

# CAPÍTULO 10

## PRINCIPIOS DE SIX SIGMA

BASE ESTADÍSTICA DE SIX SIGMA

PERFILES DE LA CALIDAD: KARLEE Company  
y Caterpillar Financial Services Corporation

SELECCIÓN DE PROYECTOS PARA SIX SIGMA

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE SIX SIGMA

Metodología DMAIC

Herramientas y técnicas

Diseño para Six Sigma

Procesos en equipo y administración de proyectos

SIX SIGMA EN LOS SERVICIOS Y PEQUEÑAS

ORGANIZACIONES

SIX SIGMA Y PRODUCCIÓN ESBELTA

SIX SIGMA ESBELTO Y LOS SERVICIOS

CALIDAD EN LA PRÁCTICA: Aplicación de Six Sigma  
para reducir errores médicos

CALIDAD EN LA PRÁCTICA: Six Sigma en National  
Semiconductor

REGUNTAS DE REPASO

PREGUNTAS PARA DISCUSIÓN

PROBLEMAS

PROYECTOS, ETCÉTERA

CASOS Implementación de Six Sigma  
en GE Fanuc

Iniciativa PIVOT en Midwest Bank,  
parte 2

MATERIAL ADICIONAL (EN EL CD QUE ACOMPAÑA AL LIBRO)

Resumen de puntos clave

y terminología

Six Sigma, cuerpo de conocimiento



**S**ix Sigma evolucionó desde un simple indicador de la calidad hasta convertirse en una estrategia general para acelerar las mejoras y alcanzar niveles de desempeño sin precedentes enfocándose en las características críticas para los clientes y la identificación y eliminación de las causas de los errores o defectos en los procesos.<sup>1</sup> El enfoque Six Sigma busca reducir los niveles de defectos a unas cuantas partes por millón para los productos y procesos clave de una organización. El logro de esta tarea tan compleja requiere de la implementación eficaz de principios estadísticos y diversas herramientas para diagnosticar los problemas de calidad y facilitar las mejoras.

En los capítulos 3 a 9 Six Sigma se presentó dentro del marco de la administración de la calidad, se estudiaron algunos de los principios básicos de Six Sigma en su relación con los clientes, la planeación estratégica y el liderazgo, los recursos humanos, la administración de procesos y la medición, y se analizaron algunos de los aspectos clave para su implementación exitosa. A partir de este capítulo, el enfoque se centra en los aspectos técnicos, más que administrativos relacionados con Six Sigma y se presentará una gran variedad de herramientas y técnicas para mejorar los productos y procesos. En este capítulo se integra la filosofía Six

Sigma, que se presentó en los capítulos anteriores, analizando sus puntos importantes y su metodología. En el resto de los capítulos del libro se describen con detalle las herramientas clave para mejorar la calidad en las que se sustentan los esfuerzos Six Sigma.

## BASE ESTADÍSTICA DE SIX SIGMA

En el capítulo 8 se presentó el sistema de medición utilizado para medir el desempeño de la calidad. Six Sigma empezó por destacar una medida común de calidad. En la terminología Six Sigma, un **defecto, o no conformidad**, es un error o equivocación que llega al cliente. Una **unidad de trabajo** es el resultado de un proceso o paso individual en un proceso. Una medida de la calidad de los resultados son los **defectos por unidad (DPU)**:

$$\text{Defectos por unidad} = \frac{\text{número de defectos descubiertos}}{\text{número de unidades producidas}}$$

Sin embargo, este tipo de indicador de resultados suele enfocarse hacia el producto final y no hacia el proceso que conduce a la obtención de tal producto; además, es difícil usarlo en procesos de complejidad diversos, sobre todo en las actividades de servicios. Dos procesos diferentes pueden tener una cantidad de oportunidades de error totalmente diferente, con lo que se dificultan las comparaciones apropiadas. El concepto Six Sigma redefine el desempeño de la calidad como **defectos por millón de oportunidades (dpmo)**:

$$\text{dpmo} = (\text{número de defectos descubiertos}/\text{oportunidades de error}) \times 1\,000\,000$$

Por ejemplo, suponga que una línea aérea quiere medir la eficacia de su sistema de manejo del equipaje. Una medida DPU podría ser las maletas perdidas por cliente. Sin embargo, es posible que los clientes tengan diferente número de maletas; por tanto, el número de oportunidades de error es el número promedio de maletas por cliente. Si el número promedio de maletas por cliente es 1.6, y la línea aérea registró tres maletas perdidas por 8 000 pasajeros en un mes, entonces

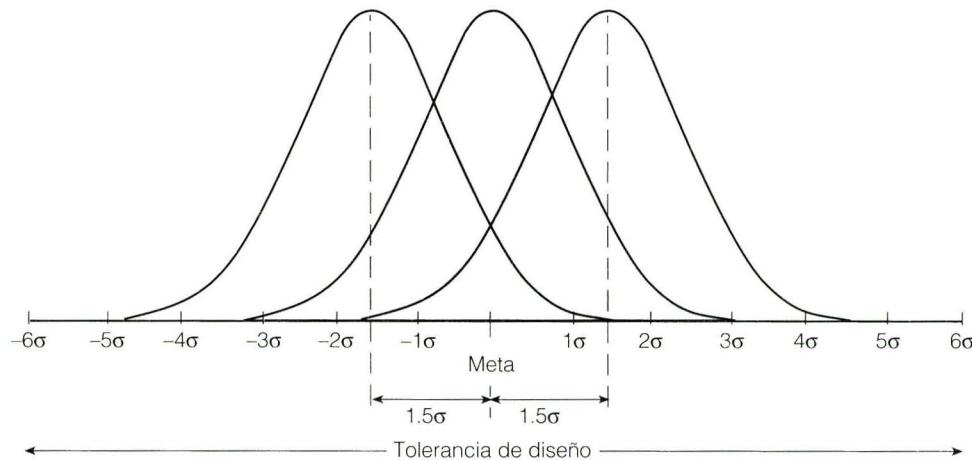
$$\text{dpmo} = \frac{3}{(8\,000)(1.6)} \times 1\,000\,000 = 234.375$$

El uso de dpmo permite definir la calidad en forma amplia. En el caso de la línea área, una definición amplia podría significar todas las oportunidades de una falla al cumplir con las expectativas del cliente, desde la entrega inicial de los boletos hasta la recuperación de las maletas.

Six Sigma representa un nivel de calidad de hasta *3.4 defectos por un millón de oportunidades*. La figura 10.1 explica la base teórica para Six Sigma dentro del contexto de las especificaciones de manufactura. Motorola eligió esta cifra porque los datos de fallas en el campo sugerían que los procesos de Motorola fallaban en esta cantidad en promedio. Es importante dar margen para una variación en la distribución, ya que ningún proceso se puede mantener bajo un control perfecto. Como se estudia en el capítulo 14, muchos planes comunes de control estadístico de procesos (SPC, por sus siglas en inglés) se basan en tamaños de muestra que sólo permiten la detección de variaciones cercanas a dos desviaciones estándar. Por tanto, no sería raro que un proceso variara tanto como ésta y nadie se diera cuenta. El área bajo las curvas de cambio más allá de los rangos de Six Sigma (límites de tolerancia) es sólo de 0.0000034, o 3.4

*Aun cuando veamos las herramientas y técnicas para mejorar la calidad desde la perspectiva de Six Sigma, es importante entender que son simplemente un conjunto de métodos que se han utilizado con éxito en todo tipo de iniciativas para la administración y la mejora de calidad, desde esfuerzos de ACT genéricos, hasta ISO 9000, así como los procesos Baldrige.*

*Un nivel de calidad Six Sigma corresponde a una variación de procesos igual a la mitad de la tolerancia del diseño, mientras que se permite a la media variar hasta 1.5 desviaciones estándar de la meta.*

**Figura 10.1** Bases teóricas para Six Sigma

## PERFILES DE LA CALIDAD

### KARLEE Company Y CATERPILLAR FINANCIAL SERVICES CORPORATION

KARLEE Company es un fabricante contratista de componentes de precisión de hoja metálica y maquinados para las industrias de telecomunicaciones, semiconductores y equipo médico. Provee una variedad completa de servicios de manufactura desde diseño de componentes iniciales hasta productos ensamblados, integrados. Localizada en Garland, Texas, los 550 miembros del equipo de KARLEE han cumplido o excedido los objetivos de crecimiento de ventas cada año desde 1994, al tiempo que continúa mejorando la satisfacción del cliente y el desempeño operacional. Al prestar servicio a cuatro clientes principales, el enfoque en el cliente de KARLEE se exemplifica por las comunicaciones constantes, programadas. Cada cliente primario se asigna a un equipo de servicio a clientes de tres personas para proveer apoyo continuo y proactivo. El liderazgo de KARLEE y los miembros del equipo apoyan de manera activa a la comunidad. Las actividades incluyen tutoría en una escuela primaria local, orientar a un equipo de escuela secundaria para una competencia nacional de robótica y adoptar familias necesitadas en la comunidad de Garland. Para mejorar el ambiente de trabajo y los procesos de producción, KARLEE emplea células de manufactura, que constan de equipo de control numérico por computadora moderno, centros de maquinado y sistemas de carga robotizados, así como conceptos tales como principios de manufactura esbelta y control de proceso

estadístico, que con frecuencia las compañías más pequeñas no utilizan. El dominio continuo de estas técnicas ha ayudado a la compañía a mejorar la eficiencia y la productividad y, como resultado, beneficia a los clientes reduciendo los tiempos de entrega y controlando los costos. En 2000, KARLEE pasó de ensamblajes con plazos de entrega de dos a tres semanas a ensamblajes de conversión rápida de uno a dos días. Estas conversiones incrementadas permanecieron congruentes en presencia de crecimiento de ventas de 49 por ciento de estos productos.

Con activos totales que sobrepasan los 14 000 millones de dólares y un manejo de más de 100 000 contratos al mes, Caterpillar Financial Services Corporation U.S. (CFSC) es el segundo prestamista más grande de equipo cautivo en Estados Unidos. Con una fuerza de trabajo en Estados Unidos de casi 750 empleados, CFSC tiene más de 1 000 millones de ingresos como la unidad de negocios de servicios financieros dentro de Caterpillar, Inc. Fiel a su misión de "ayudar a Caterpillar y a nuestros clientes a alcanzar el éxito en la excelencia de servicios financieros", CFSC mantiene un enfoque constante en la mejora del proceso. Herramientas como Six Sigma ayudan a CFSC a priorizar y manejar proyectos, diseñar productos y mejorar procesos. Noventa y siete por ciento de los empleados son capacitados en los procedimientos Six Sigma para diseñar nuevos procesos, llamados DMEDI (definir, medir, explorar, desarrollar,

implementar), y para mejorar los existentes, llamados DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar, controlar). Los empleados capacitados especialmente (llamados cintas negras, expertos en el proceso Six Sigma y facilitación de equipos; cintas verdes, expertos en la materia, y cintas amarillas, capacitados en lo básico de Six Sigma) comprenden equipos de empleados que ponen en práctica estos procedimientos.

Manejar más de 100 000 contratos al mes y trabajar con clientes y vendedores de equipo que demandan servicio exacto, oportuno, completo y atento ha llevado a CFSC a invertir en sistemas de manejo de información de vanguardia y en hardware. Las inversiones en tecnología junto con un enfoque continuo en la excelencia y mejoras de proceso están ayudando a CFSC a lograr su visión corporativa: "ser una ra-

zón importante de por qué los clientes seleccionan a Caterpillar a nivel mundial". Setenta y nueve por ciento de los clientes que consideran la compra de equipo Cat dicen que los productos y servicios de CFSC influyeron de forma favorable en su decisión. La investigación ha verificado que CFSC excedió las expectativas de los clientes el doble de veces que los competidores. Los niveles de satisfacción del desempeño excedieron las comparaciones competitivas de clase mundial de la industria y ACSI (american customer satisfaction index). CFSC recibió un premio Baldrige en 2003.

---

Fuente: Malcolm Baldrige National Quality Award Winners' Profiles, U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology.

partes por millón. Por tanto, si la media del proceso se puede controlar en 1.5 desviaciones estándar de la meta, se puede esperar un máximo de 3.4 defectos por millón. Si todo va de acuerdo con los objetivos (la distribución sombreada en la figura 10.1), sólo esperaríamos 2.0 defectos por mil millones.

De manera similar podríamos definir la calidad sigma tres, la calidad sigma cinco, etc. La forma más fácil de entender es pensar en la distancia de la meta a la especificación más alta o baja (mitad de la tolerancia), medida en términos de desviaciones estándar de la variación inherente, en el nivel sigma. Un nivel de calidad  $k$ -sigma satisface la ecuación:

$$k \times \text{desviación estándar del proceso} = \text{tolerancia}/2$$

En la figura 10.1, se observa que si los límites de las especificaciones del diseño estuvieran a sólo cuatro desviaciones estándar de la meta, las colas de las distribuciones desplazadas empezarían a exceder los límites de las especificaciones en una cantidad significativa.

La tabla 10.1 muestra el número de defectos por millón para los distintos niveles de calidad sigma y las diferentes cantidades de diferencia del centro. Observe que un nivel de calidad de 3.4 defectos por millón se puede lograr de varias maneras; por ejemplo:

- Con un desplazamiento del centro de 0.5-sigma y calidad 5-sigma.
- Con un desplazamiento del centro de 1.0-sigma y calidad 5.5-sigma.
- Con un desplazamiento del centro de 1.5-sigma y calidad 6-sigma.<sup>2</sup>

En muchos casos, el control del proceso hacia la meta es menos costoso que la reducción de la variabilidad en el proceso. Esta tabla puede ayudar a evaluar estos intercambios.

El nivel sigma se puede calcular con facilidad en una hoja de cálculo de Excel utilizando la fórmula:

$$=DISTR. NORM. ESTAND. INV. (1 - \text{número de defectos}/\text{número de oportunidades}) + SHIFT$$

o, de manera equivalente,

$$=DISTR. NORM. ESTAND. INV. (1 - dpmo/1 000 000) + SHIFT$$

SHIFT se refiere al desplazamiento del centro, como se usa en la tabla 10.1. Volviendo al ejemplo de la línea aérea estudiado anteriormente, si tenemos tres maletas perdidas en 8 000(1.6) = 12 800 oportunidades, encontraríamos = DISTR. NORM. ESTAND. INV. (1 - 3/12 800) + 1.5 = 4.99801 o aproximadamente un nivel 5-sigma. La verdad es menos impresionante. Se informó

**Tabla 10.1** Número de defectos (partes por millón) para el desplazamiento del centro del proceso y niveles de calidad (sólo una cola)

Alejado del centro	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
0.00	1 350	233	32	<b>3.4</b>	0.29	0.019	0.001
0.25	2 980	577	88	11	1.02	0.076	0.004
0.50	6 210	1 350	233	32	<b>3.4</b>	0.29	0.019
0.75	12 224	2 980	577	88	11	1.02	0.076
1.00	22 750	6 210	1 350	233	32	<b>3.4</b>	0.29
1.25	40 059	12 224	2 980	577	88	11	1.02
1.50	66 807	22 750	6 210	1 350	233	32	<b>3.4</b>
1.75	105 650	40 059	12 224	2 980	577	88	11
2.00	158 655	66 807	22 750	6 210	1 350	233	32

Fuente: Pandu R. Tadikamalla, "The Confusion over Six-Sigma Quality", *Quality Progress* 27, núm. 11, noviembre de 1994. Reimpreso con autorización de Pandu R. Tadikamalla y *Quality Progress*.

[Nota: La tabla publicada originalmente, tenía algunos errores. Las correcciones. son cortesía del Dr. Ken Stephens]

*Aunque en un principio se desarrolló para la manufactura dentro del contexto de las especificaciones basadas en la tolerancia, el concepto Six Sigma se maneja para cualquier proceso y ha llegado a significar un nivel de calidad genérico de casi 3.4 defectos por un millón de oportunidades.*

funciones de negocios. Por ejemplo, suponga que un banco lleva un registro del número de errores reportados en los estados de cuenta de cheques de los clientes. Si encuentran 12 errores en 1 000 estados de cuenta, esta cifra equivale a un índice de errores de 12 000 por millón, entre los niveles 3.5- y 4-sigma. La diferencia entre un nivel de calidad 4-sigma y un nivel 6- puede ser sorprendente. En términos prácticos, si su sistema de teléfono celular opera en un nivel 4-sigma, estaría sin servicio durante más de cuatro horas al mes, mientras que en un nivel 6-sigma estaría sin servicio sólo durante nueve segundos al mes; un proceso 4-sigma daría como resultado un paquete no conforme por cada tres cargas de camión, mientras que un proceso 6-sigma daría sólo un paquete no conforme en más de 5 000 cargas. Y si juega 100 rondas de golf al año, en un nivel 6-sigma, ¡sólo perdería un golpe cada 163 años! Algo quizás más sorprendente es que un cambio del nivel 3-sigma al 4-sigma representa una mejora de 10 veces; de 4-sigma a 5-sigma, una mejora de 30 veces, y de 5-sigma a 6-sigma, una mejora de 70 veces; retos difíciles para una organización.

Sin embargo, no todos los procesos deben operar en un nivel Six Sigma.<sup>4</sup> El nivel adecuado debe depender de la importancia estratégica del proceso y el costo de la mejora en relación con el beneficio. En general, es fácil pasar de un nivel 2- o 3-sigma a un nivel 4-sigma, pero ir más allá requiere mucho más esfuerzo y herramientas estadísticas avanzadas.

En Motorola, Six Sigma llegó a ser parte del lenguaje común de todos los empleados. Para ello, significa casi la perfección, aun cuando no entienden los detalles estadísticos (algunos deseaban a sus compañeros: "Que tengas un fin de semana Six Sigma"). Desde que estableció

que, en mayo de 2003, se registraron 3.67 informes de maletas manejadas en forma incorrecta por cada 1 000 pasajeros, en comparación con 3.31 por 1 000 de un año antes.<sup>3</sup> Este resultado da lugar a un nivel sigma de sólo 4.33, considerando que hay 1.6 malestas por pasajero.

Six Sigma se ha aplicado en el desarrollo de productos, la adquisición de nuevos negocios, el servicio a clientes, la contabilidad y muchas otras

su meta, Motorola ha hecho importantes avances en el logro de ésta, alcanzando una capacidad 6-sigma en muchos procesos, y niveles 4- o 5-sigma en casi todos los demás. Incluso en aquellos departamentos en que han alcanzado la meta, los empleados de Motorola continúan los esfuerzos por mejorar con el fin de alcanzar la meta final de cero defectos.

Además de un enfoque hacia los defectos, Six Sigma busca mejorar todos los aspectos de las operaciones. Por tanto, otros indicadores clave incluyen tiempo de ciclo, variación de procesos, producción y procesamiento. La selección del indicador apropiado depende del alcance y objetivos del proyecto, por lo que Six Sigma es un enfoque universal para mejorar todos los aspectos de un negocio.

## SELECCIÓN DE PROYECTOS PARA SIX SIGMA

Uno de los requisitos para lograr el nivel cinta verde (véase el capítulo 6) es realizar con éxito un proyecto Six Sigma solucionando un problema importante para el negocio, que tenga impacto positivo en los clientes o en el desempeño de la empresa. A menudo, los proyectos cinta verde se encargan de problemas menores en un departamento o función de trabajo. Conforme los empleados desarrollan sus habilidades, se convierten en cintas negras y empiezan a aplicar la filosofía Six Sigma en forma rutinaria, comienzan a atacar problemas mayores y más complejos, como los relacionados con la creación de valores clave o los procesos multifuncionales, como las cadenas de abastecimiento.

Según Kepner y Tregoe, un **problema** es una desviación entre lo que debería suceder y lo que sucede en realidad, y que tiene importancia suficiente para hacer que alguien piense que es necesario corregir esa desviación.<sup>5</sup> Las investigaciones que se realizaron utilizando más de 1 000 casos publicados que describen las actividades para solucionar un problema de calidad, sugieren que prácticamente todos los ejemplos de solución de problemas de calidad pertenecen a una de estas cinco categorías:

1. *Los problemas de conformidad* se definen por un desempeño insatisfactorio en un sistema específico. Los usuarios no están satisfechos con los resultados del sistema, como los niveles de calidad o de servicio al cliente. El sistema funcionaba con anterioridad, pero por alguna razón su desempeño ya no es aceptable. Es preciso identificar las causas de las desviaciones y restaurar el sistema al modo de funcionamiento original.
2. *Los problemas de desempeño no estructurados* resultan del desempeño insatisfactorio en un sistema mal especificado. Es decir, la tarea es no estandarizada y los procedimientos y requisitos no la especifican por completo. Un ejemplo serían las ventas deficientes. El hecho de que no haya una sola forma correcta de vender un producto significa que el problema no se puede resolver estableciendo normas que no existen. Los problemas no estructurados requieren enfoques más creativos para resolverlos.
3. *Los problemas de eficiencia* resultan del desempeño insatisfactorio desde el punto de vista de los grupos de interés que no son clientes. Algunos ejemplos típicos son los problemas de costo y productividad. Aun cuando la calidad de los productos puede ser aceptable, el desempeño del sistema no alcanza las metas organizacionales internas. La identificación de las soluciones a menudo comprende la modernización de los procesos.
4. *Los problemas de diseño de productos* comprenden el diseño de nuevos productos que satisfagan mejor las necesidades de los usuarios; es decir, las expectativas que son más importantes para los clientes. Como se estudió en el capítulo 4, en Six Sigma estas características vitales se conocen como problemas “críticos para la calidad” (CPC).
5. *Los problemas de diseño de procesos* comprenden el diseño de nuevos procesos o la revisión a profundidad de los existentes. En este caso, el desafío consiste en determinar los requisitos de los procesos, generar nuevas alternativas de procesos y vincular éstos con las necesidades del cliente. Las técnicas estudiadas en el capítulo 7, como el benchmarking y la reingeniería, son herramientas útiles para el diseño de procesos.

*Una forma útil de clasificar los problemas relacionados con la calidad y con el desempeño que puede ayudar a identificar los proyectos Six Sigma en potencia consiste en hacerlo por tipo de problema.<sup>6</sup>*

Uno de los retos más complejos en Six Sigma es la selección de los problemas más apropiados por solucionar. Según las palabras de Russell Ackoff, los directivos deben aprender la “administración del desorden”. Ackoff, distinguida autoridad en la solución de problemas, define un desorden como un “sistema de condiciones externas que produce insatisfacción”.<sup>7</sup> Los costos elevados, exceso de defectos, numerosas quejas de los clientes o baja satisfacción del cliente a menudo caracterizan los desórdenes relacionados con la calidad y el desempeño. Estos desórdenes con frecuencia dan lugar a oportunidades para los proyectos Six Sigma.

Lynch y sus colegas señalan dos formas de generar proyectos: de arriba abajo o descendentes y de abajo arriba o ascendentes.<sup>8</sup> Por lo general, los proyectos descendentes están relacionados con la estrategia de negocios y se encuentran alineados con las necesidades del cliente. Su principal debilidad es que a menudo su alcance es demasiado amplio para realizarse en tiempo. Además, los directivos podrían subestimar el costo y sobreestimar las capacidades del equipo o equipos a los que se asignó el proyecto. En un enfoque ascendente, los cintas negras (o MBB, por sus siglas en inglés) eligen los proyectos adecuados para las capacidades de los equipos. Sin embargo, una desventaja importante de este enfoque es que los proyectos quizás no estén muy relacionados con las preocupaciones estratégicas de la alta dirección y, por tanto, reciben poco apoyo y bajo reconocimiento de la dirección. Tal vez la mejor forma de garantizar el éxito es mediante los campeones ejecutivos, quienes entienden el impacto de los proyectos desde una perspectiva estratégica para trabajar de manera estrecha con los expertos técnicos en la elección de los proyectos más relevantes de acuerdo con las capacidades de los equipos Six Sigma.

Un proyecto Six Sigma puede abarcar toda una división o ser tan estrecho como una sola operación de producción. Entre los factores a considerarse en el momento de seleccionar los proyectos Six Sigma se incluyen los siguientes:

- La recuperación financiera, medida en función de los costos relacionados con la calidad y el desempeño de los procesos, así como el impacto en los ingresos y la participación de mercado.
- El impacto sobre los clientes y la eficacia de la organización.
- La probabilidad de éxito.
- El impacto en los empleados.
- La adaptación a la estrategia y la ventaja competitiva.

Como se ha señalado varias veces en capítulos anteriores, los proyectos Six Sigma se basan en las recuperaciones financieras esperadas. La reducción de los costos relacionados con la mala calidad, como desperdicio, re proceso, tiempos excesivos del ciclo, las demoras y clientes perdidos a menudo proporciona una justificación obvia para realizar un proyecto. Un proceso de costo de la calidad (estudiado en el capítulo 8) suele facilitar la identificación de oportunidades y la medición de los resultados.

Uno de los errores en que incurren las organizaciones sin experiencia en Six Sigma es la falta de habilidad de la alta dirección para calcular las recuperaciones que van a lograr los recursos que se van a asignar (o no asignar) entre los proyectos Six Sigma. Por tanto, es importante diferenciar entre los recursos necesarios para terminar con éxito un proyecto de 250 000 dólares en comparación con uno de 50 000 dólares, así como calcularlos con bastante exactitud. Los proyectos Six Sigma deben dar lugar a una mayor satisfacción del cliente y mejor desempeño organizacional. Estas mejoras pueden llevar directamente a ventas más altas o mayor participación de mercado proporcionando así una justificación financiera para la selección de un proyecto.

Los proyectos elegidos deben tener altas probabilidades de éxito. Se corren riesgos considerables al elegir problemas que se pueden comparar con “erradicar la hambruna en el mundo”. En el inicio de una iniciativa Six Sigma, resulta benéfico elegir los “frutos que cuelgan de las ramas mas bajas”, proyectos fáciles de lograr o que incluso puede llevar a cabo un solo individuo, a fin de alcanzar un éxito temprano. Este éxito visible ayuda a crear un impulso y apoyo para proyectos futuros. Los estudios demuestran que muchos proyectos rebasan el presupuesto en forma significativa, se salen del programa o no producen los resultados deseados.<sup>9</sup> Por tanto, es esencial una buena administración de proyectos, como se estudió en el capítulo 7.

Los proyectos Six Sigma deben ajustarse a las capacidades de las personas y equipos que trabajan en ellos; existen muchos beneficios indirectos. La capacitación recibida como cinta verde o negra aumenta el conocimiento de los empleados y las organizaciones, y la participación en proyectos Six Sigma mejora las habilidades de los equipos y de liderazgo, como se analizó en el capítulo 6. Six Sigma puede motivar a los empleados a innovar y mejorar su ambiente laboral y, con el tiempo, aumentar su satisfacción en el trabajo y su autoestima. Muchos proyectos ofrecen oportunidades para reducir la frustración debido a procesos de trabajo inadecuados o para ofrecer más valor a los clientes; este tipo de proyectos son candidatos importantes para la selección.

Por último, los proyectos Six Sigma deben apoyar la visión y estrategia competitiva de la organización. En el capítulo 5 se insistió en la importancia de crear planes de acción que ayuden a una empresa a lograr las estrategias elegidas. En GE, por ejemplo, las metas de negocios permean todos los niveles de la organización y ayudan a los empleados a distinguir entre los proyectos que no tendrán efecto significativo en el desempeño del negocio y aquellos que sí lo harán.<sup>10</sup>

Desde luego, la mayoría de las organizaciones quizá tengan más oportunidades de poner en práctica proyectos Six Sigma que recursos disponibles para realizarlos. En muchos casos, la selección de proyectos suele tener naturaleza política. Los altos directivos que son campeones de proyectos Six Sigma podrían ejercer influencia política a fin de que sus proyectos favoritos se reconozcan y acepten. Sin embargo, es más eficaz adoptar un punto de vista más objetivo. Establecer prioridades y seleccionar proyectos mediante algunos criterios razonables puede contribuir a una mayor eficacia. Los comités de dirección de proyectos que incluyen por lo menos una parte de los altos directivos de la organización con frecuencia guían estas decisiones. Este grupo puede actuar como filtro para las voces de los clientes internos y externos al evaluar y establecer prioridades entre los proyectos. En Xerox, los equipos administrativos identifican los proyectos Six Sigma basados en la experiencia del cliente, oportunidades de mejora, alineación de planes estratégicos, habilidad para cerrar nichos de negocio y áreas clave para el proceso de mejora. El potencial del proyecto es evaluado tomando en cuenta su impacto potencial en el negocio y la estimación del esfuerzo realizado; los proyectos con las ventajas relativamente altas comparadas a los requisitos del esfuerzo, son los que están siendo seleccionados.<sup>11</sup>

Se pueden emplear modelos sencillos de calificaciones para evaluar y establecer prioridades entre los proyectos potenciales. La figura 10.2 muestra un ejemplo de matriz de selección de proyectos. El recuadro superior muestra las calificaciones de importancia de los clientes para un grupo de CPC usando la escala de la parte inferior izquierda. Los números de la tabla principal se basan en la escala de la parte inferior derecha, y los determina el comité de dirección. Al multiplicar estas calificaciones por las calificaciones de importancia del cliente obtendremos una calificación total en la columna de la derecha (indicadores de calificación de proyectos). Cuanto más alto sea el número, el proyecto afectará más las cuestiones relacionadas con los clientes; el proceso sustituye a la tarea de adivinanza y opiniones en el proceso de selección de proyectos y se enfoca hacia los aspectos importantes para el cliente y la organización.

## SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE SIX SIGMA

La **solución de problemas** es la actividad relacionada con el cambio de lo que sucede en la realidad en relación con lo que debería suceder. Hace muchos años, Juran definió el **avance** como el logro de cualquier mejora que lleve a una organización a niveles de desempeño sin precedentes. El avance ataca las pérdidas crónicas o, según la terminología de Deming, las causas comunes de la variación. Los objetivos de los proyectos Six Sigma a menudo se enfocan en las mejoras de avance que agregan valor a la organización y a sus clientes mediante enfoques sistemáticos para la solución de problemas.

La mejora exitosa de la calidad y del desempeño del negocio depende de la capacidad para identificar y solucionar los problemas; esta habilidad es fundamental para la filosofía Six

**Figura 10.2** Ejemplo de una matriz de selección de proyectos

Problemas de los clientes	Partes faltantes que se pidieron	Entrega retrasada	Pedidos dañados	Pedidos equivocados	Más partes de las pedidas	En espera durante mucho tiempo	Indicador de calificación de proyectos
	Importancia para los clientes	8	5	7	10	3	
Proyecto	Calificación del proyecto con base en la correlación con las cuestiones de los clientes						
Optimización del flujo del proceso de elaboración de pedidos	5	8	3	3	5	0	146
Proyecto para reducir el tiempo del ciclo de reorden	5	8	5	0	0	0	115
Informes con la retroalimentación de los clientes sobre el servicio	5	3	3	8	0	5	171
Certificación de entrega del proveedor	0	10	8	0	0	0	106
Integración de procesos de actualización de tecnología de la información	7	5	0	8	8	3	194

Importancia del cliente	Relación con la importancia del cliente	Clasificación del proyecto	Relación con el problema del cliente
0	No es importante	0	Sin correlación
3	Poco importante	3	Muy poca correlación
5	Importante	5	Cierta correlación
8	Muy importante	8	Alta correlación
10	Crítico	10	Correlación total

**Fuente:** William Michael Kelly, "Three Steps to Project Selection," *Six Sigma Forum Magazine* 2, núm. 1, noviembre de 2002, pp. 29-32. © 2002, American Society for Quality. Reimpreso con autorización.

**Sigma.** A muchos directivos que no se inclinan por el aspecto cuantitativo (entre los que se incluyen tal vez 75 u 80 por ciento de la población) se les dificulta entender el concepto de un enfoque sistemático basado en hechos y a menudo estadístico para la solución de problemas. Sin embargo, el uso de un enfoque de este tipo es vital para identificar de manera eficaz el origen de los problemas, entender sus causas y desarrollar soluciones de mejora.

**Un proceso estructurado de solución de problemas proporciona a todos los empleados un lenguaje común y una serie de herramientas para comunicarse mutuamente, en particular en los equipos multifuncionales.**

El hecho de "hablar el mismo idioma" inspira confianza y garantiza que las soluciones se desa-

rrollen de manera objetiva, en lugar de por intuición. Los líderes de la revolución de la calidad: Deming, Juran y Crosby (véase el capítulo 3), propusieron metodologías específicas para las mejoras desde el inicio de la revolución de la calidad. Aunque cada metodología es diferente, comparten varios temas comunes:<sup>12</sup>

1. *Redefinición y análisis del problema:* recopilar y organizar la información, analizar los datos y las suposiciones subyacentes y volver a examinar el problema para obtener nuevas perspectivas con la meta de lograr una definición del problema sobre la cual se pueda trabajar.
2. *Generación de ideas:* una “tormenta de ideas” para desarrollar soluciones potenciales.
3. *Evaluación y selección de ideas:* determinar si las ideas tienen mérito y permitirán que quien solucione el problema alcance sus metas.
4. *Implementación de ideas:* vender la solución y obtener la aceptación de quienes deben usarla.

Estos temas se reflejan en la metodología principal para solucionar problemas que utiliza Six Sigma, DMAIC: definir, medir, analizar, mejorar (improve) y controlar, que se expone a continuación. (En el capítulo 13 se estudian otros tipos de metodologías para solucionar problemas de calidad.)

### Metodología DMAIC

Una de las primeras cosas que aprende un cinta verde durante su entrenamiento son los cinco pasos de la metodología DMAIC.

1. *Definir.* Después de seleccionar un proyecto Six Sigma, el primer paso consiste en definir el problema con claridad. Esta actividad es muy diferente de la selección del proyecto. Esta última casi siempre responde a los síntomas de un problema y, por lo regular, da como resultado un enunciado vago del mismo. Primero se debe describir el problema en términos operativos que faciliten un análisis posterior. Por ejemplo, una empresa quizás tenga un historial de poca confiabilidad en los motores eléctricos que fabrica, lo que da como resultado un proyecto Six Sigma para aumentar esa confiabilidad. Una investigación preliminar de los datos sobre las garantías y reparaciones en el campo podría sugerir que el origen de la mayoría de los problemas es el desgaste de las escobillas y, de manera más específica, sugiere un problema con la variabilidad en la dureza de las escobillas. Por tanto, el problema se podría definir como “reducir la variabilidad en la dureza de las escobillas”. Este proceso de profundizar para llegar a un enunciado más específico del problema en ocasiones se conoce como **alcance del proyecto**.

Un buen enunciado de problema debería también identificar a los clientes y los CPC que tienen mayor impacto en el desempeño del producto o del servicio; igualmente describe el nivel actual de desempeño o la naturaleza de los errores o de las quejas de los clientes, identifica las mediciones de desempeño relacionadas, los mejores estándares de desempeño según el benchmark, calcula las implicaciones costo/beneficio del proyecto y cuantifica el nivel esperado de desempeño en un esfuerzo de Six Sigma. La fase *definir* debe enfocar estos temas de administración de proyectos en, qué se debe hacer, por quién y cuándo.

2. *Medir.* Esta etapa del proceso DMAIC se concentra en cómo medir los procesos internos que tienen impacto en los CPC. Es necesario entender las relaciones causales entre el desempeño de los procesos y el valor para el cliente. (Estos conceptos se estudiaron en el capítulo 8.) Sin embargo, una vez que se entienden, es necesario definir e implementar los procedimientos para reunir los hallazgos (recopilar los datos adecuados, observar y escuchar con atención). La información de los procesos y prácticas de producción existentes a menudo proporciona información importante, al igual que la retroalimentación de los supervisores, trabajadores, clientes y empleados de servicio en el campo. Muchos de los aspectos técnicos de la medición que se deben tomar en cuenta en un proyecto Six Sigma se estudiarán en el capítulo 11.

La recopilación de datos no se debe realizar a ciegas; primero es necesario hacer algunas preguntas básicas:

- ¿Qué preguntas tratamos de responder?
- ¿Qué clase de datos necesitaremos para responderlas?
- ¿Dónde encontraremos los datos?
- ¿Quién puede proporcionar los datos?
- ¿Cómo podemos recopilar los datos con un mínimo de esfuerzo y de probabilidad de error?

El primer paso en cualquier esfuerzo de recopilación de datos es desarrollar **definiciones operativas** para todos los indicadores de desempeño que se van a utilizar. Por ejemplo, ¿qué significa tener “entrega a tiempo”? ¿Quiere decir dentro de la fecha prometida? ¿Dentro de una semana? ¿De una hora?; ¿qué es un error? ¿Es información equivocada en una factura, un error tipográfico o ambas cosas? Es evidente que los datos no tienen sentido a menos que estén bien definidos y se entiendan sin ambigüedad.

El Juran Institute sugiere 10 consideraciones importantes para la recopilación de datos:

- Formular preguntas adecuadas que se relacionen con las necesidades de información específicas del proyecto.
- Utilizar las herramientas de análisis de datos apropiadas y tener la certeza de que se recopilan los datos necesarios.
- Definir puntos de recopilación de datos, de modo que el flujo de trabajo sufra un mínimo de interrupciones.
- Seleccionar un recopilador sin prejuicios, que tenga el acceso más fácil e inmediato a los hechos relevantes.
- Entender el ambiente y asegurarse de que los recopiladores de datos tengan la experiencia apropiada.
- Diseñar formas sencillas para la recopilación de datos.
- Preparar las instrucciones para recopilar los datos.
- Probar las formas e instrucciones para la recopilación de datos y asegurarse de que se llenen de manera correcta.
- Capacitar a los recopiladores de datos en cuanto al propósito del estudio, para qué se van a utilizar los datos, cómo llenar las formas y la importancia de permanecer imparcial.
- Realizar una auditoría del proceso de recopilación de datos y validar los resultados.<sup>13</sup>

Estos lineamientos pueden mejorar en gran medida el proceso de descubrir los hechos relevantes necesarios para identificar y solucionar problemas.

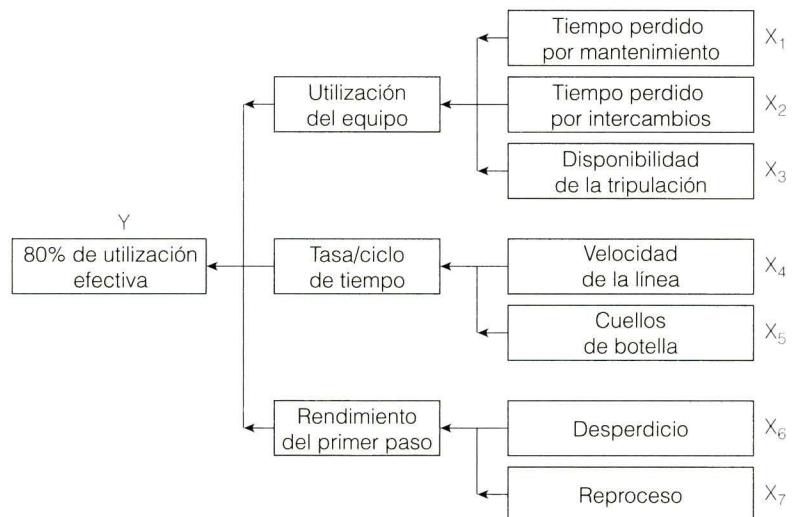
Six Sigma utiliza la noción de una función en matemáticas para ilustrar la relación entre el proceso de desempeño y el valor del cliente:

$$Y = f(X)$$

donde Y es el conjunto de CPC y X representa el conjunto de variables críticas de entrada que influyen en Y. Por ejemplo, Y puede representar el tiempo de entrega del equipaje de un avión, el manejo de las maletas y el número de maletas extraviadas; X puede incluir el número de maleteros, número de camiones, tiempo en el que son despachados, exactitud en el escaneo del código de barras y más. La figura 10.3 muestra un ejemplo de cómo “taladrando hacia abajo” desde Y, se pueden identificar los factores críticos de X. Esta relación funcional ayuda en la definición de experimentos que necesitan ser conducidos para confirmar cómo las variables de entrada afectan las variables de respuesta. Esto también forma parte de la etapa de la fase de control para definir los factores que requieren monitoreo y control.

3. *Anализar.* Una falla importante de muchos enfoques de solución de problemas es que no se presta suficiente atención al análisis riguroso. Con mucha frecuencia, se quiere llegar a una solución sin entender bien la naturaleza del problema e identificar su origen. La

**Figura 10.3** Mapeo visual de  $Y = f(X)$



Fuente: Thomas Bertels y George Patterson, "Selecting Six Sigma Projects that Matter", *Six Sigma Forum Magazine*, noviembre de 2003, 13-15.

etapa de análisis del proceso DMAIC se concentra en *por qué* ocurren los defectos, errores o la variación excesiva, lo que suele dar como resultado una o más de las siguientes situaciones:

- Ausencia de conocimientos sobre cómo funciona el proceso, lo que es crítico, sobre todo si distintas personas realizan el proceso. Esta falta de conocimiento da lugar a una inconsistencia y mayor variación en los resultados.
- Ausencia de conocimientos sobre cómo *debería* funcionar un proceso, incluida la comprensión de las expectativas del cliente y el objetivo del proceso.
- Falta de control de los materiales y el equipo utilizados en un proceso.
- Errores inadvertidos al realizar el trabajo.
- Desperdicio y complejidad, que se manifiestan de diversas maneras, como pasos innecesarios en un proceso y exceso de inventarios.
- Diseño apresurado y producción de partes deficientes; especificaciones de diseño deficientes; pruebas inadecuadas de los materiales y prototipos.
- Incomprensión acerca de la capacidad de un proceso para cumplir las especificaciones.
- Falta de capacitación.
- Calibración y pruebas deficientes de los instrumentos.
- Características ambientales inadecuadas, como luz, temperatura y ruido.

Encontrar las respuestas requiere identificar las variables clave con más probabilidades de dar lugar a errores y a una variación excesiva, las causas de origen. NCR Corporation define la **causa de origen** como "la condición (o conjunto de condiciones interrelacionadas) que permite o provoca que ocurra un defecto y que, una vez corregida de manera adecuada, evita la recurrencia del defecto de manera permanente en el mismo producto o servicio, o en los subsecuentes, que genera el proceso".<sup>14</sup> Utilizando una analogía médica, el hecho de eliminar los síntomas de los problemas, por lo general, proporciona sólo un alivio temporal; si se eliminan las causas de origen, el alivio es a largo plazo.

Un enfoque útil para identificar la causa de origen es la técnica de los "5 *por qué*".<sup>15</sup> Este enfoque obliga a volver a definir un problema como una cadena de causas y efec-

tos con el fin de identificar el origen de los síntomas preguntando *por qué*, idealmente cinco veces. En un ejemplo clásico en Toyota, una máquina falló debido a que se fundió un fusible. Reemplazarlo habría sido la solución obvia; sin embargo, esta acción sólo habría afectado al síntoma del problema real. ¿Por qué se fundió el fusible? Porque el balero no tenía la lubricación adecuada. ¿Por qué? Porque la bomba de lubricación no funcionaba en forma apropiada. ¿Por qué? Porque el eje de la bomba estaba desgastado. ¿Por qué? Porque un exceso de grasa entró en el eje de la bomba, que fue la causa de origen. Toyota instaló un filtro en la bomba de lubricación para eliminar el exceso de grasa, corrigiendo así el problema de que la máquina fallara.

Después de identificar las variables potenciales, se realizan experimentos para verificarlas. Por lo general, estos experimentos consisten en formular algunas hipótesis para investigar, recopilar datos, analizarlos y obtener una conclusión razonable y sustentada estadísticamente. El pensamiento y análisis estadísticos (capítulo 11) tienen un papel vital en esta etapa. Ésa es una de las razones por las cuales la estadística es parte importante del entrenamiento de Six Sigma (y que frecuentemente ignoran algunos planes de ingeniería y de negocios). Hay otros experimentos que utilizan técnicas de simulación por computadora.

4. *Mejora*. Una vez que se entiende de raíz la causa de un problema, el analista o el equipo necesitan generar ideas para eliminarlo o resolverlo y mejorar los indicadores del desempeño y del CPC. Esta etapa de recopilación de ideas es una actividad muy creativa, porque muchas de las soluciones no son obvias. Una de las dificultades en esta tarea es el instinto natural al prejuzgar las ideas antes de evaluarlas con detenimiento. La mayoría de las personas experimentan un temor natural a proponer una idea "absurda" o parecer tontas. Sin embargo, estas ideas en realidad pueden constituir la base para una solución creativa y útil. Las personas que solucionan problemas de manera eficaz deben aprender a desarrollar la habilidad de generar gran cantidad de ideas en esta etapa del proceso, sean prácticas o no.

Se pueden utilizar numerosos procesos y herramientas para facilitar la generación de ideas. Uno de los más populares es la lluvia de ideas. La lluvia de ideas, que es un procedimiento grupal útil de solución de problemas para generar ideas, fue propuesta por Alex Osborn "con el único propósito de producir listados de verificación de ideas" que se puedan usar en el desarrollo de una solución para un problema.<sup>16</sup> Con la lluvia de ideas no se permite ninguna crítica, y las personas están motivadas para generar gran cantidad de ideas al combinar y mejorar las existentes. Se apoyan las ideas descabelladas y con frecuencia dan lugar a otras eficientes, que provienen de alguna otra parte.

Los listados de verificación se usan a menudo como guía para generar ideas. Osborn propuso alrededor de 75 preguntas fundamentales con base en los siguientes principios:

- ¿Dar otros usos?
- ¿Adaptar?
- ¿Modificar?
- ¿Ampliar?
- ¿Minimizar?
- ¿Sustituir?
- ¿Reordenar?
- ¿Revertir?
- ¿Combinar?

Al buscar ideas en forma consciente y con base en esta lista, es posible generar muchas ideas fuera de lo común y a menudo útiles.

Después de proponer un grupo de ideas, es necesario evaluarlas y seleccionar las más promisorias. Este proceso incluye la confirmación de que la solución propuesta tendrá impacto positivo en las variables del proceso y en el CPC, así como la identificación de los rangos máximos aceptables de estas variables.

Las soluciones de los problemas a menudo implican cambios técnicos u organizacionales. Con frecuencia se utiliza algún tipo de modelo de decisión o calificación para evaluar las posibles soluciones en relación con criterios importantes como costo, tiempo, potencial para mejorar la calidad, recursos necesarios, efectos sobre los supervisores y trabajadores, así como barreras para la implementación, como la resistencia al cambio o la cultura organizacional. Para implementar una solución de manera eficaz, es necesario asignar la responsabilidad a una persona o grupo que realizará un seguimiento de qué se debe hacer, dónde se va a hacer, cuándo se hará y cómo se hará. Las técnicas de administración de proyectos son útiles para planear la implementación.

5. *Control.* La etapa de control se enfoca hacia cómo conservar las mejoras, que incluye tener las herramientas en su lugar para garantizar que las variables clave continúen dentro de los rangos máximos aceptables en el proceso modificado. Estas mejoras pueden incluir el establecimiento de nuevas normas y procedimientos, la capacitación del personal y la institución de controles para tener la seguridad de que las mejoras no desaparecerán con el tiempo. Los controles pueden ser tan sencillos como el uso de listados de verificación o revisiones periódicas de las condiciones para asegurarse de que se siguen los procedimientos apropiados o que se emplean los diagramas de control de los procesos estadísticos (véase el capítulo 14) para supervisar el desempeño de los indicadores clave.



El siguiente ejemplo muestra la forma en que DMAIC se utilizó en American Express para aumentar el número de clientes que reciben una renovación de tarjeta.<sup>17</sup> (En este ejemplo, los datos se cambiaron para proteger la confidencialidad.)

*Definir y medir:* en 1999, American Express recibió en promedio 1 000 tarjetas renovadas devueltas cada mes. De estas renovaciones, 65 por ciento se debían al hecho de que los tarjetahabientes cambiaron de dirección y no avisaron a la empresa. La oficina de correos de Estados Unidos considera que estas direcciones se pueden remitir. En la actualidad, Amex no avisa a los tarjetahabientes cuando recibe una tarjeta de plástico devuelta.

*Analizar:* el análisis de los datos observó diferencias significativas en las causas de las tarjetas devueltas entre los tipos de productos. Óptima, la tarjeta revolvente, tuvo la incidencia de defectos más alta, pero no fue muy diferente a otros tipos de tarjetas en cuanto al porcentaje de defectos. Las renovaciones tuvieron, por mucho, la tasa de defectos más elevada entre las áreas de reemplazo, renovación y cuentas nuevas. Despues de las pruebas adicionales, las devoluciones con direcciones para remisión representaron el porcentaje y la cantidad de devoluciones más altos, por amplio margen.

*Mejorar:* se realizó un estudio piloto experimental sobre todas las renovaciones comparando los registros con la base de datos del National Change of Address. Como resultado de ello, pudieron reducir la tasa dpmo 44.5 por ciento, de 13 500 a 6 036 defectos por un millón de oportunidades. Esta acción permitió que más de 1 200 tarjetahabientes que no habían recibido sus tarjetas de manera automática las recibieran, con lo que aumentaron los ingresos y la satisfacción del cliente.

*Control:* Amex empezó a llevar un registro de la proporción de devoluciones con el tiempo, como medio de supervisar el nuevo proceso para tener la seguridad de que estaba bajo control.

## Herramientas y técnicas

Dos de las características únicas de DMAIC son el hincapié en los requisitos del cliente y el uso de herramientas y metodologías estadísticas. Este enfoque requiere de entendimiento y compromiso con el pensamiento estadístico, así como el uso de enfoques para la solución de problemas en un nivel que puede ser extraño para los gerentes y otros empleados en muchas organizaciones.

**Tabla 10.2** Herramientas Six Sigma más comunes para DMAIC

<b>Definir:</b>	<b>Medir:</b>
Carta del proyecto	Hojas de chequeo
Costo del análisis de calidad	Estadística descriptiva
Análisis de Pareto	Medición y sistema de evaluación
Proceso de mapeo de alto nivel	Ánalysis de la capacidad del proceso
<b>Analizar:</b>	Benchmarking
Mapeo detallado del proceso	<b>Mejorar:</b>
Inferencia estadística	Diseño de experimentos
Diagramas causa-efecto	Prueba de errores
Modo de falla y análisis de los efectos	Producción esbelta
Ánalysis de la raíz de la causa	Ciclo Deming
<b>Control:</b>	Siete herramientas de la administración y la planeación
Control estadístico de procesos	
Procedimientos de operación estándar	

Las herramientas utilizadas en DMAIC existen desde hace mucho tiempo. Por ejemplo, Deming defendía el uso de la estadística para entender y reducir la variación, y Juran promovió el uso de herramientas sencillas para solucionar los problemas y mejorar la calidad. Thomas Pyzdek, destacado consultor de calidad, afirma que, en la actualidad, existen más de 400 herramientas en la “caja de herramientas de la ACT”.<sup>18</sup> Sin embargo, la mayoría de las organizaciones rara vez llegan más allá de las herramientas básicas para mejorar y no reconocen los beneficios de herramientas estadísticas más avanzadas, como el diseño de experimentos. Six Sigma reconoció el poder de los métodos estadísticos avanzados y los llevó más allá de la ingeniería. Además, una característica única de Six Sigma es la integración de estas herramientas y la metodología DMAIC en los sistemas administrativos de toda la organización.<sup>19</sup> La tabla 10.2 muestra una lista de las herramientas más populares usadas en DMAIC; muchas de éstas han sido analizadas en capítulos previos o han sido descritas con más detalle en capítulos subsecuentes.

Estas herramientas están integradas en los planes de estudio estándar de Six Sigma, que casi siempre comprenden una mezcla de temas técnicos, así como temas sobre liderazgo y administración de proyectos. En la figura 10.4 se muestra un plan de estudios para el entrenamiento de cintas negras en General Electric. Los temas cubiertos se pueden clasificar en siete grupos generales:<sup>20</sup>

- *Herramientas estadísticas elementales* (estadística básica, pensamiento estadístico, prueba de hipótesis, correlación, regresión simple).
- *Herramientas estadísticas avanzadas* (diseño de experimentos, análisis de la varianza, regresión múltiple).
- *Diseño y confiabilidad de productos* (despliegue de la función de calidad, modo de falla y análisis de los efectos).
- *Medición* (capacidad de los procesos, análisis de los sistemas de medición).
- *Control de procesos* (planes de control, control estadístico de procesos).
- *Mejora de procesos* (planeación de mejora de procesos, diagramación de procesos, pruebas de errores).
- *Implementación y trabajo en equipo* (eficacia organizacional, evaluación de equipos, herramientas para facilitarlos, desarrollo de equipos).

**Figura 10.4** Entrenamiento de cintas negras Six Sigma

Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visión general</li> <li>• Planeación del proceso de mejora</li> <li>• Proceso de mapeo</li> <li>• Despliegue de la función de calidad</li> <li>• Modo de falla y análisis de efectos</li> <li>• Conceptos de efectividad organizacional</li> <li>• Estadística básica</li> <li>• Capacidad del proceso</li> <li>• Análisis de los sistemas de medición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensamiento estadístico</li> <li>• Prueba de hipótesis</li> <li>• Correlación</li> <li>• Regresión simple</li> <li>• Evaluación del equipo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de experimentos</li> <li>• Análisis de varianza</li> <li>• Regresión múltiple</li> <li>• Herramientas facilitadoras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planes de control</li> <li>• Control estadístico de los procesos</li> <li>• Prueba de errores</li> <li>• Desarrollo del equipo</li> </ul>

Fuente: Roger W. Hoerl, "Six Sigma and the Future of the Quality Profession," *Quality Progress*, junio de 1998, 35-48. © 1998. American Society for Quality. Reimpreso con autorización.



La mayoría de estos temas se estudian en otros capítulos de este libro. Como se puede ver, Six Sigma amplió en gran medida el conocimiento necesario para un verdadero avance en el desempeño. Una lista más completa de "Six Sigma Body of Knowledge" defendida por la American Society for Quality puede ser encontrada en el material adicional para este capítulo en el CD que acompaña al libro.

### Diseño para Six Sigma

En el capítulo 7 se presentaron los problemas relacionados con el diseño de productos y se destacó la importancia de integrar el diseño con las fuentes y la producción. El **diseño para Six Sigma** (DFSS, por sus siglas en inglés) es un enfoque relativamente reciente para el desarrollo de productos (aunque muchas de las herramientas y principios fueron detenidos por Juran y otros hace tiempo) el cual se concentra en la entrega del producto correcto en el momento oportuno y al precio adecuado. El DFSS es una compleja metodología de análisis de ingeniería de los sistemas, que se mejora mediante los métodos estadísticos para optimizar los procesos de diseño tradicionales. Se enfoca hacia la optimización del CPC para el desempeño de productos y sistemas Six Sigma equilibrando el costo, la programación y la calidad; reconociendo que los de Six Sigma no siempre son los márgenes de diseño óptimos.<sup>21</sup> Entre algunas características del DFSS se incluyen las siguientes:

- Una perspectiva arquitectónica del diseño de alto nivel.
- Uso de CPC con requisitos técnicos bien definidos.
- Aplicación de modelado estadístico y enfoques de simulación.
- Predicción de los defectos, evitar los defectos y proyectar el desempeño utilizando métodos de análisis.
- Examinar todo el rango del desempeño de los productos utilizando el análisis de variación de subsistemas y componentes.

El DFSS utiliza muchas herramientas, entre las que se incluyen la optimización multivariada, diseño de experimentos, técnicas de análisis estadístico, técnicas de simulación proba-

bilística y el modo de falla y análisis de los efectos, muchas de las cuales se estudian en capítulos posteriores.

Una de las primeras aplicaciones del DFSS se realizó en Medical Systems Division de GE. El lightspeed computed tomography (CT) System fue el primer producto de GE que se diseñó y desarrolló totalmente utilizando el DFSS. Lightspeed permite a los médicos captar múltiples imágenes de la anatomía de un paciente en forma simultánea a una velocidad seis veces mayor que los lectores ópticos tradicionales. Como resultado de ello, la productividad se duplicó, al tiempo que las imágenes tienen mejor calidad. Jack Welch anunció que, después de esa época, todos los productos GE se diseñarían utilizando el enfoque DFSS.<sup>22</sup> En el capítulo 12 se explica con mayor detalle el concepto del diseño para Six Sigma.

### Procesos en equipo y administración de proyectos

En el capítulo 6 se presentó el concepto de los equipos, los cuales son vitales para los proyectos Six Sigma debido a su naturaleza interdisciplinaria. Los equipos Six Sigma se sustentan en diversos tipos de profesionales (roles), que incluyen campeones, maestros cinta negra, cintas negras y cintas verdes que fueron descritos en el capítulo 6. Un proceso Six Sigma eficaz despliega esta estructura de liderazgo en toda la organización. Como se dijo antes, los temas relacionados con los equipos, que incluyen eficacia organizacional, evaluación de equipos, herramientas para facilitar los procesos y desarrollo de equipos forman parte del entrenamiento estándar en Six Sigma. Los líderes y miembros de los equipos deben entender sus funciones como administradores de proyectos y líderes organizacionales (consulte la tabla 6.2).

Más que cualquier otra estructura organizacional, la estructura de equipos depende de la cooperación, la comunicación y la claridad. Eckes calcula que 60 por ciento de las fallas de los equipos Six Sigma se deben a fallas en la “mecánica” de las operaciones en equipo, a diferencia de la mala selección de los equipos o el uso inadecuado de las herramientas;<sup>23</sup> menciona factores contributorios como la falta de aplicación de habilidades para las juntas, el uso inadecuado de las agendas, no determinar las funciones y responsabilidades en las juntas, no establecer ni mantener las reglas y la ausencia de conductas apropiadas que faciliten el trabajo. Ya se habló antes de la comunicación electrónica, los equipos virtuales y la motivación, pero también se deben usar de manera eficaz a fin de que los equipos tengan éxito.

Los proyectos son los vehículos que se emplean para organizar los esfuerzos de los equipos e implementar el proceso DMAIC. Aunque los proyectos se crean como estructuras organizacionales temporales, su flexibilidad permite a los equipos multifuncionales realizar trabajos importantes en un mínimo de tiempo, si están bien administrados. Uno de los desafíos de la implementación de proyectos Six Sigma es coordinarlos con actividades de trabajo normales. Es necesario asignar tiempo y recursos físicos y financieros escasos entre los equipos de proyectos para que logren sus objetivos. No se puede esperar que los miembros de los equipos y los líderes de proyectos realicen gran cantidad de trabajo rutinario y aun así participen de manera total y eficaz en los equipos de proyectos Six Sigma.

Los proyectos fracasan por diversas razones, entre las que se incluyen la falta de apego a los horarios, mala planeación y una “reducción del alcance” cuando la naturaleza del proyecto pierde su enfoque de manera gradual y se convierte en una confusión de habilidades y transferencia insuficiente de conocimientos.<sup>24</sup> La capacidad de manejar una amplia cartera de proyectos, como la que se encuentra en los ambientes Six Sigma, es vital para el éxito de la organización. El cuerpo de conocimientos de la administración de proyectos define 69 herramientas que los gerentes de proyectos deben dominar, pero pocos las dominan. La obtención de la certificación profesional en la administración de proyectos apoya en gran medida los esfuerzos Six Sigma.

## SIX SIGMA EN LOS SERVICIOS Y PEQUEÑAS ORGANIZACIONES

Como Six Sigma se desarrolló en el sector manufacturero y la mayor parte de la publicidad gira en torno a empresas como Motorola y GE, muchas personas del sector de servicios piensan que Six Sigma no se puede aplicar en sus organizaciones. Nada más alejado de la

verdad.<sup>25</sup> Estas características están presentes en todos los procesos de negocios; por tanto, Six Sigma se puede aplicar con facilidad en gran variedad de áreas comerciales, de relaciones administrativas y de servicios. General Electric fué una de las primeras organizaciones en comprender que Six Sigma puede ser aplicado a cualquier proceso generado con defectos y lo introdujo en GE Financial. De hecho, existe un acuerdo general acerca de que 50 por ciento o más de las oportunidades de ahorro en una organización se encuentran fuera del área de manufactura. Dentro del sector de los servicios, Six Sigma empieza a conocerse como *Six Sigma transaccional*.

Sin embargo, aunque Six Sigma se aplica de igual manera en las áreas de servicio, es cierto que los servicios tienen algunas características únicas en relación con los procesos de manufactura. En el capítulo 2 fueron estudiadas en forma breve. En primer lugar, la cultura casi siempre es menos científica y, por lo regular, los empleados de servicios no piensan en términos de procesos, mediciones y datos. A menudo, los procesos son invisibles, complejos y no están bien definidos o bien documentados. Asimismo, el trabajo casi siempre requiere de la intervención considerable de un ser humano, como la interacción con los clientes, las decisiones de rechazar o aprobar o la generación manual de informes. Estas diferencias dificultan la identificación de oportunidades y la definición de proyectos. Por último, a menudo actividades de servicio similares se llevan a cabo de manera diferente. Si hay tres personas que hacen el mismo trabajo, quizá en tres lugares distintos, es poco probable que lo hagan igual.

Como los procesos de servicio se basan en gran medida en las personas, a menudo no existen indicadores o están mal definidos, porque muchos creen que los defectos no se pueden medir. Por tanto, es preciso crear un sistema de medición antes de recopilar los datos. La aplicación de Six Sigma en los servicios requiere del análisis de tres indicadores clave del desempeño:

- *Exactitud*, medida a través de cifras financieras correctas, integralidad de la información o exención de errores en los datos.
- *Tiempo del ciclo*, que es un indicador del tiempo necesario para hacer algo, como pagar una factura.
- *Costo*, es decir, el costo interno de las actividades de los procesos (en muchos casos, el costo se determina en gran medida por la exactitud y/o tiempo del ciclo del proceso; cuanto más largo y más errores se deban corregir, el costo será más alto).
- *Satisfacción del cliente*, que, por lo regular, es la principal medida del éxito.

Por suerte, es posible mostrar semejanzas importantes entre los procesos de manufactura y de no manufactura. Primero, ambos tipos de procesos tienen “fábricas ocultas”, aquellos lugares a los que se envía un “producto” defectuoso para reprocesarlo o desecharlo (revisado, corregido o descartado, en términos de los procesos que no son de manufactura). Si encuentra la fábrica oculta, encontrará también oportunidades de mejorar el proceso. La realización a mano de la conciliación de las cuentas en la contabilidad, la revisión constante de los presupuestos hasta que los directivos los acepten y la realización de visitas de ventas repetidas por no tener a la mano toda la información solicitada por el cliente son ejemplos de una fábrica oculta.

Considere ahora la forma en que una empresa de servicios de limpieza podría utilizar la metodología DMAIC. En la etapa *definir*, una pregunta clave sería definir qué representa un defecto. Primero se podría elaborar un diagrama de flujo del proceso de limpieza, especificando las actividades que se llevan a cabo. Un ejemplo de defecto podría ser dejar manchas en las ventanas, ya que es una causa de no satisfacción del cliente, un CPC. En la etapa de *medición*, la empresa no sólo querrá recopilar datos sobre la frecuencia de los defectos, sino también información acerca de los productos y herramientas que utilizan los empleados. En la etapa de *analizar* se podría incluir la evaluación de las diferencias entre los empleados para determinar por qué algunos parecen ser mejores que otros para limpiar. El desarrollo de un procedimiento

*Todos los proyectos Six Sigma tienen tres características clave: un problema por resolver, un proceso en el que existe el problema y uno o más indicadores que cuantifican la diferencia a eliminar y se pueden utilizar para hacer el seguimiento.*

operativo estándar podría ser el enfoque de la etapa de *mejora*. Por último, el *control* podría comprender enseñar a los empleados la técnica correcta y medir la mejora a través del tiempo.

En una aplicación en CNH Capital, las herramientas Six Sigma se utilizaron para reducir el tiempo del ciclo de la administración de los activos al publicar las recuperaciones en una lista de licitaciones y volver a comercializar el sitio web.<sup>26</sup> El tiempo del ciclo se redujo 75 por ciento, de 40 a 10 días, dando como resultado significativos ahorros monetarios continuos. Una empresa de administración de locales tenía un alto nivel de “cuentas pendientes”. En un principio trató de corregir el problema reduciendo el número de días en el ciclo de facturación, lo que, sin embargo, molestó a los clientes. Con el uso de Six Sigma, descubrieron que un alto porcentaje de las cuentas que tenían numerosos pagos pendientes recibían facturas con muchos errores. Después de entender el origen de los errores y realizar cambios en los procesos, el proceso de facturación mejoró y se redujo la cantidad de pagos pendientes. En DuPont, se aplicó un proyecto Six Sigma para mejorar el tiempo del ciclo para las solicitudes de los empleados de los pagos por incapacidades prolongadas.<sup>27</sup>

Algunos ejemplos de la aplicación de Six Sigma en el área de finanzas incluye los siguientes:<sup>28</sup>

- Reducir el promedio y la variación del plazo para las cuentas por cobrar.
- Cerrar los libros con mayor rapidez.
- Aumentar la exactitud y velocidad de los procesos de auditoría.
- Reducir la variación en el flujo de efectivo.
- Aumentar la exactitud de los asientos en el libro diario (la mayoría de las empresas tienen un índice de errores de 3 a 4 por ciento).
- Aumentar la exactitud y mejorar el tiempo del ciclo de los informes normales de carácter financiero.

Una gran empresa de servicios financieros y bancarios, vio incrementarse la insatisfacción de sus clientes debido a las transferencias internacionales vía cable que incrementaban los costos del banco, algunos de los cuales eran pasados al cliente como comisiones pro transacción, aplicó Six Sigma para rediseñar el proceso, reducir los errores de una manera enorme, devolver las llamadas a los clientes, retrasos en las transferencias y transferencia de honorarios y comisiones. El tiempo del ciclo de transferencia se redujo en un 46 por ciento y el costo por orden de pago fue disminuido en más de un 50 por ciento, ejecutando el banco la no aplicación de comisiones en sus transacciones y mejorando la satisfacción del cliente.<sup>29</sup>

Six Sigma es utilizado ampliamente en el cuidado de la salud, pero predominantemente en áreas no médicas. Algunas de éstas incluyen el incremento en la capacidad en los rayos X o en los departamentos de cirugía, reduciendo los retrasos en las descargas, disminuyendo el tiempo de espera del paciente, los errores en las cuentas y los expedientes y más. Los profesionales médicos a menudo ignoran el potencial de Six Sigma, para mejorar el significado de más calidad en el tratamiento médico y reducción de errores en los tratamientos médicos de por vida.<sup>30</sup> Al igual que otros aspectos de la administración de la calidad, ésta es generalmente más difícil de comprometer a profesionales como los médicos que apoyan al personal en algunas actividades.

Recientemente el gobierno de Estados Unidos y otras agencias públicas han explorado el potencial de Six Sigma en servicios tales como la distribución y calidad del agua, producción de electricidad, educación, operaciones militares y reuniones de inteligencia. Debido a la naturaleza no lucrativa de las actividades gubernamentales, el enfoque no es el aumento de las ganancias, pero a menudo gira alrededor de la mejora de los ciclos de tiempo y de la cadena de suministros, lo que también redunda en la reducción de costos. La ciudad de Fort Wayne, Indiana, por ejemplo, empezó con una iniciativa Six Sigma en el año 2000 y comenzó a capacitar a una división y un departamento de gerentes. Obtuvo una cinta negra y fue nombrada como la ciudad de crecimiento gerencial de primera calidad; pronto otros empleados de la ciudad recibieron una capacitación cinta negra. Los primeros proyectos incluían, la reparación de baches y los permisos. Utilizando herramientas simples, el tiempo de reparación de baches se redujo de cuatro días a cuatro horas cuando mucho y el tiempo de expedición de permisos pasó de 50 a 12 días. En los primeros cinco años, la ciudad completó 60 proyectos Six Sigma y ahorró 10 millones de dólares.<sup>31</sup>



A menudo, las organizaciones pequeñas se sienten confusas e intimidadas por el tamaño, los costos y la extensa capacitación técnica que ven en las grandes organizaciones que implementan procesos “formales” Six Sigma. Por esta razón, con frecuencia ni siquiera hacen el intento de adoptar estos enfoques. Las pequeñas empresas casi siempre son esbeltas por necesidad, pero no siempre son eficaces. A veces, sus procesos funcionan en niveles de calidad de 2- o 3- sigma, y ni siquiera son conscientes de ello. Spanyi y Wurtzel ofrecen algunos consejos para las organizaciones pequeñas que piensan adoptar Six Sigma o la producción esbelta.<sup>32</sup>

- Obtener el compromiso de los directivos.
- Identificar los procesos y objetivos clave.
- Establecer prioridades para mejorar los proyectos.
- Ser sistemáticas.
- No preocuparse por el entrenamiento de cintas negras y verdes.
- Utilizar las prácticas justo a tiempo para aprender las herramientas Six Sigma necesarias para realizar con éxito proyectos específicos.
- Comunicar los éxitos y premiar y reconocer a los que tienen buen desempeño.

Ocasionalmente, las pequeñas empresas necesitan recurrir a consultores para las iniciativas de capacitación y mejora en las etapas iniciales del aprendizaje. Este tipo de iniciativas pueden ayudar a desarrollar la experiencia interna.

## SIX SIGMA Y PRODUCCIÓN ESBELTA

La **producción esbelta** se refiere a los enfoques desarrollados en un principio por Toyota Motor Corporation, que se concentran en la eliminación del desperdicio en todas sus formas, incluidos los defectos que requieren del reprocesso, los pasos innecesarios en los procesos, el movimiento innecesario de materiales o personas, el tiempo de espera, el inventario en exceso y la sobreproducción. Una forma sencilla de definirla es “hacer más con menos”.<sup>34</sup> Comprende la identificación y eliminación de las actividades sin valor agregado en toda la cadena de valor para lograr una respuesta más rápida para el cliente, inventarios reducidos, mejor calidad y mejores recursos humanos. Como comenta un artículo acerca de Toyota, ver en acción el sistema de Toyota es “contemplar algo muy bello”.

*Una planta de ensamble de Toyota afirma: cada movimiento tiene un propósito y no hay penuria. En el recorrido por una planta automotriz típica se observan pilas de partes sin terminar, líneas de ensamble detenidas para ajustarlas, obreros sin hacer nada. En Toyota, los obreros parecen bailarines en una producción coreográfica: recuperan las partes, las instalan, verifican la calidad y todo lo hacen en un ambiente immaculado.<sup>33</sup>*

La producción esbelta se facilita con un enfoque en la medición y mejora continua, trabajadores capacitados para todas las funciones, equipo flexible y cada vez más automatizado, una distribución eficiente de la maquinaria, instalación y cambios de moldes rápidos, entrega y programación justo a tiempo, normas de trabajo realistas, empoderamiento de los trabajadores para realizar inspecciones y emprender acciones correctivas, asociaciones con los proveedores y mantenimiento preventivo. Entre algunos de los beneficios que ofrecen los defensores de la producción esbelta se incluyen los siguientes:

- Reducción de por lo menos 60 por ciento en los tiempos del ciclo.
- Mejora de 40 por ciento en el uso del espacio.
- Producción 25 por ciento más alta.
- Reducción de 50 por ciento en el trabajo en proceso y los inventarios de productos terminados.
- Mejora de 50 por ciento en la calidad.
- Mejoras de 20 por ciento en el capital de trabajo y la productividad de los empleados.

Sin embargo, como señala un experto industrial, es necesaria “una cantidad increíble de planeación hasta el más mínimo detalle, disciplina, trabajo arduo y atención a los detalles”.

Las encuestas indican que las empresas medianas y grandes casi siempre están familiarizadas con los principios de la producción esbelta y tienen sistemas en funcionamiento; sin embargo, pocas empresas pequeñas de manufactura conocen bien estos principios; por tanto, existen muchas oportunidades para este importante sector económico.

Algunas de las herramientas clave utilizadas en la producción esbelta incluyen:

- *Las 5S.* Las 5S se derivan de los términos japoneses: *seiri* (clasificar), *seiton* (poner en orden), *seiso* (brillar), *seiketsu* (estandarizar) y *shitsuke* (sostener). Definen un sistema para la organización y estandarización del lugar de trabajo. Clasificar se refiere al hecho de garantizar que cada elemento de un lugar de trabajo esté en el lugar apropiado, o bien, se identifica como innecesario y se elimina. Poner en orden significa arreglar los materiales y el equipo de modo que sea fácil encontrarlos y utilizarlos. Brillar se refiere a un área de trabajo limpia. Esto no sólo es importante para la seguridad, sino que al limpiar el área de trabajo, los problemas de mantenimiento, como fugas de aceite, se pueden identificar antes de que causen problemas. Estandarizar significa formalizar los procedimientos y prácticas para crear consistencia y asegurarse de que todos los pasos se realizan en forma correcta. Por último, sostener significa mantener el proceso funcionando a través de las estructuras de capacitación, comunicación y organización.
- *Controles visuales.* Los controles visuales son indicadores para las herramientas, partes y actividades de producción que permanecen a la vista de todos los empleados, de manera que todos entiendan las condiciones del sistema. Por tanto, si una máquina se descompone, o hay una parte defectuosa o demorada, es posible emprender una acción inmediata.
- *Distribución física eficiente y trabajo estandarizado.* La distribución física del equipo y los procesos están diseñados de acuerdo con la mejor secuencia operativa al enlazar y disponer físicamente las máquinas y los pasos de los procesos de la manera más eficiente, a menudo en una distribución por celdas. Estandarizar las tareas individuales especificando con claridad el método apropiado reduce el desperdicio en el movimiento y energía del ser humano.
- *Jalar la producción.* En este sistema (que también se describe como kanban o justo a tiempo), los proveedores no producen hasta que el cliente subsecuente indica que necesita una parte.
- *Intercambio de datos en un solo minuto (SMED, por sus siglas en inglés).* SMED se refiere al intercambio rápido de herramientas y arreglos en los talleres, de modo que se puedan manejar varios productos en lotes pequeños con el mismo equipo. La reducción del tiempo de instalación agrega valor a la operación y facilita un flujo de producción más uniforme.
- *Mantenimiento productivo total.* Este mantenimiento está diseñado para garantizar que el equipo se encuentra en condiciones de funcionar y disponible cuando se le necesita.
- *Inspección de origen.* La inspección y el control por parte de los operadores de procesos garantizan que el producto que pasó a la siguiente etapa de producción cumple con las especificaciones.
- *Mejora continua.* La mejora continua proporciona el vínculo con Six Sigma. Con el fin de que la producción esbelta funcione, es necesario llegar a las causas de raíz de los problemas y eliminarlas en forma permanente. El trabajo en equipo es parte integral de la mejora continua en los ambientes esbeltos. Se emplean muchas de las técnicas que estudiaremos en capítulos posteriores.

Un ejemplo de la aplicación de los conceptos esbeltos se encuentra en Sunset Manufacturing, Inc., de Tualatin, Oregon, un taller de maquinado familiar con 35 empleados.<sup>35</sup> Debido a las presiones competitivas y una crisis en los negocios, Sunset empezó a buscar formas de simplificar las operaciones y reducir los costos. Estableció un comité de dirección esbelta para coordinar y manejar el proceso. El comité organizó un equipo kaizen para reducir 50 por ciento el tiempo de inicio de las fresadoras verticales. El equipo utilizó el SMED y el enfoque de las 5S como sus herramientas básicas. Se emprendieron varias acciones, entre las que se incluyen (1) estandarización de las partes en todas las fresadoras, (2) reorganiza-



ción del cuarto de herramientas, (3) incorporación del enfoque SMED en el inicio de la operación de las máquinas y (4) implementación de las que se denominaron "tarjetas de baile", que dieron a los operadores los pasos específicos necesarios para el SMED de diversos productos y máquinas. Los resultados fueron impresionantes. El tiempo de preparación de las herramientas bajó de un promedio de 30 a menos de 10 minutos, se mejoraron el aislamiento y la identificación de herramientas desgastadas, se hicieron evidentes las mejoras en la seguridad y apariencia en el cuarto de herramientas debido a la aplicación de las 5S, se redujo el tiempo de inicio de la operación de las máquinas de un promedio de 216 a 36 minutos (mejora de 86 por ciento). Los ahorros estimados fueron de 33 000 dólares al año, con un costo de implementación de menos de la mitad de esa cantidad. El impacto neto fue el manejo de lotes más pequeños, reducción de 75 por ciento en el desperdicio, el nacimiento de una organización más competitiva y un aumento de la moral entre los miembros de los equipos.

Six Sigma es un enfoque útil y complementario para la producción esbelta. Por ejemplo, un proyecto para reducir el tiempo del ciclo podría comprender aspectos de ambos. Herramientas esbeltas se aplicarían para agilizar el proceso de recepción de pedidos. Esta aplicación lleva al descubrimiento de que la causa principal se debe a direcciones, números de cliente o cobros de envío equivocados y da como resultado gran variación en el tiempo de procesamiento. Las herramientas Six Sigma se podrían utilizar para llegar hasta la causa original de los problemas e identificar una solución. Debido a estas semejanzas, varios programas de capacitación industrial y muchos asesores empiezan a enfocarse hacia un "Six Sigma Esbelto", tomando las mejores prácticas de los dos enfoques. Ambos se basan en los requisitos de los clientes, se enfocan hacia los verdaderos ahorros monetarios, tienen la habilidad de crear impactos financieros significativos en la organización y se pueden usar fácilmente en ambientes que no son de manufactura.

Sin embargo, es evidente que existen algunas diferencias entre la producción esbelta y Six Sigma. En primer lugar, atacan distintos tipos de problemas. La producción esbelta se encarga de problemas visibles en el proceso, por ejemplo, inventarios, flujo de material y seguridad. Six Sigma está más concentrado en problemas menos visibles, por ejemplo, la variación en el desempeño. Otra diferencia es que las herramientas de producción esbelta son más intuitivas y fáciles de aplicar por todos en el lugar de trabajo, mientras que muchas herramientas Six Sigma requieren de capacitación avanzada y experiencia por parte de especialistas cinta negra o maestros cinta negra, o asesores equivalentes. Por ejemplo, el concepto de las 5S es más fácil de entender que los métodos estadísticos. Por tanto, las organizaciones harán bien en empezar con los principios puros básicos y evolucionar hacia los enfoques Six Sigma más avanzados. Sin embargo, esto es importante para plantear ambos enfoques con una meta común: mejorar los resultados en los negocios.

## SIX SIGMA ESBELTO Y LOS SERVICIOS

La producción esbelta se puede aplicar con facilidad en los ambientes que no son de manufactura. Las empresas exclusivas de servicios, como bancos, hospitales y restaurantes se han beneficiado con los principios de la producción esbelta. En estos contextos, la producción pura a menudo se conoce como **empresa esbelta**. Por ejemplo, los bancos requieren dar una respuesta rápida y ser eficientes para funcionar con márgenes bajos, de manera que muchos de sus procesos, como la clasificación de cheques y aprobación de hipotecas, sean candidatos naturales para las soluciones empresariales puras. Por ejemplo, el manejo de cheques de papel y *bauchers* para tarjetas de crédito implica un proceso físico similar a una línea de ensamble. Mientras más rápido circulen los cheques por todo el sistema del banco, más pronto se podrán cobrar los fondos y será mejor la recuperación sobre el capital invertido.

Una institución financiera estadounidense aplicó los principios de empresa esbelta a las operaciones de procesamiento de cheques.<sup>36</sup> Siguieron un cheque en su ruta por los sistemas del banco, registrando el tiempo invertido en el procesamiento real y en esperas, trabajos repetidos y el manejo. Descubrieron que casi la mitad de la capacidad de procesamiento del banco se consumía en actividades ajenas al procesamiento, como corrección de procesos

demorados y ajustes de máquinas. Una investigación más detallada reveló grandes variaciones en la productividad entre los operadores individuales en un solo turno. Al comparar las prácticas de trabajo de los operadores más y menos productivos, se hizo evidente que, aunque todos participaban en la misma tarea, las diferencias en su desempeño creaban grandes variaciones en la productividad.

Para adoptar un enfoque de manufactura esbelta, el banco comparó primero el flujo de cheques que llegan con la capacidad de procesamiento. Al final de cada día hábil, la operación de procesamiento de cheques se encontró con más cheques de los que podía manejar; este cuello de botella creó la falsa impresión de que la capacidad era limitada. El banco aplicó los principios justo a tiempo en el procesamiento de los cheques que entraban y distribuyó el flujo de cheques de manera uniforme en el día. Un segundo cuello de botella ocurría al inicio del día; la práctica estándar establecía que todos los cheques que se presentaban por la mañana para su procesamiento se clasificaran tres veces. Este proceso evitaba que la operación de procesamiento manejara la cantidad de cheques a tiempo para cumplir con la fecha límite de envío. Sin embargo, muchos de los cheques no necesitaban procesarse durante la mañana y, una vez que la clasificación de estos cheques de baja prioridad se cambió a una hora más tarde durante el día, al reducirse los volúmenes, la capacidad aumentó 122 por ciento.

Al descubrir y liberar la capacidad “fantasma” que antes había causado el tiempo de espera, mantenimiento y trabajo repetido, se incrementó la capacidad real más de 25 por ciento sin invertir en equipo adicional. El banco pudo vender sus servicios a otros bancos a un precio atractivo y ampliar la capacidad durante el periodo más ocupado del día, cuando sus servicios podían tener mayor precio. En general, estas mejoras dieron como resultado una duplicación del margen de contribución de la operación.

Un laboratorio médico ha mejorado durante varios años el tiempo del ciclo para las muestras recibidas para su envío y logró una reducción de 30 por ciento, sobre todo, mediante el uso de nueva tecnología. Sin embargo, los médicos pedían una respuesta más rápida. Mediante un benchmarking del desempeño, el coordinador de calidad del laboratorio encontró algunos ejemplos de plantas de manufactura que habían reducido el tiempo del ciclo hasta 90 por ciento con poca inversión de capital. El coordinador descubrió que estas mejoras no se lograban sólo con hacer más rápido cada paso, sino también con la identificación y reducción del desperdicio de tiempo existente entre los pasos del proceso, como movimiento, espera e inventario. Aprendiendo las técnicas de producción esbelta y cambiando el flujo de las muestras en el laboratorio, la organización pudo reducir el tiempo del ciclo 20 por ciento más en siete meses.<sup>37</sup>

Six Sigma incluso se ha implementado con éxito en escenarios gubernamentales locales. Considere el caso de la ciudad de Fort Wayne, Indiana. Antes de su elección como alcalde de la ciudad, Graham Richard creó en 1991 una red de aprendizaje. Gracias a la red de ACT, más de 40 empresas pequeñas y medianas, organizaciones no lucrativas y gobiernos locales ahora ofrecen a sus empleados capacitación en Six Sigma.



Cuando entró en funciones en enero de 2000, el alcalde Richard convirtió a la ciudad de Fort Wayne en miembro de la red de ACT del noreste de Indiana. Michele Hill fue elegida para el puesto recién creado de administradora de la mejora de calidad de la ciudad y recibió la ayuda de Roger Hirt, maestro cinta negra Six Sigma que anteriormente había trabajado con General Electric. En un principio, 10 empleados de la ciudad de diversos departamentos recibieron capacitación como cinta negra Six Sigma y cada uno llevó a cabo un proyecto aprobado por la ciudad. Como resultado de algunos de estos proyectos, la ciudad redujo 19 por ciento los robos en un área determinada, aumentó 23 por ciento las reinspecciones de los códigos de incendios, redujo 17 días el tiempo para reinspeccionarlos y aumentó 21 por ciento la cantidad de pedidos de cambio de la ingeniería en los transportes hasta alcanzar una tolerancia aceptable.

Quizá el ejemplo más notorio del potencial de Six Sigma en un escenario municipal proviene de un proceso menos glamoroso: los lodos activados por basura. Cheryl Cronin, de la planta de control de la contaminación de agua de Fort Wayne, quería aumentar la cantidad de

lodos activados por basura procesados a través del centrifugado en la planta. Quizá no parezca emocionante, pero los resultados fueron impresionantes. Como resultado directo del proyecto de Cronin, la ciudad ahorró 1.7 millones de dólares que estaban destinados para mejoras al digestor de la planta WPC (por sus siglas en inglés), el uso de combustibles alternativos en el digestor se redujo 98 por ciento y el tiempo de operación en el proceso se redujo cuatro horas al día. "Con herramientas como Six Sigma en manos de los trabajadores de la ciudad, no sólo podemos ofrecer capacitación en calidad para nuestros empleados, sino que, además, ahora podemos medir y mejorar la satisfacción del cliente", explicó Cronin. "Se trata de una situación de ganar-ganar para todos los que vivimos en Fort Wayne o utilizamos los servicios que ofrece la ciudad."



## CALIDAD EN LA PRÁCTICA

### APLICACIÓN DE SIX SIGMA PARA REDUCIR ERRORES MÉDICOS<sup>38</sup>

La administración de medicamentos y los informes sobre los procesamientos y resultados en los laboratorios son ejemplos de sistemas complejos en el sector salud y se sabe que están propensos a los errores. Como se describe en el informe de National Academy of Sciences/Institute of Medicine, los errores en los medicamentos son una fuente importante de errores en los hospitales, los cuales se podrían prevenir, pero, en parte, son resultado de sistemas complejos mal diseñados. En el Hospital Froedtert en Milwaukee, Wisconsin, los errores con las gotas IV y los informes de los procesos en el laboratorio y sus resultados estaban bien documentados. Además, se sabía que los errores en los pedidos, el transporte, los análisis y los informes sobre las pruebas clínicas eran una fuente importante de errores en el hospital. Por estas razones, estas dos áreas fueron objeto de un estudio inicial.

Se creó un consorcio formado por cuatro organizaciones con sede en Milwaukee comprometidas con el desarrollo de un enfoque para reducir los errores y aumentar la seguridad del paciente. Los miembros del consorcio son Medical College of Wisconsin, Froedtert Memorial Lutheran Hospital, American Society for Quality y SecurTrac, una empresa formada *ex profeso* para desarrollar tecnologías que aumentan la seguridad del paciente. En la actualidad, el consorcio se orienta a tres esfuerzos principales: (1) mejor identificación y reporte de errores en el sector salud, (2) despliegue de la metodología Six Sigma para reducir los errores y (3) prueba e implementación de soluciones técnicas para mejorar la seguridad del paciente. En el centro de este enfoque se encuentra un esfuerzo por determinar si la metodología de Six Sigma para reducir errores se puede aplicar con éxito en el sector salud.

Utilizando los métodos de Six Sigma y herramientas estadísticas seleccionadas se evaluaron los procesos

del Hospital Froedtert para la entrega de medicamentos con el objetivo de diseñar un enfoque que redujera la similitud de los errores. El diseño empleó los pasos clásicos de los procesos Six Sigma. Un grupo multidisciplinario de médicos, enfermeras, farmacéuticos y administradores identificó el suministro de medicamentos mediante las infusiones IV continuas como un proceso sujeto a errores importantes. Las infusiones continuas tipo IV se utilizan en muchos escenarios clínicos, y los errores tienen impacto severo en el bienestar de los pacientes. En un principio se concentraron en cinco tipos IV de suministros específicos. Pronto se dieron cuenta de que el número era muy bajo para permitir la cuantificación de los índices de error. El alcance del proyecto se amplió a 22 suministros aplicados mediante la infusión continua tipo IV. Los miembros del equipo desarrollaron un diagrama del proceso (diagrama de flujo) para delinejar cada paso en el procedimiento para una infusión continua tipo IV de medicamentos. El diagrama del proceso reveló la existencia de nueve pasos: (1) orden del médico, (2) revisión de la orden, (3) entrada de la orden para el farmacéutico, (4) preparación de la dosis, (5) surtido de la dosis, (6) cálculo de la tasa de infusión, (7) inicio de la bomba tipo IV, (8) programación de la bomba y (9) supervisión de la bomba.

Cada uno de los pasos se sometió a un análisis de los modos de falla y efectos (FMEA, por sus siglas en inglés, véase el capítulo 12) y se calificó en una escala del 1 al 10 para tres categorías: frecuencia del suceso, facilidad para detectarlo y severidad. Las calificaciones se multiplicaron a fin de producir un índice de prioridad de riesgos (RPN, por sus siglas en inglés) para cada paso. Se revisaron los informes de errores de suministro en un periodo de 18 meses en retrospectiva, a fin de proporcionar datos adicionales para el cálculo

del RPN. Esta revisión confirmó los resultados del FMEA acerca de que los cálculos del índice IV y la preparación de la bomba IV eran los dos pasos más propensos a errores en el proceso de infusión tipo IV. Los esfuerzos iniciales por delinejar y reducir los errores se enfocaron hacia estos dos pasos.

Como no se sabía con qué frecuencia los errores permanecían sin reconocerse o sin informarse, se realizó una auditoría para determinar si la dosis prescrita era igual al índice real de la infusión. Se recopilaron datos de dos semanas de auditorías y los 124 puntos resultantes se calificaron con base en una escala de discrepancia de 1 a 3 (1 para una discrepancia de  $\leq 1 \text{ ml/h}$ , 2 para una discrepancia de 1 a 5 ml/h, 3 para una discrepancia de  $\geq 5 \text{ ml/h}$ ). Diez de las auditorías se clasificaron en el nivel 2 y cuatro en el nivel 3. Se empleó un análisis de las causas de origen para determinar la causa de las discrepancias. Después, se iniciaron los trabajos para afectar la exactitud de los índices de infusión.

Utilizando los métodos Six Sigma y herramientas estadísticas, el equipo estudió también el proceso del laboratorio clínico del hospital. Se identificaron los elementos clave en la adquisición, los análisis de laboratorio y el informe de las muestras de los pacientes. Los pasos incluían (1) orden de médicos, (2) recepción de órdenes, (3) empatar la orden con el paciente, (4) recopilar las muestras, (5) etiquetar las muestras, (6) transportar las muestras, (7) analizar las muestras, (8) informar sobre los resultados y (9) anotar los resultados en la tarjeta del paciente. Cada uno de estos pasos está sujeto a errores. Al aplicar el análisis Six Sigma se identificaron aquellos que están sujetos a la mayor cantidad de errores. Estos pasos eran: recepción de órdenes por parte del personal de oficina de la unidad, transporte de las muestras al laboratorio y análisis de las muestras en el laboratorio. Para identificar, definir y reducir estos errores se estableció una fuerza de tarea para disminuir los errores en el laboratorio. Ésta incluía miembros de la administración, el laboratorio, el grupo de enfermeras, el personal de oficina, el personal de sistemas de información y el de administración de la calidad. La fuerza de tarea desarrolló primero un diagrama del proceso para que todos los miembros apreciaran la complejidad y vulnerabilidad de todo el proceso. Este diagrama proporcionó a la fuerza de tarea las herramientas necesarias para analizar a fondo el problema del laboratorio clínico. Se empleó la técnica FMEA para llegar a un índice de prioridad de riesgos (RPN) a fin de establecer prioridades entre los procesos de análisis del laboratorio en términos de su vulnerabilidad a errores. Una vez más, se identificaron la recepción de órdenes, transporte y análisis de muestras. Se utilizaron herramientas estadísticas, incluidos la correlación y regresión, el análisis de la varianza, intervalos de con-

fianza y las pruebas de hipótesis para evaluar mejor los procesos en el laboratorio.

El análisis de la medicación por infusions tipo IV sirvió como ejemplo de manejo de la metodología Six Sigma para reducir errores y mejorar la seguridad de los pacientes en un escenario de cuidado de la salud. Se identificó una variabilidad significativa en las órdenes y el procesamiento de gotas tipo IV. La falta de estandarización en muchos de los pasos del proceso representaba el mayor riesgo de fallas en el sistema. Los pasos con el grado de variabilidad más alto y mayor probabilidad de errores eran:

1. Prácticas de órdenes de los médicos (es decir, falta de estandarización en la descripción de los medicamentos, la dosis, la concentración, etcétera).
2. La preparación de las gotas tipo IV (falta de estandarización en la farmacia y en las bolsas de concentraciones tipo IV).
3. Etiquetas RN y documentación de las concentraciones tipo IV.

En estas tres áreas, una fuerza de tareas multidisciplinaria creó normas para reducir la variación. Entre las intervenciones específicas incluyeron la implementación de hojas de órdenes estandarizadas para los médicos, una política que exigía la preparación de todos los medicamentos tipo IV con una concentración estándar y el uso de etiquetas con código de colores al utilizar concentraciones sin estándar. Treinta días después de la implementación, la mejora era evidente. Las discrepancias del nivel 1 bajaron de 47.4 a 14 por ciento. Las discrepancias del nivel 2 se redujeron de 21.1 a 11.8 por ciento y las del nivel 3 bajaron de 15.8 a 2.9 por ciento. Aunque distan mucho de alcanzar un nivel de desempeño Six Sigma, los esfuerzos continúan avanzando hacia ese objetivo.

El proyecto del laboratorio resultó ser más complejo. Desde un principio, era evidente que el alcance de este sistema era demasiado amplio para un esfuerzo inicial. El proyecto se dividió en etapas individuales más pequeñas del proceso general. Después de cambiar el enfoque, la fuerza de tarea identificó oportunidades de reducir la variación en etapas seleccionadas del proceso de laboratorio. Se implementaron otros medios para identificar las muestras, cambios en el enfoque para los análisis de laboratorio en el “punto de cuidado”, descentralización de algunas pruebas de laboratorio y un sistema revisado para ordenar y procesar pruebas de laboratorio. La supervisión de la eficacia continúa, al igual que la medición de las reducciones significativas de los errores. Estos esfuerzos marcaron el principio de un largo proceso de rediseño del laboratorio, orientado hacia la eliminación de los errores, reduciendo el tiempo de entrega y mejorando la seguridad de los pacientes.

## Aspectos clave para análisis

1. ¿Cómo utilizó el equipo la diagramación del proceso como parte clave del proceso Six Sigma?  
¿Qué valor tenía la diagramación de procesos?

2. ¿Por qué los equipos y fuerzas de tareas tenían naturaleza multidisciplinaria? ¿Qué beneficios tiene este enfoque?



La fabricación de semiconductores es uno de los procesos de manufactura de partes únicas más complejos. Desde la materia prima (dióxido de silicio) hasta el circuito integrado empacado (IC, por sus siglas en inglés), la fabricación de semiconductores [fab] tiene que ver con más de 200 pasos en 75 piezas de equipo, muchos de los cuales se llevan a cabo en un salón limpio clase uno donde se permite no más de una partícula de polvo mayor que  $0.5 \mu\text{m}$  por 1 pie cúbico de aire. Los rendimientos, la cantidad de producto que pasa las pruebas y hace esto en el campo, puede variar de 40 por ciento para microprocesadores a casi 100 por ciento para partes maduras, menos complejas. Con todos estos procesos, aislar y reducir variables es una tarea enorme, una que es perfecta para Six Sigma.

National Semiconductor es un líder en la tecnología de circuitos integrados analógicos. Aunque National se ha enorgullecido siempre de la calidad de sus productos (su tasa de artículos defectuosos en campo es menor que 20 piezas defectuosas por millón), como cualquier compañía vio espacio para la mejora, en particular en el área de producción interna. Ésta es la razón de que Kamal Aggarwal, vicepresidente ejecutivo del Central Technology and Manufacturing Group (CTMG) de National, autorizara el año pasado que todas las unidades de CTMG pondrían en práctica Six Sigma.

El siguiente impulso fuerte llegó en 2000, con un gran esfuerzo de mejora continua (MC) para todo el CTMG. Aunque el esfuerzo produjo buenos resultados, adolecía de inconsistencia. Cada unidad, tres fábricas de obleas en Texas, Maine y el Reino Unido; tres sitios de ensamblaje en Singapur, Malasia y China; y las oficinas centrales de CTMG en Santa Clara, California, utilizaba sus propios métodos para mejorar la calidad. Así que en 2001, National Semiconductor invitó a GE Consulting para ayudar a poner en funcionamiento Six Sigma. La idea se encontró con el tipo de resistencia con que tropiezan muchas compañías. Todos los empleados sentían que ya estaban usando herramientas de

tas de Six Sigma y creyeron que eran "muy buenos en eso". El consenso era que un programa Six Sigma no llevaría nada nuevo a la mesa.

Six Sigma se pospuso otro año hasta que, en la reunión cumbre bianual del CTMG, Aggarwal contrató otra firma consultora para reintroducir Six Sigma. Thomas A. Little Consulting tenía experiencia en procesos de alta tecnología (fabricación de discos duros) que tenían mucho en común con la fabricación de semiconductores y presentó un argumento convincente para Six Sigma aplicado a los métodos de fabricación muy orientados al proceso de la industria de semiconductores. Esto fue suficiente para convencer a C. S. Liu, vicepresidente de la planta de National en Melaka, Malasia, en ese entonces, para lanzar un programa Six Sigma piloto con diez proyectos.

Nueve meses después en la siguiente reunión cumbre del CTMG, un proveedor clave de National Semiconductor, DuPont Electronic Technologies, hizo una presentación sobre cómo cuantificar Six Sigma. Esto, aunado a los resultados de los diez proyectos preliminares de Melaka (ahorros iniciales de casi 900 000 dólares y ahorros anuales proyectados de casi 2.3 millones de dólares), convencieron a Aggarwal de poner en funcionamiento Six Sigma en CTMG. La primera ola de proyectos comenzó en junio de 2003. Desde entonces, 52 proyectos han sido terminados con una tasa de éxito de 84 por ciento, dando como resultado decenas de millones de dólares en ahorros tanto duros como blandos. En marzo de 2004, CTMG lanzó su segunda ola de programas Six Sigma, proyectando ahorros similares de 44 proyectos. Cuatro de estos proyectos dirigidos a asuntos que existen en sitios múltiples, mientras que nueve dirigidos a la satisfacción del cliente, la calidad o la mejora de la seguridad.

Un ejemplo de un proyecto de esta clase se tuvo en la instalación de South Portland, Maine, de National Semiconductor, que produce dispositivos CMOS avanzados para clientes como Samsung, Motorola y Nokia.

El sitio vio una oportunidad de mejorar los rendimientos sobre un proceso de fabricación de 0.35 µm (la característica más pequeña en las obleas es de 0.35 µm) al hallar y eliminar fuentes de variación en el flujo de manufactura. CTMG siguió el protocolo DMAIC de Six Sigma tomando las siguientes acciones. Parte de la información es confidencial, así que estas cifras son deliberadamente confusas.

### Definir

La fabricación estaba experimentando pérdidas en la operación de prueba eléctrica (PE) final que parecían estar relacionadas con la fuga de corriente excesiva y la descomposición del óxido de compuerta en los transistores. Un estudio de punto de partida de este rendimiento de PE durante un periodo de 18 semanas al comienzo del proyecto mostró que había una oportunidad para un rendimiento adicional de alrededor de 1.5 por ciento para todas las obleas en esta tecnología. A través de la experiencia con otras tecnologías, los ingenieros en la planta de National South Portland sabían que su fabricación era capaz de desempeño de clase mundial para este tipo de MC, y esta brecha de rendimiento significaba que estaban dejando más de 1 millón de dólares de ganancias sobre la mesa. Una vez que el equipo había establecido la línea de referencia de rendimiento, el campeón de sitio estableció el objetivo de eliminar la pérdida de rendimiento sistemática causada por la fuga del transistor y la descomposición del óxido de compuerta. Además, el equipo tenía ante sí la dificultad de establecer un plan de control para la medición de “parámetros críticos para la función” en el flujo de proceso que podía ser usado para evitar que las obleas con falla llegaran al paso final de PE.

### Medir

El análisis de las razones para obleas fallidas en la prueba eléctrica identificó tres módulos de proceso que indicaban variación excesiva en el proceso de fabricación. Estos módulos incluían los pasos de formación de espaciadores, implantes de canal y limpieza con ácido después del implante. Otras áreas sospechosas, identificadas durante las sesiones de tormenta de ideas del equipo, fueron eliminadas al llevar a cabo estudios de características compartidas sobre los eventos anteriores, analizando el tema con expertos de la industria y reevaluando experimentos que habían sido ejecutados antes.

### Analizar

Durante la fase de análisis, se determinó que siete factores tienen un efecto en los tres modos de falla claves. Utilizando la función de diseño de experimentos (DE)

del software estadístico JMP, el equipo desarrolló tres experimentos para determinar qué interacciones tenían el mayor efecto en el rendimiento.

### Mejorar

Antes de ejecutar los diseños de experimentos, el equipo ya había reunido información suficiente para saber que se requerían controles más estrictos en ciertos parámetros del proceso de fabricación en los módulos de transistores. Al tomar la acción oportuna para poner estos controles en su lugar, el equipo pudo darse cuenta de algunas mejoras de rendimiento después de sólo dos meses. Una vez obtenidos los resultados del DE, el equipo pudo validar las primeras acciones y caracterizar por completo la ventana de proceso para estos pasos críticos. En el paso de mejora, el equipo utilizó los resultados de los diseños de experimentos efectuados durante el paso previo (analizar) para hacer los cambios necesarios a las especificaciones, procedimientos y equipo. Estos cambios aseguraron que la variación durante los pasos de espaciador, implante y limpieza con ácido no afectarían el rendimiento en la prueba eléctrica.

### Controlar

Para asegurar que las mejoras de proceso desarrolladas por el equipo llegaran a ser permanentes, se creó un plan de control y se transfirió al grupo de fabricación. Este plan de control definió los requisitos para todo parámetro crítico para la función en términos de gráficas de control, límites de control, planes de muestreo, capacidad de medida y planes de acción fuera de control.

Mediante la ejecución de métodos de control de proceso mejorados, el equipo pudo superar el objetivo inicial. Además, el nivel más alto de desempeño generado por estas mejoras de proceso ha dado a los diseñadores de National una ventaja competitiva en sus esfuerzos de desarrollar nuevos productos para el mercado analógico.

Dentro de seis meses de empezar este proyecto, las acciones tomadas incrementaron el rendimiento en más de 1.5 por ciento, con ahorros proyectados anuales de 1.1 millones de dólares. El proyecto duró casi nueve meses.

### Aspectos clave para análisis

1. Explique cómo National Semiconductor aplicó el proceso DMAIC.
2. ¿Qué factores facilitaron la adopción de Six Sigma? ¿Cómo se relaciona su respuesta con los asuntos analizados en el capítulo 9?



## PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿Qué es un defecto? Explique cómo se calculan los defectos por millón de oportunidades (dpmo).
2. Explique la base teórica para la calidad Six Sigma. ¿Cuál es su relación con el índice de capacidad de procesos?
3. Describa el enfoque Six Sigma para solucionar problemas (DMAIC). ¿En qué se parece o difiere de los otros enfoques para solucionar problemas que estudiamos en este capítulo?
4. ¿Cuáles son los principios clave para la implementación eficaz de Six Sigma?
5. ¿Cuáles son los principales tipos de herramientas utilizadas en los proyectos Six Sigma?
6. ¿Cuál es la definición de un problema que dan Kepner y Tregoe? ¿Cómo se aplica esta definición a las cuestiones de calidad? Mencione algunos ejemplos.
7. Explique la diferencia entre los problemas estructurados, semiestructurados y mal estructurados. ¿Qué implicaciones tienen estas clasificaciones para la solución de problemas?
8. ¿Cuáles son los cuatro componentes principales de la solución de problemas? ¿Por qué es importante tener algún tipo de metodología sistemática para la solución de problemas en una organización?
9. Mencione y explique las cinco categorías en las que se puede clasificar la solución de problemas de calidad.
10. ¿Por qué surgen los desórdenes en las organizaciones?
11. ¿Qué es una causa de origen? ¿De qué manera la técnica de los "5 por qué" ayuda a revelar la causa de origen?
12. Describa algunas de las técnicas utilizadas para generar ideas.
13. Mencione y explique algunas de las herramientas y enfoques utilizados en las organizaciones "esbeltas". ¿De qué manera el concepto de la operación esbelta se relaciona con Six Sigma?
14. ¿Cuáles son algunas razones por las que el enfoque esbelto resulta atractivo para las organizaciones pequeñas?
15. En la manufactura, el concepto de una "fábrica oculta" describe la necesidad de reparar y reprocessar productos defectuosos. Mencione algunos lugares en los que exista la "fábrica oculta" en las empresas de servicios.



## PREGUNTAS PARA DISCUSIÓN

1. La edición de *Fortune* del 22 de enero de 2001 contenía el artículo "Why You Can Safely Ignore Six Sigma". (¿Por qué puede ignorar de manera segura a Six Sigma?), que critica la filosofía Six Sigma. Éstas son algunas de las críticas en contra de Six Sigma:
  - a. A menudo, los resultados no tienen impacto notorio en los estados financieros de la empresa. Por tanto, no existe correlación entre el éxito de Six Sigma con un valor accionario más alto. Esta crítica se aplica en 90 por ciento de las empresas que implementan Six Sigma.
  - b. Sólo se benefician los adoptadores tempranos.
  - c. Six Sigma se concentra en los defectos, que en el caso de las empresas de servicios son difíciles de determinar de manera objetiva.
  - d. Six Sigma no puede garantizar que su producto tendrá un mercado.
 ¿Cómo respondería a estas afirmaciones?
2. Algunos de los procesos clave relacionados con las actividades de negocios para una empresa típica incluyen ventas y mercadotecnia, administración de la cadena de abastecimiento, administración de la tecnología de la información y administración de

- recursos humanos. ¿Qué tipo de proyectos Six Sigma se podrían considerar para mejorar cada una de estas actividades?
3. Sugiera un conjunto de CPC que pudieran influir en la satisfacción en todos los servicios de un distribuidor de automóviles.
  4. La “resistencia al cambio” es un tema común en las ciencias de la conducta. ¿Qué papel cree que tiene la resistencia al cambio en las adopciones exitosas y no exitosas de los enfoques Six Sigma? ¿Qué impacto tiene la resistencia o la falta de resistencia de los trabajadores?
  5. Mencione algunos de los procesos comunes que realiza un estudiante. ¿De qué manera se pueden mejorar estos procesos utilizando un enfoque Six Sigma?
  6. ¿Por qué a los productos modernos a menudo se les exigen tolerancias altas, corridas pequeñas de producción y gran cantidad de información por parte del cliente a fin de que cumplan con las especificaciones Six Sigma?
  7. ¿Cómo se pueden aplicar los conceptos esbeltos en un salón de clases?
  8. La filosofía Six Sigma busca desarrollar el liderazgo técnico a través del entrenamiento de cintas y luego utilizarlo en proyectos basados en equipos diseñados para mejorar los procesos. ¿Hasta qué grado son diferentes estos dos conceptos (expertos técnicos contra expertos en equipos)? ¿Qué se debe hacer para evitar que bloqueen el éxito en los proyectos de mejora?
  9. ¿Cómo se debe llevar a cabo un proyecto Six Sigma para mejorar un proceso de suscripción en una universidad? y ¿un proceso de admisión?
  10. ¿De qué manera un directivo puede equilibrar con eficacia los componentes clave de un diseño de implementación Six Sigma relacionado con quién, qué, dónde, cuándo, por qué y cómo se puede hacer?
  11. Un consultor relató la historia de dos equipos Six Sigma que hicieron presentaciones sobre cómo mejorarían los procesos en sus respectivas áreas. Al final de la segunda presentación, el consultor hizo una pregunta básica que dejó pensando a los líderes cinta negra de ambos equipos: “¿Acaso los dos no han propuesto mejoras con base en la eliminación de partes de los procesos en las áreas del otro grupo? Al parecer, los costos de implementación en un área evitarán los ahorros en la otra.” ¿Qué aspecto no reconocieron los cintas negras? ¿Qué recomendaría para evitar que esta situación se presentara en otras organizaciones?



## PROBLEMAS

1. Durante un mes se realizaron 35 inspecciones previas al vuelo en un avión de Southstar Airlines. Se encontraron 18 inconformidades. Cada inspección revisa 60 elementos. ¿Qué nivel de sigma hace que Southstar se mantenga, si esta incidencia de no conformidades es normal en su flota entera de aviones?
2. Wellfix Insurance Company estableció la norma de que las solicitudes de pólizas se procesaran a los tres días de recibirlas. Si de una muestra de 1 000 solicitudes, 65 no cumplen con este requisito, ¿en qué nivel sigma opera este proceso?
3. El 15 de febrero de 2000, *The Wall Street Journal* informó que los obreros de Seattle Lighthouse for the Blind fabricaban, maquinaban o ensamblaban alrededor de 750 000 componentes de avión para Boeing Co. Una vocera de Boeing señaló que las partes tenían un índice de rechazo “excepcionalmente bajo” de una por cada 1 000. ¿En qué nivel sigma opera este proceso?
4. El año pasado se administraron 1 054 inyecciones en la clínica Mustard. La calidad se mide de acuerdo con la dosis apropiada, así como el medicamento correcto. En dos casos se administró una cantidad incorrecta, y en un caso se administró el medicamento equivocado. ¿En qué nivel sigma se encuentra el proceso de Mustard?
5. Outsel Microprocessor Corporation (OMC), vende 1 500 microprocesadores (chips) especializados cada mes a un precio de 1 200 dólares cada uno.<sup>40</sup> Los costos variables

suman 1 millón de dólares y los costos fijos son 400 mil dólares. La empresa tiene una tasa normal de defectos del 8 por ciento (compuesta por los chips que devuelven los clientes, dañados por la misma OMC y los que son reemplazados). Considere que los costos variables incluyen los costos de producción de chips defectuosos.

- a. ¿Cuál es el costo oculto de la empresa al fabricar esta proporción de chips defectuosos, en lugar de 1 500 chips sin defectos cada mes?
- b. Suponga que un esfuerzo Six Sigma puede reducir los defectos a un nivel sigma de 6 (por simplicidad, asuma que la proporción de defectos es cero). ¿Cuál es el impacto en la rentabilidad?
6. Boardwork Electronics fabrica 500 000 tarjetas de circuito al mes. Cada semana se inspecciona una muestra aleatoria de 5 000 tarjetas en relación con cinco características. Durante una semana reciente, se encontraron dos defectos en una característica y uno para cada una de las otras cuatro. Si estas inspecciones producen un número de defectos representativo de la población, ¿cuál es el nivel sigma general del proceso? ¿Cuál es el nivel sigma para la característica que mostró dos defectos?



## PROYECTOS, ETCÉTERA

1. Tres sitios web populares de Six Sigma populares son [www.ge.com/sixsigma](http://www.ge.com/sixsigma); [www.isixsigma.com](http://www.isixsigma.com) y [www.sixsigmaforum.com](http://www.sixsigmaforum.com). Explore estos sitios y considere las siguientes preguntas:
  - a. ¿De qué manera utiliza GE Six Sigma para mejorar la percepción que el cliente tiene de sus productos y servicios?
  - b. ¿Cuál es el propósito aparente del sitio web isixsigma?
  - c. ¿Quiénes son los clientes del sitio web sixsigmaforum?
  - d. ¿Existe un acuerdo básico sobre lo que incluye el concepto Six Sigma con base en el contenido de estos tres sitios web? ¿Por qué sí o por qué no?
  - e. ¿En qué se diferencian estos sitios en su concepto de lo que incluye Six Sigma?
2. Identifique un problema importante en su escuela o alguna otra función relacionada, como una organización de estudiantes, y aplique el proceso DMAIC para desarrollar una mejor solución. Tal vez quiera consultar el capítulo 13 durante su esfuerzo para conocer algunas herramientas útiles.
3. Busque una empresa de su localidad que utilice Six Sigma o los principios esbeltos. Escriba un estudio de caso de sus experiencias enfocándose hacia los retos que enfrentaron durante sus esfuerzos de implementación.



## CASOS

### I. IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA EN GE FANUC<sup>41</sup>

GE Fanuc Automation ubicada en Charlottesville, Virginia, es una empresa conjunta de General Electric y Fanuc, Ltd., of Japan, y se trata de una empresa que se especializa en el control numérico por computadora (CNC) y en la tecnología robótica. La división tiene ventas anuales de aproximadamente 700 millones de dólares por concepto de la manufactura y venta de productos automatizados para fábricas, que sirven a los mercados automotriz, de procesamiento y empaque de alimentos, papel, farmacéutico, robótico, químico y

de la energía. La sede y la principal planta manufacturera se encuentran en sus instalaciones de Charlottesville e incluyen más de 40 000 metros cuadrados de piso de manufactura dividido entre siete edificios en una superficie de 22 hectáreas de terreno. GE Fanuc implementó su programa Six Sigma en 1996, poco después de que Jack Welch anunciara la iniciativa de calidad para toda la empresa. El programa requirió de un importante cambio cultural y actitud en GE Fanuc y en las oficinas de GE de todo el mundo, pero ha dado

como resultado una empresa más fuerte basada en la calidad.

La forma de pensar Six Sigma está integrada en todo lo que hacen la empresa y sus empleados. "Desde nuestras decisiones corporativas hasta la planta, Six Sigma ha mejorado la forma de pensar de nuestros empleados para que busquen los datos en lugar de la intuición", dice Sheila O'Donnell-Good, líder de negocios Six Sigma de GE Fanuc. "Si uno sale y entra en el piso de trabajo y visita todas las líneas, verá gran cantidad de información eficiente que impulsa la toma de decisiones... Hemos inducido a nuestros grupos de herramientas entre la gente, de modo que Six Sigma es una filosofía que permite analizar un proceso interrumpido, obtener una solución y al final ejercer un control. También la vemos como una estrategia de negocios que ayuda a obtener una ventaja competitiva porque es un factor de diferenciación entre nosotros y nuestros competidores."

"En una época, GE fue una empresa Tres-Sigma y se calculaba que el costo de las fallas era del 15 por ciento de las ventas. Pero el logro de Six Sigma representa la oportunidad de reducir los costos 4 000 millones de dólares mediante la reducción del costo de las fallas", dice O'Donnell-Good, y agrega que los ahorros "realmente son mayores porque a través de este programa han existido mejoras significativas independientemente de la reducción del costo de las fallas".

Los equipos Six Sigma se establecen para mejorar o corregir los procesos. Don Splaun, gerente de tecnología de manufactura avanzada, dirigió un equipo que quería eliminar la prueba Environmental Stress Screen (ESS) en las tarjetas de circuito. Splaun consideraba que la prueba era costosa e innecesaria debido a que el ESS seguía una segunda y última prueba. Estaba diseñada para eliminar las fallas prematuras en las tarjetas, pero era necesario introducirlas en un horno de alta temperatura durante siete horas.

En un principio, Splaun calculó que GE Fanuc pagaba entre 12 000 y 18 000 dólares de energía eléctrica, más 2 000 a 70 000 dólares al año en costos de mantenimiento por horno y costos de mano de obra por alimentarlo y descargarlo. Concentrándose en la línea de productos de control, los miembros del equipo recopilaron y analizaron los datos para determinar si la prueba final era tan eficaz como la ESS. Los operadores llenaron hojas de datos con información como nombre de la tarjeta, la fecha y si la tarjeta había pasado o no la prueba ESS y pruebas posteriores. Estos datos ayudaron a los miembros de los equipos a determinar si las tarjetas que fallaban tenían fallas falsas o ya habían fallado al llegar (FALL), que no estaban relacionadas con la ESS. De las 7 703 tarjetas que se probaron, 311 reprobaron la primera prueba. De éstas, 284 (91.3 por ciento) eran fallas falsas y 26 (8.4 por ciento) eran falli-

das al llegar (FALL). Sólo una tarjeta (0.3 por ciento) falló realmente durante la ESS. Las FALL también se encontraron deficientes en la última prueba, lo que indicó que esta última prueba es un filtro eficaz. Por tanto, Splaun y su equipo encontraron sólo una falla en 7 703 unidades, lo que equivalía a 130 defectos por un millón de observaciones (dpmo), una producción de 99.99 por ciento y un nivel sigma de 5.15.

Este análisis indicó que la última prueba detectaba las mismas fallas que la ESS de manera más eficiente en costos y tiempo, de modo que la ESS y el horno utilizados para la prueba se podían eliminar. Para controlar la mejora, la empresa empezó a registrar el número de fallas y tarjetas defectuosas en la línea para asegurar que la calidad del producto siguiera siendo alta después de eliminar la ESS. Los beneficios reales que resultaron del proyecto se resumen a continuación.<sup>42</sup>

Ahorros en mano de obra y materiales	\$84 742
Reducción del inventario	\$48 400
Energía y mantenimiento	<u>\$16 000</u>
Ahorros totales	\$149 142
Eliminación del costo de la mano de obra	<u>\$ 18 000</u>
Ahorros totales	\$167 142

La eliminación de la prueba del proceso de manufactura también redujo un día el tiempo del ciclo.

GE Fanuc es el único ejemplo de la aplicación de Six Sigma en General Electric. El impacto de Six Sigma en toda la empresa se describe con claridad en su informe anual de 1999:

*En 1999, la iniciativa Six Sigma estaba en su quinto año, su quinto viaje a lo largo de todo el sistema operativo. Desde su inicio en 1996, sin haber arrojado ningún beneficio financiero para la empresa, floreció hasta el punto en que produjo beneficios por más de 2 000 millones de dólares durante 1999.<sup>43</sup>*

Jack Welch, entonces director ejecutivo de GE, declaró: "Queremos que el hecho de ser cliente de servicios y productos de GE signifique llevar su auto a la revisión de los 80 000 kilómetros y que salga del taller con 100 caballos de fuerza más, mayor rendimiento en kilometraje por tanque de gasolina y emisiones más bajas."

En las primeras etapas de Six Sigma, el esfuerzo de la empresa consistió en capacitar a más de 100 000 personas en su ciencia y metodología y concentrar miles de "proyectos" en mejorar la eficiencia y reducir la varianza en las operaciones internas, desde las plantas industriales hasta las salas de servicios financieros. De ahí, el sistema operativo de la empresa dirigió la iniciativa hacia la ingeniería de diseño con el fin de preparar a las generaciones futuras para el "diseño de productos Six Sigma" y la guió con rapidez a través de los proce-

sos de interacción con el cliente en el negocio de los servicios financieros. Medical Systems lo utilizó para crear un liderazgo tecnológico en diversas plataformas y lograr incrementos significativos en las ventas y mejoras en la satisfacción del cliente. En la actualidad, todas las actividades de productos y servicios financieros de GE emplean la filosofía Six Sigma en sus procesos de diseño de productos y prestación de servicios.

Welch concluyó: "En la actualidad, Six Sigma se enfoca claramente hacia lo que debe... ayudar a nuestros clientes a ganar. Una proporción cada vez mayor de proyectos Six Sigma se llevan a cabo en los procesos para los clientes, la mayoría en las instalaciones de los clientes. El objetivo no es ofrecer los productos y servicios sin errores que creemos que el cliente desea cuando los prometemos, sino más bien ofrecer a los clientes lo que en realidad quieren y en el momento en que lo desean."

## II. INICIATIVA PIVOT EN MIDWEST BANK,<sup>44</sup> PARTE II

Este caso es continuación de la iniciativa PIVOT en Midwest Bank del capítulo 7. Será necesario que revise ese caso para recordar los antecedentes del proyecto y una descripción de la etapa definir del enfoque DMAIC. En este caso, el enfoque es hacia los pasos restantes: medir, analizar, mejorar y controlar.

La etapa medir exigió un esfuerzo intenso de recopilación de datos por parte del equipo PIVOT. Utilizaron una herramienta llamada matriz XY (véase el ejemplo en la tabla 10.3), diseñada para calificar los factores de las causas potenciales de error (X) y de los resultados de los clientes (Y). El equipo recopiló datos y estudió los flujos de los procesos departamentales buscando las causas de origen del problema y tratando de identificar y llegar a un acuerdo sobre los CPC clave que tienen impacto en el cliente. Durante el proceso, fue difícil para todos, pero en especial para los expertos en la materia (EM), ignorar sus percepciones especulando sobre las posibles causas de los errores, a lo que llamaron "conocimiento tribal". La teoría Six Sigma evita frecuentemente cualquier intento por permitir que suposiciones no probadas se conviertan en recomendaciones. Todos los factores se deben probar estadísticamente a través del análisis a fondo para justificar las recomendaciones.

Para CPD, los principales datos recopilados de los clientes estaban relacionados con mitigar los riesgos, reducir los errores y disminuir las pérdidas monetarias, que después se clasificaron de acuerdo con las causas potenciales de error. Posteriormente, la matriz se usó para calcular una calificación general con el fin de guiar

## Preguntas para discusión

1. ¿Cómo se puso en práctica la visión de Six Sigma de nivel corporativo de GE en la planta de manufactura GE Fanuc?
2. ¿Cuál es la diferencia entre los ahorros directos en mano de obra y los ahorros por evitar costos de mano de obra desde la perspectiva de los directivos?
3. Verifique que el número de tarjetas defectuosas encontradas en la prueba (1) da como resultado un dpmo de 130.
4. Si usted fuera Splaun y le pidieran que diera una presentación a otros líderes de equipo y directivos (lo que en realidad sucedió), ¿a qué conclusiones llegaría que resultaran útiles para otros equipos acerca de la forma en que el proyecto se llevó a cabo?

al equipo hacia las causas más probables de error. Después de decidir enfocarse en las siete causas potenciales más importantes, el personal de CPD inició la tarea de recopilación de datos para cada una de ellas con el fin de verificar su impacto en los errores cometidos en el proceso.

El analista Six Sigma clasificó los datos recopilados en todas las categorías de errores potenciales. Durante la etapa analizar, el análisis de gran variedad de gráficas elaboradas a partir de los datos permitió a los equipos observar las tendencias del proceso y empezar a buscar soluciones estratégicas. La elaboración de las gráficas requirió de más de 48 horas de esfuerzo en equipo. Las tendencias señalaron hacia los problemas con el proceso de conteo y fajado manual del dinero. Sin embargo, el conocimiento tribal sugirió que los errores se debían al personal insuficiente, pero el análisis inicial de los datos no concordó con esta hipótesis. Como resultado de ello, el equipo empezó a buscar una manera de probar o desaprobar el conocimiento tribal.

Se sugirió que los datos no estaban clasificados en forma apropiada en cuanto al personal y que el análisis debía aplicarse durante un periodo más prolongado. CPD se preparó para recopilar más datos de los meses anteriores, y el analista Six Sigma empezó a elaborar las gráficas necesarias para estudiar los datos nuevos. Durante la semana siguiente se crearon alrededor de 100 gráficas diferentes, representando la información en grupos y correlacionándola con otras variables que interactúan entre sí. La capacitación del equipo en Six Sigma había destacado la importancia de explorar a

**Tabla 10.3** Ejemplos de una matriz XY

Matriz XY						
		Proyecto: CPD PIVOT				
Variables de los resultados (Y)	Reducir el potencial de pérdidas	Mitigar los riesgos	Reducir los defectos	Clasificación	Porcentaje de clasificación	
	Calificación de los resultados	9	10	10		
<b>Variables de alimentación (X)</b>		<b>Tabla de asociación</b>				
Conformidad con los clientes		9	10	10	281	15.11%
Experiencia		10	10	9	280	15.05%
Procesos manuales		10	9	10	280	15.05%
Factor humano		10	8	10	280	15.05%
Capacitación		8	10	10	272	14.62%
Volumen		9	9	10	271	14.57%
Flujo de procesamiento interdepartamental		10	10	5	240	12.90%
Puntualidad del servicio de mensajería		3	5	8	157	8.44%
Normas de puntualidad		3	3	9	147	7.90%
Personal		5	3	6	135	7.26%
Robo		2	4	2	78	4.19%

fondo todas las interacciones de los datos utilizando gráficas para ilustrar las relaciones entre las variables. A pesar de los mejores esfuerzos del equipo por encontrar una relación, al parecer el personal y el volumen no afectaban los errores en el conteo de dinero. Este descubrimiento desmintió el conocimiento tribal, al tiempo que proporcionó numerosas gráficas adicionales para el análisis.

Se observaron correlaciones significativas en las gráficas que comprendían factores humanos y procesos manuales. Los procesos de CPD requerían de numerosos pasos manuales al manejar efectivo. Las tendencias en las gráficas sugerían que siempre que ocurría un proceso manual, el número de errores aumentaba, sobre todo en el área de conteo de dinero donde, a pesar de tener muchos años de experiencia, los asociados cometían más de 100 errores al año. Estos errores provocaban que el banco perdiera miles de dólares debido a los errores en el conteo del dinero. Del lado de los depósitos, los errores manuales creaban una pér-

dida en dólares mucho más alta por cada error. Esta pérdida significaba casi 280 000 dólares sin ninguna repercusión para los asociados que cometieron el error. Un proceso manual provocó el error, pero varios miembros del equipo creyeron que la actitud general hacia los errores monetarios era insuficiente. En el área de los depósitos, los asociados se preocupaban más por la calidad de los errores en los depósitos que por las pérdidas monetarias que representaba cada error. Estos elementos del factor humano empezaron a causar gran preocupación en el equipo, porque era posible que resultara difícil llegar a un acuerdo acerca de las soluciones inmediatas para un problema tan complicado.

Para evaluar mejor el proceso, el equipo decidió utilizar una herramienta Six Sigma avanzada llamada análisis de los modos de falla y efectos (FMEA, por sus siglas en inglés, que se estudiará con mayor detalle en el capítulo 12). El FMEA era paralelo al diagrama del proceso que se elaboró en la etapa medir, pero se concentraba más en los insumos para los procesos. Una

vez establecidos los pasos, el equipo realizó una lluvia de ideas sobre las fallas o errores potenciales del proceso. Cada uno de estos errores se incluyó en el diagrama hasta descubrir el efecto potencial de cada problema. Después de diagramar las causas y efectos, cada paso del proceso se clasificó en tres categorías: severidad, ocurrencia y detección para crear una clasificación general de las fallas potenciales (RPN) en el proceso y distribuir los esfuerzos del equipo (véase el ejemplo en la tabla 10.4). El índice de clasificación más alto del equipo fue el conteo del dinero, con una RPN de 360. De los 10 errores potenciales más importantes, 77 por ciento comprendían factores humanos como la causa de origen del problema. Estos problemas hicieron que el equipo se concentrara en la necesidad de reducir la interacción humana con el proceso y, sobre todo, en corregir los errores al contar el dinero.

Con las causas de error estadísticamente comprobadas disponibles, el equipo PIVOT centró su atención en la etapa mejorar para desarrollar acciones correctivas. Una de las herramientas más útiles empleadas para encontrar soluciones a las causas de los errores fue la matriz de contramedidas. Una parte de esta matriz se muestra en la forma del diagrama de árbol de contramedidas de la tabla 10.5. Este diagrama ayudó al equipo a organizar soluciones potenciales para los problemas más riesgosos y garantizar que las causas de origen se manejaran en forma eficaz. El diagrama clasificó las soluciones propuestas por eficacia y factibilidad en una escala de 1 a 5 con base en la opinión del equipo, la información estadística y los estimados de los costos. Algunas de las soluciones surgieron en las primeras etapas del proceso, mientras que otras se presentaron después de un escrutinio intenso.

**Tabla 10.4** FMEA típico del PIVOT que muestra los pasos en los procesos clave

Núm.	Función del proceso (paso)	Modos potenciales de falla (defectos del proceso)	Efectos potenciales de las fallas (Y)	SEV	Causas potenciales de las fallas (X)	OCC	Controles actuales del proceso	DET	RPN	Acciones recomendadas	Persona responsable y fecha meta	Acciones empredidas
2	El cliente hace un depósito	No hay ficha de depósito	Se depositó en la cuenta equivocada	10	Factor humano	3	La cinta magnética verifica A/C# y nombre	8	180	Evaluaciones extensas de las posibles tarifas por parte de los clientes	EM Sept.	
14	Depósitos en cheque para procesar	Fraude del cliente	El banco absorbe la pérdida	9	El banco absorbe la pérdida	2	Controles actuales sistemáticos para verificar el portador	10	180	Recopilación de datos acerca de todos los cheques depositados	EM	Verificar la propiedad del depósito y verificar el cheque <15
24	El procesador verifica el depósito	Cheque perdido	El banco absorbe la pérdida	9	Factor humano	2	Investigar y corregir, si es posible	10	180	Control monetario doble y estándar	Equipo 31/07/02	
31	Efectivo en la ficha/ procesamiento del envío	Depósito perdido	El banco absorbe la pérdida	9	Factor humano	1	Investigar y corregir, si es posible	1	9	Explorar la carga posible w/FTP	Equipo 31/07/02	
33	Contar el efectivo	Efectivo perdido	El banco absorbe la pérdida	9	Factor humano	4	Proceso manual	10	360	Proceso automatizado con una máquina contadora de dinero	EM	Aprobación CBA presentada
51	El procesamiento realiza el depósito	Envío perdido	Depósito demorado o pérdida para el banco	8	Factor humano	4	Proceso manual	8	256	Explorar la carga posible w/FTP	Equipo 31/07/02	

**Tabla 10.5** Contramedidas en la selección y el control

Contramedida	Ventaja potencial	Barrera potencial	Costo	Resultado
<i>Comprar una máquina contadora de efectivo</i>	Eliminar 98.2% de los errores al contar el dinero con una exactitud de 99.95 %	Costo	Costo de compra muy alto	• Demora para encontrar el proveedor • En la actualidad, sólo maneja billetes de 20 dólares
<i>Evaluar el cobro de 5 dólares a los clientes por los depósitos incorrectos</i>	Reducir 44% los errores en los depósitos	Pérdida de clientes	• Bajo costo directo • Impacto en el cliente difícil de cuantificar	Después del estudio de riesgos cuantificados, se implementó con algunas preocupaciones
<i>Eliminar el doble registro de los depósitos</i>	Reducir 24% los errores en la captura de los datos del depósito	Tecnología de la información debe confirmar que el sistema actual puede manejar volúmenes más altos	Moderado, 5 000 dólares	Prueba en espera
<i>Nueva política para programar las vacaciones</i>	Reducir 79% los errores en los depósitos cuando los asociados con experiencia están de vacaciones	Ausencia de satisfacción de los empleados	Sin costo directo	Política implementada de que sólo salga de vacaciones un asociado por grupo en un periodo determinado
<i>Acciones correctivas de los asociados para las pérdidas monetarias</i>	Reducir la magnitud de las pérdidas monetarias, no sólo el volumen, en las secciones de depósito	Ausencia de satisfacción de supervisores y empleados	Sin costo directo	Política implementada con base en una política similar para las sucursales bancarias

Después de identificar dos o tres soluciones potenciales para cada causa de origen, el equipo se desintegró para realizar investigaciones individuales sobre la factibilidad y eficacia de cada solución. Estas actividades incluyeron manejar cajeros automáticos, visitar otros bancos en la ciudad e investigar la literatura y las fuentes en línea. Se recomendaron cinco contramedidas principales como parte del paquete total de siete recomendaciones para eliminar los errores al contar el dinero, y 14 recomendaciones relativas a los errores al depositar. Las cinco contramedidas fueron:

1. Comprar una máquina contadora de efectivo.
2. Evaluar la posibilidad de cobrar 5 dólares a los clientes por los depósitos incorrectos.
3. Eliminar el doble registro de los depósitos en los departamentos de CPD y procesamiento.
4. Implementar un nuevo sistema de períodos de vacaciones para los asociados que procesan los depósitos, a fin de reducir el número de errores que se pueden atribuir al personal sin experiencia en el trabajo.
5. Implementar un programa de acciones correctivas para las pérdidas monetarias a fin de desalentar a

los asociados de cometer errores monetarios en la sección de depósitos de CPD.

Las ventajas y barreras potenciales para cada contramedida se muestran en la tabla 10.5. Ninguna de ellas ofrece una solución perfecta para el problema, pero cada una podría contribuir en gran medida a alcanzar los objetivos del proyecto.

El equipo CPD PIVOT inició lentamente la etapa controlar, ya que muchas de las soluciones se dejaron a los expertos en la materia para que las implementaran, en tanto que algunas de las soluciones menores se implementaron de inmediato en los procesos CPD diarios. Algunas de las mejoras recomendadas se vendieron con facilidad y mostraron resultados inmediatos, mientras que otras resultaron muy difíciles. Un estudio piloto del cobro de 5 dólares por los depósitos incorrectos mostró cierto potencial de reducir 44 por ciento de los errores al hacer los depósitos que se podían atribuir a una preparación inadecuada del depósito por parte de los grandes clientes corporativos. La pérdida por los depósitos equivocados se debió a fichas de depósito que se llenaron de manera equivocada.

La recomendación más difícil de manejar fue la número 5. Cuando el equipo se retrasó en la ejecución de las soluciones, fueron necesarias algunas negociaciones entre los campeones y el jefe del departamento para recuperar el impulso en la implementación de las contramedidas del proyecto. El plan de acciones correctivas para las pérdidas monetarias reflejó el plan de cada sucursal, tal como lo implementaron los asociados de CPD. Su éxito no se había medido con exactitud.

El proyecto tuvo un impacto significativo en los errores dentro del departamento. Algunas de las soluciones probaron ser eficaces. Los errores generales disminuyeron 30 por ciento. Aun cuando este porcentaje no es igual al objetivo, algunas soluciones están todavía en sus primeras etapas, con un alto potencial de que la cifra baje aún más. El segundo indicador comprendió las pérdidas monetarias en las que incurrió el banco.

Las pérdidas monetarias bajaron 57 por ciento en comparación con el mismo periodo del año anterior. En un ambiente enfocado hacia el dinero, estas soluciones probaron ser esenciales para la supervivencia del negocio y un impulso hacia una mayor competitividad en el mercado bancario.

### Preguntas para discusión

1. ¿Qué tan difícil era encontrar la "causa de origen" de los errores? ¿Qué factor considera que contribuyó a esta dificultad?
2. ¿Qué tipo de análisis cuantitativo sería necesario realizar a fin de justificar la implementación de las cinco recomendaciones principales?
3. ¿Para cuál de los cambios adoptados sería más difícil "mantener los beneficios"? ¿Por qué?

---

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ronald D. Snee, "Why Should Statisticians Pay Attention to Six Sigma?", *Quality Progress*, septiembre de 1999, 100-103.
2. Pandu R. Tadikamalla, "The Confusion over Six-Sigma Quality", *Quality Progress* 27, núm. 11, noviembre de 1994, 83-85. Reimpresión con autorización de Pandu R. Tadikamalla y *Quality Progress*.
3. "Up, Up, and Away?", *Fortune*, 21 de julio de 2003, 149.
4. Kervin Linderman, Roger G. Schroeder, Srilata Zaheer, Adrian S. Choo, "Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective", *Journal of Operations Management* 21 (2003), 193-203.
5. Charles H. Kepner y Benjamin B. Tregoe, *The Rational Manager* (Nueva York: McGraw-Hill, 1965).
6. Gerald F. Smith, "Too Many Types of Quality Problems", *Quality Progress*, abril de 2000, 43-49.
7. Russell Ackoff, "Beyond Problem Solving", presentado en la quinta reunión anual del American Institute for Decision Sciences (ahora la Decision Sciences Institute), Boston (16 de noviembre de 1973).
8. Donald P. Lynch, Suzanne Bertolino y Elaine Cloutier, "How to Scope DMAIC Projects", *Quality Progress* 36, núm. 1 (enero de 2003), 37-44.
9. Jeffrey K. Pinto, "The Power of Project Management", *Industry Week*, 18 de agosto de 1997, 138-140.
10. "Six Sigma at GE-Lunar, Manufacturing and Technology Matters", Erdman Center for Manufacturing and Technology Management, University of Wisconsin-Madison School of Business, invierno de 2002, 1-3.
11. Arthur Fornari y George Maszle, "Lean Six Sigma Leads Xerox", *Six Sigma Forum Magazine*, agosto de 2004, 11-16.
12. A. VanGundy, "Comparing 'Little Known' Creative Problem-Solving Techniques", en *Creativity Week III*, 1980 Proceedings (Greensboro, NC: Center for Creative Leadership, 1981). También verá referencias de James R. Evans, *Creative Thinking in the Decision and Management Sciences* (Cincinnati,
- OH: South-Western Publishing Co., 1991), para una lectura más extensa sobre solución creativa de problemas.
13. "The Tools of Quality Part V: Check Sheets", *Quality Progress* 23, núm. 10 (octubre de 1990), 53.
14. "NCR Corporation", en *Profiles in Quality* (Needham Heights, MA: Allyn y Bacon, 1991).
15. Howard H. Bailie, "Organize Your Thinking with a Why-Why Diagram", *Quality Progress* 18, núm. 12 (diciembre de 1985), 22-24.
16. A. F. Osborn, *Applied Imagination*, 3a. ed. (Nueva York: Scribners, 1963); S. J. Parnes, R. B. Noller y A. M. Biondi (eds.), *Guide to Creative Action* (Nueva York: Scribners, 1977).
17. Chris Bott, Elizabeth Keim, Sai Kim y Lisa Palser, "Service Quality Six Sigma Case Studies", *ASQ's 54th Annual Congress Proceedings*, 2000, 225-231.
18. Thomas Pyzdek, *The Six Sigma Handbook* (Tucson, AZ: McGraw-Hill/Quality Publishing, 2001), 301.
19. A. Blanton Godfrey, "Six Sigma Quality", *Quality Digest*, mayo de 1999, 22.
20. Roger W. Hoerl, "Six Sigma and the Future of the Quality Profession", *Quality Progress*, junio de 1998, 35-42. © 1998, American Society for Quality. Reimpreso con autorización.
21. Esta definición se adaptó de Maurice L. Berryman, "DFSS and Big Payoffs", *Six Sigma Forum Magazine* 2, núm. 1 (noviembre de 2002), 23-28.
22. Charles Humber y Robert Launsby, "Straight Talk on DFSS", *Six Sigma Forum Magazine* 1, núm. 4 (agosto de 2002).
23. George Eckes, *The Six Sigma Revolution* (Nueva York: John Wiley & Sons, 2001), 251-254.
24. H. James Harrington, "Creating Organizational Excellence—Part Two", *Quality Digest*, febrero de 2003, 14.
25. Este análisis de la aplicabilidad de Six Sigma se adaptó de Soren Bisgaard, Roger W. Hoerl y Ronald D. Snee, "Improving Business Processes With Six Sigma", *Proceedings of ASQ's 56th Annual Quality Congress*, 2002 (CD-ROM); Kennedy

- Smith, "Six Sigma for the Service Sector", *Quality Digest*, mayo de 2003, 23-28.
26. Adaptado de Elizabeth Keim, LouAnn Fox y Julie S. Mazza, "Service Quality Six Sigma Case Studies", *Proceedings of the 54th Annual Quality Congress of the American Society for Quality*, 2000 (CD-ROM).
27. Lisa Palser, "Cycle Time Improvement for a Human Resources Process", *ASQ's 54th Annual Quality Congress Proceedings*, 2000 (CD-ROM).
28. Roger Hoerl, "An Inside Look at Six Sigma at GE", *Six Sigma Forum Magazine* 1, núm. 3 (mayo de 2002), 35-44.
29. Zachery Brice, "Six Sigma Sharpens Services", *Quality Digest*, mayo de 2004, 37-42.
30. Greg Brue, "The Elephant in the Operating Room", *Quality Digest*, junio de 2005, 49-55.
31. Laura Smith, "Six Sigma Goes to Washington", *Quality Digest*, mayo de 2005, 20-24.
32. Andrew Spanyi y Marvin Wurtzel. "Six Sigma for the Rest of Us", *Quality Digest* 23, núm. 7 (julio de 2003), 26.
33. Alex Taylor III, "How Toyota Defies Gravity", *Fortune*, 8 de diciembre de 1997, 100-108.
34. Gary Conner, "Benefitting from Six Sigma", *Manufacturing Engineering*, febrero de 2003, 53-59.
35. *Ibid.*
36. Anthony R. Goland, John Hall y Devereaux A. Clifford, "First National Toyota", *The McKinsey Quarterly*, núm. 4 (1998), 58-66.
37. Duke Okes, "Organize Your Quality Toolbelt", *Quality Progress*, julio de 2002, 25-29.
38. Adaptado de Cathy Buck, "Application of Six Sigma to Reduce Medical Errors", *Proceedings of the 55th Annual Quality Congress of the American Society for Quality*, 2001 (CD-ROM). © 2001, American Society for Quality. Reimpreso con autorización.
39. Adaptado de Dirk Dusharme, "Six Sigma at National Semiconductor", *Quality Digest*, febrero de 2005, 28-30. Cortesía de Quality Digest, [www.qualitydigest.com](http://www.qualitydigest.com).
40. Adaptado de un ejemplo en Soren Bisgaard y Johannes Freiesleben. "Six Sigma and the Bottom Line", *Quality Progress*, 37, núm. 9 (septiembre de 2004), 57-62.
41. Adaptado de un artículo de *Industrial Maintenance and Plant Operations*, derechos reservados © 2000 Cahners Business Information, una división de Reed Elsevier, Inc., como está en [www.impomag.com](http://www.impomag.com); y materiales proporcionados por Don Splaun, gerente de tecnología de manufactura avanzada de GE Fanuc, Charlottesville, VA.
42. Cifras definitivas proporcionadas al final del proyecto por Don Splaun.
43. Adaptado de the GE 1999 Annual Report.
44. Expresamos nuestro agradecimiento a uno de los alumnos del autor, Michael Wolf, quien escribió el documento en que se basa este caso, como parte de los requisitos para MGT 699, Total Quality Management, 2002, en Northern Kentucky University y Cathy Ernst, vicepresidenta ejecutiva del banco.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alukal, George y Anthony Manos. "Lean Manufacturing", *The Quality Management Forum* 28, núm. 3 (verano de 2002), 4-7.
- Breyfogle, Forrest W., III, James M. Cupello y Becki Meadows. *Managing Six Sigma*. Nueva York: John Wiley & Sons, 2001.
- Brue, Greg. *Six Sigma for Managers*. Nueva York, McGraw-Hill, 2002.
- Eckes, George. *The Six Sigma Revolution*. Nueva York: John Wiley & Sons, 2001.
- George, Michael L. *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed*. Nueva York: McGraw-Hill, 2002.
- Stamatis, D. H. *Six Sigma and Beyond: Foundations of Excellent Performance*. Boca Raton, FL: St. Lucie/CRC Press, 2002.
- Tomas, Sam. "Six Sigma: Motorola's Quest for Zero Defects." *APICS, The Performance Advantage*, julio de 1991, 36-41.
- "What Is Motorola's Six Sigma Product Quality?" American Production and Inventory Control Society 1990 Conference Proceedings. Falls Church, VA: APICS, 27-31.