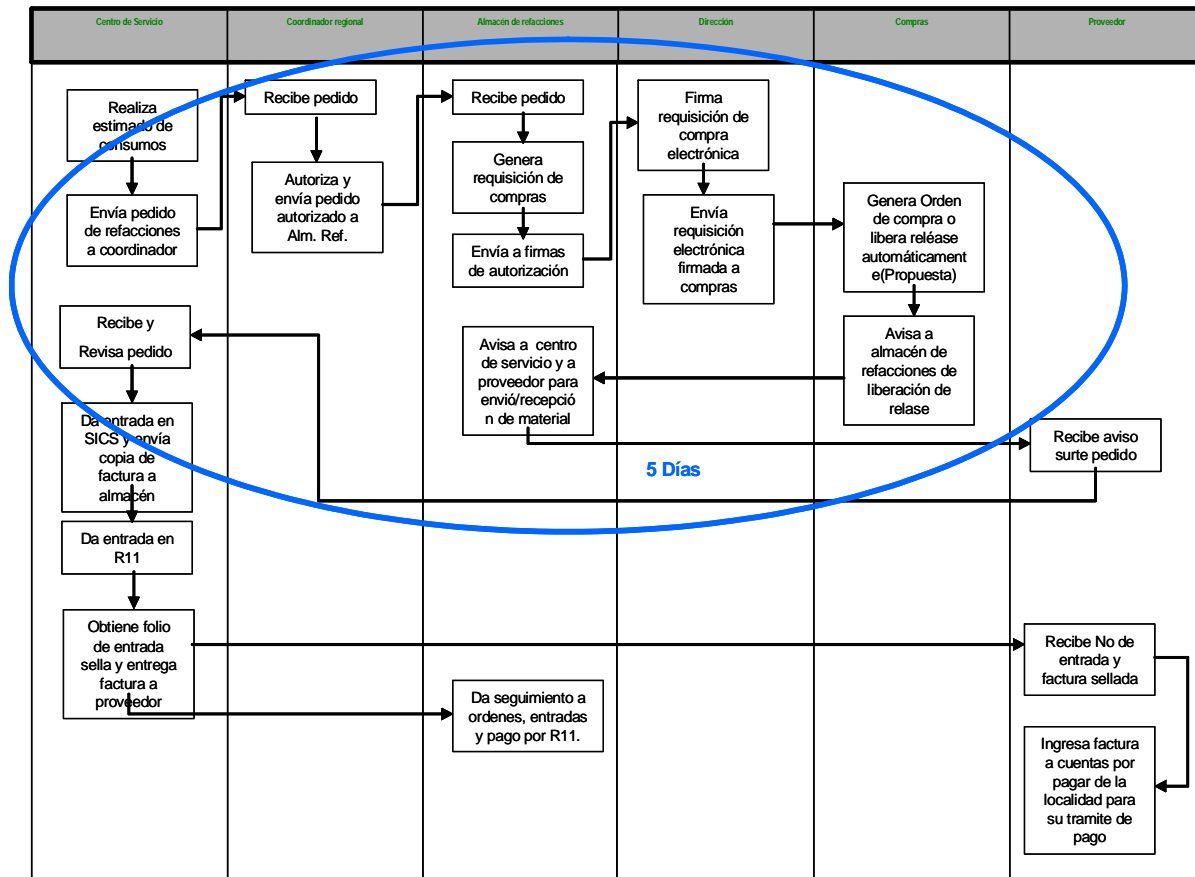
Para esto se analizaron los procesos de abasto de refacciones y mediante el sistema de inventarios "Kanban o Jalar" se modifico el proceso, de tal manera que de tener una respuesta de 12 días promedio, ahora con el nuevo proceso el surtimiento de refacciones no es mayor de 5 días. Se han disminuido los inventarios de 74 días promedio a menos de 45 y de \$18,000,000 MN a \$15,500,000 MN a nivel nacional.



# PROCESO ANTERIOR



## PROCESO ACTUAL



Debido a todas estos cambios y aplicaciones el proyecto lleva un ahorro de \$820,800.00 MN de mayo del 2006 a enero del 2007 sin contar que se han disminuido en un 40% los auxilios y mantenimientos correctivos, lo que permite que la flota sea más productiva y se tengan mayores ingresos en ventas.

## **Bibliografía**

- Barba, Enric Seis sigma: una iniciativa de calidad total. Barcelona, Gestión 2000. 209p.
- Barney, Matt. La nueva seis sigma: cómo aplicarla y obtener resultados traducción al español Roberto E. Arrache México: Trillas: Motorola University, 2005, 195p.
- Brunet Icart, Ignasi: Sistemas de Administración empresarial: organización, calidad y recursos humanos México, SICCO, 2005. 288 p
- Chowdhury, Subir. El poder de seis sigma Madrid: Pearson Educación, 2001 245p.
- Escalante Vázquez, Edgardo J. Seis-sigma: metodología y técnicas México: Limusa-Noriega, c2003 197p.
- Gómez Fraile, Fermín. Seis sigma Madrid: Fundación Confemetal, 2002 150p.
- Gutiérrez Pulido, Humberto. Control estadístico de calidad y seis sigma. México, McGraw-Hill, 2004 250p.
- Lowenthal, Jeffrey Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma. Traducción de Carlos Rosser Madrid: Fundación Confemetal, 2002, 135p.
- Northrup Lynn Contabilidad centrada en los beneficios nuevas tendencias (Seis Sigma, CMI, JIT, contabilidad del margen, ABC, EVA, TOC--) para aumentar la rentabilidad Bilbao : Deusto, c2006 359p.

## Fuentes Electrónicas

- [www.lean.com.mx](http://www.lean.com.mx),
- [www.6sigma.com.mx](http://www.6sigma.com.mx)
- [www.larutadelaprendizaje.net](http://www.larutadelaprendizaje.net)