

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRIQUEZ UREÑA

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

MATERIAL DE APOYO PARA LA ASIGNATURA
"CONTROL DE CALIDAD II"



TRABAJO DE GRADO PRESENTADO POR:

JOSE MI. MONTALVO SOTO

PARA LA OBTENCION DEL GRADO DE INGENIERO INDUSTRIAL

SANTO DOMINGO, D. N.

2004

INTRODUCCIÓN

Este material de apoyo es para ser usado en la asignatura de control de calidad II en la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña y ha sido creado como un proyecto del estudiante José Montalvo con el fin de ayudar a sus futuros colegas de la misma institución.

Este material de apoyo al igual que el aula virtual creada en la pagina de Internet www.competir.com puede ser modificada o actualizada cuando se desee, ya que de ésta manera el estudiante siempre tendrá conocimientos actualizados de la calidad y de nuevas metodologías de identificación y solución de problemas.

Espero que este sea de gran ayuda para ustedes, cualquier pregunta pueden contactarme al e-mail josemontalvo7@yahoo.com y le responderé tan pronto me sea posible.

José Montalvo
Santo Domingo
Febrero 2004

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	9
Enfoque en los clientes	9
1.1 La importancia de la satisfacción al cliente	9
1.2 Creación de clientes satisfechos	12
1.3 Identificación de los clientes	14
Comprensión de las necesidades del cliente	16
1.4 Recolección de información sobre clientes	19
1.5 Administración de las relaciones con el cliente	22
1.6 Medición de la satisfacción del cliente	26
1.7 Enfoque al cliente en los criterios del premio Baldrige	29
Resumen	29
CASOS	30
BIBLIOGRAFIA	32
CAPITULO 2	37
DISEÑO PARA LA CALIDAD	37
2.1 Oportunidades de mejoramiento en el diseño del producto	37
2.2 Concepto de advertencias tempranas y aseguramiento del diseño	38
2.3 Diseño de los requerimientos funcionales básicos	39
2.4 Diseño para un desempeño orientado al tiempo (Confiability)	43
2.5 Disponibilidad	47
2.6 Diseño para la seguridad	48
2.7 Diseño para la manufacturabilidad	48
2.8 Desempeño de costo y producto	49
2.9 Revisión del diseño	51
2.10 Ingeniería concurrente	51
2.11 Mejoramiento de la efectividad del desarrollo del producto	53
2.12 Desarrollo de software	53
RESUMEN	54
PROBLEMAS	55
BIBLIOGRAFIA	57
CAPITULO 3	61
RELACIONES CON EL PROVEEDOR	61
3.1 Relaciones con el proveedor. Una revolución	61
3.2 Alcance de las actividades para la calidad del proveedor	61
3.3 Especificación de requerimientos de calidad para los proveedores	62
3.4 Selección del proveedor	63
3.5 Evaluación de la habilidad del proveedor	63
3.6 Administración del contrato	65
3.7 Certificación de proveedores	69

RESUMEN	69
PROBLEMAS	70
BIBLIOGRAFIA	71
CAPITULO 4	75
HERRAMIENTAS ESTADISTICAS PARA LAS RELACIONES CON EL PROVEEDOR	75
4.1 Medición de la calidad en las relaciones con el proveedor	75
4.2 Definición de calidad numérica y requerimientos de confiabilidad para lotes	76
4.3 Cuantificación de los estudios de los proveedores.....	77
4.4 Uso del análisis de histogramas con los datos del proveedor	77
4.5 El plan del diagrama del lote	78
4.6 Análisis de pareto de los proveedores	79
4.7 Calificación de la calidad del proveedor	79
RESUMEN	80
PROBLEMAS	80
BIBLIOGRAFIA	82
CAPITULO 5	85
MANUFACTURA	85
5.1 Importancia de la planeación de manufactura para la calidad	85
5.2 Planeación inicial para la calidad	85
5.3 Revisión del diseño del proceso.....	85
5.4 Concepto de controlabilidad y autocontrol	86
5.5 Autoinspección	89
5.6 Manufactura automatizada	90
5.7 Auditorías de calidad del proceso	92
5.8 Cultura de calidad y de producción en la planta.....	92
RESUMEN	92
PROBLEMAS	93
BIBLIOGRAFIA	93
CAPITULO 6	97
ADMINISTRACION DE LOS PROCESOS	97
6.1 El alcance de la administración de los procesos	97
6.2 Procesos de diseño de los productos.....	100
6.3 Procesos de producción / entrega y de apoyo	107
6.4 Procesos de proveeduría y asociación.....	113
RESUMEN	123
CASOS.....	125
Problemas	130
BIBLIOGRAFIA	133

CAPITULO 7	137
HERRAMIENTAS PARA LA ADMINISTRACION DE PROCESOS	137
7.1 Experimentación estadística.....	137
7.2 Despliegue de la función de calidad	143
7.3 Modelos administrativos para la mejora de la calidad	147
7.4 Herramientas para la mejora de los procesos	153
RESUMEN	166
CASOS.....	167
Problemas	173
BIBLIOGRAFIA	175

CAPITULO 8	179
CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS	179
8.1 Medición de la calidad en la manufactura	179
8.2 Generalidades de las gráficas de control estadístico	180
8.3 Ventajas del control estadístico de la calidad.....	181
8.4 Pasos para establecer una gráfica de control	181
8.5 Graficas de control para datos de variables	183
8.6 Precontrol	186
8.7 Habilidad del proceso	187
8.8 El índice de habilidad Cpk.....	188
8.9 Medición del desempeño de proceso.....	189
8.10 Gráficas de controles especiales.....	190
8.11 Control estadístico de procesos y mejoramiento de la calidad.....	192
8.12 Búsqueda de una menor variabilidad del proceso:.....	193
8.13 Función de pérdida.....	193
RESUMEN	193
PROBLEMAS	194
BIBLIOGRAFIA	197

CAPÍTULO 9	203
INSPECCIÓN, PRUEBAS Y MEDICIÓN	203
9.1 Terminología de la inspección.....	203
9.2 Conformancia con la especificación y adecuación para el uso	203
9.3 Planeación de la inspección	206
9.4 Clasificación de la seriedad.....	207
9.5 Inspección automatizada.....	207
9.6 ¿Cuánta inspección es necesaria?:	208
9.7 Exactitud en la inspección	208
9.8 Errores de medición	208
RESUMEN	209
PROBLEMAS	209
BIBLIOGRAFIA	212

CAPÍTULO 10	217
PLANES DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN Y PRUEBAS	217
10.1 Concepto	217
10.2 Economía de la inspección.....	218
10.3 Riesgos de muestreo: la curva característica de operación	218
10.4 Análisis de una Regla Abreviada para planes de muestreo	219
10.5 Índices de calidad para planes de muestreo de aceptación	219
10.6 Tipos de planes de muestreo	220
10.7 Características de un buen Plan de Aceptación.....	220
10.8 ANSI/ASQC Z1.4.....	221
10.9 Muestreo de Aceptación por Variables.....	224
10.10 Procedimientos de muestreo basados en datos de calidad anteriores:	224
10.11 Selección de un valor numérico del índice de calidad.....	224
10.12 Como seleccionar los procedimientos de muestreo adecuados.....	225
RESUMEN	225
PROBLEMAS	225
BIBLIOGRAFIA	227

CAPÍTULO 11	231
COMERCIALIZACIÓN, DESEMPEÑO EN EL CAMPO Y SERVICIO AL CLIENTE.....	231
11.1 Percepción del cliente de la calidad	231
11.2 Conceptos de calidad en una función de comercialización	231
11.3 Garantía de calidad.....	232
11.4 Desempeño en el campo de trabajo.....	233
11.5 Seguridad y responsabilidad legal del producto.....	235
11.6 Atención al cliente en las industrias de servicios:.....	235
11.7 Procesamiento y solución de las reclamaciones de los clientes:	236
11.8 Obtención de retroalimentación sobre el desempeño en el campo de trabajo	236
11.9 Deserción del cliente	237
RESUMEN	238
PROBLEMAS	238
BIBLIOGRAFIA	239

CAPITULO 12.....	243
FORMACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ORGANIZACIONES DE LA CALIDAD TOTAL	243
12.1 Cultura corporativa y cambio organizacional.....	245
12.2 Diseño de una infraestructura de la calidad total.....	246
12.3 ISO 9000	249
12.4 Implementación de una estrategia total sobre la calidad.....	260

12.5 Mantenimiento de la organización de calidad.....	265
RESUMEN	273
CASOS.....	274
BIBLIOGRAFÍA	282
CAPITULO 13.....	287
CONFIABILIDAD	287
13.1 Conceptos y definiciones básicas	287
13.2 Medición de la confiabilidad	288
13.3 Predicción de la confiabilidad	293
13.3 Ingeniería de la confiabilidad.....	296
13.4 Administración de la confiabilidad	300
13.5 Confiabilidad en el software	301
RESUMEN	303
Casos	303
PROBLEMAS	309
BIBLIOGRAFIA	311

CAPITULO 1

ENFOQUE EN LOS CLIENTES

OBJETIVOS

- Saber que es un cliente y los tipos de cliente que existen
- La importancia de satisfacer a nuestros clientes
- Como identificar clientes y comprender sus necesidades
- Como podemos crear clientes satisfechos
- Algunos métodos que podemos usar para mantener a los clientes satisfechos
- Aprender como administrar las relaciones con el cliente
- Administración objetiva de las quejas

CAPITULO 1

Enfoque en los clientes

En japonés una misma palabra —okyakusama— significa a la vez "cliente" y "honorable huésped". Las organizaciones de clase mundial están obsesionadas por cumplir y exceder las expectativas de los clientes. Muchas empresas, como Disney y la división Infinity de Nissan Motor, se formaron a partir del principio de satisfacer al cliente. Home Depot, quedó en primer lugar en 10 años por incremento en ganancias por acción hasta 1993. La filosofía de servicio de Home Depot es "cada uno de los clientes debe ser tratado como usted trataría a su madre, a su padre, o sus hermanos".

Otras empresas han tenido que aprender a enfocarse en los clientes, a menudo en respuesta a una crisis competitiva.

En una empresa consciente de la calidad, la planeación tanto de los productos como la del sistema que fabrica o entrega dichos satisfactores se enfocan en llenar las necesidades y las expectativas de los clientes. Para poder satisfacerlos, la organización identifica las necesidades, diseña los sistemas de producción y de servicio, y mide los resultados como base de mejora. La empresa también incorpora a los clientes en las actividades de planeación estratégica de todos los gerentes. Este capítulo está enfocado a esta idea de la calidad impulsada por el cliente.

1.1 La importancia de la satisfacción al cliente

Cualquier negocio tiene cuatro metas clave:

1. Satisfacer a sus clientes
2. Conseguir una mayor satisfacción del cliente que la de sus competidores
3. Conservar los clientes en el largo plazo
4. Ganar penetración en el mercado

Para alcanzar estas metas, un negocio debe entregar a sus clientes valor siempre creciente. El valor, es la calidad relacionada con el precio. Los clientes ya no adquieren solo con base en el precio. Comparan el paquete total de productos y servicios que ofrece un negocio (conocido a veces como paquete de beneficios al consumidor) con el precio y con la oferta de la competencia.

El paquete de beneficios al consumidor influye en la percepción de la calidad e incluye el producto físico y sus dimensiones cualitativas; el apoyo antes de la venta, como facilidad en la colocación de pedidos; una entrega rápida, oportuna y precisa, y un apoyo posventa, como el servicio en el campo, garantías y apoyo técnico.

Si la competencia ofrece mejores alternativas a un precio similar, los consumidores naturalmente seleccionarían el paquete que contenga la calidad percibida como más elevada, por lo que es absolutamente vital para el éxito competitivo comprender

exactamente lo que los consumidores desean. Si un competidor ofrece el mismo paquete de bienes y servicios a un precio inferior, los clientes lo elegirán.

Sin embargo, precios inferiores requieren costos inferiores si la empresa debe seguir siendo redituable. Las mejoras en la calidad de la operación reducen los costos; por lo tanto, los negocios deben enfocarse tanto a mejorar de manera continua el paquete de beneficios al consumidor como a reducir los costos.

Se consigue la satisfacción del cliente cuando los productos y servicios cumplen o exceden las expectativas de los clientes: El enfoque a los clientes no es simplemente un problema de calidad sino buena práctica de los negocios, que se traduce directamente en mayores utilidades.

Los clientes leales gastan más, recomiendan otros compradores, y es menos costoso hacer negocios con ellos. Algunos estudios han demostrado que cuesta aproximadamente cinco veces más atraer clientes nuevos que conservar los anteriores, y que los clientes satisfechos adquieren más y están dispuestos a pagar precios más elevados.

Productos y servicios de mala calidad, por otra parte, provocan la falta de satisfacción del cliente en forma de quejas, devoluciones y publicidad desfavorable comunicada verbalmente; los clientes no satisfechos compran con los competidores.

Un estudio descubrió que los consumidores tienen cinco veces más probabilidades de cambiar de proveedor debido a la percepción de problemas de servicio que por preocupaciones de precio o problemas en la calidad del producto. También hay estudios que demuestran que los clientes no satisfechos hablan de sus malas experiencias con por lo menos el doble de sus amigos que cuando hablan de sus buenas experiencias.

Una fuerte ventaja competitiva es impulsada por los deseos y necesidades de los clientes; su satisfacción a través de productos superiores y de la excelencia en el servicio es una manera importante de tener una ventaja competitiva. El enfoque impulsado por el cliente de una empresa debe estar dirigido a todos los interesados: clientes, empleados, proveedores, accionistas, público y comunidad.

La conservación de los clientes es factor clave del éxito competitivo y esta íntimamente ligado con la calidad y la satisfacción del consumidor. Las características del producto tienen mucha influencia en la primera venta que se hace; en ese momento, los clientes desconocen los problemas de calidad que pueden resultar. Sin embargo, la calidad del producto y del servicio rendido durante la vida del producto determina la cantidad de ventas subsecuentes. El crecimiento en penetración en el mercado está fuertemente relacionado con la satisfacción del cliente.

Avis, por ejemplo, reconoce que en el negocio de alquiler de automóviles hay dos maneras de incrementar la penetración en el mercado: (1) obteniendo negocios corporativos de gran volumen con tasas extremadamente bajas y (2) mejorando los niveles de satisfacción de los clientes, aumentando así la intención de volver a comprar y la repetición de negocios.

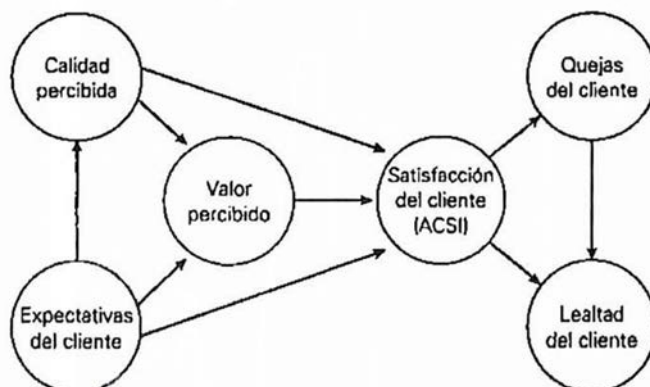
Esa empresa también declaró que no aceptará negocios a tasas bajas con el simple propósito de incrementar penetración en el mercado. Su departamento de mercadotecnia utiliza una amplia gama de investigación y análisis para mantenerse al día con relación a las tendencias cambiantes del mercado y para desarrollar programas que respondan a las necesidades de los clientes. Mediante la tecnología de la información, Avis interroga a todos los clientes cuando devuelven los automóviles para vigilar tendencias y niveles de satisfacción. También llama telefónicamente a 1500 usuarios todos los meses, a fin de evaluar con detalle la satisfacción en cada una de las nueve áreas de entrega de servicios.

Indice estadounidense de satisfacción del cliente (American Customer Satisfaction Index)

En 1994, la University of Michigan Business School y la American Society for Quality Control emitieron el primer índice estadounidense de satisfacción del cliente (ACSI, por sus siglas en inglés), un nuevo indicador económico que mide la satisfacción del cliente en este país. Este era el primer valor de referencia entre diversas industrias en Estados Unidos que medía la satisfacción del cliente.

El ACSI de 1994 es una línea base contra la que se pueden comparar con el transcurso del tiempo los niveles de satisfacción del cliente. Esta diseñada para responder a las preguntas: ¿Está la satisfacción y la evaluación del cliente aumentando o disminuyendo, para la producción de bienes y servicios del país? ¿Están aumentando o disminuyendo para sectores específicos de la industria o para industrias específicas? El índice cuantifica el valor que asignan los clientes a los productos, y por lo tanto impulsa la mejora de la calidad. Las empresas pueden utilizar los datos para evaluar la lealtad del cliente, identificar obstáculos potenciales de entrada en los mercados, predecir el rendimiento sobre las inversiones y determinar con precisión áreas en las cuales las expectativas del cliente no se están satisfaciendo.

ACSI se basa en los resultados de entrevistas telefónicas efectuadas en una muestra nacional de 40,000 clientes que recientemente hayan adquirido o utilizado el producto o servicio de una empresa. El modelo econométrico utilizado para producir ACSI vincula la satisfacción del cliente con sus determinantes: expectativas del cliente, calidad y valor percibidos. La satisfacción del cliente, a su vez, está vinculada con la lealtad del cliente, que tiene un impacto sobre la redituabilidad. Este proceso se resume en la figura siguiente.



Los resultados iniciales en 1994 mostraron que los productos manufacturados no duraderos tenían calificaciones relativamente elevadas en la satisfacción al cliente, en tanto que los servicios de la administración pública y del gobierno tenían calificaciones relativamente bajas. El índice del sector de servicios mostró una tendencia similar, lo que pudiera atribuirse a la tendencia corporativa a la reducción de tamaño (downsizing), obligando a muchas empresas a dar servicio con menos empleados. Estos resultados también sugieren que las mejoras en calidad no van a la par con las expectativas de los clientes.

Con el tiempo, una mayor atención al índice posiblemente podría incrementar la percepción y comprensión de la calidad por parte del público, como ha ocurrido con el índice de precios al consumidor y con otros indicadores económicos. Esta mayor concientización ayudara a comprender mediciones de precios y productividad y a promover una calidad controlada por el mercado.

1.2 Creación de clientes satisfechos

La satisfacción del cliente resulta de proporcionar bienes y servicios que satisfagan o excedan sus necesidades. La siguiente figura nos permite ver el proceso en el cual las necesidades y expectativas del cliente se traducen en resultados en los procesos de diseño, producción y entrega.



Las necesidades y expectativas reales del cliente se conocen como calidad esperada, que es lo que el cliente supone que recibirá del producto. El productor identifica estas necesidades y expectativas y las traduce en especificaciones para productos y servicios. La calidad real es el resultado del proceso de producción y lo que realmente se entrega al cliente y puede diferir considerablemente de la calidad esperada. Esta diferencia ocurre cuando de un paso al siguiente, se pierde o malinterpreta información.

Por ejemplo, investigación errónea de mercado puede evaluar de manera incorrecta las necesidades y expectativas reales del cliente. Los diseñadores de productos y servicios pueden desarrollar especificaciones que no reflejen de manera adecuada estas necesidades. La operación de manufactura o el personal de contacto con el cliente pudieran no entregar de acuerdo con especificaciones.

Una complicación adicional proviene del cliente, que ve y supone la calidad del producto (calidad percibida) de forma considerablemente distinta a lo que de hecho recibe (calidad real). Dado que la calidad percibida es la que impulsa el comportamiento del cliente, en esta área es donde realmente los productores deberían centrar sus preocupaciones.

Estos diferentes niveles de calidad se pueden resumir mediante una ecuación fundamental:

$$\text{Calidad percibida} = \text{calidad real} - \text{calidad esperada}$$

Cualquier diferencia entre la calidad esperada y la real puede causar ya sea una satisfacción no esperada (cuando la calidad real es superior a la esperada) o una falta de satisfacción (si la calidad real es inferior a la esperada). Para comprender estas relaciones se requiere de un sistema para medir la satisfacción del cliente y la capacidad de utilizar la retroalimentación para la mejora. Este modelo sugiere que los productores deben tener gran cuidado en asegurarse que las necesidades del cliente se cumplen o se exceden, tanto en el proceso de diseño como en el de producción.

Métodos más importantes

Las empresas de éxito en todas las ramas industriales recurren a diversas prácticas orientadas al cliente, que conducen a redituabilidad y penetración en el mercado. Estas prácticas genéricas, y algunos ejemplos específicos, se describen en la siguiente lista.

1. Comprenden tanto las necesidades y expectativas a corto y a largo plazo de los clientes (la voz del cliente) y emplean procesos sistemáticos para recolectar sus necesidades y administrar la información. En clínicas del producto, y de características, la empresa reúne información del cliente sobre nuevas ideas para sus productos.
2. Comprenden las vinculaciones entre la voz del cliente y los procesos de diseño, producción y entrega. Esta práctica asegura que ninguno de los requisitos fundamentales desaparece en el camino, y minimiza la separación potencial entre calidad esperada y calidad real. No es sino hasta que el cliente aprueba los resultados que la producción se puede iniciar a plena escala.
3. Se comprometen con los clientes de manera que promueve la confianza y lealtad en sus productos y servicios. Eastman Chemical Company tiene en sus productos de plástico una política de devoluciones sin falla, que se supone única en su tipo en la industria química. Un cliente puede devolver cualquier producto de plástico por cualquier razón, con la devolución total de su dinero. Esta política fue el resultado directo de las encuestas de clientes de Eastman.
4. Tienen procesos efectivos para administrar las relaciones con el cliente, quienes pueden emplearla fácilmente para pedir ayuda, hacer comentarios, quejarse y recibir soluciones rápidas a sus dudas. Por ejemplo, un número telefónico gratuito mediante el cual los clientes pueden entrar en contacto con virtualmente cualquier persona en la empresa, incluyendo al presidente, las 24 horas del día y los siete días de la semana. La administración de las relaciones con el cliente incluye la

atención a la capacitación y el desarrollo de los empleados de contacto con el cliente, y darles la autoridad para hacer lo que sea necesario para satisfacerlo.

5. Miden la satisfacción del cliente, comparan los resultados en relación con la competencia y utilizan esta información para evaluar y mejorar los procesos internos. FedEx utiliza un indicador de calidad de servicio de 10 componentes, que describe totalmente la forma en que los clientes visualizan su desempeño. La gerencia se reúne diariamente para analizar el desempeño del día anterior y llevar control de la tendencia semanal, mensual y anual. Un equipo de funciones cruzadas para cada componente del servicio apoya la evaluación y las iniciativas de mejora.

1.3 Identificación de los clientes

En el mundo competitivo, toda organización aspira tener una ventaja competitiva única. Tal ventaja se puede lograr mediante el precio, por la capacidad de cumplir con las necesidades del cliente en poco tiempo y por la calidad. Al identificar a los clientes, analizar sus necesidades y entender el propio estado de la calidad respecto a la competencia, se puede establecer nuevas metas de calidad que conduzcan a una ventaja competitiva, esto es, comenzando por el cliente.

Definimos a un cliente como todo aquel que es impactado por un proceso o un producto. De esta manera, surgen tres categorías de clientes:

Clientes externos, estos pueden ser tanto actuales como potenciales.

Clientes internos, estos pueden ser los diferentes departamentos dentro de una empresa.

Proveedores, estos son considerados extensiones de los clientes internos de departamentos.

Por lo tanto, para comprender las necesidades del cliente, una empresa debe saber quiénes son éstos. La mayoría de los empleados creen que los clientes son aquellas personas que al final adquieren y utilizan los productos de una empresa. Estos clientes, o consumidores, ciertamente son un grupo importante. La identificación de los consumidores es una tarea de la gerencia superior relacionada con la misión y la visión de la empresa. Sin embargo, los consumidores no son el único grupo de clientes que debe preocupar a un negocio. La forma más fácil de identificar a los clientes es pensando en términos de relaciones cliente-proveedor.

Un modelo cliente-proveedor como el que aparece en la figura que se muestra a continuación.



Cada proceso recibe entradas o insumos de proveedores, y crea resultados o salidas para sus clientes. Los lazos de retroalimentación sugieren que los proveedores deben también ser considerados como clientes que necesitan información apropiada respecto a las necesidades que deben llenar. Este modelo puede aplicarse en toda la organización, en el área de los procesos y en la del desempeño

En el nivel de organización, un negocio tiene varios clientes externos (organizaciones que no forman parte de la empresa, pero que experimentan un impacto debido a las actividades de la misma) y que pueden quedar ubicados entre organización y consumidor. Por ejemplo, los fabricantes de productos de consumo distribuyen a las tiendas al menudeo, como Wal-Mart y a las tiendas de comestibles. Las tiendas al menudeo son los clientes externos de los fabricantes. Tienen necesidades específicas de entrega oportuna, de despliegues apropiados para el producto, de facturación precisa, etc. Debido a que estas tiendas asignan espacio en sus estanterías a los productos de los fabricantes, son clientes de importancia. Los fabricantes son los clientes de las empresas químicas, de las empresas impresoras y de otros proveedores de cosas tales como materias primas y materiales de empaque.

A nivel de procesos, los departamentos individuales y los procesos clave de función cruzada dentro de la empresa tienen clientes internos que contribuyen a la misión de la empresa y que dependen de los productos o servicios de departamentos o funciones, **para finalmente dar servicio a los consumidores y a los clientes externos.**

La identificación de los clientes se inicia al hacer algunas preguntas básicas:

- ¿Que productos o servicios se producen?
- ¿Quién utiliza esos productos o servicios?
- ¿A quien llaman, escriben o responden preguntas los empleados?
- ¿Quién suministra los insumos del proceso?

Conforme individuos, departamentos y funciones desarrollan sus modelos cliente-proveedor, resultan evidentes los vínculos naturales que forman la cadena de clientes a través de la empresa que conecta a cada individuo y cada función con los clientes y consumidores externos. Finalmente, todos podrán comprender mejor su papel en la satisfacción no solamente de sus clientes internos, sino también de los externos.

Si una organización no olvida que entre sus clientes están incluidos sus empleados y el público, entonces esta manteniendo conscientemente un entorno de trabajo que conduce al bienestar y al crecimiento de todos los empleados. En esta área, los esfuerzos deben ir más allá de la capacitación y educación esperadas relacionadas con el trabajo. Deberán incluirse la salud, la seguridad y la ergonomía (el estudio de las capacidades físicas de las personas en relación con el diseño de los lugares de trabajo, las herramientas, instrumentos, etc.) en las actividades de la mejora de la calidad. Muchas empresas ofrecen servicios especiales como asesoría, actividades recreativas y culturales, educación no relacionada con el trabajo, guardería, horas de trabajo flexibles y búsqueda de lugares de trabajo para sus empleados.

El público también es un cliente importante del negocio. Una empresa debe ver hacia adelante para anticiparse a preocupaciones de índole pública y evaluar el posible impacto que sus productos, servicios y operaciones causen a la sociedad. La ética comercial, las preocupaciones ecológicas y la seguridad son temas sociales de importancia. Las empresas pueden ejercer una influencia poderosa sobre la comunidad

como ciudadanos corporativos a través de contribuciones a actividades de caridad y mediante la participación personal de sus empleados. Con base en la acción de la empresa en la promoción de la educación, de los cuidados a la salud y de las conductas éticas, el público juzga el comportamiento comunitario de una empresa, lo cual a su vez puede tener impacto en las ventas y en la reutilización.

Finalmente, todos somos nuestros propios clientes. La calidad debe personalizarse, o de lo contrario tendría poco significado en cualquier otro nivel. Robert Galvin, anterior presidente del consejo de Motorola, una vez declaró en el Economic Club of Chicago: "La calidad es una obligación muy personal. Si usted no puede hablar de la calidad en primera persona, entonces usted no ha pasado al nivel de participación en la calidad que es absolutamente esencial".

Segmentación de los clientes

Comúnmente, los clientes tienen necesidades y expectativas diferentes. Por lo general, una empresa no puede satisfacer a todos los clientes con los mismos productos o servicios. Este problema es particularmente importante en empresas que hacen negocios globales. Por lo tanto, aquellas empresas que segmentan a los clientes en grupos naturales y que personalizan los productos o servicios están más capacitadas para responder a las necesidades de los clientes. Jurán sugiere clasificar los clientes en dos grupos principales: los pocos vitales y los muchos útiles.

La segmentación de los clientes puede hacerse con base en factores geográficos, demográficos, según la forma en que se utilizan los productos, el volumen o el nivel esperado de servicio. Por ejemplo, los servicios de telecomunicación pudieran segmentarse en:

- Clientes residenciales
- Clientes comerciales
- Revendedores independientes

Esta segmentación permite que la empresa asigne prioridades a cada grupo de clientes. Una manera de asignar prioridades a los segmentos es tomando en consideración, para cada grupo, el beneficio de satisfacer sus necesidades y las consecuencias de no hacerlo. Esta determinación de beneficio y consecuencias permite que la empresa se oriente en sus procesos internos de acuerdo con las expectativas más importantes de los clientes.

Comprensión de las necesidades del cliente

La calidad tiene muchas dimensiones, que difícilmente puede satisfacer simultáneamente un productor. La tabla que se muestra a continuación da algunos ejemplos de las dimensiones de la calidad, tanto para un producto manufacturado como para un servicio.

pueden funcionar al revés, como fue el caso de Coca-Cola, en el que pruebas hechas por grupos de degustadores sugirieron que New Coke era superior a Classic Coke, por lo que una empresa debe efectuar un esfuerzo especial para captar las percepciones del cliente en lo relativo a emocionantes y encantadores. Para practicar esta estrategia con eficacia, los esfuerzos de mercadotecnia deben estar apoyados por sistemas muy flexibles de manufactura que permitan una rápida respuesta de puesta en marcha. La producción de productos o servicios de innovación a veces requiere que las empresas ignoren la retroalimentación del cliente y asuman riesgos.

Además de los consumidores, las empresas también deben ocuparse de las necesidades de los clientes externos. Al diseñar su trineo New Icy Rider, Rubbermaid utilizó una combinación de investigación del campo, análisis competitivo del producto y grupos de enfoque de clientes. También escuchó a los detallistas de mayor importancia, como Wal-Mart, que deseaban que estos productos pudieran apilarse y ahorrar espacio.

Tiene mucha importancia comprender las necesidades tanto de los clientes internos como de los externos.

Por ejemplo, en muchas industrias de servicio los empleados de contacto con el cliente dependen de una diversidad de información y apoyo de los proveedores internos como por ejemplo el departamento de sistemas de información, el almacén y la programación de la producción, y las funciones de ingeniería y diseño. La incapacidad de cumplir necesidades de los empleados de contacto con el cliente tendrá un efecto nocivo sobre los clientes externos. Este procedimiento puede mejorar significativamente los niveles de satisfacción, reduciendo los costos y disminuyendo los tiempos de ciclo.

1.4 Recolección de información sobre clientes

Las necesidades de los clientes, expresadas en sus propios términos, se conocen como la voz del cliente. Sin embargo, la parte vital del mensaje es lo que quiere decir el cliente. Como aseguró el vicepresidente de mercadotecnia de Whirlpool, "el consumidor habla en clave".

Las empresas usan diferentes métodos, o "puestos de escucha", para recolectar información sobre las necesidades y expectativas de los clientes, su importancia y la satisfacción del consumidor en relación con el desempeño de la empresa relativo a estas medidas. Algunos de los procedimientos claves para la obtención de información sobre los clientes incluyen:

Tarjetas de comentarios y encuestas formales: Las tarjetas de comentarios y las encuestas formales son una manera fácil de solicitar información del cliente. Estos procedimientos típicamente se concentran en la medición de la satisfacción del cliente. Sin embargo, a menudo incluyen preguntas que corresponden a la percepción del consumidor sobre la importancia de dimensiones particulares de la calidad, así como preguntas abiertas.

Las encuestas formales se pueden diseñar para muestrear de manera científica una base de clientes, pero por lo general solo una pequeña proporción de ellos responden. Sin embargo, algunas empresas encuentran que funcionan bien.

Las encuestas formales deben diseñarse con cuidado para asegurar que se obtenga la información adecuada y que no se incluyen preguntas dudosas o tendenciosas, ni que los cuestionarios sean excesivamente largos.

Grupos de enfoque: Un grupo de enfoque es un panel de individuos (clientes o no) que contestan preguntas relativas a los productos y servicios de la empresa, así como a los correspondientes de la competencia. Este procedimiento de entrevista permite a una empresa escoger con cuidado la integración del panel e interrogar en profundidad a sus miembros acerca de temas de importancia, como comparar experiencias con expectativas.

Aunque a los clientes por lo general les gusta llenar encuestas y tarjetas de comentarios, al hacerlo simplemente están respondiendo a la perspectiva de las personas que diseñaron la encuesta. Los grupos de enfoque ofrecen una sustancial ventaja al escucharse la voz directa del cliente respecto a la organización; una desventaja es su más elevado costo de implementación en comparación con otros procedimientos.

Contacto directo con el cliente: En empresas impulsadas por el cliente, los ejecutivos superiores hacen visitas personales periódicas a los clientes. Poder escuchar de primera mano problemas y quejas es a menudo una experiencia reveladora. Por ejemplo, los gerentes generales en Xerox ocupan un día al mes en contestar los teléfonos de servicio del cliente para establecer contacto directo con ellos.

Información recogida en el campo: Cualquier empleado que entra en contacto directo con los clientes, como los vendedores, los técnicos en reparación, los operadores telefónicos y las recepcionistas, pueden obtener información útil simplemente iniciando una conversación y escuchando a los consumidores. La efectividad de este método depende de una cultura que aliente la comunicación abierta con los superiores.

Como otro procedimiento, los empleados simplemente observan el comportamiento del cliente. Un hotel notó que los visitantes no utilizaban las sales para baño de obsequio, por lo que las eliminaron (ahorrando costos) y agregaron otras características que los clientes deseaban.

Estudio de las quejas: Las quejas, aunque desde el punto de vista de servicio no sean deseables, pueden ser una fuente clave de información de los clientes, pues permiten que una organización aprenda sobre fallas del producto y problemas de servicio, particularmente de las brechas entre expectativas y desempeño.

Los estudios indican que aproximadamente uno de cada 25 usuarios se queja, por lo que, para aprovechar al máximo las inconformidades, las empresas deben facilitar su expresión. La Coca-Cola Company, por ejemplo, fue de las primeras en la industria refresquera en establecer un número telefónico gratuito para el consumidor, mismo que aparece impreso en todos los paquetes del producto. Los representantes registran cada uno de los contactos en un sistema de cómputo, lo que permite rastrear todos los problemas de calidad y resolverlos. En la actualidad muchas empresas siguen esta práctica.

Vigilancia de Internet: En años recientes, el crecimiento de Internet está ofreciendo un campo fértil a las empresas para averiguar lo que los clientes piensan de sus productos.

Dimensión de la calidad	Producto manufacturado (amplificador estereo)	Producto de servicio
Desempeño	Relacion señal ruido; potencia	Tiempo necesario para procesar las necesidades del cliente
Características	Control remoto	Pago automático de las facturas
Conformidad	Buen trabajo	Exactitud
Confiabilidad	Tiempo medio entre fallas	Variabilidad del tiempo de proceso de solicitudes
Durabilidad	Vida útil	Mantenerse al día en lo que se refiere a las tendencias de la rama industrial
Facilidad del servicio	Facilidad de reparación	Solución de errores
Estética	Mueble de roble	Apariencia de la recepción de bancos

Las empresas necesitan enfocarse en los impulsores clave de la satisfacción del cliente que conducen al éxito del negocio. En una correcta identificación de las necesidades del cliente se concentran considerables esfuerzos de mercadotecnia. Ford, por ejemplo, identificó aproximadamente 90 características que desean los clientes en ventas y servicio, incluyendo transporte gratuito a su siguiente escala después de dejar un automóvil para servicio y citas con una anticipación de un día respecto a una fecha deseada. Ford redujo la lista a siete estándares de servicio y a seis de ventas, contra los que los distribuidores han empezado a compararse.

Para el servicio, la investigación ha demostrado que cinco dimensiones claves de la calidad del servicio contribuyen a las percepciones del cliente:

1. **Confiabilidad:** la capacidad de entregar lo prometido de manera segura y exacta. Como ejemplos mencionaremos a los representantes de servicio a clientes, que contestan en el tiempo prometido, que siguen las instrucciones del cliente, que proporcionan facturas y estados libres de error y que llevan a cabo las reparaciones correctamente desde la primera vez.
2. **Seguridad:** conocimientos y cortesía de los empleados y su capacidad de dar confianza. Como ejemplo está la capacidad de responder a preguntas, de hacer el trabajo necesario, de vigilar las transacciones en tarjetas de crédito para evitar un posible fraude, y ser educado y agradable durante las transacciones con los clientes.
3. **Tangibles:** las instalaciones, el equipo físico y la apariencia del personal. Los tangibles incluyen instalaciones atractivas, empleados correctamente vestidos y formas bien diseñadas fáciles de leer y de interpretar.
4. **Empatía:** el grado de cuidado y atención individual que se da a los clientes. Algunos ejemplos pudieran ser estar dispuesto a programar las entregas a la conveniencia del cliente, explicar el lenguaje técnico en palabras simples, e identificar por su nombre a los clientes constantes.
5. **Sensibilidad:** la disposición a ayudar a los clientes y a dar un servicio rápido. Los ejemplos incluyen actuar rápidamente para la solución de problemas, acreditar rápidamente mercancía devuelta y la reposición rápida de los productos defectuosos.

El profesor japonés Noriaki Kano sugirió tres clases de necesidades de los clientes:

- No satisfactorios: necesidades esperadas en un producto o servicio.
- Satisfactorios: necesidades que los clientes dicen que desean.
- Emocionantes/encantadoras: características nuevas o innovadoras que los clientes no esperan.

Cumplir con las expectativas del cliente (esto es, proporcionar los satisfactorios) a menudo se considera como el mínimo requerido para conservarse en el negocio. Para ser verdaderamente competitivo, las empresas deben asombrar y encantar a los clientes yendo más allá de lo esperado. Las necesidades del cliente se determinan durante entrevistas, se generan planes de cuentas para asegurar que cada uno de los proyectos cumple o excede las necesidades del cliente a través de estándares de servicios claramente acordados, así como planes de proceso a plazo más largo para mejorar los procesos claves de la empresa.

La retroalimentación al final de cada proyecto y las entrevistas anuales a los clientes principales miden la satisfacción y las mejoras del proyecto, por lo que las empresas exitosas hacen innovaciones de manera continua y estudian las percepciones del cliente para asegurar que se están llenando sus necesidades.

Ejemplo de un emocionante/encantador en la industria hotelera

MARSHALL
Orlando World Center
RESORT AND CONVENTION CENTER

Número de habitación _____

¡Bienvenido a Orlando World Center de Marriott!

Esperamos que tenga una estancia placentera. Como un servicio adicional, hemos puesto a su disposición esta tarjeta de servicio.

Por favor, marque el sitio apropiado y con gusto diariamente daremos servicio a su habitación en el momento solicitado por usted durante toda su estancia.

8 - 10 a.m. 12 - 2 p.m.
 10 - 12 a.m. 2 - 4 p.m.
 Sólo hoy Después de las 4 p.m.

Durante el resto de mi estancia _____

No molestar

Fecha de salida _____

Por favor, cuélguela fuera de su habitación antes de retirarse a dormir.

Muchas gracias.
Personal de servicio a habitaciones

Conforme los clientes se familiarizan con ellos, en el transcurso del tiempo los emocionantes y encantadores se convierten en satisfactorios. Finalmente, los satisfactorios se convierten en no satisfactorios.

Mediante una mejora sistemática en la capacidad de exceder las expectativas de los clientes en comparación con la competencia. Podemos ir ganando penetración en el mercado, aun cuando los productos se coticen a un alto precio.

Sin embargo, los esfuerzos de investigación de mercados tradicionales pudieran no resultar efectivos para la comprensión de emocionantes y encantadores, e incluso

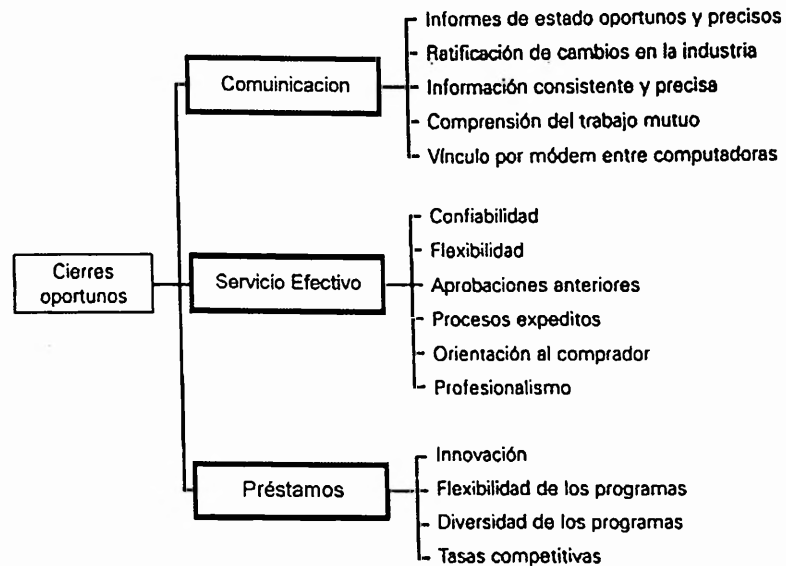
Los usuarios de Internet buscan frecuentemente consejos de otros usuarios sobre los puntos fuertes y los débiles de los productos, comparten experiencias sobre la calidad del servicio o plantean problemas específicos que necesitan resolver. Vigilando las conversaciones en los grupos de discusión de Usenet, los gerentes pueden obtener información valiosa sobre las percepciones del cliente y sobre los problemas de calidad del producto o del servicio. En los foros abiertos, los comentarios del cliente a menudo se pueden traducir en mejoras creativas al producto. Además, Internet puede resultar una buena fuente de información sobre los productos de la competencia. El costo de vigilar las conversaciones de Internet es mínimo en comparación con el costo de otros procedimientos de encuesta, y los clientes no se ven influidos por ninguna pregunta. Sin embargo, las conversaciones pueden resultar mucho menos estructuradas y sin enfoque y, por lo tanto, contienen menos información utilizable. También, a diferencia de un grupo de enfoque o una entrevista por teléfono, no es posible corregir percepciones incorrectas o errores basados en hechos.

Herramientas para clasificar las necesidades del cliente

Estas herramientas son de uso simple y fácil de entender, y por ser de naturaleza gráfica proporcionan un medio visual de comunicación, particularmente al ser utilizados por equipos. Esta sección presenta los diagramas de afinidad y los diagramas de árbol. Aunque se utilizan para clasificar las necesidades del cliente, estas herramientas se pueden aplicar en cualquier escenario que requiera una información eficientemente organizada.

El diagrama de afinidad es una técnica para recolectar y organizar gran número de ideas o de hechos. Su propósito es permitir a los equipos seleccionar eficientemente grandes volúmenes de información e identificar patrones naturales o agrupamientos en la información. Con un diagrama de afinidad, los administradores pueden más fácilmente enfocarse en los temas claves y en sus elementos, en vez de en una colección desorganizada de información. Un diagrama de árbol muestra una estructura jerárquica de hechos e ideas. Es similar a un diagrama de afinidad en cuanto clasifica los conceptos en grupos naturales. (Los diagramas de árbol también se utilizan en el diseño de planes de implementación para proyectos.) Tanto los diagramas de afinidad como los de árbol se utilizan frecuentemente para organizar las necesidades del cliente en categorías lógicas, particularmente después de haberse capturado una diversidad de información proveniente de entrevistas, información recogida en el campo, etc.

A través de la organización de un diagrama de afinidad, se puede utilizar la información para diseñar mejor productos y procesos de una empresa para cumplir con las necesidades del cliente. Un diagrama de árbol organiza la información de una manera ligeramente distinta, según se puede observar en la siguiente figura.



Los diagramas de afinidad y de árbol son herramientas generales útiles en muchas otras aplicaciones. Por ejemplo, los diagramas de afinidad se pueden utilizar para organizar cualquier grupo grande de ideas o temas complejos, como las posibles razones de problemas en la calidad, o cosas que una empresa deba hacer para poner con éxito un producto en el mercado. Un diagrama de árbol se puede emplear para correlacionar las secuencias de actividades que deben efectuarse para llenar una meta principal y submetas relacionadas.

1.5 Administración de las relaciones con el cliente

Una empresa se gana la lealtad del cliente al crear confianza y administrar efectivamente las interacciones y relaciones con los clientes, por medio de los empleados que están en contacto con él. Empresas verdaderamente excelentes fomentan relaciones cercanas y completas con los clientes y ofrecen fácil acceso.

En los servicios, la satisfacción o la falta de ésta por parte del cliente ocurre durante los "momentos de la verdad: cada una de las instancias en las cuales un cliente entra en contacto con algún empleado de la empresa. Los momentos de la verdad pueden ser contactos directos con representantes de clientes o con personal de servicio, o cuando los clientes leen cartas, facturas u otra correspondencia de la empresa. Aparecen problemas provenientes de promesas no cumplidas, de no dar un servicio completo, de un servicio no efectuado cuando era necesario, de un servicio efectuado de manera incorrecta o incompleta, o por omitir la transmisión de información correcta. En los momentos de la verdad, los clientes se forman una percepción de la calidad del servicio, al comparar sus expectativas con los resultados reales.

Los empleados de contacto con el cliente son de particular importancia, pues su trabajo principal los pone en contacto cotidiano con los consumidores ya sea en persona, por teléfono u otros medios. Las empresas deben seleccionarlos cuidadosamente y después de verificar que son ampliamente capacitados, se les otorga autoridad para llenar y exceder las expectativas de los clientes. Hoy día, las empresas se apoyan en centros de llamadas como su principal medio de contacto con el cliente. Los centros de

llamadas pueden ser un medio para lograr una ventaja competitiva, al servir a los clientes con mayor eficiencia y personalizando transacciones para crear relaciones.

Deben, sin embargo, estar apoyados por una tecnología apropiada, como la automatización de llamadas de rutina, para minimizar la necesidad de responder la misma pregunta una y otra vez, y el encauce de las llamadas a las personas con las habilidades apropiadas. Los procesos ineficientes sólo pueden conducir a crear clientes frustrados.

Una administración excelente de las relaciones con el cliente dependerá de cuatro aspectos:

1. Compromisos con los clientes
2. Estándares de servicio enfocados al cliente
3. Capacitación y delegación de autoridad
4. Administración efectiva de las quejas

Compromisos con los clientes

Las empresas que realmente creen en la calidad de sus productos hacen fuertes compromisos con sus clientes. Estos encaran las preocupaciones principales de los consumidores, están totalmente libres de condiciones que pudieran debilitar su confianza y lealtad, y pueden comunicárseles clara y simplemente. Muchos compromisos toman la forma de garantías explícitas.

Las garantías extraordinarias que prometen una satisfacción del cliente y una calidad excepcional sin compromiso, y apoyan esta promesa con un pago, cuya intención es volver a capturar el crédito mercantil del cliente, prácticamente sin condiciones, es una de las acciones más fuertes que puede tomar una empresa para mejorarse a sí misma. Al traducir todos los elementos de la insatisfacción del cliente en costo financiero, estas garantías alertan rápidamente a la empresa hacia los problemas y dirigen las prioridades. Los trabajadores adquieren un mayor conocimiento del negocio y mejoran la calidad, lo que a su vez resulta en mayores ventas y utilidades más elevadas.

Estándares de servicios enfocados al cliente

Los estándares de servicios son niveles de desempeño o expectativas medibles que definen la calidad del contacto con el cliente. Estos además pudieran incluir estándares técnicos, como tiempo de respuesta (contestación del teléfono a los dos timbrazos), o estándares de comportamiento (uso del nombre del cliente siempre que sea posible).

Las necesidades y expectativas del cliente son la base de los estándares medibles de servicios. Por ejemplo, un cliente necesita y espera respuesta rápida a una consulta. En este caso, el estándar de servicio será devolver la llamada del cliente dentro de las dos siguientes horas con la información solicitada, incluso si la llamada se ha recibido cerca del final del día laborable.

Las empresas necesitan comunicar los estándares de servicios a todos los empleados de contacto con el cliente. Esta comunicación a menudo ocurre inicialmente durante la

orientación de los nuevos empleados. Sin embargo, las empresas deben reforzarlos continuamente para mantener su consistencia y efectividad. Además, muchos empleados de contacto al cliente dependen del apoyo de clientes internos, quienes también deben comprender el papel que desempeñan en el cumplimiento de los estándares de servicios. La clave para la satisfacción de los clientes externos es satisfacer en primer término a los clientes internos.

Finalmente, una empresa debe poner en práctica un proceso para controlar el cumplimiento de estándares y obtener retroalimentación hacia los empleados para que mejoren su desempeño. La tecnología de información pone a la disposición los datos para llevar un control efectivo del cumplimiento de los estándares de servicios al cliente.

Capacitación y delegación de autoridad

Una buena administración de las relaciones con el cliente depende de la calidad de la capacitación del personal de contacto con éste. Muchas empresas empiezan desde el proceso de reclutamiento, seleccionando aquellos empleados que demuestren capacidad y deseo de desarrollar buenas relaciones con el cliente. A menudo, los candidatos pasan por rigurosos procesos de selección.

Las empresas comprometidas en la administración de las relaciones con el cliente se aseguran que los empleados de contacto con el consumidor conozcan los productos y servicios lo suficientemente bien como para poder responder a cualquier pregunta, desarrollar habilidades para escuchar y captar problemas, y sentirse capaces de manejarlos. Para muchas empresas, la capacitación de las relaciones con el cliente involucra a todas las personas que entran en contacto con ellos, incluyendo a los recepcionistas.

Para efectuar su trabajo, los empleados de contacto con el cliente necesitan tener acceso a diversa información de la empresa, lo que requiere el apoyo del componente de tecnología de la información de la organización.

Las empresas enfocadas a la calidad total delegan autoridad a su personal de primera línea para que hagan todo lo que sea necesario para satisfacer al cliente.

Sin embargo, las acciones de empleados con delegación de autoridad deberán estar guiadas por una visión común. Esto es, los empleados requieren una comprensión uniforme de cuáles son las acciones que deben o deberían tomar.

Administración efectiva de las quejas

A pesar de todos los esfuerzos para satisfacer a los consumidores, todo negocio tiene clientes descontentos. Si no se manejan con efectividad, las quejas pueden afectar adversamente al negocio. La empresa Technical Assistance Research Programs efectuó estudios que pusieron al descubierto la siguiente información:

- Las empresas, en promedio, nunca reciben comunicación alguna de 90% de sus clientes descontentos. Por cada queja recibida, la empresa tiene otros 20 clientes con problemas, seis de los cuales los tienen serios.

- De aquellos clientes que si presentan su queja, su queja se resolvió, más de la mitad volverá a hacer negocio con la organización. Si el cliente percibe que la queja se solucionó con rapidez, esta cifra se eleva hasta 95%.
- El cliente promedio que ha sufrido un problema se lo transmitirá a nueve o diez personas. Aquellos que han tenido quejas satisfactoriamente resueltas, sólo se lo comunicarán a aproximadamente cinco personas.

La solución efectiva de quejas incrementa la lealtad y conservación de los consumidores. Muchos clientes no se quejan porque creen que no servirá de nada, o se sienten incómodos al hacerlo. Las empresas de alcance mundial se organizan para que a los clientes les resulte fácil quejarse. Además de darles un acceso fácil a la compañía mediante números telefónicos gratuitos (que deberán estar atendidos y apoyados adecuadamente), muchas empresas buscan activamente las quejas.

Las empresas que están involucradas en la administración de las relaciones con los clientes capacitan al personal de contacto con ellos de manera que puedan tratar con consumidores enfurecidos. El personal de atención al cliente necesita escuchar con cuidado para determinar los sentimientos del cliente y acto seguido responder con simpatía, asegurando que la queja ha sido comprendida. Deberán hacer todo esfuerzo posible para resolver el problema con rapidez.

Las quejas son una fuente de ideas de mejora de productos y procesos; para ello, las empresas deben hacer algo más que simplemente resolver el problema inmediato: necesitan tener un proceso sistemático de recolección y análisis de los datos de las quejas, y entonces utilizar dicha información para la mejora. Comúnmente, la información es estudiada por equipos de funcionalidad cruzada, que determinan la fuente real de la queja y hacen recomendaciones. Además, el proceso mismo de queja debe ser vigilado, evaluado y mejorado. Las empresas generalmente controlan el porcentaje de clientes que han quedado satisfechos con la resolución de quejas, del costo de resolverlas y del tiempo requerido para ello.

Asociaciones y alianzas estratégicas

A los proveedores de hoy se les está pidiendo que asuman responsabilidades mayores para ayudar a sus clientes. Conforme las empresas se dedican más a sus habilidades fundamentales —lo que mejor hacen—, buscan ayuda fuera de su organización para procesos de apoyo no críticos. Las asociaciones cliente-proveedor representan una alianza estratégica importante para la consecución de la excelencia y del éxito en los negocios. Los beneficios que se obtienen de estas asociaciones incluyen el acceso a tecnologías o canales de distribución no disponibles de manera interna; poder compartir riesgos en nuevas inversiones y desarrollo de productos; mejores productos al tomar en consideración recomendaciones de diseño basadas en las capacidades del proveedor, y menores costos de operación a través de una mejor comunicación.

Muchas empresas trabajan en íntimo contacto con proveedores que comparten valores comunes; esta relación mejora las capacidades del proveedor al enseñarles el uso de herramientas y procedimientos de calidad. Aunque muchas empresas tienen programas de certificación de proveedores, algunas, como Motorola, solicitan a sus proveedores que los califiquen como cliente. Motorola utiliza un consejo de proveedores con 15 miembros que efectúan sus prácticas y ofrecen sugerencias para mejorar, por ejemplo,

la exactitud de los programas de producción o los planos de diseño proporcionados por Motorola.

1.6 Medición de la satisfacción del cliente

La retroalimentación del cliente es vital para un negocio. A través de ella, una empresa sabrá lo satisfechos que están sus clientes con sus productos y servicios, y a veces también sobre productos y servicios de los competidores. La medición de la satisfacción del cliente y permite a un negocio:

- Descubrir lo que el cliente percibe sobre lo bien que el negocio está desempeñándose en el cumplimiento de las necesidades del cliente
- Comparar el desempeño de la empresa con relación a la competencia
- Descubrir áreas de mejora, tanto en el diseño como en la entrega de productos y servicios
- Controlar las tendencias para determinar si verdaderamente los cambios resultan en mejoras.

Un sistema efectivo de medición de la satisfacción del cliente da como resultado información confiable de las calificaciones que hace el consumidor sobre características específicas de productos y servicios, o sobre la relación entre estas calificaciones y el comportamiento futuro probable del mercado del cliente. Sin embargo, es importante comprender que la satisfacción del consumidor es una actitud psicológica, no resulta fácil de medir y sólo se puede observar de manera indirecta. La satisfacción del cliente está influida por lo que espera y percibe sobre calidad y valor, y es difícil convertir estas relaciones tan complejas a una sola unidad de medición.

Las medidas de la satisfacción del cliente pueden incluir los atributos del producto, como la calidad, el desempeño, la capacidad de uso y su facilidad de mantenimiento; los atributos de servicios como la actitud, el plazo de entrega, la entrega a tiempo, el manejo por excepción, responsabilidad y el apoyo técnico; atributos de la imagen, como la confiabilidad y el precio; y medidas generales de satisfacción. Los datos más útiles incluyen la comparación con competidores claves.

Las empresas a veces se apoyan en terceras personas para llevar a cabo encuestas ciegas para determinar quienes son los competidores claves y en qué se comparan sus productos y servicios. Las comparaciones de competencia a menudo aclaran que las mejoras en la calidad se pueden convertir en una mayor satisfacción del cliente o si se están pasando por alto características clave de calidad.

Diseño de encuestas de satisfacción

El primer paso para desarrollar una encuesta sobre la satisfacción del cliente es determinar su finalidad. Las encuestas deben diseñarse para proporcionar con claridad la información a los usuarios de los resultados de la encuesta que necesitan para tomar decisiones. Una pregunta vital que se debe considerar es ¿quién es el cliente? Los gerentes, los empleados de compras, los usuarios finales y otros pueden quedar afectados por los productos y servicios de una empresa.

La medición de la satisfacción del cliente no debe limitarse a los clientes externos; la información proveniente de los clientes internos, también contribuye a la evaluación de los puntos fuertes y débiles de la organización. A menudo los problemas que afectan a los empleados resultan ser los mismos problemas que causan falta de satisfacción en los clientes externos. Muchas empresas utilizan encuestas de opinión de empleados o instrumentos de tipo similar para buscar retroalimentación de los empleados respecto al entorno de trabajo, los beneficios, la compensación, la administración, las actividades en equipo, los premios y el reconocimiento, así como los planes y valores de la empresa. Sin embargo, otros indicadores de la satisfacción del empleado son el absentismo, la rotación de personal, las quejas y las huelgas, que frecuentemente pueden aportar mejor información que las encuestas, que muchos empleados pudieron no tomar con seriedad.

La siguiente pregunta a encarar es quién debería llevar a cabo la encuesta. A menudo organizaciones independientes de terceras personas son más creíbles para responder y pueden asegurar la obtención de objetividad en los resultados. Una vez cumplidos estos pasos preliminares, es necesario definir un marco de muestra; esto es, un grupo seleccionado, a partir del cual se escogería una muestra.

El siguiente paso es seleccionar el instrumento apropiado para la encuesta. El medio más común para medir la satisfacción de los clientes es a través de encuestas formales por escrito, aunque también se utilizan otras técnicas, como las entrevistas cara a cara, las entrevistas telefónicas y los grupos de enfoque. Las encuestas por escrito tienen la ventaja de un bajo costo de recolección de datos, auto-administración y facilidad de análisis; además, se puede profundizar en los temas. Sin embargo, sufren de una alta proporción de respuestas. Sin validez, requieren muestras de gran tamaño y miden sólo percepciones predeterminadas de lo que es importante para el cliente, reduciendo así el alcance de la información cualitativa que pudiera obtenerse. Las entrevistas cara a cara y los grupos de enfoque, por otra parte, requieren de muestras de tamaño mucho menor y pueden generar una cantidad significativa de información cualitativa, pero incurren en costos elevados y comprometen mucho tiempo del participante. Las entrevistas por teléfono se clasifican en algún sitio entre estos dos extremos y parece ser el procedimiento preferido para aquellas empresas que tienen una cantidad limitada de clientes comerciales; se utilizan encuestas por correo para llevar control de transacciones rutinarias, donde los atributos claves son estables en el transcurso del tiempo.

Las preguntas deben redactarse adecuadamente si se desea obtener resultados que permitan la acción; por "que permita la acción" queremos decir que las respuestas queden vinculadas directamente con procesos claves del negocio, de manera que quede claro lo que se necesita mejorar; y las respuestas se traducen a implicaciones de costos e ingresos, para apoyar el establecimiento de las prioridades de mejora. Se deben evitar preguntas sugestivas, preguntas compuestas que encaran una o más ideas o problemas, preguntas ambiguas, siglas y lenguaje técnico que quienes respondan pudiera no comprender, y dobles negativas. Por ejemplo, la pregunta "¿Cómo clasificarla usted nuestro servicio?" es demasiado ambigua y da poca información para permitir tomar acción. Una mejor pregunta sería "¿Cómo calificaría usted el tiempo de respuesta de nuestra oficina de apoyo técnico?"

La mayoría de las medidas de satisfacción del cliente evalúan características de servicios; puede ser difícil desarrollar características medibles de la calidad de servicios. Por ejemplo, una característica de calidad como la "disponibilidad" es ambigua y no tan fácil de medir como la precisión en el llenado de las órdenes. Típicamente, estas características de calidad se traducen en enunciados específicos que describen claramente el concepto.

Se utiliza una escala "Likert" para medir las respuestas (véase la tabla que se muestra a continuación). Las respuestas en el rango "5" indican a una organización que lo está haciendo muy bien. Respuestas en el rango "4" sugieren que las expectativas del cliente se están cumpliendo, pero la empresa pudiera ser vulnerable a la competencia. Las respuestas en el rango "3" significan que el producto o servicio apenas si cumple con las expectativas del cliente y que hay mucho por mejorar. Las respuestas en los rangos "1" o "2" indican problemas serios. Sin embargo, la mayoría de las escalas como la que acabamos de mostrar exhiben tendencias en las respuestas. Esto es, las personas tienen tendencia a asignar valores elevados o bajos. Si las respuestas quedan agrupadas del lado alto, es difícil discriminar entre respuestas y la distorsión resultante en la distribución hace que el valor medio sea engañoso. La tarea final es diseñar el formato del informe y los métodos de entrada de datos.

La tecnología moderna como las bases de datos de computadora, en conjunto con diversas herramientas de análisis estadístico, ayudan a registrar la satisfacción del cliente y proporcionan información para una mejora continua.

Como nota final, las encuestas deberán probarse primero para determinar si las instrucciones se han comprendido, identificar preguntas que se pudieran malinterpretar o estuvieran mal redactadas, determinar cuánto tiempo toma completar la encuesta, y determinar el nivel de interés del cliente.

Análisis y uso de la retroalimentación de clientes mediante el examen de las tendencias en la medición de la satisfacción del cliente y vinculando los datos de satisfacción con sus procesos internos, un negocio puede visualizar su progreso y sus áreas a mejorar. Como paso siguiente, la empresa le asignara a un empleado o a un grupo de empleados la responsabilidad de desarrollar planes de mejora con base en los resultados de la satisfacción del cliente. Muchas empresas, por ejemplo, relacionan el bono anual de los gerentes con los resultados de la satisfacción del cliente. Esta práctica actúa como incentivo para los gerentes y como guía para sus esfuerzos.

La medición apropiada de la satisfacción del cliente permite distinguir entre procesos; con un elevado impacto en la satisfacción y bajo desempeño, y aquellos que se están ejecutando bien. Una forma de asegurarse que la medición es apropiada es recolectando información tanto en la importancia como en el desempeño de las características claves de calidad.

Idealmente, una empresa desea un elevado desempeño en las características de importancia, y no desperdiciar recursos en características de poca importancia. Muchas empresas han integrado la retroalimentación de clientes en sus actividades de mejora continua.

1.7 Enfoque al cliente en los criterios del premio Baldrige

La categoría 3 de los criterios para la excelencia en el desempeño del Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige 1998 se titula Enfoque al cliente y al mercado. Esta categoría examina la manera en que una empresa determina las necesidades y expectativas para clientes y mercados, la mejora de sus relaciones con los clientes y determina su satisfacción. Las premisas fundamentales de esta categoría de criterios son que la mejora en la relación es parte importante de una estrategia general de escuchar y aprender, y que los resultados de satisfacción del cliente proporcionan información vital para comprender la voz de los clientes.

Los criterios sugieren que en un entorno competitivo, en rápida evolución, muchos factores pueden afectar la preferencia del cliente y su lealtad, haciendo necesario escuchar y aprender continuamente. Este escuchar y aprender debe tener una conexión íntima con la estrategia general del negocio de la empresa.

Por ejemplo, si una empresa personaliza sus productos y servicios, la estrategia de escuchar y aprender necesita apoyarse por un sistema de información capaz, que acumule con rapidez información sobre clientes y haga que esta información esté disponible donde sea necesaria en toda la empresa. Para comprender los requerimientos específicos de productos y servicios y su importancia o valor relativo, en ocasiones las estrategias necesitan adecuarse a grupos específicos de clientes y segmentos especiales del mercado. Esto debería quedar apoyado en buenos datos e información, como las quejas y la obtención o pérdida de clientes.

Los clientes necesitan acceso para solicitar ayuda, conducir los negocios y emitir sus quejas. Esto requiere establecimiento y mejora de estándares para aquellos que entran en contacto con los clientes. Es crítica una resolución rápida y efectiva de las quejas, pero de igual manera lo es la eliminación de sus causas.

Para comprender la satisfacción del cliente es importante un seguimiento sistemáticamente de los mismos, además de procedimientos más formales. Las mediciones de satisfacción de clientes deberían reflejar aquellos factores que mejor vislumbren el comportamiento de los clientes en el mercado, repetición de las compras, nuevos negocios y recomendaciones positivas y apoyarse en comparaciones con la competencia para comprender mejor los factores que impulsan a los mercados.

Finalmente, la formación de relaciones es un medio importante para las empresas para comprender y administrar las expectativas de los clientes al obtener información práctica, como la retroalimentación y las quejas de clientes. Los empleados de primera línea pueden dar información vital para formar asociaciones y otras relaciones a largo plazo con los clientes.

Resumen

- La satisfacción a los clientes es quizás la meta competitiva más importante en cualquier negocio. A fin de lograr la satisfacción del cliente, una organización identifica necesidades, diseña los sistemas de producción y de servicio para cumplir con estas necesidades, y mide los resultados como base para la mejora.

- El índice estadounidense de satisfacción a clientes es una medida nacional de su satisfacción, que vincula las expectativas, la calidad y valor percibidos con la satisfacción, lo que a su vez está relacionado con la lealtad y redituabilidad de los clientes.
- La satisfacción del cliente ocurre cuando los productos o servicios cumplen o exceden sus expectativas. Los clientes se forman percepciones sobre la calidad del servicio al comparar sus expectativas con los resultados reales.
- Las prácticas más importantes para conseguir la satisfacción del cliente incluyen la identificación de sus necesidades y expectativas, comprender la relación entre esas necesidades y los procesos de diseño, producción y entrega, hacer compromisos extraordinarios, administrar efectivamente el proceso de las relaciones con los consumidores y medir su satisfacción y actuar sobre los resultados.
- El modelo cliente/proveedor apoyado por AT&T facilita la identificación de los clientes; estos incluyen a los consumidores, a los clientes externos, a los clientes internos, al público y a uno mismo.
- Las necesidades de los consumidores varían. El modelo Kano segmenta las necesidades del cliente en no satisfactoras, satisfactoras y excitantes/encantadoras. La mayor parte de las empresas exitosas hacen esfuerzos especiales para comprender esta última categoría y desarrollan productos y servicios que verdaderamente encanten a los clientes.
- La recolección de información sobre el consumidor se hace con diversos métodos, incluyendo tarjetas de comentarios y encuestas formales, grupos de enfoque, contactos directos con el cliente, investigación en el campo, análisis de quejas y vigilancia en Internet.
- Los diagramas de afinidad y de árbol son herramientas útiles para clasificar las necesidades del cliente, y se pueden utilizar para otras aplicaciones.
- La administración de las relaciones con los clientes incluye el establecimiento de compromisos, el desarrollo de estándares de servicios enfocados al consumidor, la capacitación y delegación de autoridad a los empleados de contacto con la gente, el trato efectivo de las quejas, y la formación de asociaciones y alianzas estratégicas con los clientes.
- Un buen proceso de medición de la satisfacción del cliente está diseñado científicamente, incluye mediciones de desempeño y de importancia, y proporciona información sobre la que se pueda actuar para mejorar las operaciones y productos de la empresa para seguir satisfaciendo a sus clientes.

CASOS

Caso 1. EL CASO DE LA RESERVACIÓN FALTANTE

Mark, Donna y sus hijos, junto con otra familia, se reunían tradicionalmente para una comida navideña en un gran hotel céntrico. Este año, como en el pasado, Donna llamó e hizo una reservación aproximadamente tres semanas antes de Navidad. Debido a que la mitad del grupo estaba formado por niños pequeños, llegaron 20 minutos antes de la hora de reservación de las 11:30, para asegurarse de quedar juntos. Al llegar, sin embargo, la encargada les notificó que no tenían reservación. Explicó que a veces los huéspedes no llegaban y que probablemente tendrían disponible una mesa para ellos en poco tiempo. Mark y Donna se molestaron bastante e insistieron que habían hecho

una reservación y que esperaban que se les diera su mesa a la brevedad. La encargada les dijo: "yo si creo que usted hizo la reservación, pero no le puedo dar mesa antes que todas las personas de la lista de reservación queden acomodadas. Están ustedes invitados a pasar al salón y tomar café y ponche gratis mientras esperan". Cuando Mark pidió ver al gerente, la encargada contesto "soy el gerente" y dio media vuelta para ocuparse de otras cosas. El grupo finalmente recibió su mesa a las 11:45, pero quedó totalmente descontento de la experiencia.

Al día siguiente, Mark escribió una carta al gerente del hotel explicando todo el incidente. Mark estaba cursando el programa de administración por objetivos en la universidad local y un curso en administración de la calidad total. En clase acababan de estudiar temas sobre el enfoque al cliente y algunos de los procedimientos utilizados en el Ritz-Carlton Hotel, uno de los ganadores del Premio Baldrige en 1982. Mark concluyo su carta con lo siguiente: "Dudo mucho que hubiéramos experimentado esta situación en un hotel que verdaderamente crea en la calidad". Aproximadamente una semana más tarde recibió la siguiente carta:

Disfrutamos las noticias que recibimos de nuestros valiosos huéspedes, pero esperamos que usted hubiera experimentado el nivel de servicio y alojamiento que luchamos por conseguir aquí en nuestro hotel. El gerente de nuestro restaurante recibió su carta y me pidió que yo, como director de la calidad total, le respondiera.

En los libros para reservación no aparece registrada su familia. Presentamos sus comentarios al jefe del departamento respectivo, de manera que otros no tengan que experimentar las mismas molestias.

Muchas gracias otra vez por compartir sus pensamientos con nosotros. Creemos en una filosofía de "mejora continua", y es a través de retroalimentaciones como la suya que podemos continuar mejorando el servicio a nuestros huéspedes.

Preguntas de análisis

1. ¿Fueron las acciones de la encargada consistentes con una filosofía de calidad enfocada al cliente? ¿Qué pudiera haber hecho de manera diferente?
2. ¿De qué manera hubiera usted reaccionado a la carta recibida por Mark? ¿Hubiera podido el director de la calidad total haber respondido de manera diferente? ¿Qué le indica a usted el hecho de que el gerente del hotel no respondió personalmente al cliente?

Caso 2. WESTERN AMERICAN AIRLINES

La siguiente tabla lista las necesidades del cliente, tal y como fueron determinadas a través de un grupo de enfoque conducido por Western American Airlines.

Alimentos de calidad	Personal de acceso cortes y eficiente
Capacidad para solucionar problemas y para contestar preguntas durante el vuelo	Acceso telefónico durante el vuelo
Procedimientos eficientes de abordaje	Buena variedad de programación audiovisual
Apariencia interior llamativa	Asistentes de vuelo con conocimientos de programas y políticas de la aerolínea
Asientos bien conservados	Explicación correcta de tarifas y programas
Llamadas de reservación atendidas con prontitud	Proceso eficiente de selección de asientos
Comunicación oportuna y precisa de la información antes de abordaje	Maletero cortes y eficiente
Buena selección de revistas y periódicos	Comunicación oportuna y precisa de información
Personal de vuelo eficiente y atento	sobre el vuelo (durante el vuelo)
Buena selección de bebidas	Registro de equipaje conveniente
Sanitarios limpios	Registro oportuno del equipaje
Procedimientos eficientes para la adquisición de boletos y durante la espera	Asientos confortables con espacio para las piernas
Transporte terrestre conveniente	Ayuda a pasajeros con necesidades especiales
Personal de reservaciones cortes	Personal cortes en mostrador de boletos
Sistema audiovisual de buena calidad	Estacionamiento conveniente cerca de la terminal
Cantidad suficiente de alimentos	Capacidad para solucionar problemas de recuperación de equipaje
Revista interesante durante el vuelo	Capacidad de los representantes de reservaciones; para responder preguntas

Asignación

1. Desarrolle un diagrama de afinidad y clasifique estas necesidades en las categorías apropiadas.
2. Diseñe un cuestionario para encuestar a los clientes. Asegúrese de encarar cualquier otro tema/preguntas pertinentes, así como información del cliente cuya inclusión en el cuestionario pudiera resultar apropiado.

BIBLIOGRAFIA

AT&T Quality Steering Committee. Achieving Customer Satisfaction. Quality Technology Center, AT&T Bell Laboratories, 1990.

Fierman, Jaqclyn. "Americans Can't Get No Satisfaction",
Fortune, 11 de diciembre de 1995, 186-194.

Hayes, Bob E. Measuring Customer Satisfaction.
Milwaukee, WI: ASQC Quality Press, 1990.

"How Ford's F-150 Lapped the Competition",
business Week, 29 de julio de 1996,74-75.

King, R. "Listening to the Voice of the Customer".
National Productivity Review 6, no. 3 (1987), 277-281.

Malcolm Baldrige National Quality Award, 1998
Criteria for Performance Excellence.

Nogami, Glenda Y. "Eight Points for More Useful Surveys".
Quality Progress 29, no. 10 (octubre de 1996),
93-96.

Rosenberg, Jarrett. "Five Myths about Customer Satisfaction".
Quality Progress 29,12 (diciembre de 1996),
57-60.

Sanes, Christina. "Customer Complaints = Golden Opportunities".
Quality Congress Transactions, Boston,
45-51.

Toxel, Joseph R. "Service Time Quality Standards".
Quality Progress 14, no. 9 (septiembre de 1981),
35-37.

Whitely, Richard C. The Customer Driven Company.
Reading, MA: Addison-Wesley, 1991.

Zeithami, A. Parasuraman, y Leonard L. Berry.
Delivering Quality Service.
Nueva York: The Free Press, 1990.

Zimmerman, Richard , Linda Steinmann, y Vince Schueler.
"Designing Customer Surveys that Work".
Quality Digest (octubre de 1996), 22-28.

CAPITULO 2

DISEÑO PARA LA CALIDAD

OBJETIVOS

- Tomando en cuenta todos los requerimientos del cliente podremos encontrar oportunidades de mejoramiento del diseño
- Podremos darnos cuenta de las advertencias tempranas en el proceso de creación y producción de un producto de manera que podamos mejorar el diseño antes de que sea muy tarde
- Diseñaremos los requerimientos funcionales básicos traduciendo las expectativas de los clientes características específicas de ingeniería y calidad
- Determinar los valores óptimos de los parámetros del producto y proceso de manera que se minimice la variación
- Poder diferenciar lo que es la confiabilidad y disponibilidad de un producto
- Poder cuantificar la seguridad y conocerá los tipos de riesgos
- Comprender las ventajas de la ingeniería concurrente

CAPITULO 2

DISEÑO PARA LA CALIDAD

2.1 Oportunidades de mejoramiento en el diseño del producto

En este paso en la espiral de la calidad, las necesidades del usuario se traducen a un conjunto de requerimientos en el diseño del producto para manufactura (o para la función de operaciones en una empresa de servicio). Esta actividad se llama desarrollo del producto, investigación y desarrollo, ingeniería o diseño de producto.

Existe evidencia contundente de que muchos problemas encontrados por los clientes tanto externos como internos se pueden rastrear hasta el diseño del producto.

Ejemplo 1. En un estudio clásico de 850 fallas en el campo de trabajo de un equipo electrónico relativamente simple, 43% de las fallas se debieron a deficiencias en el diseño de ingeniería.

Ejemplo 2. En una compañía de productos químicos, un sorprendente 50% del producto se encontraba fuera de las especificaciones. Por fortuna, el producto era adecuado para el uso. Una revisión concluyó que muchas especificaciones eran obsoletas y tenían que cambiarse.

Ejemplo 3. Un estudio de productos para el cuidado de la salud reveló que 34% del retrabajo sobre el producto estaba causado por productos defectuosos o por el diseño del software.

Ejemplo 4. Un fabricante de terminales, módems y otros productos de computación analizó las razones que había para los cambios de diseño. La "sabiduría" local dijo que 1) alrededor del 10% de los cambios se debían a errores en el diseño y 2) los cambios restantes estaban relacionados con proyectos de reducción de costos, solicitudes de manufactura y requerimientos cambiantes de los clientes. Pero un análisis más profundo de los cambios de diseño en cuatro líneas de productos llegó a una sorprendente conclusión: 78% de los cambios se debían a errores en el diseño.

Cuando se trata de productos mecánicos o electrónicos de complejidad moderada, por lo menos, los errores en la etapa de desarrollo del producto causan cerca del 40% de los problemas de adecuación para el uso. Cuando el departamento de desarrollo del producto es responsable tanto de crear la formulación (diseño) del producto como de desarrollar el proceso de manufactura, como pasa con los productos químicos, alrededor del 50% de los problemas se deben al desarrollo.

2.2 Concepto de advertencias tempranas y aseguramiento del diseño

El proceso de desarrollar productos modernos incluye una evolución a través de distintas etapas de desarrollo, vea en la siguiente tabla un ejemplo de las etapas.

La frecuencia y seriedad de los problemas causados por el diseño han estimulado a las compañías a desarrollar más y mejores formas de advertencias tempranas sobre problemas inminentes. Existen muchas formas de advertencias tempranas, algunas de éstas se muestran en la siguiente tabla.

Etapas del progreso del nuevo producto	Formas de advertencias tempranas de problemas en un nuevo producto
Concepto y estudio de factibilidad	Revisión del concepto
Diseño del prototipo	Revisión del diseño, predicción de confiabilidad y mantenimiento, modo de falla, efecto y análisis de aspectos críticos, análisis de seguridad, ingeniería de valor
Construcción del prototipo	Prueba del prototipo, prueba en el medio ambiente, sobrecarga
Preproducción	Lotes de producción piloto, evaluación de tolerancias
Producción inicial en gran escala	Pruebas internas, panel de consumidores usuarios, área de comercialización limitada
Producción en gran escala, comercialización y uso	Panel de pruebas con empleados, arreglos especiales para retroalimentación inmediata
Todas las etapas	Análisis de fallas, recolección de datos y análisis

Se ha trabajado mucho para lograr las herramientas especiales orientadas a la calidad para ayudar en la evaluación de los diseños y mejorar el proceso del diseño mismo.

En forma colectiva, estas advertencias tempranas y las herramientas orientadas a la calidad proporcionan una confianza adicional en que los nuevos diseños no crearan problemas indebidos al seguir su camino por la espiral de la calidad. Muchas de estas formas de advertencias tempranas han sido proporcionadas por los especialistas en confiabilidad, mantenimiento y otros campos. El momento en que dan sus señales es decisivo.

Si llegan con prontitud, pueden proporcionar ayuda constructiva; si llegan tarde causan resistencia hacia la advertencia y con frecuencia crean una atmósfera de culpabilidad. El costo de los cambios en el diseño puede ser enorme, por ejemplo, un cambio en el diseño durante la etapa de producción piloto de un producto electrónico importante puede costar más de un millón de dólares.

A continuación se examinarán algunas técnicas que ayudan a asegurar la efectividad global del diseño. Estas técnicas de reafirmación del diseño toman en cuenta el desempeño funcional, la confiabilidad, el mantenimiento, la seguridad, la manufacturabilidad y otros atributos.

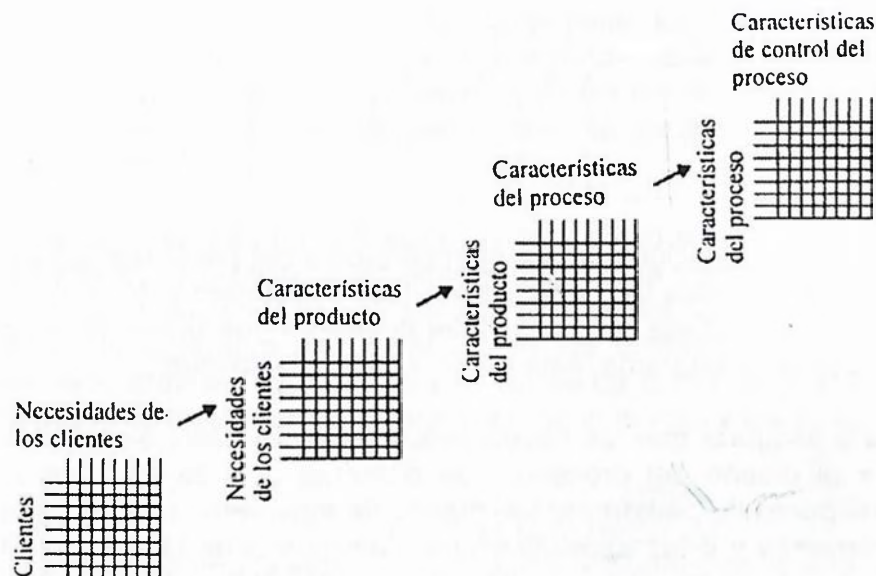
2.3 Diseño de los requerimientos funcionales básicos

El desarrollo del producto traduce las expectativas del cliente sobre los requerimientos funcionales en características específicas de ingeniería y calidad. Si se trata de productos tradicionales, este proceso no se complica y se puede lograr con ingenieros de diseño experimentados, sin utilizar técnicas especiales.

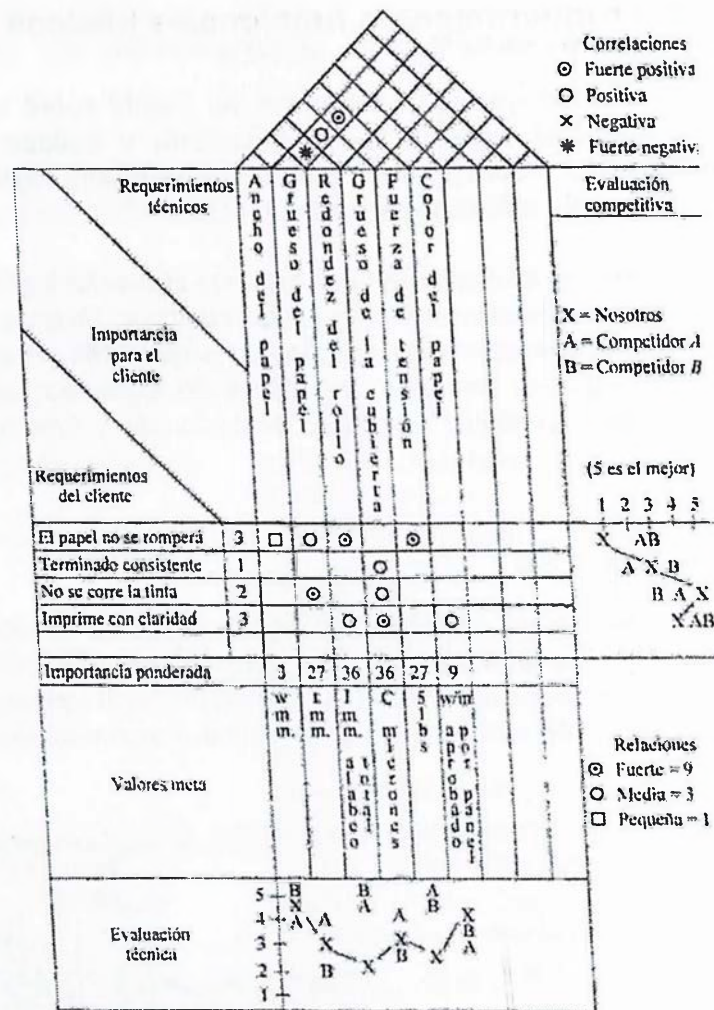
Para productos modernos, es útil documentar y analizar el diseño lógico. Esto significa, comenzar con los atributos deseados en el producto y después identificar las características necesarias de materias primas, partes, ensambles y pasos del proceso. Tal enfoque ha recibido muchos nombres: ingeniería de sistemas, análisis funcional, técnica de sistemas, análisis producto / proceso estructurado y función despliegue de calidad.

Función despliegue de calidad

Una técnica para la documentación completa del diseño lógico es la función despliegue de calidad (FDC). La FDC es una técnica que consiste en una serie de matrices entrelazadas que traduce las necesidades de los clientes en características del producto y de los procesos. Un ejemplo de estas matrices se muestra a continuación.



En ocasiones una matriz incorpora información adicional o integra información de una manera poco usual. Por ejemplo, la figura que se muestra a continuación es una matriz de necesidades del consumidor ("requerimientos del cliente") y características del producto ("requerimientos técnicos") para papel que se está mandando a un impresor comercial (Ernst y Young, 1990).



Observe la información adicional sobre la importancia del peso, las correlaciones entre requerimientos, las unidades de valores meta (como milímetros de ancho y espesor), y las evaluaciones competitivas. El "techo" del diagrama que presenta las correlaciones lleva un nombre para el diagrama, este es, la "casa de la calidad".

La FDC ayuda a asegurar que las necesidades del consumidor se traduzcan al diseño del producto y al diseño del proceso. Las primeras dos de las cuatro matrices se convierten en el punto de partida para el diseño de ingeniería detallado que conduce al diseño de parámetros y a las especificaciones del producto. Un ejemplo tajante de la descripción de una meta de calidad global es el análisis inicial del automóvil Taurus. En ese ejemplo se desglosó la meta global del "mejor de su clase" en 429 parámetros de diseño. Akao (1990) proporciona muchos ejemplos de las distintas matrices y graficas que son útiles cuando se quiere desplegar la función de calidad.

Diseño de parámetros y diseño robusto

La característica básica es el desempeño, esto es, el producto la densidad de color de un aparato de televisión, el radio de giro de un automóvil. Para crear tal producto, los ingenieros usan principios de ingeniería para combinar los insumos de materiales, partes, componentes, ensambles, líquidos, etcétera. Para cada uno de estos insumos,

el ingeniero identifica parámetros y especifica valores numéricos para lograr la salida que se requiere para el producto final. Para cada parámetro, las especificaciones establecen un valor meta (o nominal) y un rango de tolerancia alrededor de la meta. El proceso se llama: diseño de parámetros y tolerancias.

Al seleccionar estos valores meta, es útil establecerlos de manera que la variabilidad en la manufactura o las condiciones del ambiente no afecten el desempeño del producto al operar. Entonces se dice que el diseño es "robusto". Los diseños robustos proporcionan un desempeño óptimo al mismo tiempo que toman en cuenta la variación en la manufactura y en las condiciones de operación.

Los diseñadores han tratado siempre de crear diseños robustos. Pero conforme aumenta la complejidad de los productos, y el número de factores que afectan el desempeño, se vuelve más difícil saber: 1) ¿Qué factores son los que afectan el desempeño?; y 2) ¿Qué valores nominales establecer para cada factor?. Mas aún, algunos factores afectan el valor medio de un parámetro de salida mientras que otros afectan la variación alrededor de la media. Uno de los propósitos del desarrollo de pruebas es investigar estos aspectos. Una ayuda poderosa para planear el desarrollo de pruebas es el diseño estadístico de experimentos.

Aplicación del diseño experimental diseño del producto y el proceso

Taguchi (1978) desarrollo un método para determinar los valores óptimos de los parámetros del producto y el proceso que minimizan la variación, a la vez que mantienen el valor medio en la meta. La esencia de establecer valores meta sobre los parámetros del diseño de manera que se minimice la variación es una contribución importante de esta técnica.

Phadke et al. (1983) describe una aplicación de este enfoque a circuitos integrados en Bell System. El ejemplo se refiere a las dimensiones de la ventana de contacto de un chip integrado de gran escala. Las ventanas que no están abiertas o son demasiado pequeñas causan una perdida de contacto con los dispositivos, mientras que las ventanas demasiado grandes llevan a características de cortos en los dispositivos. La siguiente tabla presenta los pasos en la formación de ventanas y los factores críticos en cada uno.

Pasos de Fabricación	Factores Críticos
Aplicación de protector contra la luz	Viscosidad de protección contra la luz (B) y velocidad de giro (C)
Conocimiento	Temperatura de conocimiento (D) y tiempo de conocimiento (E)
Exposición	Dimensión de la máscara (A), apertura (F) y tiempo de exposición (G)
Desarrollo	Tiempo de desarrollo (H)
Plasma corrosivo	Tiempo de corrosión (I)
Remoción del protector contra la luz	No afecta el tamaño de la ventana

Se seleccionaron los niveles de cada uno de los nueve factores críticos. Seis de ellos tienen tres niveles cada uno; tres de los factores tienen solo dos niveles. Un experimento factorial completo para explorar todas las combinaciones posibles de factor y nivel requeriría $3^6 \times 2^3 = 5832$ observaciones. (El plan original incluía doce experimentos.) En su lugar, se escogió un diseño factorial para investigar 18 combinaciones con un total de 34 mediciones. Se midieron tres dimensiones de cada ventana. Se usó una transformación de variables en lugar de los valores absolutos en el análisis de datos. Las variables seleccionadas fueron la media y la razón serial a ruido (s/r). Esta razón serial a ruido se define como sigue:

$$s/r = \log_{10} \left(\frac{\text{media}}{\text{desviación estándar}} \right)$$

El problema fue determinar los niveles de los factores para obtener una razón s/r máxima manteniendo al mismo tiempo la media en su valor meta. Fueron necesarios dos pasos:

1. Determinar los factores que tendrían un efecto significativo sobre s/r. Estos son los factores que controlan la variabilidad del proceso y se conocen como factores de control. Para cada factor de control, el nivel elegido es aquel con un s/r mayor, lo que maximiza la razón.
2. Seleccionar entre los factores de control uno que tenga el menor efecto sobre s/r. Este factor se llama factor de serial. Los niveles de los factores que no son factores de control ni factores de serial se establecen en sus valores nominales anteriores al experimento. Por último, el nivel del factor de serial se establece de manera que la respuesta media sea cercana al valor meta.

El análisis de varianza reveló que los factores de control eran A, B, C, F, G y H. Con base en un análisis de los datos y el juicio de ingeniería, se escogió el tiempo de exposición como factor de serial. Los niveles seleccionados para cada factor se dan en la siguiente tabla.

Etiqueta	Nombre del factor	Nivel estándar	Nivel óptimo
A	Dimensión de la máscara	2.0	2.5
B	Viscosidad	204	204
C	Velocidad de giro, r/min.	3,000	4,000
D	Temperatura de conocimiento, °C	105	105
E	Tiempo de conocimiento, min.	30	30
F	Apertura	2	2
G	Exposición, Valor PEP	Normal	Normal
H	Tiempo de revelado, s	45	60
I	Tiempo de corrosión con plasma	13.2	13.2

Usando estos niveles, se fabricó una muestra de chips. Los beneficios obtenidos fueron:

	Condiciones anteriores	Condiciones óptimas
Desviación estándar	0.29	0.14
Defectos visuales	0.12	0.04

Después de observar estas mejoras, los ingenieros de procesos eliminaron cierto número de verificaciones en proceso, lo que redujo el tiempo total de las placas semiconductoras en fotolitografía, por un factor de dos.

2.4 Diseño para un desempeño orientado al tiempo (Confiabilidad)

Los ingenieros de diseño se dan cuenta que un producto debe tener una larga vida de servicio con pocas fallas. Entre más complejo es un producto, el número de fallas aumenta con el tiempo de operación. Los esfuerzos tradicionales de diseño, aunque necesarios, con frecuencia no son suficientes para alcanzar tanto los requerimientos de desempeño funcional, como una tasa baja de descomposturas a través del tiempo. Para prevenir estas descomposturas, los especialistas han creado una colección de herramientas llamada ingeniería de confiabilidad.

Confiabilidad es la habilidad de un producto para realizar una función requerida bajo las condiciones establecidas durante un periodo dado (ISO 8402-1986). (Dicho en forma más sencilla, confiabilidad es la oportunidad que tiene un producto de funcionar durante el tiempo requerido.) Si esta definición se desglosa, salen a la luz cuatro implicaciones:

1. La cuantificación de la confiabilidad en términos de una probabilidad.
2. Una definición del desempeño exitoso del producto.
3. Una definición del ambiente en el que el equipo debe operar.
4. El establecimiento del tiempo de operación requerido entre fallas. (De otra manera, La probabilidad es un número sin significado para los productos orientados al tiempo.)

Para lograr una confiabilidad alta es necesario definir las tareas específicas que se requieren. Esta definición de tareas se llama programa de confiabilidad. Los primeros desarrollos de programas de confiabilidad hacen hincapié en la etapa de diseño del ciclo de vida del producto. Sin embargo, pronto se hizo evidente que las etapas de fabricación y uso no podían manejarse por separado. Esto dio surgimiento a los programas de confiabilidad que cubrían el ciclo de vida completo del producto, es decir, "de la cuna a la tumba".

Un programa de confiabilidad por lo general incluye las siguientes actividades:

- a) Establecer las metas globales de confiabilidad
- b) Separación de las metas de confiabilidad
- c) Análisis de esfuerzo
- d) Identificación de las partes críticas
- e) Análisis de modo y efecto de falla
- f) Pronóstico de confiabilidad
- g) Revisión del diseño
- h) Selección de proveedores
- i) Control de confiabilidad durante la fabricación
- j) Pruebas de confiabilidad
- k) Reporte de fallas y sistema de acciones correctivas.

Algunos elementos de un programa de confiabilidad son antiguos (por ejemplo, el análisis de esfuerzo, la selección de partes). El aspecto nuevo significativo es la cuantificación de la confiabilidad. El hecho de cuantificarlo, convierte a la confiabilidad en un parámetro de diseño igual que el peso y la fuerza de tensión. Entonces, la confiabilidad se puede someter a especificación y verificación. La cuantificación también ayuda a refinar ciertas tareas de diseño tradicionales como el análisis de esfuerzo y la selección de partes.

Establecimiento de metas de confiabilidad globales

El desarrollo original de la cuantificación de la confiabilidad consiste en una probabilidad y un tiempo, junto con una definición del desempeño y las condiciones de uso. Esto resultó confuso para muchas personas, por lo que el índice se abrevio (mediante una relación matemática) al tiempo medio entre fallas. Mucha gente cree que este es el único índice de confiabilidad. No es así; no hay un índice que se aplique a la mayoría de los productos. .

Conforme adquieren experiencia en la cuantificación de la confiabilidad, muchas compañías están aprendiendo que es mejor crear un índice que cumpla, de manera única, con las necesidades de quienes lo usaran. Los usuarios del índice comprenden además del personal técnico interno, al personal de mercadotecnia y a los usuarios del producto. Algunos ejemplos de índices y metas de confiabilidad son:

- Para un sistema de teléfonos. El tiempo de descomposturas de cada centro de conmutación debe ser un máximo de 24 horas por cada 40 años.
- Para un fabricante de motores. El 70% de los motores producidos debe pasar por el período de garantía sin generar reclamaciones. El número de fallas por motor descompuesto no debe exceder a una.

Observe que ambos ejemplos cuantifican la confiabilidad.

Establecer metas de confiabilidad globales requiere que en la mente se reúnan los conceptos de 1) confiabilidad como un número, 2) las condiciones ambientales a las que se aplica el número y 3) una definición del desempeño exitoso del producto. Esto no se logra con facilidad. Sin embargo, el hecho de requerir que los diseñadores definan con precisión tanto las condiciones ambientales como el desempeño exitoso del producto los obliga a entender el diseño con mayor profundidad.

Desglose, predicción y análisis de la confiabilidad

El proceso de cuantificación de la confiabilidad incluye tres etapas:

1. Desglose (o presupuestación): El proceso de asignar objetivos de confiabilidad entre los distintos elementos que en conjunto hacen un producto de mejor nivel.
2. predicción: El uso de datos anteriores sobre el desempeño con la teoría de probabilidades para calcular las tasas esperadas de fallas de los distintos circuitos, configuraciones, etcétera.

3. Análisis: La identificación de las partes fuertes y débiles del diseño para servir de base al mejoramiento, a los "trueques" y a acciones similares.

Selección y control de partes

El importante papel que juegan las partes en la confiabilidad ha dado surgimiento a programas para la selección, evaluación y control exhaustivos de las partes. Estos incluyen estudios de aplicación de partes, listas de partes aprobadas, identificación de componentes críticas y uso de correcciones.

Lista de componentes críticas. Una parte componente se considera "critica" si se ajusta a cualquiera de las siguientes condiciones:

- Tiene una alta población en el equipo.
- Tiene una sola fuente de suministro
- Debe funcionar dentro de límites estrechos especiales.
- No ha sido probada contra el estándar de confiabilidad, es decir, no se cuenta con datos de pruebas o los datos de uso son insuficientes.

La lista de componentes críticas debe ser una de las primeras actividades de diseño.

Análisis crítico de modo y efecto de falla

En el análisis crítico de modo y efecto de falla (ACMEF), se examinan todas las formas en que un producto puede fallar en el ámbito de sistema y/o a niveles más bajos. Para cada falla potencial, se hace una estimación del efecto en el sistema completo y de su seriedad. Además, se hace una revisión de la acción que se toma (o se planea) para minimizar la probabilidad de falla o minimizar el efecto de la misma. El análisis se puede elaborar de manera que incluya aspectos tales como:

- Seguridad. Una lesión es el efecto más serio de las fallas.
- Efecto del tiempo de descompostura
- Acceso. ¿Que componentes deben quitarse para llegar a la componente que falla?
- Plan de reparación. ¿Cuál es el tiempo de reparación previsto? ¿Que herramientas especiales se necesitan?
- Recomendaciones. ¿Que cambios en los diseños o especificaciones deben hacerse? ¿Qué pruebas deben agregarse? ¿Que instrucciones deben incluirse en los manuales de inspección, operación o mantenimiento?

Evaluación de diseños mediante pruebas

Aunque la predicción de la confiabilidad, la revisión del diseño, el AMFEC y otras técnicas son valiosas como herramientas de advertencias tempranas, no pueden sustituir la prueba ultima, el uso del producto por el cliente. Sin embargo, la experiencia de campo llega demasiado tarde y debe ser precedida por diferentes formas de pruebas del producto para simular el uso en el campo de trabajo.

Mucho antes que se desarrollara la tecnología de confiabilidad, se realizaban varios tipos de pruebas (de desempeño, ambientales, de esfuerzo, de vida) para evaluar un diseño. El advenimiento de la confiabilidad, la mantenibilidad y otros parámetros dio como resultado que surgieran otros tipos de pruebas.

Con frecuencia es posible planificar un programa de pruebas de manera que una de ellas sirva para varios propósitos, por ejemplo, evaluar tanto el desempeño como las capacidades ambientales. Todas las pruebas proporcionan cierto grado de aseguramiento del diseño. También incluyen cierto riesgo de llegar a conclusiones equivocadas. Las fuentes principales de riesgo son:

1. Intención de uso contra uso real.
2. Construcción de modelo contra producción subsecuente.
3. Variabilidad debida a números pequeños
4. evaluación de los resultados de las pruebas

La tabla que se muestra a continuación presenta un resumen de tipos de pruebas para evaluar un diseño.

Tipo de prueba	Propósito
Desempeño	Determinar la habilidad de un producto para cumplir con los requerimientos básicos de desempeño
Ambientales	Evaluar la habilidad del producto para soportar los niveles ambientales definidos; determinar los intervalos ambientales generados por la operación del producto; verificar niveles ambientales específicos
Esfuerzo	Determinar los niveles de esfuerzo que debe soportar un producto con el fin de determinar el margen de seguridad inherente al diseño; determinar los modos de fallas que no están asociados con el tiempo
Confiabilidad	Determinar la confiabilidad del producto y compararla con los requerimientos; controlar las tendencias
Mantenibilidad	Determinar el tiempo requerido para hacer reparaciones y comparar los requerimientos
Vida	Determinar el tiempo de desgaste de un producto y los modos de fallas asociados con el tiempo
Corrida piloto	Determinar si la fabricación y los procesos de ensamble son capaces de cumplir con los requerimientos del diseño; determinar si la confiabilidad se degradará

Métodos para mejorar la confiabilidad durante el diseño

El enfoque general para el mejoramiento de la calidad se aplica ampliamente al mejoramiento de la confiabilidad en lo que se refiere a análisis económico y herramientas administrativas. Las diferencias se encuentran en las herramientas tecnológicas que se usan para el diagnóstico y el remedio. Se pueden identificar

proyectos a través de la predicción de la confiabilidad. La revisión del diseño, el ACMEF y otras técnicas de evaluación de la confiabilidad.

1. Revisar las necesidades del usuario para confirmar si la función de las partes poco confiables es realmente necesaria para el usuario. Si no lo es, eliminar esas partes del diseño. De otra manera, verificar si el índice de confiabilidad (cifra de mérito) refleja correctamente las necesidades reales del usuario.
2. Considerar trueques de confiabilidad por otros parámetros, como desempeño funcional o peso. De nuevo, se puede encontrar que las necesidades reales de los clientes pueden satisfacerse mejor por un trueque de este tipo.
3. Usar la redundancia para proporcionar más de un medio de lograr una tarea dada de forma tal que todos los medios deban fallar antes que falle el sistema.
4. Revisar la selección de cualquiera de las partes que sea relativamente nueva y no se haya probado.
5. Usar prácticas de reducción para asegurar que los esfuerzos aplicados a las partes son menores que los esfuerzos que normalmente pueden soportar.
6. Usar métodos de diseño "robustos" que permitan que un producto maneje medios ambientales inesperados.
7. Controlar el ambiente de operación para proporcionar condiciones que lleven a tasas de falla más bajas.
8. Especificar programas de reemplazo para quitar y sustituir las partes poco confiables antes de que lleguen a su etapa de deterioro.
9. Prescribir pruebas completas para detectar fallas de "mortalidad infantil" y eliminar componentes subestándar.
10. Llevar a cabo investigación y desarrollo para lograr un mejoramiento en la confiabilidad básica de aquellos componentes que contribuyen más a la falta de confiabilidad. Al mismo tiempo que el mejoramiento de éstas evita la necesidad de trueques subsecuentes, puede requerir de adelantos tecnológicos y por lo tanto de que se haga una inversión de monto impredecible.

2.5 Disponibilidad

La disponibilidad es la habilidad de un producto, cuando se usa bajo condiciones dadas, para tener un desempeño satisfactorio cuando se requiera. El tiempo total en el estado operativo (también llamado tiempo de operación) es la suma de los tiempos que pasa en uso activo y en estado de espera. El tiempo total en el estado no operativo (también llamado tiempo muerto o perdido) es la suma del tiempo que pasa en reparación activa y esperando refacciones, documentación, etc. La cuantificación tanto de la disponibilidad como de la no-disponibilidad agudiza el grado de los problemas y las áreas de mejoramiento potencial.

Diseño para la mantenibilidad

Los enfoques para mejorar la mantenibilidad de un diseño son generales y específicos. Los enfoques generales incluyen:

- Confiabilidad contra mantenibilidad
- Construcción modular contra no modular
- Reparar contra desechar
- Equipo de pruebas interconstruido contra externo
- Personas contra máquinas

2.6 Diseño para la seguridad

Las herramientas de análisis de seguridad incluyen: la cuantificación del peligro, la designación de características y componentes orientadas a la seguridad, análisis de árbol de fallas, los conceptos a salvo de fallas, las pruebas en el laboratorio y en el campo de trabajo y la publicación de clasificación de productos.

CUANTIFICACION DE LA SEGURIDAD. Por lo general, la cuantificación de la seguridad ha estado relacionada con el tiempo. Las tasas de lesiones industriales se cuantifican con base al tiempo perdido en accidentes por millón de horas laborables de exposición. (Observe que esto expresa la frecuencia de ocurrencia pero no indica la severidad de los accidentes.) Las tasas de lesiones en vehículos automotores se miden en lesiones por cada 100 millones de millas. Las tasas de lesiones escolares se dan en lesiones por cada 100,000 estudiantes por día.

Los diseñadores de productos tienden a cuantificar la seguridad de dos maneras:

1. Frecuencia de riesgo. Un riesgo es cualquier combinación de partes, componentes, condiciones o cambios en el conjunto de circunstancias que representan una lesión potencial. La frecuencia del riesgo toma la forma de frecuencia de ocurrencia de un evento poco seguro y/o de lesiones por unidad de tiempo, por ejemplo, por millón de horas de exposición. MIL-STD-882A (1984) establece cuatro categorías de niveles de probabilidad para riesgos que van de "frecuente" a "improbable". Con frecuencia se hace referencia a estas probabilidades simplemente como "riesgo".
2. Severidad del riesgo. MIL-STD-882A reconoce cuatro niveles de severidad:
 - Categoría I — catastrófica: puede causar la muerte o la pérdida del sistema
 - Categoría II — crítica: puede causar lesiones severas, enfermedades ocupacionales severas o danos importantes al sistema
 - Categoría III — marginal: puede causar lesiones menores, enfermedades ocupacionales menores o daños menores al sistema
 - Categoría IV — insignificante: no ocasiona lesiones, enfermedades ocupacionales o cambios en el sistema

2.7 Diseño para la manufacturabilidad

Las decisiones tomadas durante el diseño constituyen la influencia dominante sobre los costos del producto, la habilidad de cumplir con las especificaciones y el tiempo requerido para llevar un nuevo producto al mercado. Más aún, una vez tomadas estas decisiones, el costo de los cambios en el diseño pueden ser enormes, por ejemplo un

cambio en el diseño durante la producción piloto de un producto electrónico importante puede costar más de un millón de dólares.

Un conjunto esencial de decisiones es la selección de tolerancias para las características del producto que deben controlarse durante la producción. Los "límites de tolerancia" especifican los límites permisibles de variabilidad arriba y abajo del valor nominal del conjunto establecido por el diseñador. La selección de las tolerancias tiene un efecto dual sobre la economía de la calidad. La tolerancia afecta:

- La adecuación para el uso y por lo tanto la estabilidad del producto
- Los costos de manufactura (instalaciones, herramientas, productividad) y la calidad (equipo, inspección, desperdicio, retrabajo, material revisado, etc.)

Una técnica llamada diseño para la manufacturabilidad, esta centrada en la simplificación de un diseño para hacerlo producible. El énfasis se pone en la reducción total del número de partes, el número de partes diferentes y el número total de operaciones de manufactura. Este tipo de análisis no es nuevo, las herramientas de "ingeniería del valor" han sido útiles para lograr la simplificación del diseño. Lo que sí es nuevo, es el software de computadora disponible para analizar un diseño e identificar las oportunidades para simplificar el ensamble de productos. Este tipo de software separa el ensamble paso por paso, hace preguntas respecto a las partes y subensambles y proporciona un resumen del número de partes, el tiempo de ensamble y el número teórico mínimo de partes y subensambles.

El uso de software permite a los diseñadores aprender los principios de manufactura sencilla en forma análoga a los análisis de confiabilidad, mantenibilidad y seguridad. En un ejemplo, el diseño propuesto de una nueva caja registradora electrónica se analizó con un software de diseño para manufacturabilidad (DPM). El resultado fue que el número de partes se redujo en un 65%. Una persona sin utilizar tornillos o tuercas, puede ensamblar la registradora en menos de dos minutos con los ojos vendados. Esta terminal simplificada se puso en el mercado en 24 meses - un record (Newsweek, 1989). Esta simplificación del diseño reduce los errores de ensamble y otras fuentes de problemas de calidad durante la manufactura.

2.8 Desempeño de costo y producto

El diseño para confiabilidad, mantenibilidad, seguridad y otros parámetros debe hacerse con el objetivo simultáneo de minimizar el costo. Las técnicas formales para lograr un balance óptimo entre el desempeño y el costo incluyen tanto enfoques cuantitativos como cualitativos.

El enfoque cuantitativo utiliza una razón que relaciona el desempeño y el costo. Esta razón dice "lo que se obtiene por cada dólar que se gasta". La razón es útil, en particular para comparar enfoques alternativos de diseño para lograr la función deseada.

En la siguiente tabla se presenta una comparación entre costo y efectividad para cuatro diseños diferentes. Observe que el diseño 3 es el óptimo aunque el diseño 4 tiene una disponibilidad más alta.

	Diseños			
	1	2	3	4
Tiempo medio entre fallas (TMEF)	100	200	500	500
Tiempo medio de descompostura (TMD)	18	18	15	6
Disponibilidad	0.847	0.917	0.971	0.988
Costo del ciclo de vida	51,000	49,000	50,000	52,000
Numero de horas efectivas	8,470	9,170	9,710	9,880
Costo / horas efectivas (\$)	6.02	5.34	5.15	5.26

Para calcular la disponibilidad dividimos el tiempo medio entre fallas (TMEF) entre el resultado de la suma del TMEF y el tiempo medio de descompostura, o sea:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF} + \text{TMD}}$$

La próxima tabla contiene otro enfoque para comparar varios diseños diferentes según cierto número de atributos. Se compara un diseño para un triturador de desperdicios de comida con los diseños de dos modelos competidores según diez atributos que describen la adecuación para el uso. Para cada combinación de atributo y diseño se calcula una razón de efectividad. Por ejemplo, para el diseño G y la característica tiempo de molido, la razón es $6/2.14 = 2.8$. El valor de 6 es el producto de un factor de ponderación de 3 para el tiempo de molido y la calificación de 2 para el diseño G sobre este tiempo. El valor \$2.14 es el costo estimado para lograr el tiempo de molido del diseño G, usando el concepto del diseño G en producción. El total de las razones para cada compañía proporciona un tipo de índice de costo y efectividad.

	Diseño de la compañía	Diseños de la competencia	
		B	G
Tiempo de molido	9/1.73 = 5.2	9/0.87 = 10.3	6/2.14 = 2.8
Finura del molido	4/9.18 = 0.4	4/7.82 = 0.5	4/11.88 = 0.3
Frecuencia de tapadoras	9/2.25 = 4.0	9/1.98 = 4.6	9/2.46 = 3.7
Ruido	4/0.40 = 10.0	4/0.45 = 8.9	4/0.52 = 7.7
Habilidad para autolimpiarse	4/0.62 = 6.5	2/0.49 = 4.1	4/0.58 = 6.9
Seguridad del servicio	16/0.58 = 27.5	16/0.52 = 30.8	16/0.43 = 37.2
protección de partículas	6/0.29 = 20.7	6/0.30 = 20.0	2/0.37 = 5.4
Facilidad de servicio	6/0.70 = 8.6	4/0.52 = 7.7	6/0.98 = 6.1
Vida de los cortadores	9/0.96 = 9.4	9/0.83 = 10.8	9/1.32 = 6.8
Facilidad de instalación	9/0.54 = 16.7	9/0.33 = 27.3	9/0.70 = 11.8
Total	76/17.25 = 4.4	72/14.11 = 5.1	69/21.44 = 3.2

Nota: Valor = Calificación diseño/Costo de lograrlo

Se han desarrollado varios enfoques para lograr un balance entre el desempeño y el costo. La ingeniería del valor es una técnica para evaluar el diseño de un

producto para asegurar que proporciona las funciones esenciales a un costo mínimo global para el fabricante o el usuario. Una técnica complementaria es el enfoque del "diseño para el costo". Esto comienza con una definición de: 1) un costo meta para el producto, y 2) la función deseada. Después se desarrollan y evalúan conceptos de diseños alternativos.

2.9 Revisión del diseño

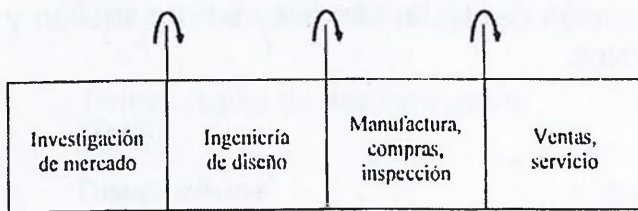
La revisión del diseño es un examen formal, documentado, comprensivo y sistemático de un diseño para evaluar sus requerimientos y su capacidad para cumplir con ellos y para identificar problemas y proponer soluciones. Las revisiones del diseño se basan en los siguientes conceptos:

- Las revisiones del diseño son obligatorias
- Las revisiones del diseño se llevan a cabo con equipos formados principalmente por especialistas
- Las revisiones del diseño son formales
- Las revisiones del diseño cubren todos los parámetros relacionados con la calidad
- Los diseños deben basarse en criterios definidos tanto como sea posible
- Las revisiones del diseño se llevan a cabo en varias etapas de la progresión del diseño como concepto de diseño, diseño y prueba del prototipo y diseño final

2.10 Ingeniería concurrente

La ingeniería concurrente, llamada también ingeniería simultánea, es el proceso de diseñar un producto usando todos los insumos y evaluaciones simultáneamente y al principio durante el diseño, para asegurar que se cumplan las necesidades de los clientes internos y externos. El objetivo es reducir el tiempo entre la concepción del producto y su puesta en el mercado, prevenir problemas de calidad y confiabilidad y reducir costos.

Por tradición, las actividades durante el desarrollo del producto se manejan en forma secuencial, no concurrente. Así el departamento de mercadotecnia identifica una idea de producto; después, el ingeniero en diseño crea un diseño y construye algunas unidades prototipo; el departamento de compras pide presupuestos a los proveedores; luego, el departamento de manufactura produce unidades, etc. En cada paso, la salida de un departamento "pasa al otro lado de la pared" al siguiente departamento, es decir, se tiene muy poca información, durante el diseño de las funciones que este impacta, ésto se muestra en la siguiente figura.



Un contraste mayor entre la ingeniería tradicional y la concurrente se presenta en la tabla que se muestra a continuación.

	Tradicional	Concurrente
Organización	La ingeniería está separada de la manufactura y otras funciones; énfasis en los objetivos funcionales	Equipo multifuncional con énfasis en el objetivo del equipo
Programación de insumos de otras funciones y proveedores	La mayor parte una vez que ingeniería terminó el diseño	Simultánea con la creación de las características de desempeño del diseño
Frecuencia y programación de los cambios de diseño	Gran número de cambios, muchos de los cuales ocurren después de las pruebas o durante la producción	Menor número de cambios, la mayoría de los cuales ocurren antes de terminar el diseño
Sistemas de información	La transferencia de conocimientos entre funciones y los cambios de diseños están ambos sujetos a retrasos de los sistemas administrativos	Sistemas computacionales mediante los cuales todas las funciones tienen acceso inmediato a los cambios de diseño y otra información
Localización física de las funciones	Casi siempre en lugares separados	Con frecuencia se localizan en un área

La ingeniería concurrente no es un conjunto de técnicas: es un concepto que permite a todos los que afecta un diseño: 1) tener acceso temprano a la información del diseño, y 2) tener la habilidad de influir en el diseño final para identificar y prevenir problemas. Todos los parámetros de diseño, requerimientos funcionales básicos, confiabilidad, mantenibilidad, seguridad, factores humanos, manufacturabilidad, inspección, empaque, transporte y almacenamiento, se pueden analizar durante la ingeniería concurrente.

La ingeniería concurrente ha proporcionado drásticos beneficios, por ejemplo, 75% menos cambios de ingeniería y 55% menos tiempo desde la concepción del producto hasta colocarlo en el mercado.

2.11 Mejoramiento de la efectividad del desarrollo del producto

El desarrollo del producto es un proceso que se puede examinar mediante la trilogía de los procesos de calidad, es decir, planeación, control y mejoramiento. Gust (1985) describe la secuencia completa para el mejoramiento en Films Division de Mobil Chemical.

Una revisión histórica de los cambios anteriores en el diseño del producto puede ser un punto de partida útil para el mejoramiento. Un estudio de 24 cambios de diseño revela lo siguiente:

Once de los cambios se hicieron para corregir el desempeño, la confiabilidad o las debilidades de seguridad; se hicieron ocho cambios para corregir errores administrativos o en la documentación; fueron necesarios cinco cambios para facilitar la manufactura del producto.

De los problemas asociados con estos cambios de diseño, 23 se encontraron por primera vez durante la producción y uno durante las pruebas en el campo de trabajo. En los 24 casos, se dio la notificación del cambio al diseñador original pero a nadie más.

Surgieron dos conclusiones del estudio: el proceso de desarrollo del producto estaba encontrando los problemas demasiado tarde y la retroalimentación sobre los problemas no la compartían todos los diseñadores.

El concepto de autocontrol proporciona un marco de referencia para analizar el trabajo de los diseñadores. El concepto sostiene que existen tres criterios que se deben cumplir antes de que pueda darle la responsabilidad a una persona de controlar la calidad de sus actividades.

Se dice que el diseñador se encuentra en estado de autocontrol solo si los tres criterios se cumplen por completo. Una debilidad en cualquiera de los tres criterios requiere que se analice y corrija el proceso de desarrollo del producto, en lugar de buscar al diseñador individual para el mejoramiento.

2.12 Desarrollo de software

Para las industrias de manufactura, los gastos anuales para el procesamiento de datos basado en una computadora son alrededor de 0.5 a 1.5% de los ingresos; para las empresas de servicio, la inversión está entre 3.0 y 7.0% (Fortune, 1988). Estos números tan importantes hacen que valga la pena estudiar la efectividad del proceso de desarrollo de software. El ciclo de vida del desarrollo de software se puede dividir en seis etapas:

1. Análisis de requerimientos
2. Diseño preliminar
3. Diseño detallado
4. Codificación (programación)
5. Prueba e instalación
6. Mantenimiento

La experiencia con el desarrollo de paquetes de computadora proporciona algunas estadísticas sorprendentes. Los requerimientos usuales de recursos para las etapas del ciclo de vida del desarrollo de software se muestran en la siguiente tabla.

	Esfuerzo total, %	Esfuerzo de desarrollo, %
Definición de requerimientos	3	9
Diseño preliminar	3	9
Diseño detallado	5	15
Codificación	7	21
Prueba e instalación	15	46
Mantenimiento	67	

Observe que 67% del esfuerzo total se dedica al mantenimiento que incluye modificaciones a los programas debido a 1) cambios en los requerimientos iniciales y 2) errores no detectados antes. De esta manera se tiene una oportunidad de mejoramiento.

Observe además que 46% de los esfuerzos básicos de desarrollo se dedica a las pruebas y la instalación. En ocasiones, el número de pruebas (y revisiones) durante el desarrollo del software es enorme.

Ejemplo. En una organización de desarrollo de software, el número de errores por cada mil líneas de codificación (KLDC) medidos en la etapa final fue de 2/KLDC. En la primera etapa de revisión/inspección durante el desarrollo, este número fue 50/KLDC. Las etapas intermedias incluyeron varias formas de inspección, revisión, y prueba para espulgar los errores. Se tenía una oportunidad de mejoramiento. Fortune (1988), Gryna, D. (1988) y Schulmeyer y McManus (1987) analizan con detalle los conceptos y técnicas para tomar en cuenta la calidad durante el desarrollo de software.

RESUMEN

- Cuando se trata de productos complejos, los errores durante el desarrollo del producto causan alrededor del 50% de los problemas de adecuación para el uso.
- El desarrollo del producto es un proceso que tiene distintas etapas que pueden incorporar formas de advertencia temprana de problemas con los nuevos productos.
- La función despliegue de calidad es una técnica que consiste en matrices interconectadas que traducen las necesidades del cliente en características del producto y los procesos.
- Los diseños fuertes proporcionan un desempeño óptimo al mismo tiempo que variación en la manufactura y en las condiciones en el campo de trabajo.
- Los métodos de Taguchi determinan los valores óptimos de los parámetros de productos y procesos que minimizan la variación mientras que mantienen la media estable.
- La confiabilidad es la habilidad de un artículo para desempeñar una función requerida bajo las condiciones establecidas durante un período especificado.
- La cuantificación de la confiabilidad incluye tres etapas: desglose, predicción y análisis. La cuantificación de mantenibilidad sigue un enfoque similar.

- El análisis crítico de modo y efecto de falla, y el análisis de árbol de falla son herramientas cuantitativas útiles para el aseguramiento del diseño.
- La técnica del diseño para la manufacturabilidad se centra en la simplificación del diseño de un producto para facilitar su manufactura.
- La ingeniería del valor y la técnica del diseño para el costo analizan los diseños para lograr un balance óptimo entre desempeño y costo.
- La revisión del diseño es un examen sistemático de los requerimientos de diseño y de la capacidad del mismo para cumplir con esos requerimientos.
- La ingeniería concurrente, es el proceso de diseñar un producto usando todos los insumos y evaluaciones en forma simultánea y al principio del diseño, para asegurar que se cumplan las necesidades de los clientes tanto internos como externos.
- El proceso de desarrollo de un producto se puede examinar mediante los elementos de planeación, control y mejoramiento de la calidad.
- En el desarrollo de software, 67% de los esfuerzos incluyen hacer cambios a los programas originales, por lo tanto, se tiene una oportunidad de mejoramiento.

PROBLEMAS

1. Realice un análisis crítico de modo y efecto de falla para uno de los siguientes productos:
 - a. un producto aceptable para el instructor
 - b. una lámpara de mano
 - c. un tostador
 - d. una aspiradora.
2. Realice un análisis de árbol de fallas para uno de los productos mencionados en el problema anterior.
3. Visite una planta local y determine si tienen algunas metas numéricas formales o informales de confiabilidad y mantenibilidad para la función de diseño como guía en el diseño de nuevos productos.
4. Obtenga un diagrama esquemático sobre un producto para el que también pueda obtener una lista de las componentes que fallan con mayor frecuencia. Muestre el diagrama a un grupo de estudiantes de ingeniería que estén relacionados con el producto. Pida a estos estudiantes por separado que le den su opinión de sobre qué componente es más probable que fallen dando una jerarquía de las tres más probables.
 - a. Resuma los resultados y comente si hay consenso o no entre los estudiantes.
 - b. Compare las opiniones de los estudiantes con la historia real del producto.
5. Describa una prueba de confiabilidad para tres de los siguientes productos:
 - a. Un producto aceptable para el profesor,
 - b. Una secadora de ropa doméstica,
 - c. Un motor para los limpiadores de un parabrisas,
 - d. Una licuadora,

- e. Una bujía para motor de automóvil.

Las pruebas deben cubrir desempeño, aspectos ambientales y aspectos de tiempo.

6. El diseñador de un producto o un ingeniero del departamento de personal de apoyo, que tal vez sea parte de la función de diseño, pueden hacer una predicción de confiabilidad. Una ventaja de que el diseñador haga la predicción es que con su conocimiento del diseño es probable que realice un trabajo más rápido y más completo.
 - a. ¿Cuál es otra ventaja de que el diseñador haga la predicción?
 - b. ¿Existen muchas desventajas respecto a que el diseñador haga la predicción?
7. Prepare una presentación formal para lograr la adopción de uno de los siguientes:
 - a. Cuantificación de metas de confiabilidad, desglose y predicción
 - b. Revisiones formales de los diseños
 - c. Análisis crítico de modo y efecto de falla
 - d. Programa de componentes críticas.
8. Usted hará la presentación a una o más personas que el profesor invite al salón de clase. Estas personas pueden ser de la industria o pueden ser otros estudiantes o profesores. (El profesor establecerá las limitaciones de tiempo y otras para su presentación,)
9. Usted es el gerente de ingeniería de diseño para un refrigerador. Pasa la mayor parte del día realizando trabajo administrativo. No tiene tiempo de penetrar en los detalles de los diseños nuevos o modificados. No obstante, debe aprobar (dar el visto bueno) a todos los cambios o nuevos diseños. En realidad, su visto bueno se apoya en una breve revisión del diseño, pero confía, en esencia, en la competencia de cada uno de sus diseñadores. No desea instituir un programa formal de confiabilidad para los diseñadores, ni establecer un grupo de confiabilidad en este momento. ¿Que acción tomaría para asegurarse de que su diseñador ha examinado en forma adecuada el diseño que le presenta respecto a la confiabilidad? No es posible incrementar las pruebas y cualquier otra acción que tome debe involucrar un mínimo de costos adicionales.
10. Al diseñar el sistema de la cámara SX-70, la Polaroid Corporation determine primero las reclamaciones más importantes de los clientes sobre los modelos anteriores. Estas incluyen que: tuvieron problemas para enfocar bien; olvidaban cambiar las baterías; no les gusta cambiar de lentes; no estaban seguros de cuando usar el flash. Para cada una de estas quejas, proponga una característica de diseño para prevenirla.

11. Hable con algunos ingenieros de diseño que estén trabajando y averigüe el grado de retroalimentación que les llega con la información del campo de trabajo sobre su trabajo de diseño.

BIBLIOGRAFIA

Akao, Yoji (1990).

Quality Function Deployment, Productivity Press, Cambridge, Massachusetts.

Beaton, G. N. (1959).

"Putting the R&D Reliability Dollar to Work". Proceedings of the Fifth National Symposium on Reliability and Quality Control, Institute of Electrical and Electronics Engineers. Nueva York, p. 65.

Ernst and Young Quality Improvement Consulting Group (1990).

Total Quality, Dow Jones-Irwin.

Homewood, Illinois, p. 121.

Fortune, Patrick J. (1988). QCH4, sección 14.

Gryna, Derek S. (1988).

"Data Processing — A Software Quality Challenge",
ASQC Quality Congress Transactions, Milwaukee, pp.423-428.

Gust, Larry (1985).

"Non - manufacturing Quality Improvement",

Juran Report Number Four, Juran Institute, Inc., Wilton, Connecticut, pp. 112-120.

Hammer, Willie (1980).

Product Safety Management and Engineering, Prentice-Hall,
Englewood Cliffs, Nueva Jersey.

Juran, J. M. (1990).

"Planning for Quality" notas del curso,
2da ed., Juran Institute, Inc., Wilton Connecticut

MIL-STD-882A (1984).

"System Safety Program Requirements",
Department of Defense, Washington D.C.

Newsweek (1989).

The Best Engineered Part Is No Part at All"
Mayo 8, p. 150.

O'Boyle, Thomas F. (1990).

"Chilling Tale", Wall Street Journal
Mayo 7, pp. 1, 5.

Phadke, M. S., R. R. Kacker, D. V Speeny y M. J. Grieco (1983).
"Off-Line Quality Control in Integrates Circuit Fabrication Using Experimental Design",
The Bell System Technical Journal, vol. 62, núm. 5, pp.1273-1309.

Pignatiello, Joseph J. Y John S. Ramberg(1992).
"Top Ten Triumphs and Tragedies of Genichi Taguchi"
Quality Engineering, vol. 4, num. 2, pp. 211-225.

Schulmeyer, C. Gordon y James I. McManus (1987).
Handbook of Software Quality Assurance
Van Nostrand Reinhold. Nueva York.

Taguchi, G. (1978).
"Off-Line and On-Line Quality Control Systems". International Conference on Quality
Control, Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros, Tokio, pp. B4-1 a B4-5.

Vesey, Joseph T. (1991).
"The New Competitors: They Think in Terms of Speed to Market", Executive
Mayo, pp.23-33.

CAPITULO 3

RELACIONES CON EL PROVEEDOR

OBJETIVOS

- Conocer el alcance de las actividades de un proveedor y cual es la influencia de este con la empresa
- Conocer los requerimientos de calidad de los proveedores
- Poder evaluar la habilidad del proveedor
- Poder hacer un estudio de calidad del para elegir al proveedor y saber en que áreas el proveedor puede necesitar ayuda, y además sabrá la importancia de elegir a un proveedor certificado
- Poder identificar los tipos de contrato de acuerdo al nivel de interacción

CAPITULO 3

RELACIONES CON EL PROVEEDOR

3.1 Relaciones con el proveedor. Una revolución

Para muchas compañías, las compras significan el 60% de las ventas en dólares y son la fuente de la mitad de los problemas de calidad (Burt, 1989). La baja calidad de los artículos del proveedor dá como resultado costos adicionales para el comprador, por ejemplo, para un fabricante de electrodomésticos, 75% de las reclamaciones se debieron a componentes compradas para los artículos.

El énfasis actual en la reducción de inventarios proporciona un enfoque más sobre la calidad. Bajo el concepto de inventario "justo a tiempo", los bienes se reciben de los proveedores sólo en las cantidades y en el momento en que se necesitan para la producción.

El comprador no mantiene inventario. Si una porción de los productos comprados está defectuosa, la producción en la planta del comprador se interrumpe por la falta de inventario de respaldo. Con los métodos de compra tradicionales, los problemas de calidad del proveedor se pueden ocultar detrás del exceso de inventario; con el concepto de "justo a tiempo" es imperativo que el producto comprado cumpla con los requerimientos de calidad.

3.2 Alcance de las actividades para la calidad del proveedor

El sistema de compras incluye tres actividades claves: especificación de requerimientos, selección de un proveedor administración de contratos. El objetivo global de calidad es cumplir con las necesidades del comprador (el usuario último o consumidor) con un mínimo de inspección al recibir o de acciones correctivas posteriores; ésto, a su vez, conduce a la minimización del costo total. Para lograr este objetivo de calidad, deben identificarse ciertas actividades primordiales y asignarse las responsabilidades correspondientes. La siguiente tabla presenta una lista común de responsabilidades asignadas a una compañía.

Actividad	Departamento que participan		
	Desarrollo de Producto	Compras	Calidad
Definición del producto y programas de requerimientos de calidad	xx		x
Evaluación de diferentes proveedores	x	x	xx
Selección de proveedores		xx	xx
Planeación conjunta de la calidad	x		xx
Cooperación con el proveedor durante la ejecución del contrato	x	x	xx
Obtención de pruebas de conformidad con los requerimientos	x		xx
Certificación de proveedores certificados	x	x	xx
Implantación de programas de mejoramiento de la calidad cuando sean necesarios	x	x	xx
Creación y utilización de la calificación de calidad de los proveedores		xx	x

La matriz de responsabilidades que se observa en la tabla anterior indica que el departamento de calidad tiene la mayor responsabilidad de muchas de las actividades de calidad del proveedor. Una política alternativa es que el departamento de compras tenga la responsabilidad de la calidad mientras que otros (como el departamento de calidad y desarrollo del producto) tengan una responsabilidad colateral. Este cambio en responsabilidades da mayor importancia a la calidad al establecer las prioridades sobre los programas de entrega, los precios y la calidad. Para cumplir con esta responsabilidad será necesario que la mayoría de los departamentos de compras perfeccionen sus habilidades técnicas. Algunas compañías satisfacen esta necesidad transfiriendo sus especialistas técnicos al departamento de compras.

3.3 Especificación de requerimientos de calidad para los proveedores

La planeación de la calidad empieza antes de firmar el contrato. Tal planeación debe reconocer dos aspectos:

- El comprador debe transmitir al proveedor la información completa sobre el uso para el que está destinado el producto.
- El comprador debe obtener información para estar seguro de que el proveedor tiene la habilidad de proporcionar un producto que cumpla con todos los requerimientos de adecuación para el uso.

La complejidad de muchos productos modernos hace difícil comunicar las necesidades de uso a un proveedor dentro de una especificación. No solo ocurre que no se tiene un conocimiento completo de las condiciones de uso en el campo de trabajo para un producto complejo, también pueden desconocerse los ambientes internos que rodean un componente en particular hasta que se diseña y prueba el producto completo. Por ejemplo, puede no ser posible especificar con exactitud los requerimientos de

temperatura y vibración a un proveedor que proporciona un componente eléctrico, hasta que se desarrolla el sistema.

Es necesario en estos casos, por lo menos, la cooperación continua entre proveedor y comprador. En casos especiales, puede ser imperativo celebrar contratos separados para desarrollo y producción con el fin de descubrir como puntualizar los requerimientos.

Las circunstancias pueden requerir dos tipos de especificaciones:

1. Especificaciones que definen los requerimientos del producto.
2. Especificaciones que definen qué actividades relacionadas con la calidad se esperan por parte del proveedor, es decir, qué sistema de calidad debe tener el proveedor.

3.4 Selección del proveedor

La selección de proveedores comienza con la decisión de hacer o comprar. Esta decisión requiere un análisis de factores tales como las habilidades y las instalaciones requeridas, la capacidad de la planta, la habilidad para cumplir con el programa de entregas, los costos esperados de "hacer" o "comprar" y otros aspectos. Al tomar la decisión de comprar, también tendrá que decidirse sobre el número de proveedores para cada artículo.

Proveedores múltiples contra una sola fuente

Existen algunas ventajas al tener varias fuentes de proveedores: la competencia puede resultar en mayor calidad, costos más bajos, mejor servicio y un mínimo de interrupciones en el suministro por huelgas y otras catástrofes.

Una sola fuente de suministros también tiene ventajas: el tamaño del contrato otorgado a esa fuente única será más grande que con múltiples fuentes, por lo que el proveedor le pondrá más atención al contrato. Con una sola fuente, las comunicaciones se simplifican y se dispone de más tiempo para trabajar de cerca con el proveedor.

3.5 Evaluación de la habilidad del proveedor

La evaluación de la habilidad de la calidad del proveedor incluye una o las dos acciones siguientes:

1. Calificar el diseño del proveedor a través de la evaluación de muestras de productos
2. Calificar la habilidad del proveedor para cumplir con los requerimientos sobre los lotes de producción

Calificación del diseño del proveedor

Es frecuente que los resultados de la prueba de calificación se rechacen. Dos razones son comunes:

- 1) Los resultados de las pruebas muestran que el diseño no proporciona la función deseada del producto
- 2) El procedimiento de prueba no es adecuado para evaluar el desempeño del producto.

El mejor enfoque utiliza datos sobre el desempeño anterior del proveedor con productos iguales o similares. Estos datos pueden existir dentro de la organización de compradores locales, en otras divisiones de la misma corporación, en los bancos de datos del gobierno, en los bancos de datos industriales.

Con el enfoque de análisis de la habilidad del proceso se recolectan datos de las características importantes del producto y se evalúan usando índices estadísticos para la habilidad del proceso. Todo esto se hace antes de autorizar al proveedor a proceder con la producción completa. Por lo general, el análisis de la habilidad del proceso se reserva para las características significativas del producto, para los elementos relacionados con la seguridad o para productos con el requisito de cumplir con reglamentos gubernamentales.

Calificación del proceso de manufactura del proveedor

La evaluación de la habilidad de manufactura del proveedor se puede llevar a cabo mediante tres enfoques: datos históricos de productos similares, análisis de habilidad del proceso o evaluación del sistema de calidad del proveedor a través de los estudios de calidad.

Estudio de calidad del proveedor

El estudio de la calidad del proveedor es una evaluación de la habilidad del proveedor para cumplir con los requerimientos de calidad en los lotes de producción. Los resultados del estudio se usan en el proceso de selección del proveedor o, si el proveedor ya se eligió, el estudio advierte al comprador sobre las áreas en las que el proveedor puede necesitar ayuda para cumplir con los requerimientos. El estudio puede variar desde un sencillo cuestionario que se manda al proveedor hasta una visita a sus instalaciones.

El cuestionario contiene preguntas explícitas parecidas a las siguientes que se mandaron a los proveedores de un fabricante de dispositivos médicos:

- ¿Ha recibido su compañía los requerimientos de calidad sobre el producto y está de acuerdo en que se pueden satisfacer por completo?
- ¿Están documentados los resultados de su inspección final?
- ¿Está usted de acuerdo en proporcionar al comprador notificaciones por adelantado de cualquier cambio en el diseño de su producto?

- ¿Qué tipo de ropa de protección usan sus empleados para reducir la contaminación del producto?
- Describa el sistema de filtros de aire en sus áreas de manufactura.

Un estudio de calidad más formal consiste en una visita a las instalaciones del proveedor realizada por un equipo de observadores de departamentos tales como calidad, ingeniería, manufactura y compras. Esa visita puede ser parte de un estudio más amplio que cubre la competencia financiera, administrativa y tecnológica. Dependiendo del producto del que se trate, las actividades incluidas en la parte de calidad del estudio se pueden elegir de la siguiente lista:

- Administración: filosofía, políticas de calidad, estructura de la organización, cultura de calidad o convencimiento, compromiso con la calidad.
- Diseño: organización, sistemas en uso, naturaleza de las especificaciones, orientación sobre técnicas modernas, atención a la confiabilidad, control de cambios de ingeniería, desarrollo de laboratorios
- Manufactura: instalaciones físicas, mantenimiento, procesos especiales, capacidad del proceso, capacidad de producción, naturaleza de la planeación, identificación de lotes y posibilidades de detección
- Compras: especificaciones, relaciones con el proveedor, procedimientos
- Calidad: estructura de la organización, disponibilidad de ingenieros de control de calidad y confiabilidad, planeación de la calidad (materiales, bienes en proceso, bienes terminados, empaque, almacenamiento, envíos, uso, servicio en el campo de trabajo), auditoría de adherencia al plan
- Inspección y pruebas: laboratorios, pruebas especiales, instrumentos, control de medición
- Coordinación de la calidad: organización para la coordinación, análisis de orden, control sobre subcontratistas, análisis de costos de calidad, ciclo de acciones correctivas, disposición de productos no confortantes
- Sistemas de datos: instalaciones, procedimientos, uso efectivo de informes
- Personal: convencimiento, motivación de la capacitación
- Resultados de calidad: desempeño logrado, uso del propio producto, clientes de prestigio, subcontratistas de prestigio

3.6 Administración del contrato

Tres categorías de interacción con los proveedores:

- Inspección. Estos enfoques sobre varias formas de inspección de la producción.
- Prevención: La premisa en este caso es que el proveedor debe construir la calidad, con la ayuda del comprador. Pero todavía existe una relación que guarda cierta distancia entre comprador y proveedor.
- Sociedad. Se ofrece a los proveedores la seguridad financiera de una relación a largo plazo, a cambio de un compromiso con la calidad por parte del proveedor, la cual incluye una fuerte relación de trabajo de equipo con el comprador.

Planeación económica conjunta

Los aspectos económicos de la planeación de la calidad conjunta se concentran en dos enfoques importantes:

Valor de compra en lugar de conformidad con la especificación. Al aplicarla a las relaciones de calidad del proveedor, la ingeniería del valor busca costos excesivos debidos a:

1. Más especificación de la necesaria para el uso que se dará al producto, por ejemplo, la orden de un producto especial cuando puede servir uno estándar
2. Énfasis en el precio original en lugar de en el costo de uso durante" la vida del producto
3. Énfasis en la conformidad con las especificaciones, no en la adecuación para el uso. Se anima a los proveedores a hacer recomendaciones sobre el diseño u otros requerimientos que mejoraran o mantendrán la calidad a un costo más bajo.

Optimización de costos de calidad. Al precio de compra, el comprador debe agregar un arreglo completo de costos relacionados con la calidad: inspección al recibir, revisión de materiales, retrasos de producción, tiempos muertos, inventarios adicionales, etc. Sin embargo, el proveedor también tiene un conjunto de costos que trata de optimizar. El comprador debe reunir todos los datos necesarios para entender los costos del ciclo de vida o el costo de uso y después presionar para obtener un resultado que optimice esto.

Planeación tecnológica conjunta

Los elementos más comunes de este tipo de planeación incluyen:

1. Acuerdo sobre el significado de los requerimientos de desempeño en las especificaciones.
2. Cuantificación de los requerimientos de calidad, confiabilidad y mantenibilidad.
3. Las tareas de definición de confiabilidad y mantenibilidad que debe llevar a cabo el proveedor.
4. Preparación de un plan de control de procesos para el proceso de manufactura.
5. Definición de tareas específicas que el proveedor debe realizar. Seriedad en la clasificación de defectos para ayudar al proveedor a entender en donde concentrar sus esfuerzos.
6. Establecimiento de estándares sensoriales para aquellos cuya calidad requiere el uso de un ser humano como instrumento.
7. Estandarización de los métodos y condiciones de pruebas entre proveedor y comprador para asegurar que sean compatibles.
8. Establecimiento de planes de muestreo y otros criterios relativos a las actividades de inspección y pruebas.
9. Establecimiento de niveles de calidad.
10. Establecimiento de un sistema de identificación y detección de lotes.

11. Establecimiento de un sistema de respuesta a tiempo para los seriales de advertencia que resultan de los defectos.

Cooperación durante la ejecución del contrato

Evaluación de muestras iniciales del producto. En muchas circunstancias es importante que el proveedor entregue resultados de las pruebas de una pequeña muestra inicial producida con el herramental de producción y una muestra del primer lote de producción antes de hacer el envío completo. La última evaluación puede lograrse con una visita de un representante del comprador a la planta del proveedor para observar la inspección de una muestra aleatoria seleccionada del primer lote de producción. También puede hacerse una revisión de la habilidad del proceso o de los datos del control de procesos para ese lote.

Información sobre el diseño y los cambios. Los cambios de diseño pueden llevarse a cabo por iniciativa del comprador o del proveedor. De cualquier manera, existe la necesidad de tratar al proveedor como un departamento de la propia organización al desarrollar los procedimientos y procesar los cambios de diseño. Esta necesidad es en particular importancia en productos modernos, para los cuales los cambios de diseño pueden afectar productos, procesos, herramientas, instrumentos, materiales almacenados, procedimientos, etc. Algunos de estos efectos son obvios, pero otros son sutiles y requieren un análisis completo para identificarlos. No proporcionar la información adecuada sobre los cambios al proveedor, ha sido uno de los obstáculos más importantes para las buenas relaciones con él.

Vigilancia de la calidad del proveedor. La vigilancia de la calidad es la supervisión y verificación continua del estado de los procedimientos, métodos, condiciones, procesos, productos, servicios y análisis de registros, en relación con las referencias establecidas para asegurar que se cumplan los requerimientos especificados de calidad (ISO 8402-1986). La vigilancia por parte del comprador puede tomar varias formas: inspección del producto, juntas con los proveedores para revisar el estado de la calidad, auditorías de los elementos del programa de calidad del proveedor, supervisión de las prácticas de manufactura del proveedor, revisión de los datos del control estadístico de procesos y observación de las diferentes operaciones o pruebas. Para los contratos importantes o críticos puede ser necesaria la presencia en la planta o efectuar visitas repetidas.

Evaluación del producto entregado. La evaluación del producto del proveedor se puede lograr utilizando uno de los métodos presentados en la tabla siguiente.

Método	Enfoque	Aplicación
Inspección del 100%	Se evalúa una o todas las características especificadas de cada artículo en un lote	En elementos críticos para los que se justifica el costo de inspección por el costo del riesgo de defectos; también se usa para establecer niveles de calidad de nuevos proveedores
Inspección por muestreo	Se evalúa una muestra de cada lote mediante un plan de muestreo predefinido y se toma la decisión de aceptar o rechazar el lote	En elementos importantes, para los que el proveedor ha establecido un registro de calidad adecuado mediante la historia de lotes entregados
Inspección por identificación	Se examina el producto para asegurar que el proveedor mandó el producto correcto; no se inspeccionan las características	En elementos de menor importancia, En donde se ha establecido la confiabilidad del laboratorio del proveedor además de nivel de calidad del producto
Sin inspección	El lote se manda directamente a un almacén o al departamento de procesos	Para la compra de materiales estándar o bienes que no se usan en el producto, como material de oficina
Uso de los datos del proveedor (certificación del proveedor)	Se usan datos de la inspección del proveedor en lugar de la inspección al recibir	En elementos para los que el proveedor ha establecido un fuerte registro de calidad

En décadas anteriores, la inspección al recibir con frecuencia consumía una gran cantidad de tiempo y esfuerzo. Con el advenimiento de los complejos productos modernos, muchas compañías se han dado cuenta que no tienen las habilidades o el equipo necesarios para la inspección. Esto los ha forzado a confiar más en el sistema de calidad del proveedor o en los datos de inspección y pruebas, como se verá más adelante.

La elección del método de evaluación depende de varios factores:

- Historia de calidad sobre la parte y el proveedor.
- Qué tan crítica es la parte en el desempeño global del sistema.
- Qué tan crítica es en operaciones de manufactura posteriores.
- Garantía o historia de uso.
- Información sobre la habilidad del proceso del proveedor.
- Naturaleza del proceso de manufactura.

- Homogeneidad del producto. Por ejemplo, los productos líquidos son homogéneos y es menor la necesidad de tamaños de muestra grandes.
- Disponibilidad de las habilidades de inspección y equipo requeridos.

Acción sobre productos no conformantes. Durante la ejecución del contrato surgirán casos de no conformidad. Estos pueden referirse al producto en sí o a los requerimientos del proceso o de los procedimientos. Los esfuerzos prioritarios deben dirigirse a los casos en los que un producto no es adecuado para el uso.

Mejoramiento de la calidad del proveedor. El enfoque general para manejar problemas crónicos del proveedor sigue paso a paso el enfoque para el mejoramiento.

3.7 Certificación de proveedores

Un proveedor "certificado" es aquel que, después de una investigación exhaustiva, se encuentra que surte material de calidad tal que no es necesario realizar las pruebas de rutina para cada lote recibido (Bossert, 1988). Un proveedor certificado se compara con un proveedor "aprobado" que cumple con los requerimientos mínimos, y con un proveedor "preferido" que produce mejor calidad que la mínima. Los proveedores certificados constituyen el ideal pero desdichadamente son una minoría.

ASQC recomienda ocho criterios para certificación, estos son:

1. No tiene rechazos de lotes relacionados con el producto durante al menos un año
2. No tiene rechazos relacionados con el producto durante al menos 6 meses
3. No tiene incidentes negativos relacionados con la producción durante al menos 6 meses
4. Aprobó una evaluación reciente de calidad del sistema en su planta
5. Tiene una especificación completamente de acuerdo
6. Proceso y sistema de calidad totalmente documentados
7. Copias oportunas de los datos de inspección y pruebas
8. Proceso estable y control

La certificación de proveedores proporciona un modelo de niveles bajos de DPM necesarios para la manufactura justo a tiempo, disminuye en forma drástica los costos de inspección para el comprador e identifica proveedores con los que es factible formar una sociedad. Los proveedores certificados tienen preferencia en las propuestas para concursos y además logran reconocimiento dentro de la industria por su posición certificada.

RESUMEN

- Ha surgido una revolución en la relación entre los compradores y los proveedores, que ha tornado la forma de sociedades con los proveedores.
- Las especificaciones de calidad con frecuencia definen requerimientos tanto para el producto como para el sistema de calidad.

- Las organizaciones están reduciendo de manera significativa el número de proveedores.
- La evaluación de la habilidad de calidad del proveedor implica la calificación de su diseño y su proceso de manufactura.
- Las sociedades con los proveedores requieren una planeación económica conjunta, una planeación tecnológica conjunta y cooperación durante la ejecución del contrato.
- Un proveedor certificado es aquel que, después de hacer una investigación exhaustiva, se encuentra que surte material de calidad tal que no es necesario realizar las pruebas de rutina para cada lote que se recibe.

PROBLEMAS

1. Visite a un agente de compras de alguna institución local para indagar el enfoque global sobre la selección de proveedores y el papel que juega el desempeño de la calidad del proveedor en este proceso de selección. Haga un informe de lo que encontró.
2. Visite una muestra de proveedores locales (impresores, comerciantes, talleres de reparación, etc.) para explorar el papel que juega el desempeño de la calidad en sus relaciones con sus clientes. Informe lo que encontró.
3. Una agencia del gobierno contrató a una compañía para diseñar y construir un sistema de satélites. Unos meses después de firmado el contrato se descubrió que el diseño no era inmune a cierto tipo de interferencia de radar. La agencia aseguraba que había descrito el desempeño deseado para los satélites. La compañía no estaba de acuerdo (respecto a la interferencia de radar). Si hubieran estado conscientes de esta necesidad desde el principio del proyecto, hubiera sido muy sencillo construir un diseño adecuado. Los satélites se encontraban en una etapa avanzada del diseño y la construcción y los cambios costarían \$100 millones. Había todavía más confusión. La compañía había elegido a este proveedor para la construcción de los satélites. Este proveedor tenía experiencia previa en este tipo de productos, y algunas personas aseguraban que el proveedor debía tener conocimiento del problema. Comente sobre las acciones que deben tomarse por tres organizaciones de este tipo para prevenir una situación similar en un proyecto futuro (Business Week, 1978).
4. Durante la Segunda Guerra Mundial, muchos fabricantes hicieron productos que eran totalmente nuevos para ellos. Por ejemplo, se pidió a la Ford Motor Company que produjera secciones de fuselaje para el equipo de aviación B-24. Para ello, Ford tuvo que trabajar muy de cerca con Consolidated Company, que era la responsable de la manufactura del avión. De esta manera, Ford se convirtió en un proveedor de Consolidated. Hubo mucha fricción entre las compañías. Lindbergh (1970, pp. 644-676) describe los antecedentes:

En suma, si el personal de Consolidated cargaba una mochila en un hombro, los hombres de Ford llegaron con una mochila en cada hombro. En lugar de tomar la actitud de que habían venido a San Diego a aprender como construir los

bombarderos de Consolidated, compañía que los había desarrollado, tomaron la actitud de que estaban ahí solo como un paso anterior al de mostrar a Consolidated como construir mejor sus bombarderos y en producción masiva. El resultado inevitable fue un antagonismo arraigado que existe aun hoy.

El primer artículo que Ford entrego "no solo fue tan malo sino mucho peor que lo que las personas relacionadas con la aviación pronosticaron - remaches que faltaban . . . tolvas mal formadas . . . grietas ya iniciadas . . . etc." Sin embargo, este artículo había pasado dos inspecciones, la de Ford y la del inspector de la Armada comisionado a Ford. Lindbergh concluye:

Lo que ha pasado es bastante claro: bajo presión y con el deseo de llevar a cabo la producción en Willow Run, y buena parte debido a la falta de experiencia, tanto la Armada como Ford aprobaron material que debió haberse rechazado (y que rechazaron los inspectores más experimentados e imparciales en Tulsa).

Describe las acciones específicas que recomendaría para corregir el problema inmediato y prevenir su recurrencia en el futuro.

BIBLIOGRAFIA

Bossert, James L., ed. (1988).
Procurement Quality Control, 4° ed., ASQC Customer - Supplier Technical Committee,
ASQC Quality Press, Milwaukee.

Burt, David N. (1989).
"Managing Product Quality Through Strategic Purchasing",
Sloan Management Review, primavera, pp. 39-48.

Business Week (1978). "A \$100 Million Satellite Error", agosto 7. pp. 52.

Carter, Joseph R. y Jeffrey G. Miller (1989).
"The Impact of Alternative Vendor/Buyer Communicator Structures on the Quality of
Purchased Materials",
Decision Sciences, otoño, pp. 759-776.

Gordon, Niall (1990).
"Supplier Quality Partnership Program",
ASQC Quality Congress Transactions pp. 39-49.

Johnson, Stanley G. (1989).
"Continuous Vendor Improvement —A Proven Approach",
ASQC Annual Quality Congress Transactions, Milwaukee, pp. 10-13.

Lindbergh, Charles A. (1970).
The Wartime Journals of Charles A. Lindbergh
Harcourt Brace Jovanovich, Nueva York.

Maass, Richard A., John O. Brown y James L. Bossert (1990).
Supplier Certification —A Continuous Improvement Strategy.
ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin.

Miller, G. D. y Ronald J. Kegaris (1986).
"An Alcoa-Kodak Joint Team", Juran Report Number Six, Juran Institute, Inc.
Wilton, Connecticut, pp. 29-34.

Pence, John L. y P. Saacke (1988).
"A Survey of Companies That Demand Supply Quality",
ASQC Quality Congress Transactions, Milwaukee, pp. 715-722.

CAPITULO 4

HERRAMIENTAS ESTADISTICAS PARA LAS RELACIONES CON EL PROVEEDOR

OBJETIVOS

Poder administrar las actividades relacionadas con la calidad en las relaciones con el proveedor

Poder calificar a los proveedores de acuerdo con los requerimientos de calidad en los lotes de producción

Poder usar histogramas con los datos del proveedor como una manera de conocer el proceso de un proveedor y comparar varios productos fabricados por proveedores con las mismas especificaciones para poder elegir el mejor.

Poder usar el diagrama de lote para identificar cuales lotes deben ser rechazados o aceptados

CAPITULO 4

HERRAMIENTAS ESTADISTICAS PARA LAS RELACIONES CON EL PROVEEDOR

4.1 Medición de la calidad en las relaciones con el proveedor

La administración de las actividades relacionadas con la calidad en las relaciones con el proveedor debe tomar en cuenta la medición.

Recuerde los tres puntos que constituyen una guía para el desarrollo de la medición de la calidad para una actividad funcional: obtención de insumos de los clientes; diseño de medidas para evaluar el desempeño para la retroalimentación al autocontrol; proporcionar indicadores de desempeño adelantados, concurrentes y atrasados. La tabla siguiente muestra unidades de medida utilizadas en distintas áreas de las relaciones con el proveedor.

Objeto	Unidades de medidas
Calidad de lotes enviados	Porcentaje de lotes rechazados
	Costo de calidad deficiente
	Porcentaje de lotes aceptados porque se dejan pasar
	Números de lotes rechazados clasificados "Usar como están"
Medidas especiales de calificación del proveedor	
Programa de relaciones con el proveedor	Porcentaje de proveedores certificados
	Porcentaje de proveedores clasificados aceptables como resultado de una investigación del proveedor
	Porcentaje de procedimientos de pruebas de calificación aprobados en el primer fallo
	Porcentaje de muestras iniciales de productos aprobadas en el primer fallo
	Porcentaje de envíos de primera producción aprobados en el primer fallo
	Porcentaje de proveedores que aseguran datos
Tiempo promedio para resolver problemas	
Relaciones de negocios	Número promedio de proveedores múltiples por artículos
	Porcentaje de compras de una sola fuente
	Porcentaje de compras al precio más bajo en las propuestas
	Tiempo promedio para asegurar las propuestas
Tiempo promedio para asegurar las respuestas a preguntas técnicas	
Adecuación del inventario	Porcentaje de faltantes de inventario
Servicio a los proveedores	Días promedio para pagar una factura del proveedor
	Número de cuentas por pagar que tardan más de X días

4.2 Definición de calidad numérica y requerimientos de confiabilidad para lotes

Más allá de los requerimientos de calidad y confiabilidad impuestos sobre las unidades individuales o productos, existe casi siempre la necesidad de otros criterios numéricos para juzgar la conformancia de los lotes de productos.

Es común que estos criterios se necesiten en los procedimientos de muestreo de aceptación, que hace posible aceptar o rechazar un lote completo de productos con base en los resultados de inspección y pruebas sobre una muestra aleatoria del lote. La aplicación de los procedimientos de muestreo se facilita si los requerimientos de calidad del lote se definen en términos numéricos. La siguiente tabla presenta algunos ejemplos de índices numéricos.

Índice de Calidad	Significado	Valores comunes, %	Mala interpretación frecuente
Parte por millón (PPM)	Número defectos por millón de artículos	20-1000	
Nivel de calidad aceptable, NCA	Porcentaje de unidades defectuosas que tiene una alta probabilidad de ser aceptado por el plan de muestreo	0.01-10.0	Todos los lotes aceptados son al menos tan buenos como el NCA; todos los lotes rechazados son peores que el NCA
Porcentaje de tolerancia de defectos en un lote (PDTL)	Porcentaje de defectos que tiene una baja probabilidad de ser aceptados por el plan de muestreo	0.5-10.0	Todos los lotes aceptados mejores que el PDTL; todos los lotes rechazados son peores que PDTL
Limite de calidad de salida promedio (LCSP)	El peor porcentaje promedio de defectos para muchos lotes después de realizar la inspección por muestreo y rechazar lotes con 100% de inspección	0.1-10.0	Todos los lotes aceptados son tan buenos como él (LCSP); todos los lotes rechazados son peores que (LCSP)

La selección de valores numéricos para estos criterios depende de varios factores y también de algunas consideraciones probabilísticas. Estos criterios constituyen además un medio de indexar los planes de muestreo desarrollados a partir de los conceptos estadísticos.

Para productos orientados al tiempo y/o más complejos, los requerimientos numéricos de confiabilidad se pueden definir en los documentos de compra del proveedor. Algunas veces tales requerimientos se establecen en términos de tiempo medio entre fallas. Los requerimientos numéricos de confiabilidad pueden ayudar a aclarar lo que quiere decir un cliente cuando se refiere a una "alta confiabilidad".

4.3 Cuantificación de los estudios de los proveedores

El estudio de la calidad es una técnica para evaluar la habilidad del proveedor para cumplir con los requerimientos de calidad en los lotes de producción. La evaluación de las distintas actividades de calidad se puede cuantificar mediante un sistema de calificaciones.

En la tabla que se muestra a continuación se ilustra un sistema de calificaciones que incluye ponderaciones de importancia para las actividades. Un fabricante de ensamblajes electrónicos usa este sistema.

Actividad	Inspección al recibir			Manufactura			Inspección final		
	R	W	RxW	R	W	RxW	R	W	RxW
Administración de la calidad	8	3	24	8	3	24	8	3	24
Planeación de la calidad	8	4	32	8	4	32	10	4	40
Equipo de inspección	10	3	30	10	3	30	10	3	30
Calibración	0	3	0	10	3	30	0	3	0
Control de dibujos	0	3	0	10	2	20	10	2	20
Acciones correctivas	10	3	30	8	3	24	8	3	24
Manejo de rechazos	10	2	20	8	2	16	10	3	30
Almacenamiento y envío	10	1	10	10	1	10	10	1	10
Medio Ambiente	8	1	8	8	1	8	8	1	8
Experiencia personal	10	2	20	10	3	30	10	2	20
Total de área			174			224			206

En este caso, las ponderaciones de importancia (W) varían de 1 a 4 y deben sumar 25 para cada una de las tres áreas investigadas. Las ponderaciones muestran la importancia relativa de las distintas actividades que constituyen el índice global. Las calificaciones reales (R) de las actividades observadas se asignan como sigue:

- 10: La actividad específica es satisfactoria en todos los aspectos (o no se aplica).
- 8: La actividad cumple con los requerimientos mínimos pero se pueden hacer mejoras.
- 0: La actividad no es satisfactoria.

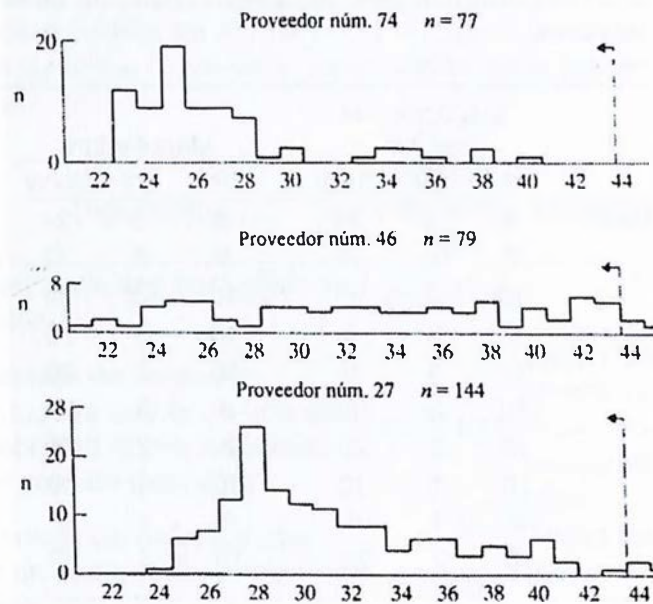
Los esquemas de calificación se pueden simplificar o complicar (Bossert, 1988). Johnson (1987) describe como se puede usar la hoja de cálculo de Lotus 1 -2-3 para registrar y evaluar las respuestas de los proveedores a un estudio sobre sus sistemas de calidad. Cada proveedor recibe una calificación agregada, una comparación con la calificación estándar del comprador para los proveedores y la calificación relativa a los otros proveedores.

4.4 Uso del análisis de histogramas con los datos del proveedor

Una herramienta útil para conocer el proceso de un proveedor y comparar varios productos fabricados por proveedores con la misma especificación es el histograma. Se selecciona una muestra aleatoria de un lote y se hacen las mediciones sobre las

características de calidad seleccionadas. Los datos se grafican como un histograma de frecuencias. El análisis consiste en comparar los histogramas con los límites de especificación.

La siguiente figura presenta una aplicación de los histogramas para evaluar la dureza de un grado en particular de acero de los proveedores. La especificación era una lectura Rockwell C máxima de 43, medida en una posición Jominy, J8. También se prepararon histogramas para los contenidos de carbón, manganeso níquel y cromo. El análisis reveló:



El proveedor 46 tenía un proceso sin una tendencia central fuerte. El histograma de níquel para este proveedor también tenía una forma rectangular, lo que indicaba una falta de control en el contenido de níquel y el resultado era varias temperaturas con valores Rockwell demasiado altos.

El proveedor 27 tuvo varias temperaturas más altas que el máximo, aunque tenía un valor central alrededor de 28. Los histogramas para manganeso, níquel y cromo indicaron varios valores más altos y alejados del histograma principal.

El proveedor 74 obtuvo una variabilidad mucho menor que los otros. El análisis de otros histogramas de este proveedor sugirió que alrededor de la mitad de las temperaturas originales del acero se habían probado y usado en otras aplicaciones.

4.5 El plan del diagrama del lote

Un diagrama de lote es un plan de muestreo que usa histogramas para tomar las decisiones de aceptación o rechazo sobre los lotes.

Se toma una muestra mínima de 50 unidades al azar y se mide con un calibrador tan preciso que pueda subdividir la variabilidad del producto en alrededor de 10 celdas. Se

registran los datos en una forma especial para construir el histograma y se hacen los cálculos de X y la desviación estándar.

Después, suponiendo que se tiene una distribución normal y usando una gráfica, "tarjeta del diagrama del lote", se pueden calcular el porcentaje de unidades defectuosas y otras características. Se puede tomar la decisión de aceptar o rechazar el lote.

El mecanismo simplificado para predecir el porcentaje de unidades defectuosas haciendo un diagrama del lote con los datos. No debe menospreciar la valiosa información que proporciona el diagrama del histograma para el mejoramiento de la calidad. El análisis de un diagrama con frecuencia ayuda a determinar las acciones correctivas necesarias. La comparación de los diagramas de lotes, por ejemplo. Los diagramas para varios proveedores que surten la misma parte, los diagramas de un proveedor que surte en forma periódica, los diagramas de un proveedor antes y después de los cambios de diseño o de material, etcétera, también resultan útiles.

4.6 Análisis de Pareto de los proveedores

Los programas de mejoramiento para los proveedores pueden fracasar debido a que no se identifican y atacan los "pocos problemas vitales". Más bien, los programas consisten en intentos de controlar todos los procedimientos. El análisis de Pareto se puede usar para identificar el problema en una variedad de maneras:

1. Análisis de pérdidas (defectos, lotes rechazados, etc.) Por número de material o número de partes.
2. Análisis de pérdidas por familia de productos
3. Análisis de pérdidas por proceso
4. Análisis por proveedor en todo el espectro de compras
5. Análisis según el costo de las partes
6. Análisis por modo de falla

4.7 Calificación de la calidad del proveedor

La calificación de la calidad del proveedor proporciona un resumen cuantitativo de su calidad en un periodo. Este tipo de calificación es útil al decidir como asignar las compras

Crear una sola calificación de calidad numérica es difícil porque existen varias unidades de medida, como:

- La calidad de lotes múltiples expresada como lotes rechazados contra lotes inspeccionados.
- La calidad de partes múltiples expresada como un porcentaje de partes no conformantes.
- La calidad de características específicas expresadas en numerosas unidades naturales, por ejemplo, resistencia en ohms, porcentaje de ingrediente activo, tiempo medio entre fallas, etcétera.
- Las consecuencias económicas de una mala calidad expresadas en dólares.

MEDIDAS EN USO. Los planes de calificación de proveedores se basan en una o más las siguientes medidas:

- Porcentaje de productos no conformantes. Esta es una razón de la cantidad unidades defectuosas recibidas entre el número total de unidades recibidas
- Calidad global del producto. Este plan resume el desempeño del proveedor en la inspección al recibir y en etapas posteriores de aplicación del producto
- Análisis económico. Este tipo de plan compara a los proveedores en cuanto al costo total en dólares para compras específicas
- Plan combinado. El desempeño del proveedor no se limita a la calidad. Incluye la entrega a tiempo, el precio y otras categorías de desempeño

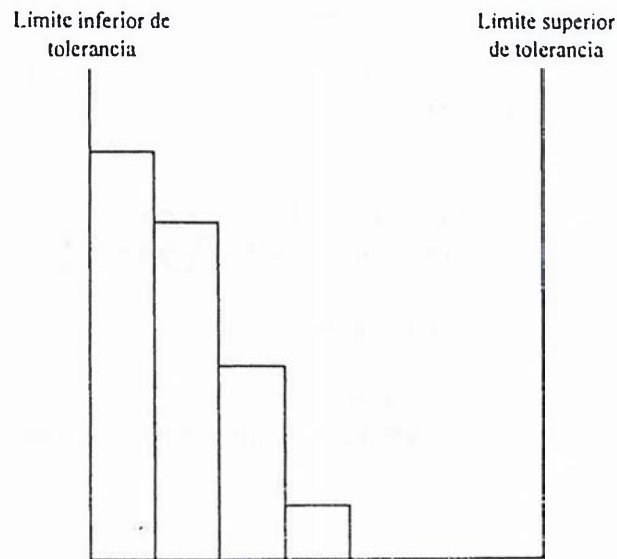
RESUMEN

- Las medidas para las relaciones con los proveedores deben basarse en la información de los clientes, tomar en cuenta las evaluaciones y la retroalimentación además de incluir los indicadores de desempeño, tempranos, concurrentes y atrasados.
- Los requerimientos de calidad y confiabilidad deben darse en términos cuantitativos.
- Los proveedores deben entender que se espera que todos los productos entregados cumplan con las especificaciones.
- Los resultados de los estudios de proveedores se pueden dar en términos cuantitativos.
- Los análisis de histogramas con los datos de los proveedores pueden revelar mucha información sobre los procesos de los proveedores.
- El análisis de Pareto de los datos del proveedor ayuda a establecer prioridades para los esfuerzos de mejoramiento.
- La calificación de la calidad del proveedor proporciona un resumen cuantitativo de su calidad durante un periodo.

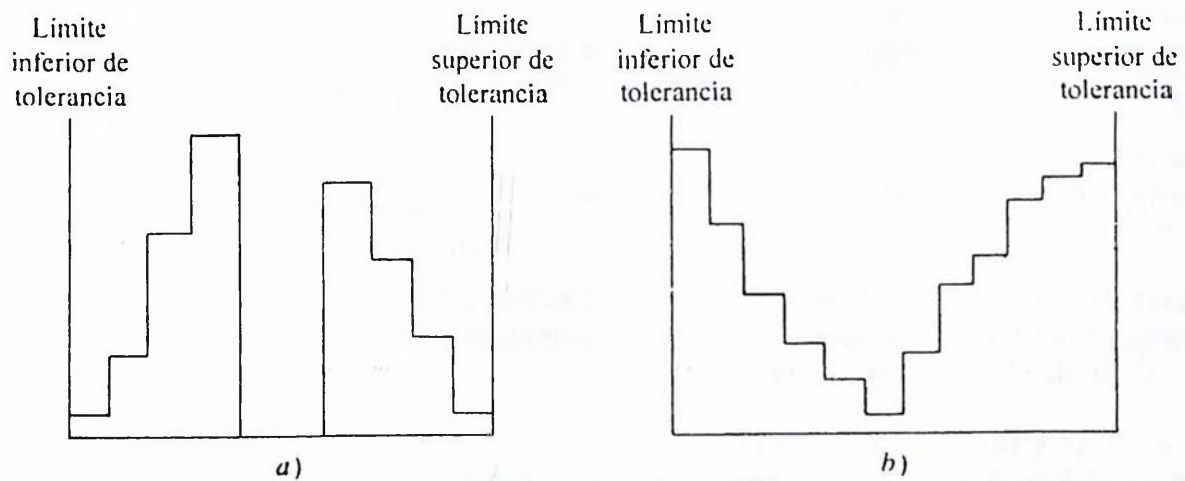
PROBLEMAS

1. Aplique un plan combinado de calificación de proveedores para comparar tres o cuatro de ellos en uno de los siguientes casos: a) cualquier producto aceptable para el profesor; b) una lavadora de ropa; c) un automóvil nuevo; d) una podadora de pasto.
2. Visite una organización local e indague como determinar la calidad de los artículos que compra. Defina los procedimientos específicos utilizados y el uso que se da a la información compilada

3. Puede pensar en una situación, que no sea una inspección del 100%, que dé como resultado el histograma de la figura siguiente.



4. Puede describir lo que causó los histogramas poco comunes de la figura que se muestra a continuación.



5. Se le ha pedido que proponga un procedimiento de calificación de la calidad específica para usarlo en uno de los siguientes tipos de organizaciones: a) una compañía aceptable para el profesor; b) un gobierno municipal; c) un fabricante de juguetes de plástico; d) un banco; e) un fabricante de licores. Investigue en la literatura los procedimientos específicos y elija (o cree) un procedimiento para esa organización.

BIBLIOGRAFIA

- Bossert, James L., ed. (1988).
Procurement Quality Control, 4° ed., ASQC Customer - Supplier Technical Committee,
ASQC Quality Press, Milwaukee.
- Burt, David N. (1989).
"Managing Product Quality Through Strategic Purchasing",
Sloan Management Review, primavera, pp. 39-48.
- Business Week (1978). "A \$100 Million Satellite Error", agosto 7. pp. 52.
- Carter, Joseph R. y Jeffrey G. Miller (1989).
"The Impact of Alternative Vendor/Buyer Communication Structures on the Quality of
Purchased Materials",
Decision Sciences, Otoño, pp. 759-776.
- Gordon, Niall (1990).
"Supplier Quality Partnership Program",
ASQC Quality Congress Transactions pp. 39-49.
- Johnson, Stanley G. (1989).
"Continuous Vendor Improvement —A Proven Approach",
ASQC Annual Quality Congress Transactions, Milwaukee, pp. 10-13.
- Lindbergh, Charles A. (1970).
The Wartime Journals of Charles A. Lindbergh,
Harcourt Brace Jovanovich, Nueva York.
- Maass, Richard A., John O. Brown y James L. Bossert (1990).
Supplier Certification —A Continuous Improvement Strategy.
ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin.
- Miller, G. D. y Ronald J. Kegaris (1986).
"An Alcoa-Kodak Joint Team", Juran Report Number Six,
Juran Institute, Inc., Wilton, Connecticut, pp. 29-34.
- Pence, John L. y P. Saacke (1988).
"A Survey of Companies That Demand Supply Quality",
Marcel Dekker Quality Congress Transactions, Milwaukee, pp. 715-722.

CAPITULO 5

MANUFACTURA

OBJETIVOS

- Poder usar un diagrama de flujo para poder hacer una revisión del diseño del proceso incluyendo una evaluación de la producibilidad
- Conocer el “poka-yoke” y conocimientos de lo necesario para que exista el autocontrol
- Conocer las ventajas y desventajas de la autoinspección
- Conocer algunos términos relacionados con la automatización de la manufactura

CAPITULO 5

MANUFACTURA

5.1 Importancia de la planeación de manufactura para la calidad

Manufactura es la fabricación en gran cantidad de un producto industrial.

Los objetivos para integrar la calidad en la planeación de la manufactura son: Prevenir los defectos y minimizar la variabilidad de los procesos.

Es esencial hacer énfasis en la prevención, debido a la complejidad cada vez mayor de los productos y procesos, la falta de un inventario de seguridad grande para reemplazar los productos defectuosos bajo los sistemas de producción justo a tiempo y el impacto de la manufactura ayudada por computadora.

5.2 Planeación inicial para la calidad

Esta comienza durante la revisión del diseño del producto, resalta la evaluación del diseño del producto según lo adecuado de su desempeño en el campo de trabajo. La revisión del diseño debe incluir también una evaluación de la producibilidad para que cubra los siguientes aspectos:

- Claridad de todos los requerimientos.
- Importancia relativa de las características del producto.
- Efecto de las tolerancias sobre la economía de la manufactura.
- Disponibilidad de los procesos para cumplir con las tolerancias.
- Tolerancias construidas para crear exceso de juego o de interferencia.
- Habilidad para cumplir con requerimientos especiales sobre acabados superficiales, ajustes y otras características.
- Identificación de necesidades especiales para manejo, transporte y almacenamiento durante la manufactura.
- Disponibilidad de procesos de medición para evaluar los requerimientos.
- Facilidad de acceso para la medición.
- Habilidades especiales requeridas para el personal de manufactura.

Esta revisión del diseño del producto debe complementarse con una revisión del diseño del proceso.

5.3 Revisión del diseño del proceso

Un diseño de proceso se puede revisar desplegando el proceso completo en un diagrama de flujo. Existen varios tipos de diagramas útiles. Un tipo muestra las

trayectorias seguidas por los materiales conforme progresan para llegar a ser un producto terminado.

Correlación de las variables del proceso con los resultados del producto:

Muchas compañías no han estudiado sus relaciones entre variables de proceso y resultados de producto. Las consecuencias de esta falta de conocimiento pueden ser graves. En la industria de manufactura de componentes electrónicas, algunas producciones son bajas en extremo y lo más probable es que sigan así hasta que se estudien con detalle las variables del proceso.

Un aspecto crítico de la planeación durante la manufactura es descubrir, mediante la recolección y el análisis de datos, las relaciones entre las características o variables del proceso y las características o resultados del producto. Este conocimiento permite a la planeación crear las características de control del proceso, incluyendo los límites y mecanismos de reglamentación sobre las variables, con el fin de mantener el proceso en un estado estable y lograr los resultados de producto especificados.

Un proceso a prueba de errores

Un elemento importante en la prevención, es el concepto de diseñar el proceso para no tener errores a través de la técnica "a prueba de errores o poka-yoke".

Primera forma: Hacer cosas a prueba de errores es diseñar o rediseñar las máquinas y herramientas, de manera que el error humano sea improbable o, incluso, imposible. Las herramientas se pueden diseñar de manera que detecten automáticamente la presencia y corrijan automáticamente las operaciones anteriores o que un sensor detenga el proceso cuando el suministro de material se agota.

Segunda forma: La redundancia, que requiere que ocurran eventos múltiples e improbables al mismo tiempo, antes de que se pueda crear o pasar un error.

Tercera forma: Ayudar a los seres humanos a reducir su propia falibilidad, a través de amplificar los sentidos y la fuerza muscular humana por medio de la indexación programada con dispositivos, amplificación óptica, señales simultáneas de sensores múltiples, etc....

5.4 Concepto de controlabilidad y autocontrol

Autocontrol: Es cuando se organiza el trabajo de manera que permita a una persona tener dominio completo sobre el logro de los resultados planeados.

Un objetivo ideal para la planeación de la manufactura es colocar a los seres humanos en un estado de autocontrol. Para tener autocontrol, es necesario proporcionar al personal lo siguiente:

Conocimiento de lo que se supone se debe hacer

Este conocimiento por lo general consiste en: el estándar del producto; el estándar de proceso; una definición de la responsabilidad.

Al desarrollar las especificaciones del producto, deben observarse algunas precauciones como son: Proporcionar información que no se preste a confusión; proporcionar información sobre la seriedad; deben explicarse las razones; proporcionar las especificaciones del proceso; y debe crearse una lista de verificación.

Conocimiento de lo que en realidad se está haciendo

Para el autocontrol, las personas deben tener los medios de saber si su desempeño es conforme al estándar. Esta conformancia se aplica a productos, en la forma de especificaciones sobre sus características, y procesos, en las especificaciones sobre sus variables. Este conocimiento se asegura desde tres fuentes primarias que son: Medidas inherentes al proceso, hechas por trabajadores y por los inspectores.

Criterios para la buena retroalimentación a los trabajadores: Las necesidades de los trabajadores requieren que los datos de retroalimentación se puedan leer de un vistazo, puedan manejarse solo los pocos defectos importantes, manejar solo los defectos controlables por el trabajador; proporcionar información rápida sobre síntomas y causas; proporcionar suficiente información para guiar las acciones correctivas.

Retroalimentación relacionada con la acción del trabajador: El trabajador necesita saber que tipo de cambios hacer en el proceso para responder a una desviación del producto. Las fuentes de este conocimiento son: Especificaciones del proceso; experiencia de prueba y error del trabajador, y el hecho de que las unidades de medida para productos y procesos son idénticas.

Retroalimentación a los supervisores: Más allá de la necesidad de retroalimentación en las estaciones de trabajo, existe la necesidad de proporcionar a los supervisores resúmenes de corto plazo. Estos son de varias formas: Resumen matricial, análisis de pareto, análisis de datos e informes por computadora, información de calidad automatizada y lista de verificación.

Un proceso que es capaz de cumplir con las especificaciones y que se puede ajustar para lo mismo

El ajuste del proceso depende de cierto número de factores controlables por la administración que incluyen: El proceso debe ser capaz de cumplir con las tolerancias, el proceso debe responder a las acciones de ajuste, dentro de una relación de causa y efecto; debe capacitarse al trabajador en el uso del mecanismo y procedimientos de ajuste; la acción de ajustar no debe ser desagradable para el trabajador, el proceso debe mantenerse lo suficiente para retener su habilidad inherente.

Hay dos categorías de "controlabilidad" en el trabajador, que son:

1. Controlables por el trabajador: Un defecto es controlable por el trabajador si se han cumplido los tres criterios del autocontrol.
2. Controlables por la administración: Un defecto o no conformancia es controlable por la administración si uno o más criterios de autocontrol no se han cumplido.

Solo la administración puede proporcionar los medios para cumplir con los criterios de autocontrol. Así, cualquier falla al cumplir con ellos es una falla de la administración, y los defectos que resulten se encuentran, por lo tanto, fuera del control de los trabajadores. Esta teoría no es 100% razonable. Es común que los trabajadores tengan la obligación de llamar la atención de la administración respecto a las deficiencias en el sistema de control, y a veces no lo hacen (a veces lo hacen y es la administración la que no actúa). Sin embargo, la teoría es más correcta que equivocada.

El hecho de que los defectos o no conformancias en la planta sean controlables por la administración o por los trabajadores es de primera importancia. Para reducir los primeros se requiere un programa en el que la mayor contribución viene de los gerentes, supervisores y especialistas técnicos. Para reducir las segundas se requiere un tipo diferente de programa en el que el trabajador hace la mayor contribución. La gran diferencia entre estos dos tipos de programas sugiere que los administradores deben cuantificar su conocimiento del estado de la controlabilidad antes de emprender programas importantes.

Un ejemplo de un estudio de controlabilidad se da en la siguiente tabla.

Categoría	%
Controlables por la administración	
Capacitación inadecuada	15
Máquinas inadecuadas	8
Mantenimiento inadecuado de las máquinas	8
Otros problemas del proceso	8
Manejo inadecuado de materiales	7
Mantenimiento inadecuado de herramientas, dispositivos, calibradores (HDC)	6
HDC inadecuados	5
Material equivocado	3
Operación fuera de secuencia	3
Varios	5
Total	
Controlables por el trabajador	
El trabajo no se verifica	11
Operación inadecuada de la máquina	11
Otros	10
Total	32

Se formó un equipo de diagnóstico para estudiar los informes de desperdicio y retrabajo de seis talleres durante 17 días hábiles. Un ingeniero de calidad asignado a la recolección de datos registraba la causa del defecto en cada informe. Cuando la causa no era evidente, el equipo revisó el defecto, y cuando fue necesario, consultó a otros especialistas para identificar la causa. El propósito del estudio era resolver un desacuerdo sobre las causas de alto desperdicio y retrabajos crónicos.

5.5 Autoinspección

En muchas organizaciones el departamento de producción toma decisiones sobre si el proceso debe correr o detenerse. El departamento de inspección toma decisiones sobre si el producto es conformante con las especificaciones o no. Algunas veces es posible hacer que los trabajadores de producción realicen ambas funciones.

En la práctica, muchos administradores tienen la convicción de que no se atreverían a delegar la decisión sobre la conformancia del producto a los trabajadores. Piensan que muchos de los trabajadores harían que su cuota de producción se cumpliera aceptando un producto de baja calidad.

El punto en cuestión es si los trabajadores de producción deben tomar las decisiones de conformancia sobre el producto que hacen. Lo que ha emergido en algunas compañías es el concepto de autoinspección. Bajo este concepto, toda la inspección y todas las decisiones de conformancia son tomadas por los mismos tanto sobre el proceso como sobre el producto.

El departamento de calidad inspecciona de manera periódica una muestra aleatoria para asegurar que el proceso de toma de decisiones que usan los trabajadores para aceptar o rechazar todavía es válido. La auditoría verifica el proceso de toma de decisiones.

Ventajas de la auto-inspección

La autoinspección tiene ventajas definitivas sobre la delegación tradicional de la inspección a un departamento separado:

- Los trabajadores de producción sienten más responsabilidad por la calidad de su propio trabajo.
- La retroalimentación sobre el desempeño es inmediata, lo que facilita los ajustes al proceso.
- Se pueden reducir los costos de un departamento de inspección separado.
- La ampliación del trabajo que tiene lugar al agregar la inspección a la actividad de producción del trabajador ayuda a reducir la monotonía y el aburrimiento inherentes a muchos trabajos.
- La eliminación de una estación de inspección específica para todos los productos reduce el tiempo del ciclo total de manufactura.

Pasos para instituir la autoinspección

Si ha de darse a los trabajadores la decisión sobre la conformancia del producto, es necesario decidir si debe darse esta responsabilidad a todos los trabajadores o solo a aquellos que han demostrado habilidad para tomar buenas decisiones. Estos pasos son:

1. Capacitar a los trabajadores en la toma de decisiones.
2. Establecer un sistema de identificación del producto y preservación de orden.
3. Instituir un período de prueba durante el cual los trabajadores toman decisiones de conformancia y los inspectores duplican esta toma de decisiones.
4. Dar licencias (para tomar decisiones de no conformancia) solo a aquellos trabajadores que demuestren su competencia.
5. Instituir, para los trabajadores con licencia, una auditoria de decisiones.
6. Según los resultados de las auditorías, se continúa con las licencias, o se suspenden.
7. Llevar a cabo nuevas pruebas en forma periódica como un esfuerzo para calificar a los trabajadores sin licencia.

Criterios para la autoinspección

- La calidad debe ser la primera prioridad dentro de la organización.
- Es necesaria la confianza mutua.
- Los criterios para el autocontrol se deben cumplir.
- Las especificaciones deben ser claras y sin lugar a dudas.
- La naturaleza del producto debe ser tal que permita la asignación de una responsabilidad clara respecto a la toma de decisiones.

5.6 Manufactura automatizada

La automatización sigue su curso. Varios términos se han vuelto importantes:

- **Manufactura integrada por computadora (MIC).** Este es el proceso de usar una computadora en forma planeada desde el diseño hasta la manufactura y el envío del producto.
- **Manufactura ayudada por computadora (MAC).** Este es el proceso en que se usa la computadora para planear y controlar el trabajo de equipos específicos.
- **Diseño ayudado por computadora (DAC).** Este es el proceso mediante el cual una computadora ayuda en la creación o modificación de un diseño.

Esto está produciendo grandes incrementos en la productividad de las empresas, y también ésta puede beneficiar en algunas otras formas, como siguen:

- Puede eliminar parte de la monotonía o de la tarea fatigante que causa errores en los seres humanos.
- La variación del proceso se puede reducir con el control automático y los ajustes continuos de las variables del proceso.
- El número de preparaciones se puede reducir.

- Las máquinas no solo miden el producto, también lo registran, resumen y despliegan los datos para los operadores de la línea de producción.

Funciones esenciales de la manufactura integrada por computadora

Integrar la computadora desde el diseño hasta el envío implica una red de funciones y sistemas de cómputo asociados. Willis y Sullivan (1984, p. 32) describen esto en términos de ocho funciones esenciales:

1. Diseño y dibujos (CAD/CAM)
2. Programación y control de la producción
3. Automatización del proceso
4. Control de procesos
5. Manejo de materiales y almacenamiento
6. Programación y control del mantenimiento
7. Administración de la distribución
8. Financiamiento y contabilidad.

Un sistema CIM de éste se apoya en un fundamento de bases de datos que cubren tanto los datos de manufactura como los de producción.

Tecnología de grupos

La tecnología de grupos es el proceso de examinar todos los artículos fabricados por una compañía para identificar aquellos con suficientes similitudes que se pueda usar un diseño o un plan de manufactura común. El objetivo es reducir el número de nuevos diseños o planes de manufactura. Además de los ahorros en recursos, la tecnología de grupos puede mejorar la calidad del diseño y la calidad de conformancia usando diseño y planes probados.

Sistema de manufactura flexible (SMF)

Un SMF es un grupo de varias máquinas y herramientas controladas por computadora, unidas por un sistema de manejo de materiales y un servidor para procesar un grupo de partes

Kegg (1984) resume la evolución de una máquina y un operador de un sistema flexible en seis pasos:

1. Los elementos básicos son una máquina y un operador.
2. La inteligencia electrónica se agrega en forma de un control computarizado.
3. Se agregan dispositivos automáticos para cambiar herramientas y la carga y descarga de material de trabajo.
4. Se agregan a la máquina dispositivos sensoriales que permiten que los ajustes se hagan automáticamente.
5. La célula de trabajo está ligada con otras áreas de la planta.

6. Se logra la integración de todas las funciones, del diseño y la planeación de la manufactura al control de inventarios, programación y control en la planta al comunicar automáticamente todos los sistemas entre sí.

5.7 Auditorías de calidad del proceso

Una auditoría de calidad es una evaluación independiente de varios aspectos del desempeño de calidad con el propósito de proporcionar información en aquellos que tienen la necesidad de asegurar ese desempeño. Diferentes tipos de auditorías:

- a) Auditorías de calidad en los sistemas.
- b) Auditorías del producto.

5.8 Cultura de calidad y de producción en la planta

Es necesario, pero no suficiente, cumplir con los criterios de autocontrol, aún si se cumplen los tres criterios desde un principio, quedan dos problemas:

1. Pueden ocurrir errores del trabajador. Las causas de algunos de esos errores pueden corregirse.
2. Las condiciones cambian y el resultado es la violación de los criterios de autocontrol.

RESUMEN

- Las actividades para integrar la calidad a la planeación de la producción tienen dos objetivos: Prevenir defectos y minimizar la variabilidad.
- Al crear un diagrama de flujo, se pueden separar un proceso de manufactura y el plan para la calidad en cada estación de trabajo.
- Para prevenir defectos y minimizar la variabilidad se deben descubrir las relaciones entre las variables del proceso y los resultados del producto.
- Hacer que un proceso sea a prueba de errores es un elemento importante para la prevención.
- Para que los seres humanos se encuentren en un estado de autocontrol, debe proporcionárseles el conocimiento de lo que deben hacer, de lo que están haciendo en realidad y un proceso capaz de cumplir con las especificaciones y que se pueda ajustar.
- El fracaso para cumplir estos tres criterios significa que el problema de calidad es controlable por la administración, estos son los responsables de alrededor de un 80% de ellos.
- Las responsabilidades de calidad en la planta se definen mejor en términos de decisiones y acciones específicas.
- Bajo el concepto de autoinspección, el trabajador de producción toma decisiones de conformancia, con una auditoría independiente del departamento de calidad.
- La manufactura integrada por computadora es el proceso de aplicar una computadora de manera planeada, desde el diseño hasta la manufactura y el envío; la manufactura ayudada por computadora es el proceso en el cual una computadora

es usada para planear y controlar el trabajo de equipos específicos y ayuda a la creación o modificación de un diseño.

- En el concepto de tecnología de grupos se examinan todos los artículos para identificar aquellos con suficiente similitud como para que se pueda usar un diseño o un plan de manufactura comunes.
- En un sistema de manufacturas flexibles, un grupo de varias máquinas y herramientas controladas por computadora se ligan por un sistema de manejo de materiales y una minicomputadora para procesar por completo un grupo de partes.
- Una auditoría de sistemas de calidad es una evaluación independiente de cualquier actividad que puede afectar la calidad del producto final.

PROBLEMAS

1. Para una operación de manufactura específica con la que esté familiarizado, describa como llevaría a cabo un estudio de controlabilidad.
2. Su planta acaba de llevar a cabo un estudio de controlabilidad mediante un análisis de las causas de una muestra grande de partes defectuosas. Los resultados indican que el 45% de las causas eran controlables por el trabajador y 55% eran controlables por la administración. Se planea un programa (diagnostico de causas específicas, determinación de remedios, etc.) para los problemas controlables por la administración. Para los controlables por el trabajador, se planea un programa de motivación para el trabajador que produce baja calidad. Se le pide que comente sobre este enfoque.
3. Estudie el sistema de retroalimentación del desempeño disponible en cualquiera de las siguientes categorías de personas y reporte sus conclusiones sobre la adecuación de esta retroalimentación para controlar la calidad de desempeño.
 - a. un conductor de tránsito de una ciudad
 - b. un estudiante en su escuela
 - c. una cajera
4. Para cualquier proceso al que pueda tener acceso, determine la forma más importante y dominante que afecte el logro de la calidad.

BIBLIOGRAFIA

- Dedhia, Navin S. (1985).
"Process Audit System Effectiveness", Annual Conference Proceedings
European Organization for Quality Control, Berna, Suiza, pp. 159-173
- Eibl, Siegfried, Ulrike Kess y Friedrich Pukelsheim (1992).
"Achieving a Target Value for a Manufacturing Process"
Journal of Quality Technology, enero, pp. 22-26.
- Fisher, James R. (1983).
"Computer Assisted Net Weight Control"

Quality Progress, junio, pp. 22-251

Fukuda, Ryuji (1981).
"Introduction to the CEDAC"
Quality Progress, noviembre, pp. 14-19.

Gunn, Thomas G. (1982).
"The Mechanization of Design and Manufacturing",
Scientific American, septiembre, p. 121.

Kegg, Richard L. (1984).
"Quality and Productivity in Manufacturing Systems",
Second Bi-Annual Machine Tool Technical Conference,
National Machine Tool Builders Association,
Gaithersburgh, Maryland, pp. 9-71 a 9-86.

Kegg, Richard L. (1985).
"Quality and Productivity in Manufacturing Systems",
Annals of the CIRP (International Association for Production Research),
Paris, vol. 34, núm. 2, pp. 531-534.

Nakajo, Takeshi y Hitoshi, Kume (1985).
"The Principles of Fool proofing and Their Application in Manufacturing",
Reports of Statistical Application Research,
Union of Japanese Scientists and Engineers, Tokyo, vol. 32, núm. 2, junio, pp. 10-29.

Phillip, Thomas .1. (1982).
"Quality System Concepts in the CAD/CAM Era"
ASQC Quality Congress Transactions, Milwaukee, pp. 569-573.

Siff, Walter C. (1984).
"The Strategic Plan of Control —A Tool for Participative Management",
ASQC Quality Congress Transactions, Milwaukee. pp. 384-390.

U. S. Air Force (1959).
"Course Notes for Management of Quality Control"
Washington, D. C.

Willis, RogerG. y Kevin H. Sullivan (1984).
"CIMS in Perspective: Costs, Benefits, Timing, Payback Periods Are Outlined"
Industrial Engineering, febrero, vol. 16, núm. 2, pp. 23-36.

CAPITULO 6

ADMINISTRACIÓN DE LOS PROCESOS

OBJETIVOS

Conocer el alcance de la administración de los procesos y sus prácticas principales

Conocer el proceso para diseñar un producto

Conocer los costos que afectan la fabricación de un producto

Saber cuales problemas legales y del entorno están involucrados con el producto

Proveer con la noción de procedimientos básicos para el diseño de procesos de producción y como controlar los mismos

Poder conocer algunas de las consideraciones especiales en el diseño de los procesos de servicios

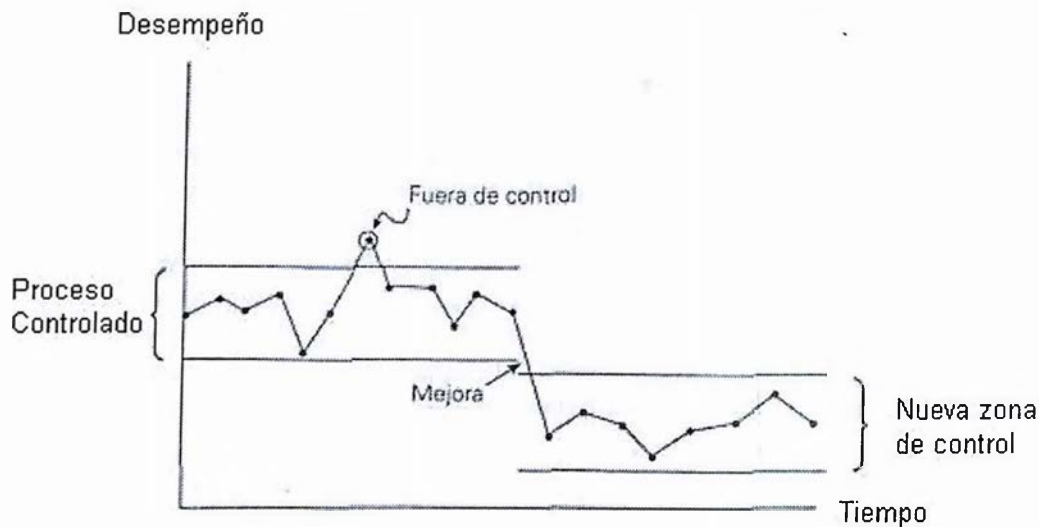
Conocer sobre la filosofía del Kaizen o cero errores

Conocer sobre el benchmarking y la reingeniería, métodos usados por empresas para alcanzar sus metas y objetivos

CAPITULO 6

ADMINISTRACION DE LOS PROCESOS

La administración de los procesos consiste en la planeación y administración de las actividades necesarias para lograr un elevado nivel de desempeño en un proceso y en la identificación de oportunidades para mejorar la calidad y el desempeño operacional y, finalmente, en la satisfacción del cliente. Comprende el diseño, control y mejora de los procesos claves del negocio. El diseño se enfoca a la prevención de una mala calidad, asegurando que los productos cumplen con las necesidades del cliente y que los procesos de producción y entrega son capaces de alcanzar niveles elevados de rendimiento. La distinción entre control y mejoras se ilustra en la siguiente figura:



La esencia del control es eliminar la causa de estas situaciones anormales y mantener un desempeño uniforme. La mejora, por otra parte, significa modificar el desempeño y elevarlo a un nuevo nivel. Las actividades de administración de los procesos ayudan a evitar defectos y errores, eliminan desperdicios y redundancias y, por lo tanto, conducen a una mejor calidad y a un mejor desempeño de la empresa, mediante tiempos de ciclo más cortos, mayor flexibilidad y sensibilidad más rápida hacia el cliente.

6.1 El alcance de la administración de los procesos

Un proceso es una secuencia de actividades que tienen la finalidad de lograr algún resultado, generalmente crear un valor agregado para el cliente. Esencialmente, todo trabajo en una organización se lleva a cabo mediante algún proceso.

Los individuos o grupos, conocidos como **propietarios de procesos**, son responsables del desempeño del proceso y tienen autoridad para modificarlo y mejorarlo. Las empresas líderes identifican los procesos importantes del negocio que afectan la satisfacción del cliente. Éstos generalmente se ubican en cuatro categorías:

1. Procesos de diseño.
2. Procesos de producción y entrega.
3. Procesos de apoyo.
4. Procesos de proveeduría.

Los procesos de diseño comprenden tanto el diseño del producto (es decir, el bien manufacturado o el servicio) así como los procesos de producción y entrega que crean o entregan el producto.

El diseño del producto comprende todas las actividades que se llevan a cabo para incorporar las necesidades del cliente en las especificaciones funcionales del mismo, y define, por lo tanto, la idoneidad del mismo para su uso.

El diseño influye de manera importante en la eficacia de la manufactura, así como en la flexibilidad de las estrategias de servicio y, por lo tanto, debe coordinarse con los procesos de producción y entrega.

Aquellos diseños y procesos de producción y entrega que impulsan la creación de productos y servicios, que son determinantes para la satisfacción del cliente y que tienen un impacto mayor sobre las metas estratégicas de una organización se consideran generalmente los procesos centrales del negocio. Los procesos de apoyo son vitales para la operación de un negocio, pero por lo general no agregan valor al producto o servicio directamente. Los procesos centrales son esenciales para agregar valor a los productos y servicios y, por lo tanto, requieren de un nivel más elevado de atención que los de apoyo.

En general, los procesos centrales están impulsados por necesidades de clientes externos, en tanto, que los procesos de apoyo están impulsados por necesidades de clientes internos.

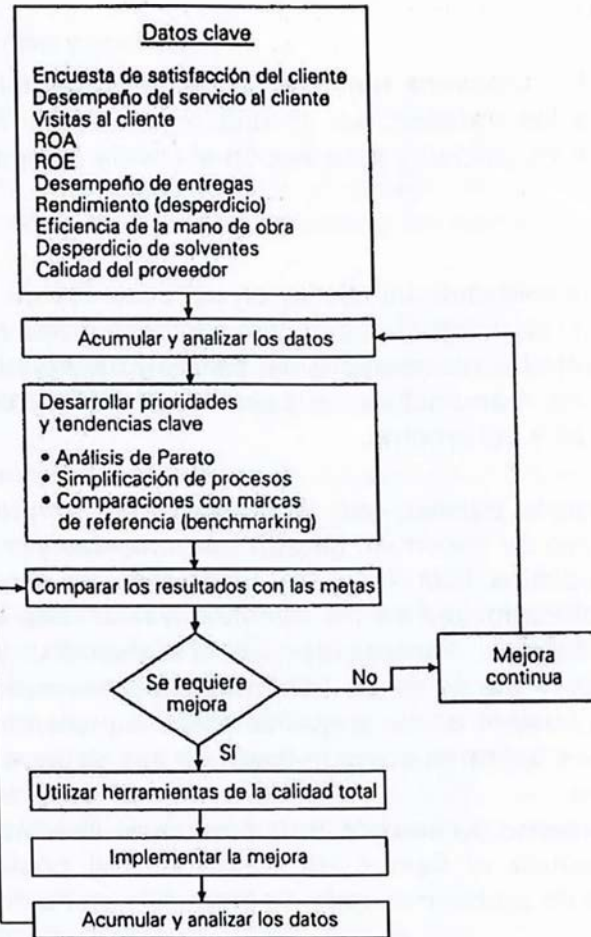
Para muchos negocios, los bienes y servicios proporcionados por los proveedores representan una porción significativa del costo y del valor del producto final. Son proveedores no sólo las empresas que suministran materias primas y componentes, sino también los distribuidores, las empresas de transporte y quienes proporcionan información sobre los cuidados a la salud y educación. Los proveedores claves pueden proporcionar diseños originales, cierto tipo de integraciones o capacidades de mercadeo, no disponibles en la rama industrial. Por tanto, los proveedores claves pueden ser parte importante de la consecución de objetivos estratégicos. La administración y relaciones con proveedores es por tanto un proceso importante del negocio.

Para aplicar las técnicas de administración del proceso, estos deben ser repetibles y medibles. La repetición significa que el proceso debe repetirse en el tiempo. El ciclo puede ser largo, como en el caso de procesos de desarrollo de productos o de aplicación de patentes; o pueden ser cortos, como en el caso de una operación de manufactura o de un proceso de recepción de pedidos. La repetición asegura que se han recogido suficientes datos para revelar información útil. La información que se obtiene a través de la medición revela patrones en relación con el desempeño del proceso. A su vez, la capacidad de predecir el desempeño facilita la detección de condiciones fuera de control y la búsqueda de mejoras.

Prácticas principales

La administración de los procesos requiere un esfuerzo disciplinado que involucra a todos los gerentes y a los trabajadores de una organización. Empresas reconocidas como líderes mundiales en calidad y satisfacción al cliente comparten algunas prácticas comunes.

- Traducen las necesidades del cliente en necesidades de diseño del producto y servicio desde el principio del proceso de diseño, tomando en consideración vinculaciones entre las necesidades del diseño y del producto, y las necesidades del proceso y de manufactura, la capacidad de los proveedores, así como problemas legales y del entorno.
- Se aseguran que la calidad esté incorporada en los productos y servicios, y durante el proceso de desarrollo utilizan herramientas y métodos apropiados de ingeniería y estadística. IBM Rochester utiliza técnicas estadísticas para estudiar prioridades e intercambios de los clientes; valida esta información mediante concejos de clientes, encuestas de satisfacción y otras formas de retroalimentación; y mantiene un Laboratorio de asociados en software, en el cual los clientes pueden certificar que se están cumpliendo los requerimientos y que los programas operarán correctamente en sus sistemas.
- Administran el proceso de desarrollo de productos para mejorar la comunicación interfuncional, reducir el tiempo de desarrollo del producto y asegurar una introducción libre de problemas tanto de productos como de servicios.
- Definen y documentan procesos importantes de función, entrega y apoyo, y los administran como actividades importantes del negocio. Armstrong Building Products Operations tiene dos procesos principales de producción: Formado y acabado. Estos procesos se documentan por escrito con especificaciones y procedimientos de proceso. La documentación también incluye un plan de medición para los atributos de calidad durante el proceso y del producto terminado, métodos de prueba, condiciones estándar de operación, ajustes del equipo y fórmulas del producto. Los procesos logísticos también se documentan y vinculan con otros procesos, utilizando diagramas de flujos de procesos.
- Definen las necesidades de desempeño para los proveedores, aseguran que se cumplen con los requerimientos y desarrollan relaciones de asociación con proveedores claves.
- Mejoran continuamente los procesos para lograr una mejor calidad, un mejor tiempo del ciclo o un mejor desempeño general de operación. Las empresas más importantes emplean procedimientos sistemáticos para analizar los datos e identificar mejoras. La figura que aparece a continuación, por ejemplo, muestra el proceso utilizado en Ames Rubber Corporation. Observe que este proceso se apoya mucho en el análisis de una diversidad de mediciones e información. Las empresas más importantes usan técnicas probadas, como por ejemplo el análisis y simplificación de procesos y tecnologías avanzadas.



- Controlan la calidad y el desempeño operacional de los procesos claves y utilizan, métodos sistemáticos para identificar variaciones significativas en el desempeño operacional y en la calidad de los resultados, para determinar las causas de raíz, efectuar correcciones y verificar los resultados.
- Establecen "metas flexibles" y utilizan ampliamente las marcas de referencia y la reingeniería para obtener un desempeño por los avances tecnológicos. Las metas optimistas obligan a la organización a pensar de manera distinta. Este pensamiento radical dá como resultado una significativa innovación y saltos cuánticos en el desempeño. Las marcas de referencia y la reingeniería apoyan la innovación. Las marcas de referencia consisten en la búsqueda de la mejor práctica, en cualquier empresa, en cualquier industria, en cualquier parte del mundo.

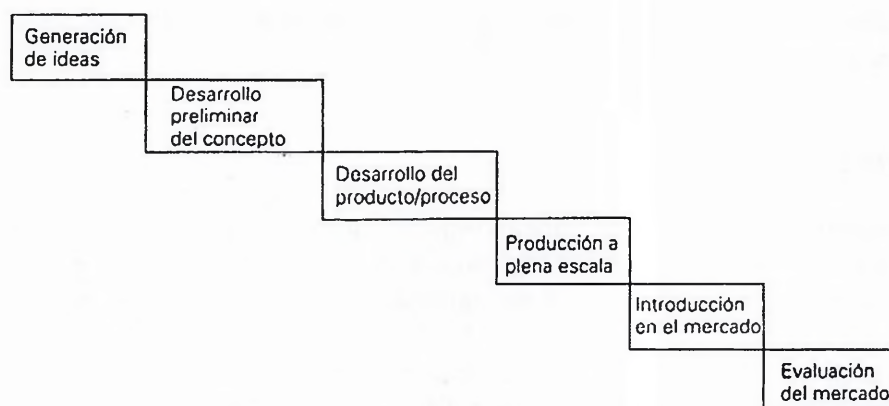
6.2 Procesos de diseño de los productos

Los diseños mejorados no sólo reducen los costos, sino que mejoran la calidad. Por ejemplo, cerca de 1990, una tarjeta de interfaz de red contenía aproximadamente 40 chips; cinco años después, toda la tarjeta de sistema del Performa 5200 de Macintosh contenía apenas 19. Con menos componentes, hay menos puntos de falla y menos oportunidades de error en el ensamble. Actualmente, las empresas enfrentan presiones

increíbles para mejorar continuamente la calidad de sus productos y mantener al mismo tiempo los costos, con requisitos legales y del entorno cada vez mayores, y reducir los ciclos de vida del producto, a fin de cumplir con las variaciones en las necesidades del cliente y mantenerse competitivos.

La mayoría de las compañías tiene algún tipo de proceso estructurado para el desarrollo de los productos. Aunque tendemos a identificar el desarrollo de productos con los bienes manufacturados, es importante darnos cuenta que los procesos de diseño son también aplicables a los servicios.

El proceso característico de desarrollo de productos que se muestra en la siguiente figura, está constituido por seis fases.



1. Generación de ideas. Las ideas respecto a productos nuevos o rediseñados deben incorporar las necesidades y expectativas del cliente. Sin embargo, las verdaderas innovaciones a menudo trascienden los deseos expresos de los clientes, simplemente debido a que éstos quizás no sepan lo que les agrada hasta que lo quieren.
2. Desarrollo preliminar del concepto. En esta fase se estudian nuevas ideas en función de su factibilidad, respondiendo preguntas tales como: ¿Cumplirá el producto con las necesidades del cliente? ¿Es posible fabricarlo económicamente con una elevada calidad? Se necesitan criterios objetivos para medir y probar los atributos asociados con estas preguntas. Una herramienta para ayudar en éste y los pasos subsiguientes es el despliegue de la función de calidad
3. Producción a plena escala. Si no aparecen problemas serios, la empresa libera el producto a los equipos de manufactura o de entrega de servicios.
4. Introducción en el mercado. El producto se distribuye a los clientes.
5. Desarrollo del producto/proceso. Si alguna idea sobrevive a la etapa conceptual, de las cuales muchas no lo hacen, empieza el proceso real de diseño mediante la determinación las especificaciones de ingeniería para todas las materias primas, componentes y piezas. Esta fase, por lo general, incluye las pruebas de prototipo, en las cuales se construye modelo (real o simulado) a fin de probar las propiedades físicas del producto, o su uso en condiciones de operación real, así como la reacción, por parte del cliente, a los prototipos.

6. Evaluación del mercado. Deming y Juran propugnaban por un proceso continuo de desarrollo de productos que se apoye en la evaluación del mercado y en la retroalimentación del cliente para iniciar mejoras continuas. De hecho, en 1950 la conferencia introductoria de Deming a los gerentes japoneses comparaba las formas "antiguas" necesarias del producto —diseñarlo, fabricarlo e intentar venderlo— con una "nueva forma":

- Diseñar el producto (con los ensayos apropiados).
- Fabricarlo y probarlo en línea de producción y en laboratorio.
- Ponerlo en el mercado.
- Probarlo en servicio a través de la investigación de mercados; averiguar lo que piensa el usuario del producto y por qué quien no es usuario no lo ha adquirido.
- Volver a diseñar el producto, a la luz de la reacción, por parte del consumidor, a la calidad y al precio.

Ingeniería de calidad

Muchos procedimientos modernos para la ingeniería de calidad provienen del trabajo de Genichi Taguchi. Quien concibe la ingeniería de calidad como compuesta por tres elementos: diseño del sistema, diseño de parámetros y diseño de tolerancias.

El diseño del sistema es el proceso de aplicar conocimientos científicos y de ingeniería a la producción de un diseño básico funcional, que satisfaga a la vez las necesidades del cliente y las necesidades de la manufactura. La primera pregunta que debe hacer un diseñador es: ¿Qué es lo que el producto pretende hacer? La función de un producto debe estar impulsada por las necesidades del cliente.

El desarrollo de un diseño básico funcional requiere traducir las necesidades del cliente en requerimientos técnicos medibles y, subsecuentemente, en especificaciones de diseño. Las características técnicas, conocidas a veces como características de diseño, convierten la voz del cliente en lenguaje técnico, específicamente en mediciones de ingeniería de desempeño del producto. El desarrollo de estas especificaciones es tarea del diseño de parámetros y tolerancias.

El diseño de parámetros establece las especificaciones, que representan la transición del concepto del diseñador a un diseño producible. Las especificaciones de manufactura son las dimensiones nominales y las tolerancias. Nominal significa la dimensión ideal, o el valor meta, que la manufactura busca conseguir; la tolerancia es la variación permisible, si se reconoce la dificultad de poder cumplir de manera consistente con una meta.

Las tolerancias son necesarias, ya que no todas las piezas se pueden producir exactamente de acuerdo con las especificaciones nominales, debido a variaciones naturales (causas comunes) en los procesos de producción, ocasionadas por las "5 M": mujeres y hombres, materias primas, máquinas, métodos y mediciones. No es posible reducir la variación por causas comunes, a menos que la tecnología de producción (por lo menos una de las 5 M) cambie. Si un proceso es incapaz de producir cumpliendo con ciertas especificaciones de diseño; la administración debe ponderar el costo de adquirir nueva tecnología, contra las consecuencias y costos relacionados con aceptar

producción fuera de especificación. Estos costos podrían incluir, entre otros, una inspección al 100%, aceptar partes fuera de especificación posteriormente dentro del proceso de producción y la posible pérdida de clientes presentes y futuros.

Las tolerancias muy severas tienden a elevar el costo de manufactura, pero también incrementan la capacidad de intercambio de piezas en planta y en el campo, en el desempeño del producto, en duración y en apariencia. Las tolerancias muy amplias, por otra parte, incrementan el uso de materiales, el caudal de las máquinas y la productividad de la mano de obra, pero tienen un impacto negativo en las características del producto, según se explicó anteriormente.

Por lo tanto, los factores que pugnan por aumentar las tolerancias comprenden: Las necesidades de planeación de la producción; el diseño, fabricación y puesta en marcha del herramental; el ajuste y reemplazo del herramental; el rendimiento del proceso; el control y mantenimiento de la inspección y de los calibradores; y las necesidades de mano de obra y supervisión.

Costo y facilidad de fabricación

El diseño del producto afecta a los costos de manufactura (mano de obra directa e indirecta, materias primas y gastos generales), los costos de garantía y reparaciones en el campo, así como el volumen de actividades de rediseño.

Muchas veces una simplificación en el diseño puede mejorar el costo. Al reducir el número de piezas, los costos de las materias primas por lo general bajan, se reducen los niveles de inventario, se reduce el número de proveedores, y el tiempo de producción puede disminuir. IBM, por ejemplo, obtuvo muchos beneficios al diseñar una nueva impresora de matriz de puntos, la Proprinter. IBM había estado adquiriendo sus impresoras de matriz de puntos de Seiko Epson Corporation, el productor mundial a bajo costo. Cuando IBM desarrolló una impresora con 65% menos piezas, diseñadas para ensamblarse a mano en su montaje final sin necesidad de sujetadores, el resultado fue una reducción de 90% en el tiempo de ensamble y grandes reducciones en costos. Muchos aspectos del diseño del producto pueden afectar de manera adversa la facilidad de manufactura y, por lo tanto, la calidad.

El diseño de un producto afecta la calidad en el domicilio del proveedor y en la planta del fabricante. Una causa frecuente de problemas de calidad con el proveedor es una especificación incompleta o no precisa de lo que debe proveer. Este problema a menudo ocurre con piezas especiales y es causado por debilidades en el proceso de diseño, por ingenieros que no siguen los procedimientos establecidos o por mal manejo del proceso de procuración y compras. Cuanto mayor sea el número de piezas diferentes y mayor el número de proveedores involucrados, es más probable que un proveedor reciba una especificación incorrecta o incompleta para sus piezas. Este tipo de problema se puede reducir diseñando un producto alrededor de piezas de preferencias (aquéllas ya aprobadas con base en su confiabilidad y fuente calificada de suministros), minimizando en el diseño el número de componentes y obteniendo dichas piezas a partir de un mínimo de proveedores.

El diseño para la facilidad en la manufactura (DFM). Es el proceso de diseñar un producto para una producción eficiente al nivel más elevado de calidad. Este pretende

evitar diseños del producto que simplifiquen operaciones de ensamble, pero que requieran componentes más complejos y costosos; diseños que simplifiquen la manufactura del componente y al mismo tiempo compliquen el proceso de ensamble, y diseños simples y poco costosos de producir, pero difícil o muy costoso darles servicio o apoyo.

Problemas legales y del entorno

La seguridad en los productos para el consumidor representa un problema principal de diseño. Las preocupaciones respecto a la responsabilidad hacia terceros son la causa de que muchas empresas dejen de lado ciertas actividades de desarrollo de productos. Por ejemplo, Unison Industries, Inc., de Rockford, Illinois, desarrolló un sistema nuevo de encendido electrónico de estado sólido para aeronaves de motores a pistón. La empresa descartó el producto después de pruebas de prototipo. Unison dice que fue demandada con relación a accidentes de aeronaves en las cuales ni siquiera estaban instalados sus productos. Simplemente liberarse de estas demandas resultó por sí mismo costoso.

Todos los responsables del diseño, manufactura, ventas y servicios de un producto defectuoso son ahora responsables por daños a terceros. De acuerdo con la teoría de la responsabilidad estricta a terceros, cualquiera que vende un producto defectuoso o peligroso fuera de lo razonable está sujeto a responsabilidad por cualquier daño físico causado al usuario, al consumidor o a la propiedad de cualquiera de ellos. Esta ley es aplicable cuando el vendedor está en el negocio de vender el producto, y el producto llega al consumidor sin un cambio considerable en su estado, incluso si el vendedor ha puesto todo el cuidado posible en la preparación y venta del producto. Lo importante es si existe un efecto directo o indirecto. Si es posible establecer la existencia de un defecto, por lo general el fabricante será el responsable. Un quejoso sólo necesita probar que (1) el producto era defectuoso, (2) el defecto estaba presente cuando el producto cambió de manos, y (3) el defecto causó daños.

En la doctrina de la responsabilidad estricta hacia terceros, se requiere que el fabricante demuestre su inocencia. Esto es, el fabricante debe probar que sería altamente improbable que se embarque un producto en una situación defectuosa. La situación defectuosa podría significar un defecto de diseño, una mala implementación del diseño, advertencias inadecuadas, instrucciones incorrectas, la omisión en la previsión del mal uso, materias primas inadecuadas, errores de ensamble, pruebas inadecuadas u omisión de las acciones correctivas. Por tanto, vemos que la responsabilidad se extiende a todo lo largo de todas las etapas de la producción.

La atención a la calidad del diseño puede reducir de manera importante la posibilidad de las demandas de responsabilidad de productos hacia terceros, y también puede proporcionar evidencia de apoyo en la argumentación de defensa. La responsabilidad convierte en una necesidad la documentación de los procedimientos del aseguramiento de la calidad. Una empresa debe registrar toda evidencia que demuestre que el diseñador ha establecido procedimientos de prueba y vigilancia de las características decisivas del producto. También deben documentarse la retroalimentación sobre los resultados de la prueba y la inspección, junto con las acciones correctivas realizadas. Incluso un empaque y procedimientos de manejo adecuados no resultan inmunes al

examen en demandas de responsabilidad de terceros, ya que el empaque también se encuentra dentro del tramo de control del fabricante.

Los gerentes deben abordar las preguntas siguientes:

- ¿Es el producto razonablemente seguro para el usuario final?
- ¿Qué posibilidades tendría de resultar mal?
- ¿Está ausente algún dispositivo de seguridad necesario?
- ¿Qué tipo de etiquetas e instrucciones de advertencia deberían incluirse?
- ¿Qué llamarían los abogados "uso razonablemente previsible"?
- ¿Cuáles son algunas de las condiciones climáticas o de entorno extremas para las cuales debe ser probado el producto?
- ¿Qué similitudes tiene el producto con otros que hayan tenido problemas anteriores?

Además de los problemas legales, en la actualidad los problemas ambientales tienen un impacto sin precedentes en los diseños de productos y procesos. En 1993 se estima que fueron descartados 350 millones de aparatos domésticos y de oficina. Los aparatos para cuidado personal, como las secadoras de pelo, se descartan a la tasa de 50 millones por año. La presión de grupos ecologistas que reclaman diseños "socialmente sensibles", los estados y los municipios se están quedando sin espacios disponibles para enterrar desechos, y los clientes que desean lo máximo por su dinero han puesto a los diseñadores y gerentes a considerar detenidamente la idea de "diseño para el desensamblable". El diseño para el desensamblable está formado por dos componentes: Capacidad de reciclaje y de reparación. Los productos reciclables están diseñados para desarmarse y reparar, reacondicionar, fundir o rescatar de alguna otra manera para la reutilización de sus componentes.

¿Cómo modernizar el proceso de desarrollo del producto?

No es posible sobreestimar la importancia que tiene la rapidez en el desarrollo del producto. Para tener éxito en mercados altamente competitivos, las empresas deben sacar nuevos productos con rapidez. Cuando en el pasado los fabricantes de automóviles tardaban de cuatro a seis años para desarrollar nuevos modelos, la mayoría compite en la actualidad para hacerlo en un plazo de 24 meses. De hecho, la meta de Toyota es de ¡apenas 18 meses! El proceso se puede mejorar con diversas tecnologías avanzadas, como el diseño asistido por computadora (CAD, por sus siglas en inglés), la manufactura asistida por computadora (CAM, por sus siglas en inglés), los sistemas flexibles de manufactura (FMS, por sus siglas en inglés) y la manufactura integrada por computadora (CIM, por sus siglas en inglés). Estas tecnologías automatizan y vinculan los procesos de diseño y de manufactura, reducen los tiempos del ciclo y eliminan la posibilidad de error humano y, por tanto, mejoran la calidad. Esta automatización es un factor significativo en Toyota.

Una de las barreras de mayor importancia para un desarrollo eficiente de los productos es una deficiente cooperación dentro de la organización. Un desarrollo exitoso del producto demanda la participación y cooperación de muchos diferentes grupos

funcionales dentro de una organización, a fin de que identifiquen y resuelvan problemas de diseño e intenten reducir los tiempos de desarrollo e introducción del producto. Todos los departamentos desempeñan funciones determinantes en el proceso de diseño. El objetivo del diseñador es diseñar un producto que satisfaga las necesidades funcionales deseadas.

El objetivo del ingeniero de manufactura es producirlo con eficacia. La meta del personal de ventas es vender el producto, y la meta del personal de finanzas es tener una utilidad. Las compras buscan componentes que cumplan los requerimientos de calidad. Empaque y distribución entrega el producto al cliente en un buen estado de operación. Obviamente, todas las funciones del negocio tienen participación en el producto; por tanto, todas deben trabajar juntas.

Desafortunadamente, el proceso de desarrollo del producto a menudo se realiza sin dicha cooperación. En muchas empresas grandes, el desarrollo del producto se lleva a cabo de manera serial. Este procedimiento tiene varias desventajas: primero, resulta largo el tiempo de desarrollo del producto; segundo, antes de que los ingenieros de manufactura tengan algo que ver con el diseño, podría ya haberse comprometido hasta 90% del costo de manufactura; tercero, el producto final podría no resultar el mejor para la situación del mercado en el momento de su introducción.

Un procedimiento que aligera la solución de estos problemas se conoce como **ingeniería concurrente, o ingeniería simultánea**. La ingeniería concurrente es un proceso en el cual las principales funciones que comprende el proceso de poner un producto en el mercado están participando continuamente en el desarrollo del producto, desde su concepción hasta las ventas. Este procedimiento no sólo ayuda a lograr una introducción libre de problemas al mercado de productos y servicios, sino que también resulta en mejor calidad, menores costos y ciclos de desarrollo del producto más cortos. Generalmente los beneficios son: De 30 a 70% menos tiempo de desarrollo, de 65 a 90% menos cambios de ingeniería, de 20 a 90% menos tiempo para ponerlo en el mercado, una mejora de 200 a 600% en la calidad, una mejora de 20 a 110% en la productividad del personal técnico y de 20 a 120% de mayor rendimiento sobre los activos.

Un procedimiento utilizado a menudo para facilitar el desarrollo de productos es la revisión de diseño. El propósito de una revisión de diseño es estimular el análisis, originar preguntas, y generar nuevas ideas y soluciones a fin de ayudar a los diseñadores a prever problemas antes de que ocurran. Generalmente una revisión de diseño se lleva a cabo en tres etapas principales: Preliminar, intermedia y final. La revisión de diseño preliminar establece pronto comunicaciones entre mercadotecnia, ingeniería, manufactura y compras, y permite una mejor coordinación de sus actividades. Por lo general, involucra niveles superiores de gerencia y se concentra en asuntos de tipo estratégico en el diseño relacionado con las necesidades del cliente y, por lo tanto, con la calidad última del producto. Una revisión preliminar del diseño evalúa problemas como la función del producto, la conformidad con las necesidades del cliente, la integridad de las especificaciones, los costos de manufactura y temas relacionados con la responsabilidad hacia terceros.

Una vez bien establecido el diseño se efectúa una revisión intermedia, a fin de estudiar, el diseño con mayor detalle, para identificar posibles problemas y proponer la acción correctiva. En esta etapa se involucra más a fondo el personal del nivel inferior de la

organización. Finalmente, justo antes de la liberación a producción, se efectúa una revisión final. Con la finalidad de evitar cambios costosos después de poner en marcha la producción, se estudian las listas de materias primas, los dibujos y otra información detallada de diseño. En resumen, un procedimiento total del desarrollo de productos y de procesos consta de las siguientes actividades:

1. Pensar constantemente en función de la mejor forma en que se puede diseñar o manufacturar productos, no simplemente resolviendo o evitando un problema.
2. Enfocarse en "cosas bien hechas" en lugar de en "cosas que pueden salir mal".
3. Definir las expectativas del cliente y sobrepasarlas, no simplemente cumplir con ellas, o sencillamente igualar a la competencia.
4. Optimizar características o resultados deseables, no simplemente incorporarlos.
5. Minimizar el costo general, sin comprometer la calidad de la función.

6.3 Procesos de producción / entrega y de apoyo

El diseño de procesos puede resultar de mayor importancia que el diseño del producto.

El diseño de un proceso empieza por el propietario del mismo. Éste podría ser un individuo, un equipo, un departamento o algún grupo interfuncional. El objetivo del diseño del proceso es simple: desarrollar un procedimiento eficiente para satisfacer a la vez los requerimientos tanto de los clientes internos como de los externos, y para ello propone un procedimiento básico para el diseño de los procesos Motorola:

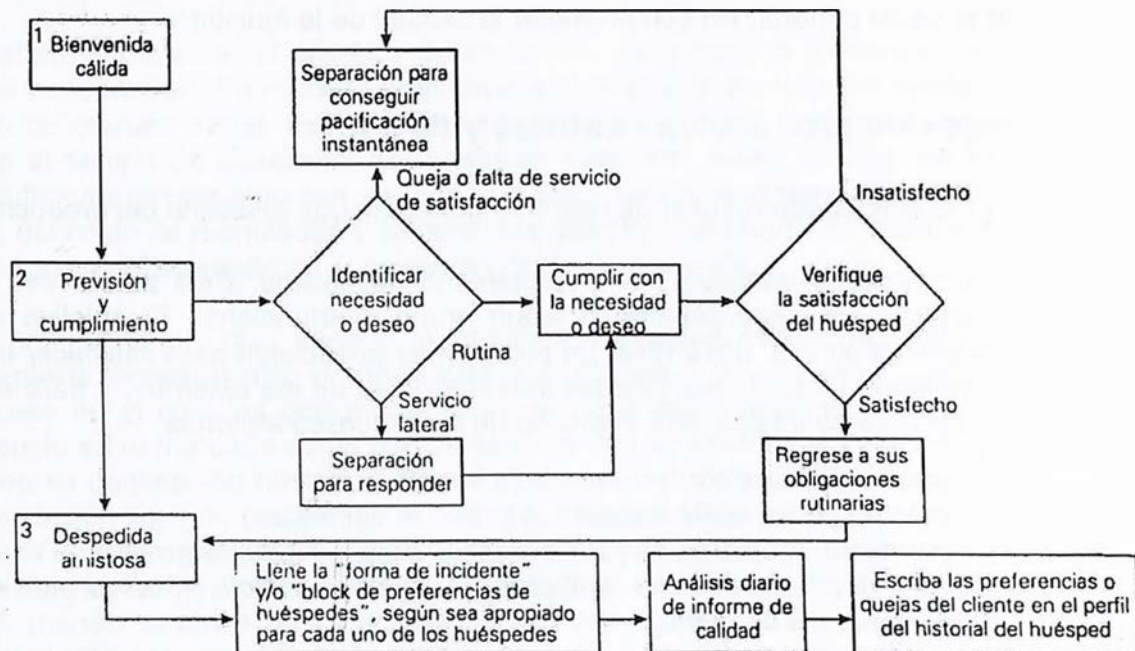
1. Identificar el producto o servicio: ¿Qué trabajo hago?
2. Identificar al cliente: ¿Para quién trabajo?
3. Identificar al proveedor: ¿Qué es lo que necesito y de quién lo obtengo?
4. Identificar el proceso: ¿Qué pasos o tareas se llevan a cabo? ¿Cuáles son los insumos o los resultados de cada paso?
5. Hacer el proceso a prueba de errores: ¿Cómo puedo eliminar o simplificar las tareas? ¿Qué "poka-yoke" o dispositivos a prueba de errores puedo utilizar?
6. Desarrollar mediciones y controles, así como metas de mejora: ¿Cómo evalúo el proceso? ¿Cómo puedo mejorarlo aún más?

Los tres primeros pasos abordan las preguntas: "¿Cuál es la finalidad del proceso?", "¿Cómo crea el proceso satisfacción en el cliente?" y "¿cuáles son los insumos y resultados esenciales del proceso?" El cuarto paso se enfoca en el diseño real del proceso, definiendo las tareas específicas que se realizan en la transformación de los insumos en resultados. El quinto paso se enfoca en hacer el proceso eficiente y capaz de entregar una elevada calidad. El sexto paso asegura que el proceso será vigilado y controlado al nivel del desempeño requerido.

El diseño de proceso real es la especificación de la manera en que funciona dicho proceso. La primera fase consiste en preparar con todo detalle una lista (generalmente en forma de diagrama de flujo) de la secuencia de los pasos a seguir —actividades que agregan valor y tareas específicas— en la producción de un producto o en la entrega de un servicio. Esta representación gráfica es un excelente dispositivo de comunicación para visualizar y comprender el proceso. Los diagramas de flujo pueden convertirse en

la base de las descripciones de puestos, de los programas de capacitación de empleados y de la medición del desempeño. Ayudan a los gerentes a estimar los recursos humanos, los sistemas de información, el equipo y la necesidad de instalaciones. Como herramienta de diseño, permite a la gerencia estudiar y revisar los procesos antes de su implementación, a fin de mejorar la calidad y el desempeño operacional.

La siguiente figura muestra el proceso de Tres pasos de servicio del Ritz-Carlton. El proceso está muy estructurado y define procedimientos para prever y cumplir con las necesidades del cliente. Todo empleado que entra en contacto con clientes se capacita a fin de poder seguir este proceso.



Consideraciones especiales en el diseño de los procesos de servicio

Los diseñadores de procesos de servicio deben concentrarse en hacer las cosas bien desde la primera vez, minimizando las complejidades del proceso y haciendo que el proceso sea inmune a errores humanos involuntarios, particularmente durante la interacción con el cliente. Los procesos de servicio a menudo comprenden actividades tanto internas como externas, factor que complica el diseño de la calidad. En un banco, por ejemplo, puede resultar un mal servicio por la forma en que los cajeros traten a los clientes y también por mala calidad del equipo de cómputo y de comunicaciones, fuera del control de los cajeros. Las actividades internas se ocupan principalmente de la eficiencia (calidad y cumplimiento), en tanto que las actividades externas —interacción directa con el cliente— requieren atención a la efectividad (calidad del diseño). Con demasiada frecuencia, los trabajadores que participan en las operaciones internas no comprenden la forma en que su desempeño afecta a clientes a quienes ellos mismos no ven. El éxito del proceso depende de que todos los trabajadores que participan tanto en actividades internas como en actividades externas— comprendan que están agregando valor al cliente.

Los investigadores han sugerido que los servicios tienen tres componentes básicos: instalaciones, procesos y procedimientos físicos; comportamiento de los empleados, y juicio profesional por parte de los empleados. El diseño de servicios esencialmente consiste en alcanzar un equilibrio efectivo de estos tres componentes. La meta es proporcionar un servicio cuyos elementos sean uniformes internamente y estén dirigidos a cumplir las necesidades de un segmento específico del mercado objetivo. Demasiado o muy poco cuidado en alguno de los componentes conducirá a problemas y mala percepción por parte del cliente. Por ejemplo, demasiada atención a los procedimientos puede resultar en un servicio oportuno y eficiente, aunque también podría sugerir falta de sensibilidad y apatía hacia el cliente. Demasiado cuidado en el comportamiento podría conseguir un entorno amigable y personalizado, a expensas de un servicio lento, inconsistente y caótico. Demasiado énfasis en el buen juicio profesional podría conducir a buenas soluciones para los problemas del cliente, pero también a un servicio lento, inconsistente o insensible.

Un procedimiento útil para el diseño de servicios eficientes es reconocer primero que los servicios difieren en el grado de contacto e interacción con el cliente, en el grado de intensidad de la mano de obra y en el grado de personalización; por ejemplo, una línea de ferrocarriles obtiene bajas calificaciones en estas tres mediciones; por otra parte, un servicio de decoración de interiores debería obtener una calificación alta en las tres; un restaurante de comida rápida debería obtener una calificación alta en contacto con el cliente y en intensidad de la mano de obra, pero baja en personalización.

Los servicios de baja calificación en las tres mediciones de esta clasificación se parecen más a las organizaciones manufactureras. El énfasis de la calidad deberá enfocarse a instalaciones y procedimientos físicos; el comportamiento y el juicio profesional son relativamente poco importantes. Conforme se incrementa el contacto y la interacción entre el cliente y el sistema de servicio, deben tomarse en consideración dos factores. En los servicios bajos en intensidad de la mano de obra, es importante la impresión que recibe el cliente de instalaciones, procesos.

En los servicios, las normas de calidad ocupan el lugar de las mediciones y las tolerancias aplicables en manufactura.

Las normas de servicio son inherentemente más difíciles de definir y medir que las especificaciones de manufactura. Requieren gran cantidad de investigación de las necesidades y actitudes del cliente en lo que se refiere a oportunidad, consistencia, precisión y otras necesidades del servicio, tal y como fue analizado en capítulos anteriores. Aunque muchas especificaciones de producto desarrolladas para productos manufacturados se enfocan al cumplimiento de una meta, como una medición del producto, la meta de servicio generalmente es: "más pequeña es mejor". Por tanto, el verdadero estándar de servicio es cero defectos, y cualesquiera otros estándares (como el de Swissair) deben considerarse como provisionales, y metas únicamente.

En el diseño de procesos de servicio de elevada calidad, algunas preguntas a considerar son: ¿Qué normas de servicio ya están operando? ¿Cuáles de estas normas han sido comunicadas con claridad a todo el personal de servicio? ¿Se han comunicado las normas al público? ¿Qué normas requieren afinación? ¿Cuál es el resultado final del servicio proporcionado? Idealmente, ¿cuál debería ser? ¿Cuál es el tiempo máximo de acceso que un cliente tolerará sin sentirse molesto? ¿Cuánto tiempo tardará realizar el servicio mismo? ¿Cuál es el tiempo máximo para terminar el servicio, antes de que el

punto de vista acerca del servicio por parte del cliente se vea negativamente afectado? ¿En qué punto empieza el servicio y cuál indicador señala su terminación? Para completar el servicio, ¿con cuántas personas diferentes debe tratar el consumidor? ¿Cuáles componentes del servicio son esenciales? ¿Deseables? ¿Superfluos? ¿Cuáles componentes o aspectos del servicio deben controlarse, a fin de entregar un servicio de igual calidad cada vez? ¿Qué componentes pueden diferir de un servicio al siguiente y, al mismo tiempo, conducir a un servicio total que cumpla con las normas?

Como usted podrá ver, el diseño de los procesos de servicio no es un ejercicio trivial

Control de los procesos de producción / entrega y de apoyo

Una responsabilidad de importancia de los propietarios de los procesos es asegurarse de que los resultados de los mismos cumplan con los requerimientos operacionales y del cliente. **Control** es el proceso continuado de evaluar el desempeño del proceso y emprender una acción correctiva cuando sea necesario. El control es necesario por dos razones: Primero, las empresas necesitan mantener el desempeño de sus procesos; segundo, una empresa debe tener los procesos bajo control antes de que pueda efectuar cualquier mejora. Sería imposible medir el efecto de posibles mejoras, si el proceso estuviera afectado por causas de variaciones especiales.

La necesidad de controlar tiene su razón de ser en la variación inherente a cualquier sistema o proceso.

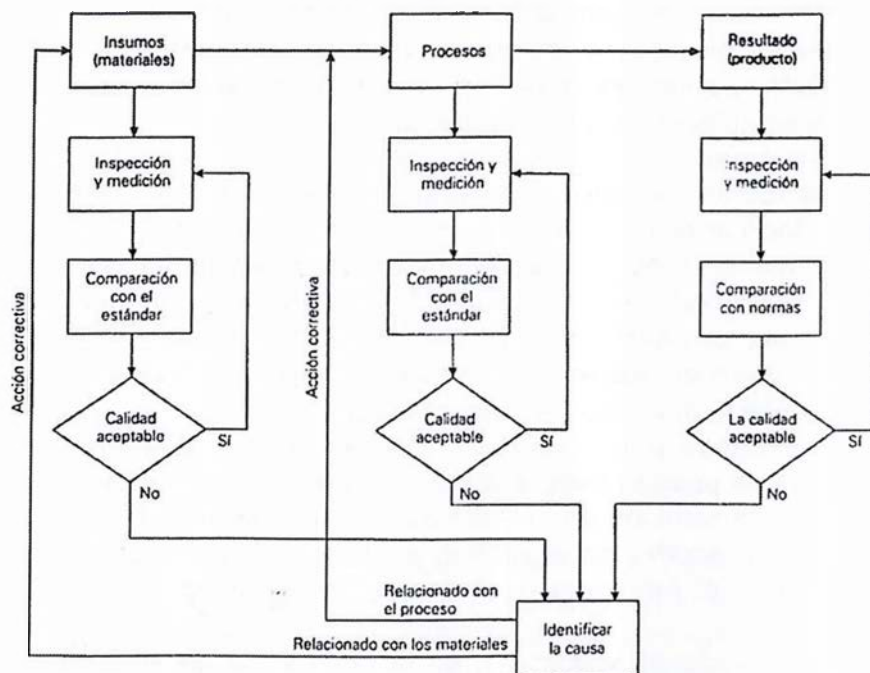
La predicción era la idea clave de la definición de Shewhart del control:

Se puede decir que un fenómeno esté controlado cuando, mediante el uso de experiencias anteriores, podemos predecir, por lo menos dentro de límites, la forma en que puede esperarse que el fenómeno varíe en el futuro.

Controlar un proceso, por lo tanto, es realmente igual a identificar y eliminar las causas especiales de las variaciones.

Cualquier sistema de control tiene tres componentes: (1) una norma o meta, (2) un medio para medir el desempeño, y (3) la comparación de los resultados reales con la norma, junto con retroalimentación, para sentar las bases de una acción correctiva. Las metas y estándares o normas se definen durante los procesos de planeación y diseño. Se define o establece lo que se supone que debe llevarse a cabo. Estas metas y normas se reflejan mediante características medibles de la calidad, como son las dimensiones de las piezas maquinadas, el número de piezas defectuosas, quejas de clientes o tiempo de espera. Los métodos para la medición de estas características de calidad pueden ser automatizados o la fuerza de trabajo las puede hacer manualmente. Las mediciones proporcionan la información que corresponde a lo que realmente se ha efectuado. Los trabajadores, supervisores y gerentes entonces evalúan si los resultados reales cumplen con las metas y normas. De no ser así, deberá emprenderse alguna acción correctiva.

La siguiente figura ilustra un sistema de control de calidad general en producción. El control se aplica generalmente a las materias primas de llegada (esto a menudo lo hace el proveedor y no por cliente), a los procesos clave y a los productos y servicios finales.



Un ejemplo de un proceso estructurado de control de calidad en la industria de los servicios es el proceso de "Vigilancia y evaluación en 10 pasos" establecido por la Comisión conjunta de organizaciones crediticias de cuidados a la salud. Este proceso, que aparece en la tabla que se muestra a continuación, consiste en una secuencia detallada de las actividades para vigilar y evaluar la calidad de los cuidados a la salud, en un esfuerzo por identificar problemas y mejorar los cuidados. Las normas y metas se definen en los pasos dos al cinco; las mediciones se llevan a cabo en el paso seis; la comparación y la retroalimentación, en los pasos restantes.

Paso 1: Asignar responsabilidad. El director del departamento de urgencias es responsable de asignar y participa activamente en la vigilancia y la evaluación; asigna responsabilidad para las obligaciones específicas relacionadas con la vigilancia y con la evaluación.

Paso 2: Esbozar el alcance de los cuidados. El departamento considera el alcance de los cuidados proporcionados dentro de los servicios de urgencias para establecer una base para identificar aspectos importantes de cuidados a vigilar y a evaluar. El alcance de los cuidados es un inventario completo de lo que hace el departamento de urgencias.

Paso 3: Identificar aspectos importantes de los cuidados. Los aspectos importantes de los cuidados son aquellos de elevado riesgo, gran volumen y/o propensos a problemas. El personal identifica aspectos importantes de los cuidados de manera que la vigilancia y la evaluación se enfoquen a las actividades del departamento de urgencias que tengan mayor impacto en los cuidados a los pacientes.

Paso 4: Identificar indicadores. Los indicadores de la calidad se identifican para cada uno de los aspectos importantes de los cuidados. Un indicador es una variable medible, relacionada con una estructura, proceso o resultado del cuidado. Ejemplos de indicadores posibles (todos los cuales necesitarán definirse posteriormente) incluyen: personal suficiente para incrementos súbitos en volumen de pacientes (estructura), retrasos de médicos para reportarse a urgencias (procesos) y errores de transfusión

(resultados).

Paso 5: Establecer umbrales para la evaluación. El umbral de evaluación es el nivel o punto llegado al cual se dispara una evaluación intensa de los cuidados. Un umbral puede ser 0 o 100%, o cualquier otro nivel apropiado. El personal del departamento de urgencias deberá establecer un umbral para cada uno de los indicadores.

Paso 6: Reunir y organizar los datos. El personal apropiado del departamento de urgencias deberá reunir los datos correspondientes a los indicadores. Los datos se organizarán para facilitar su comparación con umbrales de evaluación.

Paso 7: Evaluar los cuidados. Cuando los datos acumulados relacionados con un indicador llegan al umbral de evaluación, el personal indicado del departamento de urgencias evalúa los cuidados proporcionados, a fin de determinar si existe algún problema. Esta evaluación, que en muchos casos tomará la forma de una revisión por parte de iguales, deberá enfocarse a tendencias posibles y patrones de desempeño. La evaluación está diseñada para identificar causas de cualquier problema o métodos mediante los cuales se puedan mejorar los cuidados o el desempeño.

Paso 8: Actuar para la solución de problemas. Cuando se identifican los problemas, se desarrollan planes de acción, se aprueban en los niveles apropiados y se ponen en práctica para resolver el problema o para aprovechar la oportunidad de mejorar los cuidados.

Paso 9: Evaluar las acciones y documentar la mejora. La eficacia de cualesquiera de las acciones emprendidas se evalúa y se documenta. Las acciones posteriores necesarias para resolver un problema se realizarán y se evaluará su eficacia.

Paso 10: Comunicar información relevante para el programa de aseguramiento de la calidad de toda la organización. Lo encontrado y las conclusiones de la vigilancia y la evaluación, incluyendo las acciones realizadas para resolver problemas y mejorar los cuidados, se documentan y se reportan mensualmente mediante los canales de comunicación establecidos en el hospital.

La acción correctiva a corto plazo a menudo pueden emprenderla los trabajadores de piso de la fábrica. La acción correctiva a largo plazo es responsabilidad de la gerencia. La responsabilidad del control se puede determinar verificando tres condiciones. Para ser controlable por el operador, (1) los operadores deben tener los medios de saber lo que se espera de ellos a través de instrucciones y especificaciones claras; (2) deben tener los medios para determinar su desempeño real, generalmente a través de inspección y medición, y (3) deben tener medios para efectuar correcciones, si descubren variaciones entre lo que se espera de ellos y su desempeño real. Si alguno de estos criterios no se cumple, entonces el proceso es responsabilidad de la gerencia, no de los operadores.

Tanto Juran como Deming observaron esta importante distinción. Uno de los problemas principales que enfrenta la industria estadounidense es la incapacidad de distinguir entre estos dos tipos de control. Si se responsabiliza a los operadores o se espera que actúen sobre problemas que están fuera de su control, se frustran y terminan jugando con la gerencia. Juran y Deming manifestaron que la gran mayoría de los problemas de calidad son controlables por la gerencia —resultado de variaciones por causas comunes. Para la menor proporción de problemas controlables por el operador, resultado de causas especiales, a los operadores se les deben dar las herramientas para identificarlas y la autoridad para actuar. Esta filosofía ha desplazado el peso del aseguramiento de la calidad de los departamentos de inspección y del personal del control de calidad a los trabajadores, en la planta y en los puntos de contacto con el cliente.

El control debe ser la base del aprendizaje. Miles de empresas están adoptando un procedimiento utilizado en organizaciones militares estadounidenses, conocido como revisión después de la acción. Esto consiste en hacer cuatro preguntas básicas:

1. ¿Qué se suponía que iba a ocurrir?
2. ¿Qué fue lo que realmente ocurrió?
3. ¿Por qué hubo diferencia?
4. ¿Qué es lo que podemos aprender?

Por lo tanto, más que simplemente corregir eventos no aceptables, el enfoque está en su prevención, para que ya no vuelvan a ocurrir en el futuro.

6.4 Procesos de proveeduría y asociación

En los negocios de hoy, las operaciones suelen estar muy descentralizadas y dispersas por todo el mundo. En consecuencia, la administración de toda la red de proveedores se convierte en un problema interorganizacional determinante. Los proveedores desempeñan una función decisiva en todo el proceso y desarrollo del producto, desde su diseño hasta su distribución. Los proveedores pueden proporcionar tecnología o procesos de producción no disponibles internamente, advertencias oportunas sobre diseño y mayor capacidad, lo cual puede dar como resultado menores costos, mayor rapidez en llegar al mercado y mejor calidad para sus clientes. A cambio, se les asegura un negocio estable y a largo plazo.

Un excelente ejemplo de asociación de proveedor es la respuesta que se dió cuando un incendio destruyó la fuente principal de una válvula de freno de \$5, vital para Toyota. Sin ella, Toyota estaba obligada a cerrar sus 20 plantas en Japón. Pocas horas después del desastre, otros proveedores empezaron a aceptar planos, a improvisar sistemas de herramientas y a poner en marcha líneas temporales de producción. En cuestión de días, los 36 proveedores, asistidos por más de 150 otros subcontratistas, tenían prácticamente 50 líneas de producción fabricando pequeños lotes de dicha válvula. Incluso una empresa de máquinas de coser, que jamás había hecho piezas para automóvil, utilizó 500 horas-hombre reajustando una fresadora, a fin de fabricar apenas 40 válvulas por día. Toyota prometió a los proveedores una bonificación de aproximadamente 100 millones "como muestra de nuestro agradecimiento".

Las relaciones estrechas cliente / proveedor se basan en tres principios guía:

1. Reconocimiento de la importancia estratégica de los proveedores en la consecución de los objetivos del negocio, particularmente en minimizar el costo total de la propiedad.
2. Desarrollar relaciones con las cuales todos ganan, mediante la asociación, en vez de como adversarios.
3. Establecer confianza mediante apertura y honestidad, confianza que conducirá a ventajas mutuas.

Joseph Juran ha descrito la evolución en las relaciones con los proveedores de un procedimiento de enfrentamiento a uno de trabajo en equipo y de asociación, según se puede observar en la siguiente tabla.

Elemento	Enfoque de enfrentamiento	Enfoque de trabajo en equipo
Número de proveedores	Múltiples; a veces muchos	Pocos; a veces una sola fuente
Duración de los contratos de suministros	Anual	Tres años o más
Criterios para la calidad	Cumplimiento de las especificaciones	Adecuación al uso
Hincapié en encuestas	Procedimientos; sistemas de datos	Capacidad de los procesos; mejora de la calidad
Planeación de la calidad	Independiente	Conjunta
Patrón de colaboración	A u brazo de distancia; secretos; supervisión mutua	Visitas mutuas; aperturas; ayuda

En muchas empresas, se trata a los proveedores como si de hecho formaran parte de la organización. Para asegurar que los proveedores pueden proporcionar una elevada calidad y reducir los costos asociados con la inspección o las pruebas de recepción, muchas empresas proporcionan diversos tipos de ayuda a sus proveedores en el desarrollo de programas de aseguramiento de la calidad, o en la solución de problemas de calidad. Conferencias conjuntas, capacitación, incentivos, reconocimientos y acuerdos a largo plazo ayudan a mejorar la capacidad de los proveedores para cumplir con los requerimientos clave de la calidad.

Muchas empresas segmentan a los proveedores en categorías, según su importancia en relación con el negocio, y las administran correspondientemente. Por ejemplo, en Corning, los proveedores de nivel 1, que son los que proporcionan las materias primas, las cajas y los herrajes, se consideran determinantes para el éxito del negocio, y los administran equipos que incluyen representantes de ingeniería, de control de materiales, de compras y de la empresa proveedora. Los proveedores del nivel 2 suministran material especializado, equipos y servicios, y los administran los clientes internos. Los proveedores del nivel 3 suministran mercaderías comunes y son administrados centralmente desde el departamento de compras.

La medición desempeña un papel importante en la administración de los proveedores. Texas Instruments mide el desempeño de la calidad de los proveedores en partes defectuosas por millón, porcentaje de entregas a tiempo y costo de la propiedad. Un sistema electrónico de requisición de materiales permite un proceso de procuración, sin necesidad de papeles. Más de 800 proveedores están vinculados con Texas Instruments, mediante un sistema de intercambio de información. Sistemas integrados de datos llevan el control de la calidad y de la oportunidad de recepción de las entregas de material a medida que se reciben. Se utilizan informes analíticos y datos en línea para identificar tendencias de defectos en los materiales. Todos los meses se envía a los proveedores claves los informes de desempeño. Se forman equipos conjuntos entre cliente y proveedor para comunicar y mejorar el desempeño. Una fuerza de trabajo de administración de proveedores, formada por gerentes superiores, dirige los procedimientos actuales y los estratégicos a fin de mejorar las prácticas de administración de proveedores.

Sistemas de certificación de proveedores

En muchas empresas, como punto focal en su sistema de administración de proveedores, se utiliza la certificación de proveedores. Generalmente se establecen programas formales para calificar y certificar a aquellos proveedores que suministren materias primas de calidad, de manera efectiva en costo y oportuna. La Pharmaceutical Manufacturers Association define a un proveedor certificado como aquel que, después de amplia investigación, se determina que provee materias primas de calidad tal que resulta innecesaria la prueba rutinaria de cada lote recibido. La certificación da reconocimiento a proveedores de elevada calidad, lo que los motiva a mejorar continuamente y a atraer más negocios.

El comité técnico cliente-proveedor de la American Society for Quality desarrolló criterios específicos para la certificación de proveedores.

- Los proveedores certificados no experimentan virtualmente ningún rechazo de lotes relacionado con el producto, durante un período de tiempo significativo, por lo general 12 meses, y en algunos casos dos años.
- Los proveedores certificados no tienen rechazos por causas no relacionadas con el producto durante un período definido de tiempo. Generalmente, los problemas no relacionados con el producto se pueden corregir más rápida y fácilmente.
- Los proveedores certificados no generan incidentes negativos relacionados con la producción durante un período definido de tiempo, por lo general seis meses. Los problemas relacionados con la producción no son siempre detectables en la inspección y pueden dar como resultado defectos latentes, que sólo aparecen posteriormente durante la vida del producto.
- Los proveedores certificados pasan con éxito una evaluación (auditoría) del sistema de calidad en el lugar de trabajo, efectuada durante el año anterior.
- Los proveedores certificados operan según una especificación acordada. La documentación no deberá contener frases ambiguas como "libre de rebabas" o "ningún olor característico".
- Los proveedores certificados tienen un proceso y un sistema de calidad totalmente documentado, que deberá incluir el uso del control estadístico de procesos y un programa de mejora continua.
- Los proveedores certificados entregan oportunamente copias de los certificados de análisis de datos de inspección y de los resultados de las pruebas.

Los detalles de los procesos de certificación de proveedores varían según cada empresa, y estos programas son muy tardados y costosos de administrar. Sin embargo, son un medio importante de controlar las materias primas de recepción, particularmente en un entorno de "justo a tiempo".

Mejora de los procesos

Antes del movimiento de la calidad total, la mayoría de los gerentes estadounidenses simplemente mantenía productos y procesos hasta que podían ser reemplazados por nueva tecnología.

La mejora debe ser una tarea proactiva de la gerencia, no simplemente una reacción a problemas o amenazas competitivas. Las organizaciones deben luchar no simplemente por cumplir o exceder las necesidades del cliente o mejorar las medidas internas de desempeño, sino también por hacerlo mejor que todos los competidores directos y por ser reconocidos como líderes de clase mundial. Existen muchas oportunidades de mejora, incluyendo las reducciones obvias en los defectos y en los tiempos de ciclo de manufactura. Las organizaciones también deben considerar mejorar la moral, la satisfacción y la cooperación de los empleados, la mejora de las prácticas gerenciales, del diseño de los productos con características que cumplan mejor con las necesidades del cliente y que puedan alcanzar un desempeño más elevado, una mayor confiabilidad y otras mediciones de la calidad impulsadas por el mercado, la mejora de la eficiencia de los sistemas de manufactura, reduciendo el tiempo ocioso y los movimientos innecesarios de los trabajadores y eliminando inventarios, transportes y manejo de materiales, así como desperdicios y retrabajos innecesarios.

Kaizen

Kaizen es una filosofía que engloba todas las actividades del negocio. En esta filosofía se llevan a cabo mejoras en todas las áreas del negocio —costo, cumplimiento de programas de entrega, seguridad y desarrollo de habilidades de los empleados, relación con proveedores, desarrollo de nuevos productos o productividad— que sirven para mejorar la calidad de la empresa.

Las actividades para establecer los sistemas tradicionales de control de calidad, instalar robótica y tecnología avanzada, instituir sistemas de sugerencias de empleados, mantener equipo e implementar sistemas de producción justo a tiempo, todos ellos conducen a la mejora.

En comparación con la búsqueda de la mejora a través de cambios tecnológicos radicales, Kaizen se enfoca en mejoras pequeñas, graduales y frecuentes, a largo plazo, la inversión financiera es mínima. Todos participan en el proceso; de los conocimientos y experiencia de los trabajadores resultan muchas mejoras. Por ejemplo, en Nissan Motor Co. Ltd., cualquier sugerencia que ahorre por lo menos 0.6 segundos en un proceso de producción es considerada muy cuidadosamente por parte de la gerencia. El concepto Kaizen está tan arraigado en la mente tanto de gerentes como de trabajadores, que a menudo ni siquiera se dan cuenta de que están pensando en términos de mejora.

La primera y más importante preocupación de la filosofía Kaizen es la calidad de las personas. Si se mejora la calidad de las personas, entonces vendrá la calidad de los productos. Al inculcar el Kaizen en las personas y al capacitarlas en las herramientas básicas de la mejora de la calidad, los trabajadores pueden incorporar esta filosofía a su trabajo y buscar continuamente la mejora en sus puestos. Este procedimiento orientado a procesos hacia la mejora propicia una comunicación constante entre trabajadores y gerentes.

Para un programa Kaizen de éxito se requieren tres cosas: Prácticas de operación, participación total y capacitación. Primero, las prácticas de operación ponen de manifiesto nuevas oportunidades de mejora. Las prácticas del tipo justo a tiempo revelan la existencia de desperdicio y de ineficiencia así como de mala calidad.

Segundo, en Kaizen, todos los empleados luchan por la mejora. La alta gerencia, por ejemplo, concibe la mejora como un componente inherente a la estrategia corporativa y apoya las actividades de mejora, asignando recursos de manera efectiva e instalando estructuras de premios que conducen a la misma. La gerencia media puede implementar las metas de mejora de la gerencia superior estableciendo, actualizando y manteniendo los estándares de operación que reflejen dichas metas, mejorando la cooperación entre departamentos y propiciando la toma de conciencia de los empleados acerca de su responsabilidad de la mejora y desarrollando sus habilidades de resolución de problemas mediante la capacitación. Los supervisores pueden dirigir más su atención a la mejora, en vez de a la "supervisión", lo cual a su vez facilita la comunicación y ofrece una mejor guía a los trabajadores. Finalmente, los trabajadores pueden ocuparse en la mejora a través de sistemas de sugerencias y actividades en pequeños grupos, programas de autodesarrollo que enseñan técnicas prácticas de solución de problemas y mejores habilidades de desempeño en el puesto. Todo esto requiere una capacitación significativa, tanto en la filosofía y herramientas como en las técnicas.

Metas ambiciosas y mejora por adelantos tecnológicos

Motorola utiliza los defectos por unidad como medida de la calidad en toda la empresa. Una unidad es cualquier resultado de trabajo, como una línea de código de computadora, una conexión de soldadura o una página de documento; un defecto es cualquier falla en el cumplimiento de las necesidades del cliente. Motorola desarrolló un concepto llamado calidad "seis sigma", que se refiere a permitir, como máximo, 3.4 defectos por millón de unidades. En 1987, Motorola definió la meta siguiente:

Mejorar la calidad del producto y de los servicios diez veces para 1989, y por lo menos cien veces para 1991. Obtener capacidad seis sigma para el año 1992. Con un profundo sentido de urgencia, difundir la dedicación a la calidad a todas las facetas de la corporación, y conseguir una cultura de la mejora continua para asegurar la satisfacción total del cliente. Sólo existe una meta final: Cero defectos —en todo lo que hacemos.

A todo lo largo de la década de 1990, Motorola ha continuado estableciendo metas desafiantes. Estas metas ambiciosas se aplican a todas las áreas de la empresa, incluyendo la recepción de pedidos, las ventas, las compras, la manufactura y el diseño. Estas metas se llaman en terminología moderna metas amplias, o bien objetivos por adelantos tecnológicos. Las metas optimistas obligan a una organización a pensar de una manera radicalmente distinta y a alentar tanto las mejoras importantes como las crecientes. Cuando se fija una mejora de 10%, por lo general los gerentes o los ingenieros pueden llegar a cumplirlas mediante algunas mejoras menores. Sin embargo, cuando la meta es una mejora de 1,000%, los empleados se ven obligados a ser creativos y a pensar fuera de lo habitual. Lo que pudiera parecer imposible a menudo se consigue, y resulta en mejoras impresionantes y en un fortalecimiento de la moral.

Una importante unidad de medida del negocio para la que muchas empresas tienen establecidas metas optimistas es el **tiempo del ciclo**. El tiempo del ciclo se refiere al tiempo utilizado para llevar a cabo un ciclo de algún proceso, por ejemplo, el tiempo desde que un cliente pide un producto hasta el momento en que se recibe su pago. Una

de las metas claves de Motorola es mejorar cada cinco años 10 veces el tiempo del ciclo. Las reducciones en el tiempo del ciclo tienen dos finalidades: Primero, aceleran los procesos de trabajo, de manera que la respuesta al cliente mejora —puede ser el lapso de tiempo necesario para introducir un nuevo producto o el período de tiempo necesario para entregar un producto al cliente—; segundo, la reducción en tiempo del ciclo sólo se puede conseguir mejorando los procesos, al eliminar pasos que no agregan valor, como, por ejemplo, el retrabajo. Esto obliga a mejoras en la calidad, así como a reducir los costos.

Dos procedimientos que auxilian a las empresas a alcanzar metas u objetivos ambiciosos son el benchmarking y la reingeniería.

Benchmarking. El desarrollo y realización de los objetivos de mejora, particularmente los objetivos optimistas, a menudo se auxilia con un proceso conocido como fijación de benchmarking.

El benchmarking se define como "medir su desempeño en comparación contra el de empresas, mejores en su ramo, determinando la forma en que los mejores en su clase llegan a esos niveles de desempeño y utilizando la información como base para las metas, estrategias e implementación en su propia empresa". O, más sencillamente, "la búsqueda de las mejores prácticas en la rama industrial, que conduzcan a un desempeño superior". El término mejores prácticas se refiere a aquellos procedimientos que produzcan resultados excepcionales, que por lo general son innovadores en función del uso que le dan a la tecnología o a los recursos humanos, y que estén reconocidos por expertos de entre los clientes y de la rama industrial.

En el negocio han aparecido tres tipos principales de benchmarking. El benchmarking de rendimiento comprende precios, calidad técnica y otras características de calidad o de desempeño de productos o servicios. El benchmarking de rendimiento por lo general se lleva a cabo mediante comparaciones directas o "ingeniería inversa," en las cuales los productos de los competidores se desarmen y analizan. Esta práctica también se conoce como "comparación competitiva" y comprende el estudio de productos y procesos de los competidores dentro de una misma rama industrial. El benchmarking de procesos se centra en los procesos de trabajo como la facturación, captura de pedidos o la capacitación de empleados. Este tipo de benchmarking identifica prácticas con mayor eficacia en empresas que realizan funciones similares, independientemente de la rama industrial. Finalmente, el benchmarking estratégico examina la forma en que las empresas compiten y busca las estrategias ganadoras que han conducido a ventajas competitivas y al éxito en el mercado.

El proceso típico de benchmarking se puede describir mediante el proceso que se utiliza en AT&T.

1. Concepción del proyecto: Identificar la necesidad y tomar la decisión de definir el benchmarking.
2. Planeación: Determinar el alcance y objetivos; desarrollar un plan de benchmarking.
3. Recolección de datos preliminares: Recolectar datos de las empresas de la rama industrial, y procesos similares, así como datos detallados de sus propios procesos.
4. Selección del mejor de la clase: seleccione las empresas con los mejores procesos en su clase.

5. Recolección del mejor en su clase: Recolectar datos detallados de empresas con los mejores procesos en su clase.
6. Evaluación: Comparar los procesos propios y el del mejor en su clase y desarrollar recomendaciones.
7. Planeación de implementación: Desarrollar planes de mejora operacional para obtener un desempeño superior.
8. Implementación: Poner en práctica planes operacionales y vigilar las mejoras del proceso.
9. Recalibración: Actualizar los descubrimientos del benchmarking y evaluar la mejora de los procesos.

El benchmarking aporta muchas ventajas. A las operaciones de la empresa se pueden incorporar de manera creativa las mejores prácticas de cualquier industria. El benchmarking es una actividad que motiva: Proporciona metas logradas por terceros, se puede reducir la resistencia al cambio cuando las ideas de mejora provienen de otras industrias, es posible identificar rápidamente adelantos tecnológicos de otras industrias, que pueden resultar útiles. El benchmarking amplía la base de experiencia de las personas y aumenta los conocimientos. Para ser eficaz, debe aplicarse a todas las facetas del negocio.

La **reingeniería** se ha definido como "volver a concebir la idea esencial y rediseñar radicalmente los procesos de los negocios, a fin de conseguir mejoras significativas en medidas determinantes, contemporáneas de desempeño, como costo, calidad, servicio y velocidad". La reingeniería requiere la formulación de preguntas básicas respecto a los procesos del negocio: ¿por qué lo hacemos? y ¿por qué se hace de esta manera? Este interrogatorio suele poner de manifiesto hipótesis obsoletas, erróneas o inapropiadas. Un rediseño radical consiste en la eliminación de procedimientos existentes y en la reinención del proceso, no simplemente en su mejora creciente. La meta es dar saltos cuánticos de desempeño.

Por ejemplo, IBM Credit Corporation redujo el proceso de financiamiento de las computadoras, software y servicios IBM, de siete días a cuatro horas, reconociendo dicho proceso. Originalmente, el proceso estaba diseñado para manejar aplicaciones difíciles, que requerían de cuatro especialistas muy capacitados y una serie de pasos de mano a mano. El trabajo real necesitaba sólo aproximadamente 1.5 horas, el resto del tiempo se utilizaba en tránsito o en espera. Al cuestionar o poner en duda la hipótesis de que todas las aplicaciones eran únicas, y difíciles de procesar, IBM Credit Corporation fue capaz de reemplazar los especialistas por, un solo individuo, apoyado por un sistema de computadora amigable con el usuario, que permitía el acceso a todos los datos y herramientas que los especialistas utilizaban.

El benchmarking puede ayudar de manera importante en los esfuerzos de reingeniería. La reingeniería sin benchmarking probablemente producirá mejoras de 5 a 10%; el benchmarking puede incrementar este porcentaje a 50 ó 75%. Cuando GTE implementó la reingeniería de ocho procesos centrales en sus operaciones telefónicas, estudió las mejores prácticas en aproximadamente 84 empresas de varias ramas industriales. Estudiando las mejores prácticas de otros, una empresa puede identificar e importar tecnologías, habilidades, estructuras, capacitación y capacidades nuevas.

Al contrario de lo que sugieren muchos autores y asesores, la reingeniería no es totalmente diferente de los principios de la calidad total. El problema no es Kaizen en contraposición a mejoras por adelantos tecnológicos. De hecho, Juran habló de mejoras por adelantos tecnológicos mucho antes que Hammer y Champy popularizaran el término reingeniería.

Las mejoras crecientes y los adelantos tecnológicos son procedimientos complementarios, que están bajo la misma cúpula de la calidad total; ambos son necesarios para mantenerse competitivos. De hecho, algunas personas sugieren que para poder tener éxito, la reingeniería requiere del apoyo de la calidad total. La reingeniería por sí misma es a menudo impulsada por la gerencia superior sin el total apoyo y comprensión por parte del resto de la organización, y las innovaciones radicales pueden terminar en fracaso. La filosofía de la calidad total alienta la participación, el estudio, la medición y verificación sistemáticos de los resultados que apoyan los esfuerzos de reingeniería.

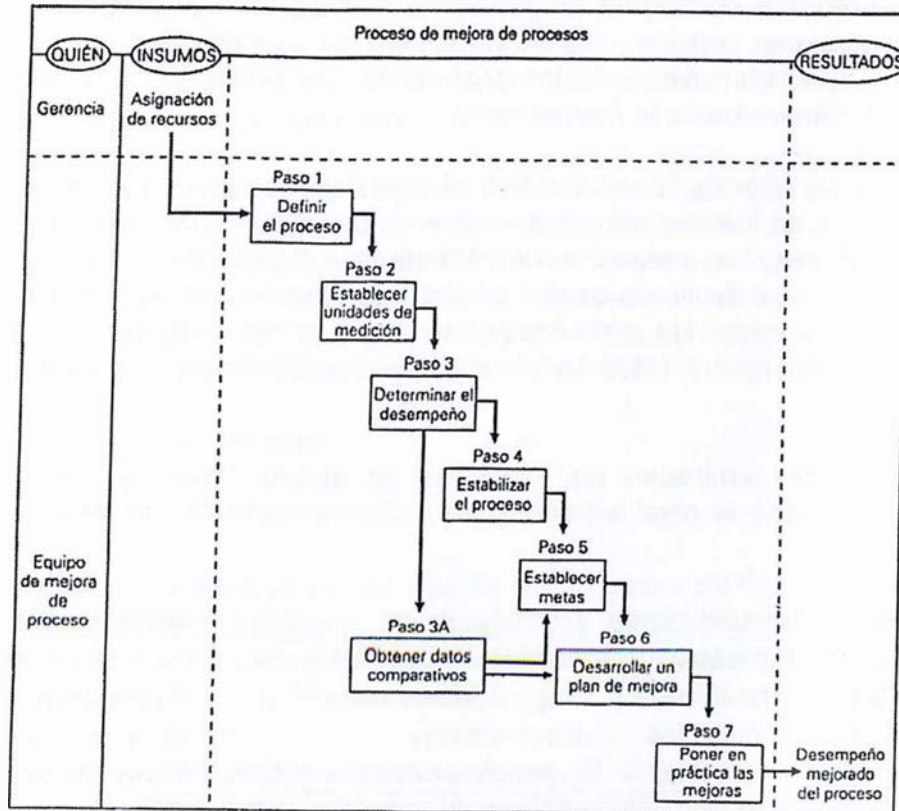
Ejemplo: Gateway Estate Lawn Equipment Company —Administración de procesos de apoyo

Respuesta a los criterios:

Las necesidades de procesos de apoyo quedan determinadas por las necesidades internas de los procesos de producción y entrega de Gateway, así como de sus operaciones en apoyo del negocio. Las necesidades externas de los procesos de apoyo quedan determinadas por las necesidades de asociados y distribuidores.

La detección de las necesidades internas es algo más sencilla que la correspondiente a las necesidades externas; por lo tanto, para el diseño de los procesos de apoyo se utiliza el proceso interno para la mejora de los procesos con modificaciones menores (Vea la figura que se muestra más adelante).

En el paso uno del proceso, ya sea para una mejora o un diseño nuevo, se reúnen los equipos de procesos con los clientes para establecer los requerimientos. Ya que no siempre son posibles las reuniones cara a cara, para conocer las necesidades de distribuidores y asociados por lo general se utilizan llamadas telefónicas o videoconferencias.



De manera similar, los equipos de proceso se reúnen con los proveedores para establecer acuerdos mutuos sobre información de entrada al proceso. Por tanto, al inicio del proceso de diseño y de mejora quedan totalmente definidos los límites del proceso. En el paso dos del proceso, el propietario del mismo lo valida ante los clientes y comprueba que los requerimientos han sido entendidos y que las medidas de resultados que se están proponiendo calibrarán apropiadamente el desempeño en relación con las necesidades. A lo largo del resto del proceso, se mantiene involucrados a los clientes, incluido el apoyo para desarrollar metas que cumplan con sus necesidades.

El uso de este proceso de mejora, tanto para el diseño de un nuevo proceso como para la mejora de uno ya existente, da una transición sin solución de continuidad desde el inicio de un nuevo proceso hasta la mejora continua del mismo en operación. El sistema de finanzas/contabilidad de GFS (un módulo integral de GATE) es el ejemplo mayor y más típico de un sistema de apoyo.

El uso del acopio de necesidades del cliente para el proceso de mejora del proceso estableció que el sistema de contabilidad debe dar información financiera precisa, confiable y oportuna para apoyar la toma de decisiones y la asignación de recursos; apoyar la producción justo a tiempo de Gateway, proporcionar datos precisos y oportunos sobre nóminas, minimizar la burocracia entre asociados y Gateway, y asegurar pagos oportunos y exactos. Se creó una matriz QFD, es decir, de despliegue de la función de calidad, para transformar estas expectativas cualitativas en requerimientos cuantitativos.

Después que el equipo de mejora de procesos elaboró un borrador de la matriz, se sostuvieron discusiones con los clientes para verificar que los requerimientos habían sido captados y se habían asignado los coeficientes de ponderación y las prioridades apropiadas a los elementos de la matriz.

Las necesidades del sistema financiero se traducen después en unidades de medición a través de una lluvia de ideas y revisando datos de biblioteca sobre la mejor manera de medir las necesidades. Las unidades de medición resultantes fueron: Facturas hechas electrónicamente, cierre de libros dentro de los tres días de trabajo posteriores a cada mes y cinco días después de cada trimestre, pagos a proveedores en los diez días posteriores al final del mes y datos de nóminas de la semana anterior para el medio día del lunes.

En la siguiente tabla aparecen los procesos de apoyo claves y sus necesidades principales, las medidas de nivel superior y las iniciativas actuales de mejora.

Procesos Claves	Necesidades claves	Medidas claves	Iniciativas de mejora
Llevar a cabo la contabilidad	Datos precisos	Tiempo de cierre de libros	Facturación electrónica
	Datos oportunos	Pago a proveedores	Pagos electrónicos
	Datos confiables	Errores/ciclos	Reducir errores de entrada
	Reducir trámites	Formulado calculado/receptor	Consolidación de formularios
Administrar costos y programas	Estimaciones precisas	Variaciones al plan	Reducir lo que no agrega valor
	Datos oportunos	Tiempo del ciclo	Mejoras históricas estadísticas
	Datos confiables	Errores/ciclos	Mejorar la rotación de inventarios
	Reducción de costos Mejorar RONA	Costos Rona	
Mantener instalaciones y equipo	Reducir costo de las instalaciones	Costos de las instalaciones	Reemplazar iluminación ineficiente
	Reducir costos de mantenimiento preventivo	Ciclo de mano de obra/mantenimiento	Reducir las horas de mantenimiento y de mano de obra
	Instalaciones bien mantenidas	Tiempo del ciclo	Revisar esquema de pintura
		Datos de encuestas de empleados	

El mantenimiento preventivo es clave de otro proceso de apoyo. Las necesidades de mantenimiento preventivo se determinan de acuerdo con la recomendación de los fabricantes y de la experiencia interna. El objetivo es minimizar el costo total de operación, incluyendo la depreciación, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento no planeado. Esto incluye la reducción de tiempo perdido y de los costos de mantenimiento.

GATE lleva control de los ciclos de mantenimiento preventivo y del número de horas utilizadas en el mismo, así como de la frecuencia y costo de cualquier acción de mantenimiento no planeada. GATE también proporciona de manera automática medidas del cumplimiento de los objetivos financieros.

El desempeño de los procesos de apoyo es revisado por el OPCO, es decir el Consejo de operación, mensualmente. Un ejemplo de mejora que resultó de dicha revisión es la reprogramación a temporadas de producción fuera de pico de todo el mantenimiento preventivo de importancia, a fin de minimizar su impacto y capacitar y utilizar con mayor eficiencia al personal de ensamble. Ahora cada uno de los procesos claves de apoyo ha pasado por lo menos a través de tres iteraciones del proceso de mejora.

Retroalimentación del examinador

Fortalezas

- El procedimiento de siete pasos de mejora de procesos de Gateway se utiliza para diseñar y mejorar los procesos de apoyo. Los equipos de diseño obtienen las necesidades de los clientes internos y externos del proceso, y se utiliza QFD, es decir difusión de la función de calidad, para traducir estas necesidades en requerimientos del diseño.
- Se han podido identificar tres procesos claves de apoyo, sus necesidades claves, sus medidas claves y las iniciativas de mejora. Cada uno de estos procesos ha pasado por tres ciclos de mejora.
- El consejo de operación (OPCO) revisa mensualmente el desempeño de los procesos de apoyo. Existe alguna evidencia que indica que han ocurrido mejoras con base en los resultados de estas revisiones. Cada proceso de apoyo importante ha pasado a través de tres ciclos de revisión.

Áreas de mejora

- No parece que Gateway haya identificado todos sus procesos principales de apoyo. Por ejemplo, no están incluidos en la tabla procesos como la capacitación, la información sobre cobranza y sobre administración, mercadotecnia y planeación.
- Aunque se elaboran listas de las medidas claves para los procesos de apoyo, no resulta claro cómo se lleva el control, cómo se informa y se utilizan dichas medidas para mantener/mejorar el desempeño.
- A pesar que OPCO, es decir el Consejo de operación, revisa mensualmente el desempeño de los procesos de apoyo, no está claro que su procedimiento sea sistemático. La aplicación no describe la forma en que se seleccionan los procesos de apoyo para su revisión, cómo se llevan a cabo dichas revisiones, y qué acciones se toman con base en lo que se encuentra.

RESUMEN

- La administración de los procesos comprende el diseño, control y mejora de los procesos del negocio, esto es, aquellas secuencias de actividades necesarias para obtener algún resultado. Para poder aplicar técnicas de administración de los procesos, éstos deben ser repetibles y medibles.

- Los procesos que impulsan la creación de bienes y servicios que son determinantes para la satisfacción del cliente y que tienen un efecto en las metas estratégicas de una organización se conocen como procesos centrales. Los procesos de apoyo son determinantes para la operación de un negocio, pero en general no agregan valor directamente al producto o servicio.
- Las prácticas de administración de procesos de mayor importancia son: La traducción de las necesidades del cliente en requerimientos de diseño de productos y servicios; asegurarse de que se incorpora la calidad en los productos utilizando herramientas apropiadas de ingeniería y estadística; una administración eficaz del proceso de desarrollo del producto; definición y documentación de los procesos importantes de producción y entrega, así como de apoyo; la administración de las relaciones con proveedores y asociados; el control de la calidad y del desempeño operativo de todos los procesos claves del negocio; mejorar continuamente los procesos mediante el uso de procedimientos sistemáticos, de solución de problemas; establecimiento de metas optimistas, y el uso de marcas de benchmarking y de reingeniería, para lograr un desempeño a base de adelantos tecnológicos.
- El proceso de desarrollo de producto consiste en la generación de ideas, el desarrollo preliminar del concepto, el desarrollo del producto o del proceso, la producción a gran escala, la introducción del producto y la evaluación del mercado. La presión de la competencia está obligando a las empresas a reducir el tiempo de llegada al mercado, lo que se puede conseguir eliminando cambios de diseño y mejorando la factibilidad de manufactura del producto.
- Las mejoras en costo y calidad a menudo dan como resultado la simplificación de los diseños. El diseño para facilidad en la manufactura es el proceso de diseñar un producto de manera que pueda ser producido eficientemente, con los niveles más elevados de calidad.
- La responsabilidad de los productos hacia terceros ha obligado a los fabricantes tener más cuidado sobre la calidad en el diseño. Como una de las siete enfermedades mortales, de Deming, la responsabilidad hacia terceros es una amenaza seria para la competitividad.
- Las preocupaciones de tipo ecológico han hecho que el diseño para un posible desensamble sea una característica importante de los productos, ya que permite el fácil retiro de componentes para su reciclaje o reparación.
- La ingeniería concurrente es un procedimiento eficaz para administrar el proceso de desarrollo de productos utilizando equipos multifuncionales para auxiliar la eliminación de barreras organizacionales entre departamentos, reduciendo, por lo tanto, el tiempo de desarrollo del producto.
- Los diagramas de flujo y el encadenamiento hacia atrás son herramientas útiles para los procesos de diseño. Un mecanismo básico consiste en la identificación del producto o servicio de los clientes, de los proveedores y pasos del proceso; hacer el proceso a prueba de errores, y controlar y mejorar el proceso utilizando mediciones.
- En el diseño de los servicios, deben tomarse en consideración las instalaciones físicas, los procesos y los procedimientos, así como el comportamiento y el juicio profesional. La clasificación de los servicios a lo largo de mediciones del contacto e interacción con el cliente, intensidad en la mano de obra y grado de especialización dirigen la atención a un equilibrio adecuado de estos tres elementos de diseño.

- El control es el proceso continuo de evaluación del desempeño, la comparación de los resultados con las metas o normas, y la acción correctiva cuando resulta necesario. Cualquier sistema de control tiene tres componentes: (1) una norma o meta, (2) una forma de medir el logro, y (3) la comparación de los resultados reales con la norma, a fin de tener una retroalimentación para la acción correctiva.
- Las relaciones estrechas entre cliente y proveedor se basan en el conocimiento de la importancia estratégica de los proveedores para alcanzar los objetivos del negocio, en el desarrollo de relaciones en las cuales todo el mundo gana a través de asociaciones, y, en el establecimiento de la confianza a través de la apertura y la honestidad. Los temas de certificación de proveedores se utilizan a menudo para la administración de las relaciones con los proveedores.
- La mejora de los procesos se ha abordado de diversas maneras, incluida la simplificación del trabajo, el cambio planeado de los métodos y, más recientemente, el Kaizen, término japonés para mejora, es una filosofía de mejora de la calidad en todas las áreas del negocio, mediante mejoras pequeñas, frecuentes y graduales, a largo plazo.
- Los objetivos optimistas obligan a la organización a pensar de una manera radicalmente distinta y a alentar mejoras por adelantos tecnológicos en reducción de defectos y tiempos de ciclo. A menudo, el benchmarking y la reingeniería ayudan a alcanzar estas metas optimistas. El benchmarking consiste en la búsqueda de la mejor práctica existente en cualquier rama industrial y en el uso de esa información para establecer metas optimistas y efectuar mejoras. La reingeniería consiste en volver a concebir y rediseñar fundamental y radicalmente los procesos del negocio, para lograr mejoras significativas en el desempeño. La reingeniería complementa los esfuerzos continuos de mejora en una cultura de la calidad total.

CASOS

Caso 1. UN CASO DE FALLA EN EL DESARROLLO DEL PRODUCTO

En 1981, en la división de enseres domésticos de General Electric estaban descendiendo tanto la penetración en el mercado como las utilidades. La tecnología de la empresa era anticuada, en comparación con la de sus competidores en el extranjero. Por ejemplo, la fabricación de un compresor para refrigerador necesitaba 65 minutos de mano de obra, en comparación con apenas 25 minutos de los competidores de Japón e Italia. Además, sus costos por mano de obra eran inferiores. Las alternativas eran obvias: o bien adquirir los compresores del Japón o de Italia, o diseñar y construir un mejor modelo. En 1983 se tomó la decisión de construir en su fábrica un nuevo compresor rotativo, junto con un compromiso de una nueva planta por 120 millones. General Electric no era ningún novato en la tecnología de los compresores rotativos; lo habían inventado y durante muchos años utilizado en equipos de aire acondicionado. Un compresor rotativo costaba menos, tenía un tercio menos de componentes, y era más eficiente en el uso de la energía que los compresores de pistones actuales. Además, ocupaba menos espacio, por lo que daba más espacio dentro de los refrigeradores, y ayudaba a cumplir mejor con las necesidades del cliente.

Sin embargo, algunos ingenieros argumentaron contra el cambio. Los compresores rotativos operan más calientes. En la mayoría de los equipos de aire acondicionado, eso no es problema, ya que el refrigerante enfría el compresor. En un refrigerador, el

refrigerante fluye sólo a una décima parte de la velocidad, y la unidad opera aproximadamente cuatro veces más en un año que un equipo de aire acondicionado. GE había tenido problemas con los primeros compresores rotativos en equipos de aire acondicionado. Aunque en las unidades más pequeñas los problemas se habían eliminado, GE había dejado de utilizar rotativos en unidades mayores después de frecuentes descomposturas en climas calurosos.

Los gerentes e ingenieros de diseño de GE estaban preocupados por otras razones: Los compresores rotativos generan un zumbido muy agudo, y los gerentes pensaban que esto afectaría de manera adversa la aceptación por parte del cliente. Gerentes y paneles de prueba de consumidores invirtieron muchas horas en este problema. El nuevo diseño también requería que algunos componentes claves funcionaran juntos con una tolerancia de sólo 50 millonésimas de pulgada. Nada había sido producido en masa antes con esa precisión, aunque los ingenieros de manufactura estaban seguros de que podían hacerlo.

El compresor que finalmente diseñaron era prácticamente idéntico al de los equipos de aire acondicionado, con un cambio: los pequeños componentes dentro del compresor se fabricaron de metal en polvo, en vez del acero endurecido y el hierro fundido utilizado en los equipos de aire acondicionado. Se seleccionó este proceso debido a que se podían lograr tolerancias mucho más estrictas y con menores costos de maquinado. Esto mismo se había intentado hace diez años en los equipos de aire acondicionado y no había funcionado. Lo anterior les fue manifestado a los ingenieros de diseño que eran nuevos en el diseño de compresores, pero no prestaron atención.

Un asesor sugirió que GE considerara una asociación conjunta con una empresa japonesa que ya tenía un compresor para refrigerador rotativo en el mercado. Esta idea fue rechazada por la gerencia. El diseñador original del compresor rotativo de aire acondicionado, que había ya abandonado GE, había ofrecido sus servicios como asesor. GE rechazó esta oferta, arguyendo que poseían suficiente experiencia técnica.

Aproximadamente 600 compresores fueron probados en 1983, sin una sola falla. Fueron operados continuamente durante dos meses a temperaturas y presiones elevadas, que se suponía simulaban cinco años de operación. GE normalmente lleva a cabo amplias pruebas en el campo para productos nuevos; su plan original de probar modelos en el campo durante dos años se redujo a nueve meses, con objeto de cumplir con presiones de tiempo para completar el proyecto.

Después de las pruebas, el técnico que desarmó e inspeccionó los componentes pensó que no se veían bien. Ciertas piezas del motor se veían manchadas, una señal de calor excesivo. Los cojinetes estaban desgastados, y daba la impresión de que un calor elevado estaba descomponiendo el aceite lubricante. Los supervisores de este técnico pasaron por alto este descubrimiento y no lo transmitieron a niveles superiores de gerencia. Otro asesor, que evaluó los resultados de la prueba, pensó que algo estaba mal, porque sólo se había encontrado una falla en dos años, y recomendó que se intensificaran las condiciones de prueba. Esto también fue rechazado por la gerencia.

Para 1986, sólo 2.5 años después de la aprobación por parte del consejo, la nueva empresa estaba produciendo compresores a una velocidad de 10 por minuto. Hacia el final del año habían producido más de un millón. La penetración en el mercado se elevó y el nuevo refrigerador aparentaba ser un éxito. En julio de 1987 falló el primer

compresor. Pronto llegaron informes de otras fallas en Puerto Rico. Llegado septiembre, la división de enseres domésticos sabía que estaba ante un problema de importancia. En diciembre, la planta detuvo la fabricación del compresor. No fue sino hasta 1988 que el problema fue diagnosticado como excesivo desgaste en las dos piezas de metal en polvo, que quemaban el aceite. El costo, sólo en 1989, fue de \$450 millones. Para mediados de 1990, GE había reemplazado voluntariamente cerca de 1.1 millones de compresores por nuevos adquiridos de seis proveedores, cinco de ellos del extranjero.

Preguntas para el análisis

1. ¿Qué factores en el proceso de desarrollo del producto causaron este desastre?
¿Qué individuos fueron los responsables?
2. Analice cómo las técnicas de ingeniería de la calidad pudieron haber mejorado el proceso de desarrollo del producto para el compresor.
3. ¿Qué lecciones posiblemente aprendió GE para el futuro?

Caso 2. GATEWAY ESTATE LAWN EQUIPMENT COMPANY —ADMINISTRACION DE LOS PROCESOS DE PROVEEDOR Y DE ASOCIACION

A continuación se presenta la respuesta de Gateway a la partida 5.3 de los criterios Baldrige. Evalúe qué tan bien las prácticas de Gateway correspondientes a esta partida resuelven los criterios Baldrige, elaborando una lista de las fortalezas clave y las áreas de mejora.

Administración de los procesos de proveedor y de asociación

Como se hizo notar arriba, los proveedores son un ingrediente integral y absolutamente esencial del flujo de valor de Gateway. Un solo asociado proveedor suministra cada uno de los módulos. Los asociados proveedores están incluidos en todos los aspectos del negocio, desde la planeación estratégica a través de los diseños de productos y procesos hasta la entrega (directamente, en el caso de la mayoría de las piezas de repuesto). Los proveedores también comparten los riesgos y premios financieros.

Por ejemplo, la mayoría de las utilidades que obtienen los proveedores de Gateway se basan en una fórmula que premia la entrega a tiempo y la calidad.

Los requerimientos principales para los proveedores de Gateway son proporcionar módulos efectivos en costo, confiables, de alto rendimiento y eficientes justo a tiempo para su incorporación en tractores e implementos. Sus procesos deben cumplir o exceder las necesidades ecológicas y tener tasas de desperdicio o retrabajo mejores a los promedios de la rama industrial. También se espera de los proveedores que en sus áreas de especialidad aporten diferencias competitivas. Por ejemplo, el proveedor de motores de Gateway desarrolla y entrega motores que minimizan las emisiones, el peso, el ruido y el costo mismo tiempo que maximizan la potencia y la eficiencia. Cualquier intercambio entre estos factores es decidido por todo el equipo de diseño.

Gateway trabaja de cerca con todos los proveedores para asegurarse de que, desde el punto de vista ecológico, los productos y procesos utilizados son amigables. Todos los asociados han eliminado de su operación el uso de productos químicos riesgosos y a lo largo de los siguientes cuatro años tienen un requerimiento de reducir en 40% las cantidades de materias primas que entran en el flujo de desperdicios no reciclables.

Los proveedores de módulos de Gateway están enlazados directamente con GATE, que coloca órdenes para cada módulo conforme se reciben pedidos de nuevos tractores y accesorios. La entrega es requerida en la instalación asignada, dentro de los cinco días siguientes (menos uno más cero) de recepción del pedido. Los proveedores de módulos tienen la obligación de estar certificados con ISO 9001 o QS-9001. A los proveedores de módulos GATE se les paga mensualmente con base en el número de tractores enviados. Por lo tanto, no se requiere ni pedidos de compra ni facturas.

Componentes tales como sujetadores o consumibles como el aceite se adquieren de distribuidores localizados en la cercanía de cada una de las instalaciones de Gateway. Todos estos elementos se procuran de acuerdo con las especificaciones de la industria, generalmente las de la Society of Automotive Engineers (SAE). Al tener acceso a GATE, los proveedores locales pueden determinar el inventario requerido. A los proveedores se les paga una cantidad preacordada por cada tractor o implemento producido. Por lo tanto, igual que en el caso de los módulos, no se requiere ni pedidos de compra ni facturas.

Todos los proveedores tienen computadoras GATE y un acceso apropiado a los datos de Gateway, incluyendo dibujos de diseño, rendimiento del proceso y plan estratégico. Esta información ha fortalecido las asociaciones que Gateway tiene con sus proveedores.

La manera principal de determinar la forma en que los proveedores cumplen con sus necesidades es a través del análisis del ensamble y prueba de primera corrida, los costos de fallas internas (es decir, la falla de ajuste o arranque) y las quejas en garantía. En Gateway no se efectúa ninguna inspección de recepción.

Los proveedores reciben retroalimentación en tiempo real de GATE en forma de informes mensuales respecto a oportunidad, fallas internas y quejas de garantía. Estos datos también se acumulan de manera mensual y trimestral, y en un período móvil de 12 meses. Lee Atricuio visita a cada uno de los proveedores de módulos trimestralmente, para tener una retroalimentación de dos vías. La única excepción es el proveedor de dos vías, localizado en Japón. En este caso, las visitas alternas se hacen semestralmente.

Gateway patrocina un evento de reconocimiento anual de proveedores/asociados, que va rotando en las cuatro plantas principales. Este evento incluye el desarrollo de programas de introducción de modelos, revisión de planes estratégicos y distribución de los cheques por reparto de utilidades.

El procedimiento de Gateway para mejorar la capacidad de los proveedores tiene por objeto aprender uno del otro. El principal método institucionalizado de este aprendizaje es el acto de reconocimiento anual de proveedores/asociados. La contribución principal de Gateway a este acto es el establecimiento del tema, la coordinación de la agenda y la selección del conferenciante clave.

Durante los últimos tres años nos hemos enfocado a la innovación, terminación a tiempo y manufactura sin desperdicios. Además, dado que todos los proveedores están preocupados con la penetración en el mercado de Gateway, existe un poderoso incentivo para compartir mutuamente las mejores prácticas. Las manifestaciones para esta forma de compartir son los seminarios que forman parte del acto anual. Cada año, varios proveedores asumen la responsabilidad de realizar un seminario de un tema o de una mejor practica de interés general.

Las relaciones proveedores/asociados constituyen un punto permanente de la agenda en el acto de reconocimiento anual proveedores/asociados. En GATE se asigna y se lleva control de los elementos de acción. Por ejemplo, como resultado de un elemento de acción proveniente de un acto de reconocimiento de proveedores/asociados, Gateway negoció un contrato modelo con un organismo certificador ISO, que da servicio de certificación a Gateway y a todos los asociados a tasa reducida.

Como se dijo anteriormente, Gateway no efectúa ninguna inspección o prueba de recepción. Para realizar auditorías de nuestros proveedores utilizamos los certificadores independientes ISO 9001 ó QS-9001. Otra mejora que provino de nuestro acto de reconocimiento de proveedores fue la creación de un programa para complementar las auditorías de los certificadores y llenar los requerimientos de auditorías internas con un programa de intercambio de auditores. Gateway y cada uno de sus proveedores aportan auditores certificados un día al mes para efectuar auditorías en la instalación de Gateway o de algún otro asociado. Este programa facilita el aprendizaje y un continuo cumplimiento de los requerimientos ISO 9001 o QS-9001. Está instalado un proceso de certificación de proveedores en tres niveles:

Para obtener el nivel bronce, los proveedores deben haber obtenido la certificación ISO/QS, haber entregado a tiempo durante seis meses consecutivos, tener tasas de desperdicio y de retrabajo mejores a las del promedio de la rama industrial y no tener rechazos por errores administrativos durante seis meses consecutivos.

Para alcanzar el nivel plata, los proveedores deben haber alcanzado entregas a tiempo durante un año consecutivo, mantener todos los procesos principales en control a lo largo de todo el año, haber logrado por lo menos una reducción de 10% en costos y no haber cometido errores administrativos durante un año. Al proveedor del nivel de la certificación de plata se le aplica un coeficiente de ponderación a los suministros subsecuentes, para dar la oportunidad de más volumen de negocio, así como capacitación gratuita, con base en el porcentaje de dólares gastados con dicho proveedor.

Para alcanzar el nivel oro, los proveedores deben haber logrado entregas a tiempo durante dos o tres años consecutivos o más; los procesos deben haber estado operando por lo menos 20% mejor que el promedio de la rama industrial y no deben haber incurrido en ningún error administrativo durante dos años. Al nivel de certificación oro se le aplica un coeficiente de ponderación más elevado, y se le paga una bonificación anual.

En vista del interés de Gateway en que las asociaciones con proveedores sean una "calle de dos vías," MSU lleva a cabo una encuesta anual de todos los proveedores para asegurarse de cuál es el desempeño de Gateway como cliente. Esta

retroalimentación es fuente valiosa de mejora de prácticas y procesos de administración de los proveedores.

Problemas

1. Dé algunos ejemplos de procesos repetibles y medibles y algunos que no lo sean.
2. Elabore una lista de algunos de los procesos comunes que lleva a cabo un estudiante. ¿De qué manera pueden mejorarse dichos procesos?
3. ¿Son los exámenes en clase un medio de control o de mejora? ¿Qué es lo que deberían ser?
4. ¿De qué manera se puede aplicar kaizen en el aula?
5. Entreviste algunos miembros del profesorado y determine si están haciendo benchmarking con otros programas educativos. ¿Qué tipo de información podrían ellos buscar a fin de mejorar el currículum y el contenido en los cursos?
6. Escriba el proceso de preparación de un examen. ¿De qué manera podría hacerse la reingeniería de este proceso para hacerlo más breve y eficaz?
7. ¿Cuál es "el proceso de desarrollo de productos" que podría utilizar una escuela para diseñar e introducir un nuevo curso? ¿De qué manera se podría mejorar para reducir "el tiempo para ponerlo en el mercado"?
8. Examine algún producto recientemente adquirido. ¿Está diseñado para su desensamble o con preocupaciones ecológicas?
9. Legal Sea Foods opera varios restaurantes y mercados de pescado en el área de Boston. Los estándares de excelencia de la empresa obligan a que se sirva únicamente productos marinos de la máxima frescura y de la más elevada calidad. Garantizan su calidad comprando los pescados todos los días "lo mejor de la pesca". Aunque Legal Foods trata de tener disponible la más amplia variedad todos los días, algunas especies de pescado están sujetas a patrones migratorios y no siempre están presentes en las aguas de Nueva Inglaterra. El estado del tiempo también puede evitar que los pescadores locales pesquen en ciertas áreas.

El pescado fresco es llevado a toda prisa al centro de control de calidad de la empresa, donde se corta en una instalación de vanguardia controlada tecnológicamente. Todos los mariscos provienen de lechos certificados por el gobierno y se prueban en un laboratorio de microbiología propio en función de su salubridad y pureza. Existen incluso tanques especiales de conservación de las langostas, de manera que todas se conservan en condiciones óptimas, en un agua limpia, libre de contaminación. Cada marisco se inspecciona en su calidad ocho veces distintas antes de que llegue a la mesa.

En los restaurantes de Legal Sea Food, cada plato se cocina sobre pedido. Aunque quienes sirven hacen toda clase de esfuerzos para entregar todos los platos minutos después de recibir el pedido, no pondrán en riesgo la calidad de

un plato conservándolo debajo de una lámpara de rayos infrarrojos hasta que esté completo todo el pedido. El personal de servicio está capacitado para trabajar como equipo para un mejor servicio. Cada mesa frecuentemente es atendida por más de una persona. Cuando cualquiera de los platos está listo, la persona disponible más cercana lo sirve. Las preguntas del cliente pueden dirigirse a cualquier empleado, no sólo a quien tomó el pedido inicial.

- a. ¿Cuáles son los procesos principales que lleva a cabo Legal Sea Food? ¿Cómo el diseño del proceso apoya su objetivo de servir solamente los mariscos más frescos y de más elevada calidad?
- b. Según la clasificación tridimensional de organizaciones de servicio, ¿dónde quedaría clasificada Legal Sea Food? ¿Es su diseño de proceso consistente con esta clasificación?

10. Un restaurante de pizza utiliza el proceso siguiente.

1. El cliente llama por teléfono al restaurante para hacer un pedido.
2. El empleado contesta el teléfono, anota el pedido y lo pasa al jefe de la cocina.
3. El jefe prepara la pizza a mano.
4. El jefe hornea la pizza en uno de los cuatro hornos.
5. El asistente verifica que la pizza calentada coincide con el pedido y la coloca en una caja de cartón, y después en una bolsa aislante.
6. El conductor toma la pizza, se asegura de tener cambio, estudia el mapa en la tienda, sube al automóvil y se dirige al domicilio del cliente.
7. El conductor entrega la pizza al cliente, recibe el efectivo (no hay crédito) y le da el cambio al cliente.

El presidente de la empresa desea poder entregar pizzas a cualquier cliente en la ciudad y mantener la inversión en tecnología nueva a no más de 1.2 veces las utilidades actuales anuales. Ha establecido algunas metas optimistas:

- Entregar las pizzas en la mitad del tiempo de entrega de los competidores; los clientes desean que les entreguen la pizza en aproximadamente 10 minutos.
- Entregar pizzas que ganen pruebas de sabor contra las otras pizzas entregadas a domicilio, así como de los restaurantes de pizzas.
- Proporcionar los extras que generalmente se dan en restaurantes, como queso rallado, ajo, chile y picante.

En un equipo de estudiantes, proponga algunas soluciones de reingeniería para este problema.

11. El presidente del Circle H le ha asignado una investigación completa, a fin de determinar las causas de ciertos problemas de calidad y recomendar acciones correctivas apropiadas. Usted tiene la autoridad para comunicarse con cualquier persona dentro de la empresa.

Las primeras etapas de su investigación establecen que las tres razones que los clientes citan más a menudo son sintomáticas de algunos problemas importantes de calidad de la operación de la empresa. Al seguir adelante con la auditoría, usted decide revisar todos los datos disponibles, que pudieran indicar las causas raíz de estos problemas.

Investigaciones adicionales revelan que en un reciente período de cuatro meses de duración, se efectuó un cambio de procedimientos en el proceso requerido de aprobación. Usted desea averiguar si este cambio generó alguna diferencia significativa en el tiempo necesario para procesar un pedido, desde la venta en el campo hasta su envío. Por lo tanto, decide investigar esta situación en particular.

Al terminar su investigación sobre los problemas de procesamiento del pedido, usted determina que el cambio en el procedimiento de aprobación del pedido ha conducido a un incremento en el tiempo necesario para reabastecer de producto a las tiendas de los clientes. Usted desea recomendar acciones correctivas para este problema, pero primero tiene que hacer una investigación adicional respecto a la razón por la cual se hicieron los cambios. Usted se entera de que, debido a cuantiosas pérdidas en cuentas malas por cobrar, se hizo el cambio, a fin de exigir que el gerente de crédito aprobara todos los pedidos de reabastecimiento. Esto agregó un promedio de tres horas al tiempo interno necesario de procesamiento para un pedido de reabastecimiento.

Al revisar su informe, el presidente de Circle H toma nota de problemas administrativos, de cuya existencia jamás habría sospechado. Para estar seguro de que la acción correctiva resulte eficaz y sostenida, el presidente le da la responsabilidad de hacerse cargo del programa de corrección.

- a. ¿Qué tipo de información sería más útil de revisar, buscando indicaciones acerca de por qué ocurrieron las tres principales quejas de clientes?
- b. ¿De qué manera podría usted investigar si el cambio de proceso de aprobación de pedidos tuvo un efecto significativo en el tiempo de procesamiento de los mismos?
- c. Dado su conocimiento tanto del procesamiento del pedido como de cuentas por cobrar, ¿qué es lo que usted debería hacer?

BIBLIOGRAFIA

AT&T Quality Steering Committee. Batting 2000.

AT&T Bell Laboratories, 1992.

Process Quality Management &/ Improvement Guidelines. AT&T Bell Laboratories, 1987.

Box, G. E. R, y S. Bisgaard,
"The Scientific Context of Quality Improvement",
Quality Progress 20, no. 6 (junio de 1987), 54-61.

Brassard, Michael.
The Memory Jogger Plus+. Methuen, MA: GOAL/QPC, 1989.

Burke, Charles J.
"10 Steps to Best-Practices Benchmarking",
Quality Digest (febrero de 1996), 23-28.

"Chrysler is Told to Pay \$262.5 Million By Jurors in Minivan-Accident Trial"
Wall Street Journal
Octubre 9 de 1997, A-3, A-4.

Cross, Kelvin, John Feather y Richard Lynch.
"TQM variable de salida. Reengineering? There Should Be No Argument"
Quality Digest (mayo de 1994), 53-54.

DeToro, Ifving, y Thomas McCabe,
"How to Stay Flexible and Elude Fads"
Quality Progress (marzo de 1997), 55-60.

Donnell, Augustus, y Margaret Dellinger.
Analyzing Business Process Data: The Looking Glass.
AT&T Bell Laboratories, 1990.

Freeman, N. B.
"Quality on the Mend",
American Machinist and Automated Manufacturing (abril de 1986), 102-112.

Gitlow, H., S. Gitlow, A. Oppenheim y R. Oppenheim.
Tools and Methods for the Improvement of Quality
Homewood, IL: Irwin, 1989.

Godfrey, Blau,
"Future Trends: Expansion of Quality Management Concepts, Methods and Tools to All
Industries"
Quality Observer 6, no. 9 (septiembre de 1997), 40-43, 46.

Hradesky, John L.
Productivity and Quality Improvement.
Nueva York: McGraw-Hill, 1988.

Hurley, Heather,
"Cycle-Time Reduction: Your Key to a Better Bottom Line"
Quality Digest (abril de 1996), 28-32.

Melan, E. H.
"Process Management in Service and Administrative Operations",
Quality Progress 18, no. 6 (junio de 1985), 52-59.

Melan, Eugene H.
Process Management, A Systems Approach to Total Quality,
Portland, OR: Productivity Press, 1995.

Mizuno, Shigeru
Management for Quality Improvement: The 7 New QC Tools.
Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

Rosenfeld, Manny
"Only the Questions That Are Asked Can Be Answered"
Quality Progress (abril de 1994), 71-73.

Sherman, Strat
"Stretch Goals: The Dark Side of Asking for Miracles"
Fortune, 13 de noviembre de 1995, 231-232.

CAPITULO 7

HERRAMIENTAS PARA LA ADMINISTRACIÓN DE PROCESOS

OBJETIVOS

- Conocer sobre algunos experimentos estadísticamente planeados como la función de pérdida de Taguchi y el despliegue de la función de calidad
- Conocer más a fondo en lo que consiste el “poka-yoke” tanto para producto como para servicios
- Poder identificar y resolver cierto tipos de problemas
- Conocer sobre el ciclo de Deming y el programa de mejora de Jurán y de Crosby
- Conocer un método creativo de solución de problemas, como determinar y comprender el lío, encontrar los hechos, como identificar problemas específicos, métodos de generación de ideas y finalmente la determinación e interpretación de soluciones
- Usar diferentes diagramas como el de causa y efecto, de dispersión, de Pareto y de histogramas

CAPITULO 7

HERRAMIENTAS PARA LA ADMINISTRACION DE PROCESOS

7.1 Experimentación estadística

Las imperfecciones en su manufactura, los factores del entorno y variaciones humanas al operarlo afectan el desempeño de un producto. Uno de alta calidad funciona cerca de su rendimiento objetivo de manera consistente durante toda su vida y bajo todas las condiciones de operación. Un buen diseño identifica los ajustes del producto o los parámetros del proceso que minimizan la sensibilidad de los diseños a fuentes de variación en fábrica y durante su uso. Productos insensibles a fuentes de variación externa se conocen como robustos.

Un ingeniero japonés, Genichi Taguchi, propuso experimentos estadísticamente planeados para el diseño de parámetros. Un experimento de diseño es una prueba o serie de pruebas que permiten al experimentador obtener conclusiones sobre la situación en estudio. Por ejemplo, una empresa de pinturas pudiera estar interesada en determinar si distintos aditivos tienen algún efecto sobre el tiempo de secado de la pintura para seleccionar aquel aditivo que brinde el tiempo de secado más corto.

El método Taguchi, los experimentos de diseño de parámetros están dirigidos a reducir la variabilidad causada por variaciones de manufactura. En la mayoría de los procesos industriales, controlar la variabilidad es mucho más difícil que controlar el valor promedio.

Taguchi clasifica las variables que afectan las características de rendimiento en función de que son parámetros de diseño o fuentes de ruido. Los parámetros de diseño son aquellos en los que el ingeniero de diseño puede seleccionar sus ajustes nominales. La fuente de ruido son todas aquellas variables que causan características de desempeño que se desvían de los valores objetivos. Los factores de ruido pueden variarse sistemáticamente en un experimento diseñado. Es necesario identificar e incluirse en el experimento los factores claves que afectan el desempeño o rendimiento del producto en el campo, así como el desempeño de los procesos en la manufactura.

Un objetivo del experimento es identificar los ajustes de los parámetros de diseño a los que se reduce el efecto de los factores de ruido en la característica de desempeño. El efecto mismo se determina variando sistemáticamente los ajustes de los parámetros de diseño del experimento y comparando los resultados. Los experimentos se pueden llevar a cabo ya sea físicamente o mediante simulación por computadora, con un programa que relacione el desempeño con los parámetros de diseño y con los factores de ruido.

Otros objetivos de los experimentos Taguchi incluyen identificar los ajustes de los parámetros de diseño que reducen el costo sin sacrificar la calidad, la determinación de

parámetros de diseño que influyen el valor medio de la característica de rendimiento pero sin tener ningún efecto en su variación, así como la identificación de aquellos parámetros de diseño que no tienen ninguna influencia detectable en las características de desempeño. Las tolerancias de este tipo de parámetros pueden ser menos severas.

Otro concepto central en los métodos Taguchi es la relación de señal a ruido (S/N), que mide la sensibilidad de un efecto (la señal) a los factores de ruido. El efecto, es decir la señal, se mide según su valor medio, en tanto que la variabilidad en la señal representa los factores de ruido, que se miden según la desviación estándar, por lo que S/N esencialmente es la relación de la media a la desviación estándar.

Este tipo de medición incorpora tanto factores controlables como no controlables. Relaciones elevadas de señal a ruido significan que la sensibilidad a los factores de ruido es reducida.

La terminología de señal y ruido puede aplicarse a cualquier tipo de producto o servicio. La señal es lo que se pretende que el producto o el componente debe entregar. El ruido es la interferencia creada por factores externos del entorno, o incluso componentes internos del sistema, que afectan la calidad de la señal. Por ejemplo, la señal para un servicio de entrega de paquetería es la entrega a tiempo de un envío sin daños. Como ruido que pudiera causar variaciones en el tiempo esperado de entrega o en su estado incluye factores internos como paquetes extraviados, dañados o mal codificados. Existe ruido externo proveniente de direcciones incorrectas o incompletas, dadas por el remitente, o retrasos de aviones o vehículos de entrega, relacionados con el clima, si la empresa toma provisiones para mejorar su sistema y protegerse contra factores externos productores de ruido como las direcciones incorrectas, la señal será más fuerte y más clara en un porcentaje más elevado de las veces, mejorando así el servicio al cliente y la calidad perseguida.

Sin embargo, el procedimiento Taguchi de diseño experimental viola algunos principios estadísticos tradicionales, por lo que ha sido criticado por los expertos en ese ramo. Como agregado a las limitaciones de su procedimiento, Taguchi introdujo algunos análisis estadísticamente inválidos y confusos, ignoró procedimientos gráficos modernos para el análisis de datos y omitió promover la aleatoriedad al llevar a cabo los experimentos. Aun cuando muchos de estos temas todavía están sujetos a debate, las contribuciones de Taguchi incluyen la popularización de la idea de un diseño robusto de producto y de llamar mayor atención a la educación en la ingeniería de la calidad.

La función de pérdida de Taguchi

Taguchi propuso un procedimiento significativamente distinto para consolidar la calidad con base en las implicaciones económicas de no cumplir con las especificaciones objetivo.

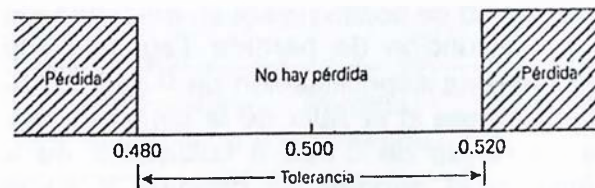
Taguchi definió la calidad como "evitar una pérdida que un producto le causa a la sociedad, después de haber sido embarcado, distinta a cualquier otra pérdida causada por sus funciones intrínsecas". La pérdida para la sociedad incluye costos incurridos por la imposibilidad del producto de cumplir con las expectativas del cliente, la imposibilidad

de cumplir con las características de desempeño y los efectos colaterales dañinos causados por el producto.

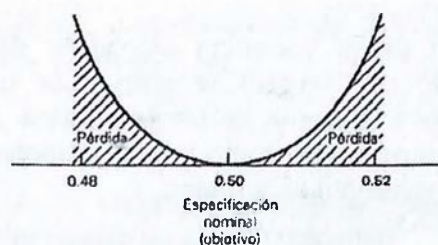
La imposibilidad de cumplir con las expectativas del cliente precipita numerosas pérdidas directas e indirectas.

Taguchi mide las pérdidas en unidades monetarias y las relaciona con características cuantificables del producto. De esta manera, traduce el lenguaje del ingeniero al del gerente. Para comprender mejor la filosofía de Taguchi en la forma en que esto influye en el diseño de tolerancias, reconsidere la definición con base en la manufactura de la calidad, como "conformidad con las especificaciones". Suponga que la especificación para una característica de calidad es 0.500 ± 0.020 . Utilizando esta definición, no existe ninguna diferencia si el valor real de la característica de calidad es 0.480, 0.496, 0.500 ó 0.520. Esta actitud supone que el cliente, ya sea el consumidor o el siguiente departamento en el proceso de producción, quedaría igualmente satisfecho con cualquier valor entre 0.480 y 0.520, pero no si está fuera de este rango de tolerancia.

Este procedimiento supone también que los costos no dependen del valor real de la característica de calidad, siempre que quede dentro de la tolerancia especificada, conocida como "mentalidad de poste de meta" mostrada en la siguiente figura.



Pero ¿cuál es la diferencia real entre 0.479 y 0.481? El primero se considera como "fuera de especificación" y necesita retrabajo o enviar al desperdicio, en tanto que el último es aceptable. Sin embargo, en realidad el impacto de cualquiera de ellos sobre la característica de desempeño del producto sería aproximadamente igual; ninguno está cerca de la especificación nominal de 0.500. El diseñador fija la especificación nominal, que se considera como el valor objetivo ideal para la característica de calidad vital. Taguchi basa este procedimiento en la hipótesis de que mientras menor sea la variación en relación con el valor objetivo, mejor será la calidad. En otras palabras, la única especificación que tiene significado es cumplir con el objetivo. Los aumentos de pérdida (como función cuadrática) conforme los valores se salen del objetivo se ilustran en la figura.

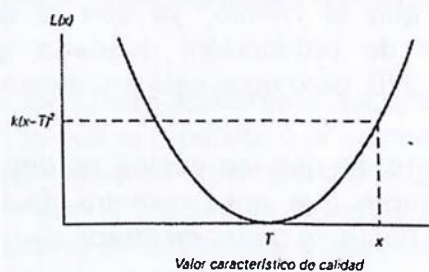


Cuando se llenan las especificaciones nominales, los productos son más uniformes, lo que reduce los costos totales para la sociedad.

Cálculos utilizando la función de pérdida Taguchi. La naturaleza exacta de la función de pérdida para cada una de las características de calidad es difícil de determinar. Taguchi supuso que las pérdidas se podían aproximar utilizando la función cuadrática de manera que desviaciones más importantes del objetivo causaran pérdidas cada vez mayores. Para el caso en el que un valor objetivo específico es el mejor y la calidad se deteriora conforme el valor se aleja del objetivo a cualquiera de los empleados la función de pérdida se representa por:

$$L(x) = k(x-T)^2$$

Donde "x" es cualquier valor de la característica de calidad, "T" es el valor objetivo y "k" alguna constante. Esta ecuación se grafica de la siguiente manera:



Ejemplo 1: Estimación de la función de pérdida Taguchi. Suponga que una cierta característica de calidad tiene una especificación de 0.500 ± 0.020 . Un análisis de los registros de la empresa revela que si el valor de la característica de calidad excede el objetivo de 0.500 en la tolerancia de 0.020 a cualquiera de los lados, el producto probablemente fallará durante el período de garantía y su reparación contará 50 dólares. Entonces,

$$50 = k(0.020)^2$$

$$k = 50/0.0004 = 125,000$$

Por lo tanto, la función de pérdida es

$$L(x) = 125,000(x-T)^2$$

por lo que si la desviación es de únicamente 0.010, la pérdida estimada es de

$$L_{(0.010)} = 125,000(0.010)^2 = \$12.50$$

Si se conoce la distribución de la variación alrededor del valor objetivo, se puede calcular la pérdida promedio por unidad al promediar estadísticamente la pérdida asociada con los valores posibles de la característica de calidad. En tecnología estadística, esta pérdida promedio por unidad es simplemente el valor esperado de la pérdida. Para mantener las matemáticas simples.

Ejemplo 2: Cálculo de la pérdida esperada utilizando la función de pérdida de Taguchi. Suponga que dos procesos, A y B, tienen las siguientes distribuciones de una característica de calidad, con una especificación de 0.50 ± 0.02 . En el proceso A, el resultado del proceso tiene valores que van de 0.48 a 0.52, todos los cuales tienen la

misma probabilidad. Para el proceso B, se espera que 60% del resultado tenga un valor de 0.50, 15% un valor de 49, etcétera.

Valor, x	Probabilidad del proceso	
	A	B
0.47	0.0	0.02
0.48	0.2	0.03
0.49	0.2	0.15
0.50	0.2	0.60
0.51	0.2	0.15
0.52	0.2	0.03
0.53	0.0	0.02

Note que el resultado del producto A está disperso uniformemente en un rango de 0.48 a 0.52 y que ocurre totalmente dentro de especificaciones. En el proceso B, el resultado está concentrado cerca del valor objetivo, pero no ocurre en su totalidad dentro de especificaciones. Utilizando la función de pérdida:

$$L_{(x)} = 125,000 (x-0.50)^2$$

la pérdida esperada para cada uno de los procesos se puede calcular como sigue:

Valor, x	Pérdida	Probabilidad del proceso A	Pérdida Ponderada	Probabilidad del proceso B	Pérdida Ponderada
0.47	112.50	0.0	0.00	0.02	2.250
0.48	50.00	0.2	10.0	0.03	1.500
0.49	12.50	0.2	2.50	0.15	1.875
0.50	0.00	0.2	0.00	0.60	0.000
0.51	12.50	0.2	2.50	0.15	1.875
0.52	50.00	0.2	10.0	0.03	1.500
0.53	112.50	0.0	0.00	0.02	2.250
			25.00	11.250	

Claramente, el proceso B incurre en una pérdida esperada total menor, aun cuando algunos de los resultados quedan fuera de especificaciones.

La pérdida esperada se calcula utilizando una fórmula simple que involucra la varianza de la característica de calidad, σ^2 , y el cuadrado de la desviación del valor medio del objetivo $D^2 = (x - T)^2$. La pérdida esperada es:

$$EL_{(x)} = k (\sigma^2 + D^2)$$

Por ejemplo, en el proceso A, la varianza (σ^2) de la característica de calidad es de 0.0002 y $D^2 = 0$, ya que el valor medio es igual al objetivo. Por lo que,

$$EL_{(x)} = 125,000(0.0002 + 0) = 25$$

Se puede utilizar un cálculo similar para determinar la pérdida esperada del proceso B.

En el ejemplo de la televisión Sony, se determinó que k era igual a 0.16. Dado que la media de ambas distribuciones de densidad de color caía en el valor objetivo, $D^2 = 0$, tanto para la planta estadounidense como para la japonesa.

Sin embargo, la varianza de las distribuciones era diferente. Para la planta de San Diego, $\sigma^2 = 8.33$ y para la planta japonesa, $\sigma^2 = 2.78$, por lo que la pérdida promedio por unidad se calculaba como:

Planta de San Diego: $0.16 (8.33) = \$1.33$

Planta japonesa: $0.16 (2.78) = \$0.44$

es decir, una diferencia de 0.89 dólares por unidad.

La pérdida esperada da una medida de la variación independiente de los límites de especificación. Esta medida hace énfasis en una mejora continua en lugar de la aceptación del status quo simplemente porque el producto "cumple con las especificaciones".

No todas las características de calidad tienen objetivos nominales con tolerancias a ambos lados. En algunos casos, como las impurezas en un proceso químico o el consumo de combustible, "menor es mejor"; en otros, "mayor es mejor", como por ejemplo, la resistencia a la ruptura o la vida del producto. La función de pérdida para el caso de "menor es mejor", es:

$$L_{(x)} = kx^2$$

y para el caso de "mayor es mejor", es

$$L_{(x)} = k (1/x^2)$$

Estas fórmulas pueden aplicarse de manera similar a los ejemplos anteriores. El siguiente ejemplo muestra cómo se puede utilizar la función de pérdida Taguchi para establecer tolerancias.

Ejemplo 3: Uso de la función de pérdida Taguchi para el diseño de tolerancias. La velocidad deseada para la cinta del casete es de 1.875 pulgadas por segundo. Cualquier desviación sobre este valor crea un cambio de tono y de tiempo, y por lo tanto mala calidad sonora. Suponga que ajustar la velocidad de una cinta con garantía, cuando un cliente se queja y devuelve un reproductor de cassettes, cuesta al fabricante 20 dólares (este desembolso por reparación no incluye otros costos debidos a falta de satisfacción del cliente, y por lo tanto, a lo máximo es un límite inferior de la pérdida real). Con base en la información anterior la empresa sabe que el cliente promedio devolverá el reproductor si la velocidad de la cinta está fuera de objetivo por lo menos 0.15 pulgadas por segundo. La constante de la función de pérdida se calcula de la manera siguiente:

$$20 = k (0.15)^2$$

$$k = 888.9$$

y por lo tanto, la función de pérdida es:

$$L(x) = 888.9(x - 1.875)^2$$

En fábrica el ajuste se puede llevar a cabo a un mucho menor costo de 3 dólares, formado por la mano de obra para hacer el ajuste y pruebas adicionales. ¿Cuál debe ser la tolerancia antes de un ajuste hecho en fábrica? Para utilizar la función de pérdida, haga que $L(x) = \$3$ y resuelva en función de la tolerancia:

$$3 = 888.9 (\text{tolerancia})^2$$

$$\text{tolerancia} = (3/888.9)^{1/2} = 0.058$$

Por lo tanto, si la velocidad de la cinta está fuera de especificación en más de 0.058 pulgadas por segundo, resulta más económico hacer el ajuste en fábrica, por lo que las especificaciones deberían ser 1.875 ± 0.058 , es decir de 1.817 a 1.933.

7.2 Despliegue de la función de calidad

El despliegue de la función de calidad (QFD, por sus siglas en inglés) es un proceso de planeación, impulsado por el cliente para guiar el diseño, la manufactura y la mercadotecnia de los bienes. A través de él, toda decisión de diseño, de manufactura y de control se hace para cumplir necesidades expresadas por los clientes. Utiliza un tipo de diagrama de matriz para presentar los datos y la información.

En el nivel estratégico, QFD representa un reto y la oportunidad para que la gerencia general se desvíe de su enfoque tradicional centrado en los resultados, que solamente pueden medirse después de los hechos, y adoptar un proceso más amplio, relacionado con la forma en que se obtienen esos resultados. Bajo QFD, todas las operaciones de una empresa son impulsadas o movidas por la voz del cliente, más que por decretos o edictos de la gerencia general o por las opiniones o deseos de los ingenieros de diseño. En los niveles tácticos y operativos, el despliegue de la función de calidad se aparta del proceso tradicional de planeación de productos, en el que las ideas de productos se originan en equipos de diseño o grupos de investigación y desarrollo, luego se aprueban y afinan, se producen y se lanzan al mercado. Mucho esfuerzo y tiempo se desperdicia en volver a diseñar productos y sistemas de producción hasta cumplir con las necesidades del cliente. Si desde el principio es posible identificar adecuadamente las necesidades del cliente, entonces ese esfuerzo desperdiciado desaparece, que es el enfoque principal de la idea QFD.

QFD hace que las empresas se beneficien a través de una mejor comunicación y trabajo en equipo entre todos los constituyentes del proceso de producción, como mercadotecnia y diseño, diseño y manufactura, y proveedores. Los objetivos del producto se comprenden mejor y se interpretan también mejor durante el proceso de producción. El uso del despliegue de la función de calidad determina las causas de la satisfacción del cliente, lo que la convierte en una herramienta útil de la gerencia general para el análisis competitivo de la calidad del producto. La productividad, así como las mejoras en la calidad, generalmente son secuela de QFD. Quizás de mayor significado, sin embargo, es que el despliegue de la función de calidad reduce el tiempo

para el desarrollo de nuevos productos y permite que las empresas simulen los efectos de ideas y conceptos de los nuevos diseños. A través de este beneficio las empresas pueden reducir el tiempo del desarrollo del producto y llevar más pronto los nuevos productos al mercado, obteniendo por lo tanto una ventaja competitiva. Los detalles del proceso QFD y su utilización se presentarán en la siguiente sección.

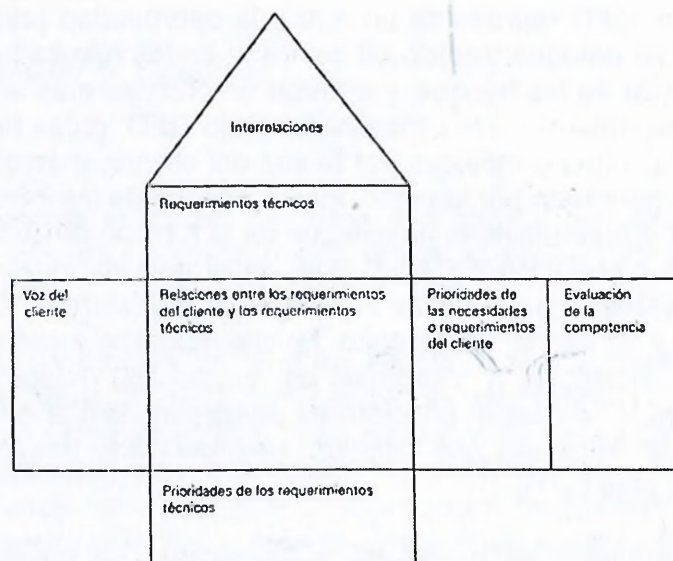
El proceso de despliegue de la función de calidad

Se utiliza un conjunto de matrices para relacionar la voz del cliente con las necesidades técnicas, requerimientos de componentes, planes de control del proceso y operaciones de manufactura de un producto. La primera matriz, la matriz de planeación de requerimientos del cliente, es la base para la idea QFD.

La construcción de la casa de la calidad está constituida en seis pasos básicos:

1. Identificar las necesidades del cliente.
2. Identificar las necesidades técnicas.
3. Relacionar las necesidades del cliente con las necesidades técnicas.
4. Llevar a cabo una evaluación de productos competidores.
5. Evaluar las necesidades técnicas y desarrollar objetivos.
6. Determinar qué requerimientos técnicos serán desplegados en el resto del proceso de producción.

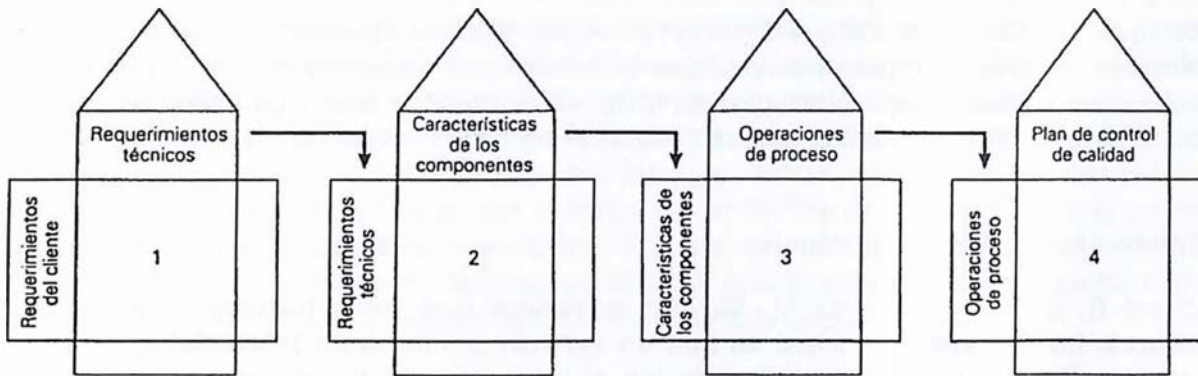
La siguiente figura demuestra la razón por la que esta matriz a menudo se conoce como la casa de la calidad.



Uso de la casa de la calidad

La casa de la calidad le proporciona a la mercadotecnia una herramienta importante para la comprensión de las necesidades del cliente, y brinda una dirección estratégica a la gerencia general. Es, sin embargo, sólo el primer paso del despliegue de la función de calidad. La voz del cliente debe efectuarse en todo el proceso de producción. Para

desplegar la voz del cliente respecto a las características de las partes componentes, de la planeación del proceso y de la producción, se utilizan tres otras "casas de la calidad". Para ilustrar estos conceptos, las siguientes secciones continúan con el ejemplo de desarrollo del libro de texto.



Poka-yoke (a prueba de fallas)

Las fuentes típicas de defectos en la producción son procesamientos omitidos, errores de procesamiento, errores de puesta en marcha, componentes faltantes, componentes equivocados y errores de ajuste. Un buen diseño del proceso impide que ocurran los defectos en general. Los japoneses le llaman a esto un sistema de **control de calidad cero** (defectos) (ZQC). ZQC está formado de los procesos siguientes:

1. Inspección en la fuente: Verificando los factores que pueden causar errores, y no el defecto resultante.
2. Inspección a 100%: El uso de la autoinspección a 100% en la cual el operador supervisa su propio trabajo, o en la que dispositivos poka-yoke (a prueba de fallas) poco costosos revisan automáticamente buscando errores o situaciones de operación defectuosas.
3. Acción intermedia: Detener las operaciones instantáneamente cuando se comete un error y reiniciar operaciones sólo cuando el error no se haya corregido. La retroalimentación se consigue a través de verificaciones sucesivas, en las que la persona que sigue dentro del proceso de inmediato devuelve información al operador suministrador para detener la producción y corregir el error.

ZQC se basa en el hecho de que los seres humanos tienden a cometer errores inadvertidamente. Los errores pueden resultar por olvido, mala comprensión, errores de identificación, falta de habilidad, distracción, falta de normas o mal funcionamiento del equipo. Culpar a los trabajadores no sólo los desalienta y baja la moral, sino que tampoco resuelve el problema. **Poka-yoke** es un procedimiento para procesos a prueba de fallas que utiliza dispositivos o métodos automáticos para evitar el error humano simple. La idea poka-yoke fue utilizada y refinada por el difunto Shigeo Shingo, ingeniero de manufactura japonés, que desarrolló el sistema de producción de Toyota. La idea es evitar tareas o acciones repetitivas que dependen de la supervisión o de la

memoria para liberar el tiempo y la mente de los trabajadores a fin de que puedan realizar actividades más creativas o que agreguen valor.

Poka-yoke se enfoca a dos aspectos: La predicción, es decir reconocer que un defecto está a punto de ocurrir, y dar una advertencia o una detención, o reconocer que un defecto acaba de ocurrir y detener el proceso. Muchas aplicaciones poka-yoke son realmente simples, aunque creativas; por lo general, no son costosas de implementar. Muchas máquinas tienen interruptores límite conectados a luces de advertencia que indican al operador cuando las piezas están mal colocadas dentro de la máquina.

Poka-yoke para los servicios

Richard B. Chase y Douglas M. Stewart sugirieron que estas mismas ideas podían aplicarse. La diferencia principal es que un servicio a prueba de fallas debe tomar en consideración tanto las actividades de los clientes como las del productor, y deben establecerse métodos a prueba de fallas para interacciones efectuadas directamente o por teléfono, por correo y con otras tecnologías como ATM. Chase y Stewart clasifican los poka-yoke de servicio según el tipo de error para los cuales se han diseñado: Errores de servidor y errores de cliente. Los errores de servidor resultan de la tarea, el tratamiento o los tangibles del servicio. Los errores de cliente ocurren durante la preparación, el encuentro de servicio o durante su solución.

Los errores de la tarea incluyen llevar a cabo incorrectamente el trabajo, hacer trabajo no solicitado, hacer el trabajo en el orden equivocado o trabajar demasiado despacio. Algunos ejemplos de dispositivos poka-yoke para errores en la tarea son los indicadores de computadora, las teclas de registradoras codificadas por color, las herramientas de medición como el cucharón para papas fritas de McDonald's, y los dispositivos de señalización. Los hospitales utilizan charolas para los instrumentos quirúrgicos con marcas para cada uno, evitando así que el cirujano los deje dentro del paciente.

Los errores de tratamiento ocurren en el contacto entre servidor y cliente, como por ejemplo una falta de comportamiento cortés y faltas de conocimientos o de escuchar o reaccionar apropiadamente ante el consumidor. Un banco alienta el contacto de ojos, exigiéndole a los cajeros que al inicio de la transacción registren el color de los ojos del cliente en una lista de verificación. Para promover cortesía y cordialidad en un restaurante de comida rápida, los capacitadores proporcionan los cuatro indicadores específicos para saber cuándo hay que sonreír: Al recibir al cliente, al tomar el pedido, al describir el especial de postre y al devolver el cambio al cliente. Animar a los empleados a tomar nota si el cliente sonrió en contestación, un refuerzo natural de la sonrisa.

Los errores tangibles son aquellos existentes en los elementos físicos del servicio, tales como instalaciones sucias, uniformes desaseados, temperatura inapropiada y errores en los documentos. Los hoteles envuelven tiras de papel alrededor de las toallas, para ayudar al personal de limpieza de las habitaciones a identificar ropa de cama limpia y saber cuáles deben reemplazarse. Los verificadores ortográficos en el software de procesamiento de datos eliminan los errores ortográficos en documentos (¡siempre y cuando se utilicen!).

Los errores del cliente en la preparación incluyen el hecho de no traer el material necesario para el encuentro, de no comprender cuál es su papel en la transacción de

servicio y de entrar en el servicio correcto. Digital Equipment proporciona un flujo de caja para especificar la forma de colocar una llamada de servicio. Al guiar a los clientes a través de preguntas sí o no, el diagrama de flujo les indica que antes de llamar deben tener la información necesaria.

Los errores del cliente durante un encuentro se pueden deber a falta de atención, mala comprensión, o simplemente a una falla en la memoria, e incluye no recordar pasos en el proceso o de seguir instrucciones. Ejemplos poka-yoke incluyen barras de altura en aparatos de los parques de diversión, que indican los mínimos de estatura de los usuarios, alarmas que señalan a los clientes que deben retirar sus tarjetas de los cajeros automáticos, y cierres en las puertas de los baños de los aviones, que deben cerrarse para que se enciendan las luces. Algunos cajeros en restaurantes doblan la parte superior de las notas de tarjetas de crédito, que sujetan las copias entre sí del restaurante, al mismo tiempo que dejan al descubierto la copia del cliente.

Los errores del cliente en la etapa de resolución de un encuentro de servicio incluyen la falta de indicación de incorrecciones en el servicio, de aprender de la experiencia, de ajustarse a las expectativas, y de llevar a cabo acciones apropiadas después del encuentro. Los hoteles pudieran incluir un pequeño certificado de regalo para animar a los huéspedes a brindar retroalimentación. Mesas de retomo de charolas y receptáculos para basura estratégicamente colocados recuerdan a los clientes que deben devolver las charolas en las instalaciones de comida rápida.

Hacer a prueba de falla un proceso de servicio requiere la identificación de dónde ocurren de manera más común las fallas. Una vez que se identifica una falla, debe determinarse su fuente. El paso final es impedir que ocurra el error o la falla a través de la inspección de la fuente, la autoinspección o verificaciones secuenciales.

7.3 Modelos administrativos para la mejora de la calidad

Una mejora de la calidad exitosa depende de la capacidad de identificar y resolver problemas. De acuerdo con Kepner y Tregoe, un **problema** es una desviación entre lo que debería estar ocurriendo y lo que realmente ocurre, y que sea lo suficientemente importante para hacer que alguien piense que esa desviación debe corregirse. La solución de problema es aquella actividad asociada con la modificación del estado de lo que realmente está ocurriendo, hacia lo que debería estar ocurriendo.

Los problemas normalmente se pueden clasificar de tres maneras: Estructurados, semiestructurados o mal estructurados; esta clasificación se determina según la cantidad de información disponible sobre el problema. En el caso de los problemas estructurados, está disponible la información completa relativa al problema: Lo que está ocurriendo, lo que debería estar ocurriendo y cómo pasar de un sitio al otro. Los problemas mal estructurados, por otra parte, se caracterizan por un elevado grado de confusión o de variedad. Los problemas semiestructurados se clasifican en algún sitio intermedio. La utilidad de estas clasificaciones consiste en su capacidad de prescribir un procedimiento de solución de problemas. Por lo general, los problemas estructurados se pueden resolver utilizando técnicas rutinarias programadas de toma de decisiones. Los

problemas mal estructurados o semiestructurados requieren soluciones más creativas y, por lo tanto, necesitan un proceso sistemático para determinar cuál es la solución.

Un ejemplo de una situación de problema estructurado sería el caso en el cual el diámetro de un barreno maquinado es más pequeño que la especificación deseada. Al operador se le podría instruir que verifique el desgaste de la herramienta de corte y la reemplace, cuando sea necesario. Para remediar este problema se necesita poca capacidad de solución de problemas.

Un ejemplo de un problema semiestructurado sería el caso de determinar qué acciones de control de calidad tomar cuando se inicia una puesta en marcha de producción nueva en el piso de la planta. Una solución a este problema sería emplear las reglas siguientes: Ejecutar las primeras cinco piezas de acuerdo con la instalación original y calcular la dimensión promedio. Si está dentro de una desviación estándar del objetivo, continuar la producción. Si la dimensión está entre una y dos desviaciones estándar del objetivo, tomar otra muestra. Si está más allá de dos desviaciones estándar, detener y ajustar la puesta en marcha. Estos problemas por lo general se pueden resolver utilizando ayudas rutinarias para la toma de decisiones, aunque pudiera ser necesario un esfuerzo más creativo para desarrollar una solución aceptable.

Finalmente, un ejemplo de un problema mal estructurado sería la situación en la cual 35% de los ensambles finales no cumplen con requerimientos de desempeño. Aquí se involucra considerablemente mayor ambigüedad en relación con el problema y la forma de resolverlo que en los dos casos anteriores. No se pueden desarrollar reglas simples programadas de decisión, sino que estos problemas se deben encarar individualmente utilizando una metodología sistemática de solución de problemas.

El siguiente problema muestra la forma en que Hewlett-Packard se enfrentó con una dificultad que involucraba a uno de sus proveedores.

Problema: Solución de un problema de rechazo de proveedor. Un proveedor para la Computer División de Hewlett-Packard en Cupertino, California, proporcionaba un ensamble único a un precio razonable, pero no podía entregar la pieza sin una cantidad elevada de rechazos. La primera reacción de la gerencia fue pensar en un nuevo proveedor. Sin embargo, dado que había sido difícil localizar al proveedor original, la gerencia tomó la decisión de ayudarlo a hacer un mejor trabajo. Se organizó un equipo de proyecto, encabezado por el ingeniero de abastecimiento, y asistido por el comprador y el supervisor de inspección de revisión. Sus metas fueron eliminar la inspección de revisión y establecer el embarque directo de los ensambles del proveedor al almacén. El equipo de proyecto desarrolló un plan en tres etapas para conseguir estas metas: Investigación de las razones por las que ocurrían los rechazos, eliminación de las causas para obtener confianza en la calidad e implementación de un plan para eliminar la inspección de recepción. La investigación se inició analizando la capacidad de producción de calidad del proveedor. HP debía asegurarse de que el proveedor tenía información correcta respecto a las especificaciones requeridas para el producto. Se encontró que para el componente esperado, la interpretación del proveedor de la especificación no estaba de acuerdo con las expectativas de HP. Por lo tanto, la especificación se modificó para que cumpliera mejor con los objetivos tanto del proveedor como de HP.

A continuación, el proveedor realizó un esquema del proceso de producción e hizo notar varias mejoras que se podían hacer para elevar la calidad. HP y su proveedor establecieron los mismos métodos, materiales y equipos para medir la calidad, tanto en las instalaciones del proveedor como en la planta de HP, también para obtener confianza siguió de cerca y grabó en videocinta el proceso del proveedor para una mejor comunicación y como referencia para auditorías futuras, y efectuó inspecciones a domicilio de los lotes de producción antes del embarque, invitando al proveedor a efectuar correcciones en sus procesos de producción. Las comunicaciones mejoraron y las gráficas de control verificaron que los procesos se estaban produciendo a un nivel de calidad aceptable.

Dos de los principales problemas puestos al descubierto involucraban una disparidad en las especificaciones y en la medición. La especificación de brillantez de los monitores de computadora era de 47 pies lamberts (FL). Para clientes distintos a HP, la brillantez promedio del proveedor era de 38.25 pies lamberts, con un mínimo de 35 FL. El proveedor aparentemente leyó mal o comprendió mal la especificación de HP de 47. También una verificación reveló que el equipo de medición y las instrucciones de ajuste en las estaciones de ensamble del proveedor eran incompatibles. Estos problemas se resolvieron.

Con el paso del tiempo, HP detuvo la inspección de recepción de rutina y vigiló la calidad del producto, utilizando gráficas de control y efectuando visitas anuales a la planta del proveedor. Cuando las gráficas indicaban un problema de calidad, HP y el proveedor realizaban inspecciones especiales y tomaban medidas correctivas. Los beneficios de esta planeación y acción incluyeron una reducción en los costos de evaluación de proveedores y en tiempos de entrega promedio y la eliminación de 100% de inspección y de retornos para retrabajo.

El problema que encaró Hewlett-Packard probablemente cae en una categoría mal estructurada, debido a su complejidad y a la carencia de información clara, lo que resulta característico en muchos problemas de importancia de aseguramiento de la calidad. Este caso revela algunos aspectos importantes de la solución de problemas. Primero, el problema de la cantidad de rechazos no era lo suficientemente específico para resolverse, pues era síntoma de otros problemas, pero no el problema en sí.

Este tipo de situación a menudo se conoce como un lío. Primero que nada, HP y el proveedor tenían que identificar problemas específicos, como la falta de interpretación de las especificaciones, para poder corregir la situación. Segundo, se formó un equipo de proyecto para enfrentar el problema. Tercero, la fase de "obtención de confianza" del proyecto se apoyaba en una cantidad significativa de recolección de datos y de análisis, lo que permitió que el equipo de solución de problemas generara ideas para posibles soluciones. Cuarto, ambas empresas supervisaron y controlaron la implementación de las soluciones.

Muchos problemas requieren de un proceso sistemático para desarrollar e implementar soluciones. Un proceso estructurado permite que todos los empleados usen un lenguaje común y un conjunto de herramientas para comunicarse entre sí, particularmente como miembros de equipos interfuncionales. "Hablar un mismo lenguaje" eleva la confianza y asegura que las soluciones se desarrollen con objetividad y no intuitivamente. Los

líderes en la revolución de la calidad —Deming, Jurán y Crosby— han propuesto metodologías específicas para la mejora de la calidad. Cada una de ellas es distinta por derecho propio, y aun así "comparten muchos temas comunes. La mayor parte de las empresas de importancia han desarrollado alguna de ellas o sus propias versiones. Esta sección repasa sus procedimientos y a continuación presenta un proceso genérico para la solución de problemas basada en principios de pensamiento creativo.

El ciclo de Deming

El ciclo Deming está compuesto por cuatro etapas: Planear, hacer, estudiar y actuar. Este ciclo se muestra en la siguiente figura



La tercera etapa [estudiar] anteriormente se conocía como verificar, y en el ciclo de Deming se conocía como ciclo PDCA, por las iniciales de plan, do, check y act. Deming hizo la modificación en 1990. Estudiar resulta más apropiado; con sólo "verificar" uno pudiera olvidar algo. Gran parte del enfoque del ciclo Deming está en la implementación. La etapa de planear consiste en estudiar la situación actual, reunir información y planear para la mejora. Sus actividades incluyen la definición del proceso, sus insumos, resultados, clientes y proveedores; comprender las expectativas del cliente; identificar problemas; probar teorías de las causas, y desarrollar soluciones. En la etapa de hacer, el plan se pone en práctica a prueba, por ejemplo, en un laboratorio, en un proceso de producción piloto, o con un pequeño grupo de clientes. Esta implementación limitada es un experimento para evaluar una solución propuesta y brindar datos objetivos. La etapa de estudiar determina si durante el ensayo el plan está funcionando correctamente, o si se han encontrado problemas u oportunidades adicionales. A menudo, una solución propuesta debe modificarse u olvidarse. Se proponen nuevas soluciones y se evalúan, volviendo a la etapa de hacer. En la última etapa, actuar, el plan final, se pone en práctica y las mejoras se convierten en normas y se ponen en práctica de manera continua. A veces este proceso nos envía de nuevo a la etapa de planear, para un diagnóstico y mejora posteriores.

A través de un proceso de aprendizaje se van desarrollando los conocimientos.

El siguiente ejemplo demuestra la forma en que el ciclo Deming puede aplicarse en la práctica.

Ejemplo 5: Mejora de servicio en un restaurante. Los copropietarios de un pequeño restaurante decidieron hacer algo sobre las largas colas que se formaban todos los días

en su establecimiento. Después de analizar con sus empleados, resultaron los siguientes hechos de importancia:

- Los clientes esperaban en cola hasta 15 minutos.
- Generalmente había mesas disponibles.
- Muchos de sus clientes eran recurrentes.
- Las personas que tomaban los pedidos y que preparaban los alimentos se estorbaban unos a otros.

Para medir las mejoras que pudieran resultar de cualquier modificación que se hiciera, decidieron recolectar datos sobre la cantidad de clientes en la cola, el número de mesas vacías y el tiempo que tardaba el comensal en recibir la comida pedida.

En la etapa de planear, los propietarios deseaban intentar unos cuantos cambios. Se decidieron por tres de ellos:

1. Establecer algún procedimiento para que los clientes pudieran enviar sus pedidos por fax (alquile un fax durante un mes).
2. Añadir una mesa de preparación en la cocina, con amplio espacio para los pedidos de fax.
3. Dedicar una de las dos cajas registradoras al manejo de pedidos por fax.

Durante la hora del almuerzo, cada 15 minutos uno de los propietarios midió personalmente tanto la longitud de la cola como la cantidad de mesas vacías. Además, una vez efectuada la verificación de la cola cada 15 minutos, anotaba quién era la última persona en la fila y medía el tiempo que pasaba hasta que se atendiera a una persona.

En la fase de hacer, los propietarios observaron los resultados de estas tres medidas durante tres semanas. En la fase de estudiar detectaron varias mejoras, ya que el tiempo en la cola se redujo de 15 minutos a un promedio de 5, la longitud de la hilera se redujo a un promedio pico de 12 personas, y el número de mesas vacías disminuyó ligeramente. En la fase de actuar, los propietarios tuvieron una reunión con todos los empleados para analizar los resultados y decidieron adquirir un fax, preparar los pedidos telefónicos en la cocina con los pedidos por fax, y utilizar ambas cajas registradoras para manejar los pedidos recibidos directamente y los de fax.

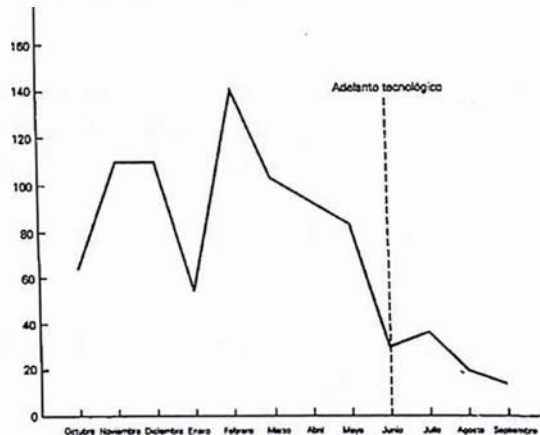
Programa de mejora de Jurán

Joseph Jurán enfatizó la importancia de desarrollar un hábito de hacer mejoras anuales en la calidad y reducciones anuales en costos relacionados con ella y definió un adelanto tecnológico como el logro de cualquier mejora que pone a una organización en niveles de desempeño sin precedentes. Estos adelantos atacan pérdidas crónicas o, en la terminología de Deming, causas comunes de variaciones.

Ejemplo 6: Adelanto tecnológico en INCO. Se informó de un ejemplo de adelanto tecnológico en el Manitoba División de INCO Limited. El departamento de captura de datos empleaba seis operadores y un supervisor de tiempo completo, y aun así, para manejar la carga de trabajo, promediaba seis horas de tiempo extra. Después de estudiar los procesos y revisar las necesidades con los clientes, la empresa simplificó

los procesos de captura de datos, los empleados se intercapacitaron a sí mismos en habilidades distintas, y se suavizaron las cargas de trabajo.

Como resultado, el tiempo extra virtualmente se eliminó y el supervisor, parte integral de la mejora, fue transferido a una posición de mayor desafío y mejor remunerado en otro departamento. Esto se muestra en la siguiente figura.



Todos los adelantos tecnológicos siguen una secuencia de sentido común de descubrimiento, organización, diagnóstico, acción correctiva y control.

1. Prueba de la necesidad: Los gerentes, especialmente los gerentes generales, necesitan estar convencidos de que las mejoras en calidad son simplemente buena economía. A través de la recolección de datos, la información sobre mala calidad, la baja productividad o el servicio defectuoso pueden traducirse al lenguaje del dinero —el lenguaje universal de la gerencia general— para justificar una solicitud de recursos para implementar un programa de mejora de la calidad.
2. Identificación del proyecto: Todos los adelantos tecnológicos se consiguen proyecto por proyecto, y de ninguna otra manera. Al enfocar un procedimiento de proyecto, la gerencia abre un foro para convertir una atmósfera de defensa o culpa en una de acción constructiva. La participación en un proyecto incrementa la probabilidad de que el participante actuará sobre los resultados.
3. Organización del adelanto tecnológico: La organización para la mejora requiere una responsabilidad clara de guía del proyecto. La responsabilidad del proyecto puede ser tan amplia como toda la división con estructuras formales de comités, o tan estrecha como un pequeño grupo de trabajadores de una operación de producción. Estos grupos proporcionan la definición y el acuerdo respecto a los objetivos específicos del proyecto, la autoridad para llevar a cabo experimentos y las estrategias de implementación. La trayectoria del problema hacia la solución se forma en dos recorridos: Uno del síntoma a la causa (el recorrido de diagnóstico) y el otro de la causa al remedio (el recorrido de remedio), y deben efectuarse por individuos distintos, con habilidades apropiadas.
4. Recorrido de diagnóstico: En esta etapa se necesitan los que diagnostican, hábiles en la recolección de datos, en las estadísticas y en otras herramientas de solución de problemas. Algunos proyectos requerirán expertos especializados de tiempo completo, en tanto que otros pueden realizarse con la fuerza de trabajo. Problemas controlables por la gerencia y por los operadores requieren métodos de diagnóstico y remedios distintos.

5. Recorrido de remedios: El recorrido de remedio consiste de diversas fases: La selección de una alternativa que optimice el costo total (similar a uno de los puntos de Deming), la implementación de acción de remedio y el trato con la resistencia al cambio.
6. Conservación de las ganancias: Este paso final involucra el establecimiento de nuevas normas y procedimientos, de capacitación de la fuerza de trabajo y de instituir controles para asegurarse que con el paso del tiempo este adelanto tecnológico no se pierda.

El programa Crosby

Philip Crosby propuso un programa de 14 pasos para la mejora de la calidad.

1. Compromiso de la gerencia
2. Equipo de mejora de la calidad
3. Medición de la calidad
4. Costo de la evaluación de la calidad
5. Concientización de la calidad
6. Acción correctiva
7. Establecer un comité específico o ad hoc para el programa de cero defectos
8. Capacitación de supervisores
9. Día de cero defectos
10. Establecimiento de metas
11. Eliminación de la causa de errores
12. Reconocimiento
13. Consejos de calidad
14. Hacerlo todo de nuevo

7.4 Herramientas para la mejora de los procesos

La solución de problemas es un esfuerzo muy creativo. Cualquier proceso de solución de problemas tiene cuatro componentes principales:

1. Redefinir y analizar el problema
2. Generar ideas
3. Evaluar y seleccionar ideas
4. Implementar ideas

En la redefinición y análisis de un problema, los solucionadores de problemas recolectan y organizan la información, analizan datos e hipótesis subyacentes, y reexaminan el problema en busca de nuevas perspectivas. En esta etapa, la meta del solucionador de problemas es recolectar hechos y conseguir una definición útil del problema. El propósito de la generación de ideas es desarrollar posibles soluciones. Las dos consideraciones de mayor importancia en este paso son diferir cualquier juicio

sobre ideas y utilizar muchas técnicas diferentes para su generación, y una vez obtenidas, los solucionadores de problemas las evalúan para identificar y seleccionar las mejoras. Cuando la solución de problemas se hace en grupo, como a menudo es el caso en problemas no estructurados o mal estructurados con facilidad se crean conflictos, por lo que en esta etapa, para alcanzar un consenso, es vital la presencia de un buen líder y facilitador. Finalmente, la implementación de las ideas involucra poner a funcionar la solución, lo que requiere gran cantidad de psicología en venta de ideas y soluciones y en conseguir aceptación. Todos estos componentes son evidentes en el ciclo de Deming y en el procedimiento de Jurán, aunque con un distinto énfasis.

7.5 Método creativo de solución de problemas

Un proceso efectivo de solución de problemas para la mejora de la calidad (y por cierto, para cualquier actividad de solución de problemas) es una adaptación de las ideas creativas de solución de problemas propuestas por Osborn y Parnes. Esta estrategia consiste de los siguientes pasos:

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| 1. Comprender el "lío" | 4. Generar ideas |
| 2. Encontrar los hechos | 5. Desarrollar soluciones |
| 3. Identificar problemas específicos | 6. Implementación |

Siete herramientas simples —diagramas de flujo, hojas de verificación, histogramas, diagramas de Pareto, diagramas de causa y efecto, diagramas de dispersión y gráficas de control—, conocidas por los japoneses como las siete herramientas de control de calidad, junto con las siete herramientas de administración y planeación, apoyan esta metodología de solución de problemas. La siguiente tabla muestra las aplicaciones principales de cada una de las herramientas al proceso de resolución de problemas. Están diseñadas simplemente, de manera que con ellas los trabajadores de todos los niveles puedan hacer uso fácilmente.

Paso de solución de problemas	Herramientas principales
Comprender el lío	Diagramas de flujo, de tiempo y de control
Determinación de hechos	Hojas de verificación
Identificación de problemas	Diagramas de Pareto e histogramas
Generación de ideas	Diagramas de causa y efecto
Desarrollo de soluciones	Diagramas de dispersión
Implementación del plan	Las siete herramientas de administración y planeación

Las siguientes secciones examinan esta metodología y herramientas, que pueden ser aplicadas a la mejora de la calidad.

Determinación del lío

Russell Ackoff, conocida autoridad en la resolución de problemas, define un lío como "un sistema de condiciones externas que producen insatisfacción". Ackoff diferencia

cuidadosamente problemas de líos. Los gerentes, en cualquier organización, por lo general se ocupan de los líos; los problemas deben identificarse y extraerse del lío.

Un lío, en el aseguramiento de la calidad, a menudo es un mal estado de la calidad dentro de una organización. Costos elevados de calidad, elevadas tasas de defectos y baja satisfacción del cliente representan líos. Éstos ocurren debido a varias fuentes:

- Falta de conocimientos sobre la forma en que funciona un proceso, lo que es particularmente crítico si éste lo ejecutan personas diferentes. Esta falta de conocimientos da como resultado inconsistencias y mayores variaciones en los resultados.
- Falta de conocimientos de la forma en que debería funcionar un proceso incluyendo la comprensión de las expectativas del cliente y la meta que persigue el proceso.
- Errores al ejecutar los pasos involucrados en un proceso. En la mayoría de los casos se trata de errores involuntarios. El trabajador no desea cometer errores y no está consciente de haberlos cometido. Los errores involuntarios ocurren al azar y son debidos a falta de atención. En casos aislados, los errores son voluntarios, a menudo resultado de prácticas defectuosas de administración.
- Desperdicio y complejidad, que se manifiestan de muchas maneras, como pasos innecesarios de un proceso e inventarios en exceso.
- Variaciones excesivas. La reducción en las variaciones es la base de las filosofías de Deming y Jurán.

Contribuyentes de baja calidad son a menudo las fallas existentes en el sistema de producción mismo. Incluyen un diseño apresurado y su correspondiente producción de piezas y ensambles; malas especificaciones de diseño; prueba inadecuada de materias primas y de prototipos de recepción; incapacidad de comprender la capacidad de un proceso para cumplir las especificaciones; no dar a los trabajadores señales estadísticas de control; capacitación inadecuada; falta de calibración de instrumentos e información falsa de resultados de prueba, y malas características de entorno como iluminación, temperatura y ruido. Los líos son una mina de oro de oportunidades para las mejoras. Se puede utilizar el muestreo del trabajo para ayudar a un gerente a comprender la naturaleza de las actividades que se están realizando y las oportunidades de mejora.

Ejemplo 6: Uso del muestreo de trabajo para identificar oportunidades de mejora. Un ejemplo involucraba aproximadamente a 30 oficinistas y profesionales en una oficina de Hewlett-Packard, que tomaban pedidos por teléfono. La gerencia pensaba que gran cantidad del trabajo que se hacía estaba relacionada con la solución de problemas causados por errores en el procesamiento y embarque de los pedidos. Se hizo un estudio de muestreo del trabajo para clasificar estas actividades y comprender mejor la naturaleza de los problemas. El estudio, llevado en un lapso de tres días, resultó en 130 observaciones de actividades de 10 personas. Las actividades se agruparon en clases principales y se contaron. El supervisor hizo las siguientes preguntas en relación con cada una de las actividades: "Si no existieran errores en el proceso y todo funcionara perfectamente, ¿estaría usted trabajando en esta actividad?" Los resultados de las siete actividades observadas con mayor frecuencia fueron:

Actividad	Tipo	Frecuencia
Procesamiento de devoluciones de clientes	No productivos	20
Capturar pedidos en una computadora	Productivo	14
Conversión de pedidos para resolver un problema	No productivo	8
Efectuar modificaciones al pedido	Productivo	8
Expeditar los embarques	No productivo	7
Contestar preguntas sobre el estado de pedidos	No productivo	6
Recibir pedidos por teléfono	Productivo	4

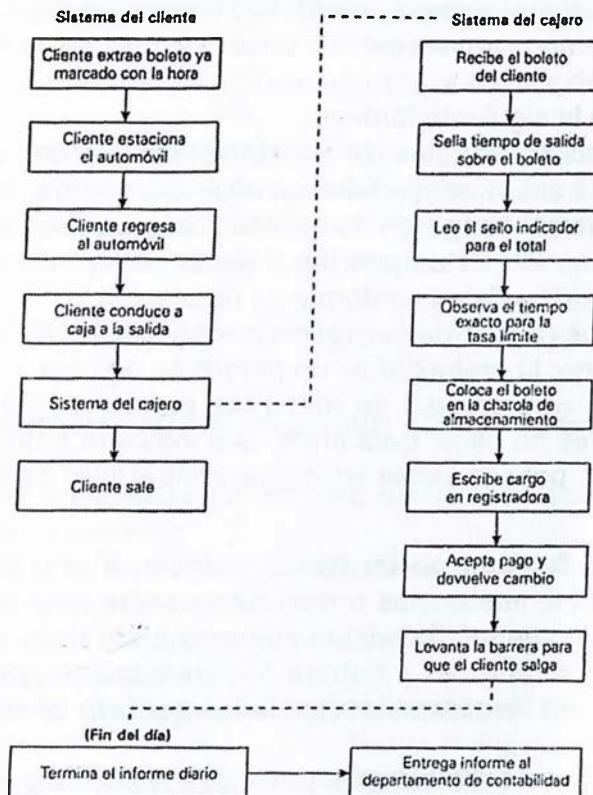
Se clasifican como trabajos no productivos 61%. La más frecuente, el procesamiento de devoluciones de clientes, era resultado de embarcar el producto equivocado, duplicar embarques y entregar la cantidad equivocada a los clientes, mientras que el tiempo ocupado en esta actividad representaba el equivalente a seis personas, por lo que el supervisor, de inmediato hizo modificaciones a los procedimientos de trabajo para mejorar el procesamiento de devoluciones, al mismo tiempo que formó una fuerza de trabajo para reducir el número de productos devueltos.

Diagramas de flujo Para comprender los líos, primero se debe determinar cómo funciona un proceso y qué se supone debe hacer. Al definir claramente un proceso, todos los involucrados llegan a un entendimiento común y no pierden tiempo reuniendo datos no relevantes. Las variaciones se reducen al eliminar inconsistencias dentro del proceso. La comprensión de la forma en que funciona un proceso también permite detectar y definir problemas obvios, hacer el proceso a prueba de fallas y mejorarlo, al eliminar pasos que no agregan valor. Por lo general, desarrollar un diagrama de flujo del proceso ayuda en la comprensión de un lío.

Los diagramas de flujo ayudan a que las personas involucradas en el proceso lo comprendan mucho mejor y con mayor objetividad. Los empleados se dan cuenta del papel que juegan en el proceso, quiénes son sus proveedores y quiénes sus clientes. Esta realización a veces conduce a una mejor comunicación entre todos los involucrados. Al participar en el desarrollo de un diagrama de flujo, los trabajadores adquieren un sentido de propiedad del proceso y, por lo tanto, están más dispuestos a trabajar para su mejora. Si en la capacitación de empleados se utiliza un diagrama de flujo, se alcanzará mayor consistencia.

Una vez elaborado el diagrama de flujo, podrá utilizarse para identificar problemas de calidad, así como áreas de mejora de productividad. Preguntas como "¿en qué afecta esta operación al cliente?", "¿es posible mejorar, o incluso eliminar, esta operación?" o "¿deberíamos controlar una característica vital de calidad en este sitio?" dispararían la identificación de posibles oportunidades.

Ejemplo: Diagrama de flujo de operación de un estacionamiento. La siguiente figura muestra un simple diagrama de flujo de una operación de un estacionamiento.



Por ejemplo, podemos ver que los clientes pueden quedar insatisfechos si la máquina de boletos no funciona correctamente, si deben esperar mucho en la caja, si el cajero no es amigable o no devuelve el cambio correcto. Una vez hechos estos aspectos del proceso, los gerentes pueden tomar decisiones relacionadas con el mantenimiento preventivo de la máquina de boletos, como una verificación cotidiana de la existencia de un suministro adecuado de boletos, tintero lleno, la precisión del reloj y el funcionamiento adecuado de todos los componentes mecánicos. También en el proceso se pueden diseñar nuevos procedimientos para interacción con el cliente. Al cajero se le puede exigir que diga buenos días, que declare cuánto se debe y que anuncie el cambio que está entregando.

Diagramas de tiempo y diagramas de control

El control es una actividad continua, que requiere que se tomen mediciones periódicamente a lo largo del tiempo. Hacer una imagen visual de las variaciones en un proceso mejora la comunicación entre operadores y supervisores, entre el personal de introducción y de diseño, y entre proveedores y clientes. Mediante una imagen visual, los participantes pueden determinar en qué momento el proceso se sale de control.

La gráfica de tiempo es una gráfica lineal en la que se van trazando datos a lo largo del tiempo. El eje vertical representa la medición; el eje horizontal la escala de tiempo. Los periódicos generalmente contienen varios ejemplos de diagramas de tiempo, como el Dow Jones Industrial Average. Los diagramas de tiempo muestran el desempeño y variación de un proceso o de alguna calidad o indicador de productividad a lo largo del tiempo. Se puede utilizar para controlar factores como volumen de producción, costos e índices de satisfacción del cliente. Los diagramas de tiempo resumen los datos de una

manera gráfica, fácil de comprender e interpretar, identifican los cambios en el proceso y las tendencias en el tiempo, y muestran los efectos de acciones correctivas.

La gráfica se elabora de la siguiente forma:

Paso 1. Recolección de datos. Si se escogen muestras, calcular la estadística relevante de cada una de ellas, tales como el promedio o la proporción.

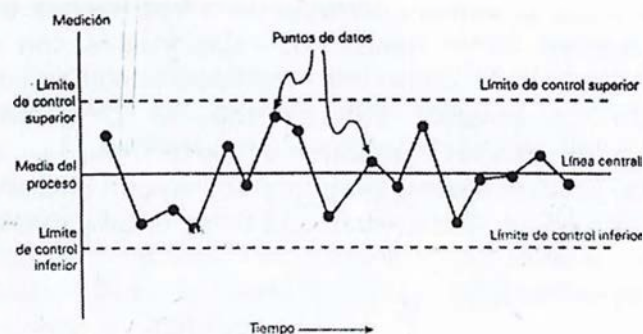
Paso 2. Examinar el rango de los datos. Coloque la escala de la gráfica de manera que todos los datos puedan trazarse en un eje vertical. Deje espacio adicional para nuevos datos conforme se recolecten.

Paso 3. Trace los puntos de la gráfica y conéctelos. Utilice papel milimétrico, si se elabora a mano; lo preferible es un programa de hoja de cálculo.

Paso 4. Calcule el promedio de todos los puntos trazados y dibuje una línea horizontal a través de ellos. Esta línea, que indica el promedio, se conoce como línea central (CL, por sus siglas en inglés, central line) de la gráfica.

Si los puntos trazados fluctúan en un patrón estable, a uno y otro lado de la línea central, sin grandes picos, tendencias o desplazamientos, ello indicará que el proceso aparentemente está bajo control. Si existen patrones fuera de lo usual, entonces deberá investigarse la falta de estabilidad y deberá tomarse acción correctiva, por lo que las gráficas de tiempo pueden identificar líos causados por falta de control.

Una gráfica de control es simplemente una gráfica de tiempo a la que se le han agregado dos líneas horizontales, conocidas como límites de control: el límite de control superior (UCL, por sus siglas en inglés) y el límite de control inferior (LCL, por sus siglas en inglés), según se ilustra en la figura a continuación.



Determinación de hechos

Comprender el verdadero estado de la calidad —esto es, la determinación de los hechos— depende de la recolección de datos, de la observación y escuchar detenidamente. Los datos del pasado y los actuales se juntan y analizan para establecer una base de información para la identificación del problema y generación de ideas. Muchos aspectos del sistema de información de la calidad —incluyendo gráficas de control, estudios de capacidad de los procesos, análisis de quejas de clientes y reclamaciones en garantía— contribuyen a comprender el estado de la calidad dentro de una organización.

Estas opiniones, sin embargo, deben basarse en hechos y no en emociones. El diseño adecuado del sistema de información de la calidad y su estructura organizacional es un requisito para la solución efectiva de problemas para la mejora de la calidad.

El primer paso en la recolección de datos, que ayuda en la determinación de los hechos, es desarrollar definiciones operacionales para todas las medidas de calidad obtenidas. Evidentemente, cualquier información carece de significado alguno, a menos que esté bien definida y comprendida sin ambigüedades.

El Jurán Instituto sugiere 10 consideraciones de importancia para la recolección de datos:

1. Formular buenas preguntas que se relacionen con las necesidades específicas de información del proyecto.
2. Utilizar herramientas apropiadas de análisis de datos y asegurarse que se están obteniendo los datos necesarios.
3. Definir puntos adecuados de recolección de datos, de tal manera que los flujos de trabajo sufran una mínima interrupción.
4. Seleccionar un recolector de datos libre de prejuicios, que tenga fácil e inmediato acceso a los hechos relevantes.
5. Comprender el entorno y asegurarse que los recolectores de datos poseen la experiencia adecuada.
6. Diseñar formularios sencillos para la recolección de los datos.
7. Preparar instructivos para la recolección de los datos.
8. Ensayar los formularios de recolección de datos y sus instrucciones y asegurarse que se llenan correctamente.
9. Capacitar a los recolectores de datos sobre la finalidad del estudio, para qué serán utilizados los datos, cómo llenar los formularios y la importancia de mantenerse libre de prejuicios.
10. Auditar el proceso de recolección de datos y validar resultados.

Estas guías pueden mejorar de manera importante el proceso de determinación de hechos.

Hojas de verificación

La fase de determinación de hechos en la solución de problemas para la mejora de la calidad típicamente involucra algún tipo de recolección de datos.

Prácticamente cualquier tipo de formulario puede emplearse para recolectar datos. Las **hojas de datos** son formularios simples, en columnas o tabulares, que se utilizan para registrar datos. Para generar una información útil a partir de datos básicos, generalmente es necesario algún procesamiento posterior. Las hojas de verificación son un tipo especial de formularios de recolección de datos en el que los resultados pueden interpretarse sobre el formulario, de manera directa, sin procesamiento adicional.

Determinación de problemas

Un viejo proverbio dice que un problema bien enunciado está medio resuelto. La finalidad de la determinación de problemas es comprender cuál es el problema verdadero; esto es, identificar el problema extrayéndolo del "lío". Un defecto importante en los procedimientos tradicionales de solución de problemas es falta de énfasis en la determinación de problemas.

La literatura de pensamiento creativo hace énfasis en una redefinición del problema, que se efectúa primero preguntando: "¿De qué forma pudiera yo...?", seguido por: "¿por qué?", para volver a definir el problema. Por ejemplo, considere los siguientes escenarios simplificados para redefinir "¿De qué manera pudiera yo reducir el costo de inspección final?":

Pregunte por qué: ¿Por qué deseo reducir el costo de inspección final?

Respuesta: Para reducir el costo total de la calidad.

Redefinir: ¿De qué manera pudiera reducir el costo total de la calidad?

Pregunte por qué; ¿Por qué deseo reducir el costo total de la calidad?

Respuesta: Para mejorar la redituabilidad.

Redefinir: ¿De qué manera pudiera mejorar la redituabilidad?

Conforme se vuelvan a enunciar los problemas de esta manera, aparecen nuevas perspectivas. Por lo tanto, se debe converger para seleccionar la definición de problema que mejor capture el problema real.

En los servicios, a menudo se utiliza una técnica llamada metodología de detección de problemas a fin de aislar problemas críticos. Los clientes evalúan cada uno de los problemas de acuerdo con varias dimensiones claves como frecuencia y molestia. Se pide a los clientes que proporcionen una estimación de la frecuencia con la que se encuentran ante un problema en particular, y también lo molesto que les resulta dicho problema.

Aunque esta metodología resulta útil, tiene dos limitaciones importantes. Primero, el uso de la calificación de los clientes para establecer su impacto relativo en la satisfacción y calidad percibida genera datos ambiguos y los problemas que los clientes encuentran molestos, no siempre serán aquellos que provoquen una mayor falta de satisfacción. Segundo, la calificación es subjetiva y no está anclada a un sistema de medición absoluto. Se necesitan medidas más precisas respecto a la satisfacción del cliente.

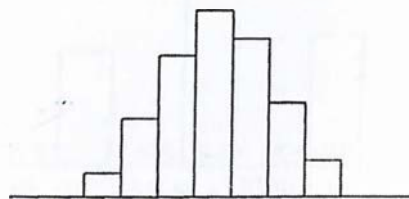
Histogramas

Un histograma presenta gráficamente las variaciones en un conjunto de datos. Muestra la frecuencia o cantidad de observaciones con algún valor particular, o dentro de un grupo especificado. Los histogramas dan pistas sobre características de la población original, de la que se tomó la muestra. Utilizando un histograma, se puede observar con claridad su forma de distribución y pueden inferirse cosas relacionadas con la población

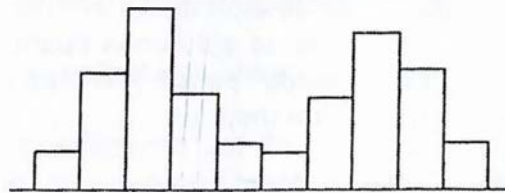
y se hacen aparentes patrones que resultarían difíciles de observar en una tabla ordinaria con números.

Algunos patrones típicos de histogramas usados en aplicaciones de control de calidad

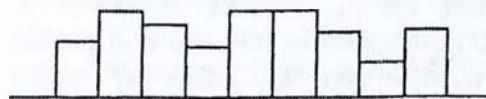
El patrón en forma de campana de la siguiente figura es simétrico y es la forma más común de variaciones en los resultados de un proceso; éste se centra alrededor de algún valor, y las observaciones resultan menos frecuentes mientras más alejadas estén de ese valor central; cualquier desviación es por lo general resultado de alguna influencia externa, misma que deberá ser investigada.



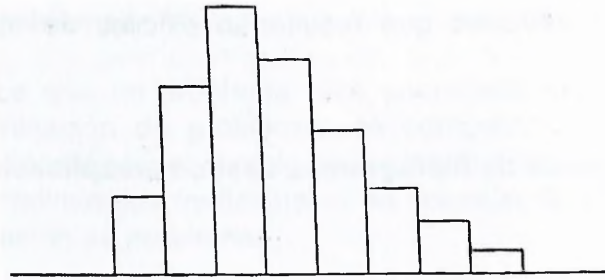
Un patrón bimodal como el de la figura sugiere que se combinaron dos conjuntos de mediciones en forma de campana.



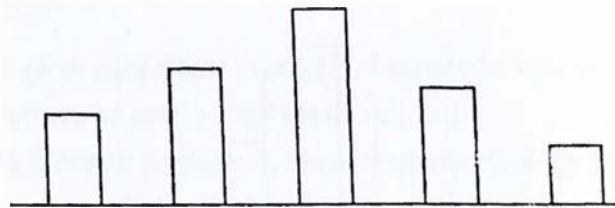
Un patrón uniforme como el de la figura muestra una variabilidad mucho más amplia, sin una tendencia central. A menudo esta distribución es el resultado de combinar datos de muchos procesos en forma de campana diferentes con centros distintos en todo el rango de datos.



Un patrón sesgado como el de la figura es parecido al patrón de campana, pero no es simétrico; en una dirección se desvaneció la distribución. Los patrones sesgados ocurren cuando los valores de datos están sujetos a un límite natural.



Finalmente, un patrón como el de la figura con valores alternos altos y bajos, frecuentemente resulta de un error sistemático de medición, por la manera en que se agrupan los datos, o por desviaciones causadas al redondear valores



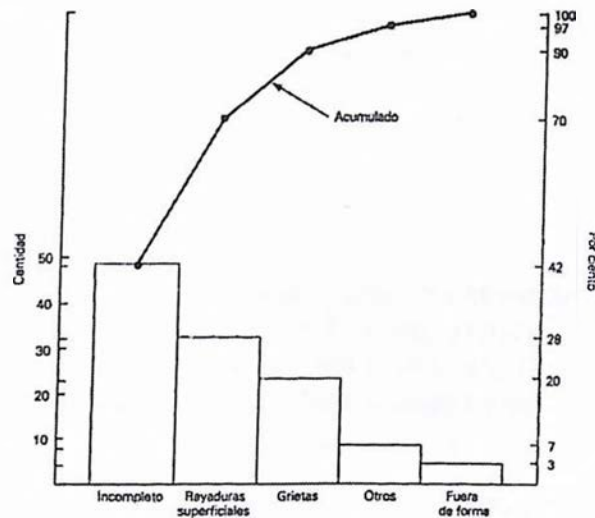
Diagramas de Pareto

El principio de Pareto fue detectado por Joseph Jurán en 1950. Jurán encontró que la mayor parte de los efectos eran resultado de sólo unas cuantas causas. El análisis de Pareto claramente separa los "vitales pocos" de los "triviales muchos" y sirve para dar orientación en la selección de proyectos de mejoras.

A menudo se utilizan análisis de Pareto para estudiar datos recolectados en hojas de verificación. Una distribución de Pareto es aquella en la cual las características observadas se ordenan de la de más alta frecuencia a la de menor frecuencia.

Un diagrama de Pareto es un histograma de los datos, desde los de frecuencia más elevada hasta los de más baja. A menudo en el histograma también se dibuja una curva de frecuencia acumulada, como se puede ver en la figura siguiente.

Esta ayuda visual muestra con claridad la magnitud relativa de los defectos, y puede utilizarse para identificar oportunidades de mejora. Los problemas más costosos o más importantes quedan de manifiesto. Los diagramas de Pareto también pueden mostrar los resultados de los programas de mejoría a lo largo del tiempo. Son menos intimidantes para aquellos empleados que tengan temor a la estadística.



Búsqueda de ideas

El propósito del paso de búsqueda de ideas es generar ideas para eliminar el problema. Una de las dificultades en esta tarea es el instinto natural de prejuizar las ideas antes de evaluarlas totalmente. La mayoría de las personas tienen un natural temor a proponer ideas "tontas" y parecer simple. Sin embargo, este tipo de ideas, de hecho, pudieran resultar ser la base para una solución creativa y útil. Los que resuelven efectivamente los problemas deben aprender, en esta etapa del proceso, a retrasar su juicio y desarrollar la capacidad de generar gran número de ideas. Para facilitar la generación de ideas pueden utilizarse varios procesos y herramientas.

Uno de los más populares es la lluvia de ideas.

La **lluvia de ideas**, un procedimiento útil de resolución de problemas en grupo para generar ideas, fue propuesta por Alex Osborn con el único fin de producir listas de verificación de ideas que puedan ser usadas en el desarrollo de una solución para un problema. Con la lluvia de ideas no está permitida la crítica, y se alienta a las personas, combinando y mejorando ideas existentes, a generar gran número de ideas. Se alienta la emisión de ideas locas y frecuentemente éstas disparan de algún otro sitio otras ideas buenas.

El proceso a menudo funciona de la manera siguiente: Cada individuo del grupo sugiere una idea relacionada con el problema a mano, funcionando al estilo de todos contra todos. Si alguien no puede pensar algo, pasa. Un facilitador escribe todas las ideas en un pizarrón en un caballete, de manera que todos puedan verlas.

Cada individuo sólo presenta una idea a la vez. El proceso se repite, hasta que ya no se generan más ideas adicionales. Debido a que las ideas se colocan a la vista del grupo, por lo general nuevas ideas se generan partiendo de ideas anteriores, combinando o ampliando sugerencias anteriores.

A menudo se utilizan listas de verificación como guías para la generación de ideas. Osborn propuso cerca de 75 preguntas básicas de acuerdo con los principios siguientes:

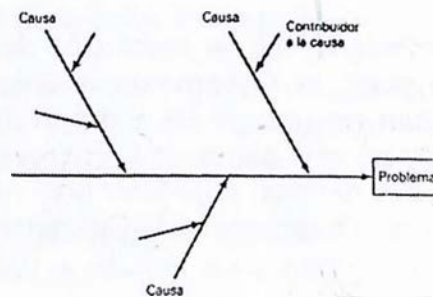
1. ¿Utilizar en otras cosas?
2. ¿Adaptar?
3. ¿Modificar?
4. ¿Aumentar?
5. ¿Minimizar?
6. ¿Sustituir?
7. ¿Reorganizar?
8. ¿Invertir?
9. ¿Combinar?

Al buscar conscientemente ideas en base a esta lista, se pueden generar muchas ideas fuera de lo común, a menudo muy útiles. Se han sugerido varios otros métodos para la generación de ideas. Uno es modificar el enunciado del problema. La simple modificación de una sola palabra puede modificar considerablemente el significado.

Diagramas de causa y efecto

Las variaciones en resultados de un proceso y otros problemas de calidad pueden ocurrir por una diversidad de razones, como materias primas, máquinas, métodos, personas y mediciones. El objetivo de la resolución de problemas es identificar las causas de los mismos, a fin de poder corregirlos. El diagrama de causa y efecto en esa tarea es una herramienta importante, ayuda a la generación de ideas relacionadas con las causas del problema, y a su vez sirve de base para la determinación de la solución.

El diagrama de causa y efecto fue introducido en el Japón por Kaoru Ishikawa. Es un método gráfico simple de presentar una cadena de causas y efectos y de ordenar causas y organizar las relaciones entre variables. Debido a su estructura, a menudo se conoce como diagrama en espina de pescado. La estructura general de un diagrama de causa y efecto aparece en la siguiente figura.



Al final de la línea horizontal se lista un problema. Cada rama que apunta hacia el tronco principal representa una causa posible. Las ramas que apuntan hacia las causas son contribuidoras a las mismas. El diagrama identifica las causas más probables de un problema, de manera que se pueda llevar a cabo una recolección posterior de datos y análisis.

Dos tipos básicos de diagramas de causa y efecto son el análisis de dispersión y la clasificación de procesos. El análisis de dispersión involucra identificar y clasificar las causas posibles de un problema específico de calidad. La espina de pescado del diagrama da una cadena de relaciones lógicas entre causas posibles.

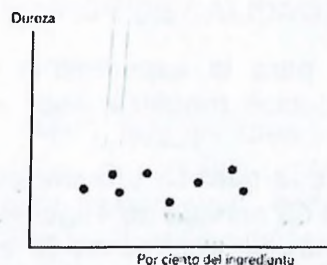
Un diagrama de causa y efecto de clasificación de proceso se basa en un diagrama de flujo del proceso. Los factores claves que influyen la calidad en cada uno de los pasos quedan plasmados en el diagrama de flujo.

Determinación de soluciones

El propósito de la determinación de soluciones es evaluar ideas propuestas y seleccionar un método de eliminar el problema. Las preguntas que se deben encarar incluyen qué instalaciones o equipos se necesitan, cuál es el costo, cuánto tiempo se requiere para su implementación, cuál es el efecto sobre supervisores y trabajadores, qué resultados se esperan y cuáles son las barreras a su implementación.

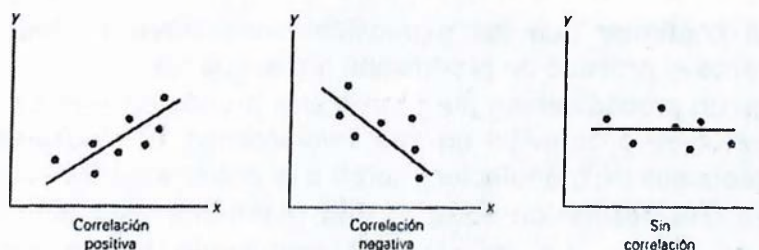
Diagramas de dispersión

Los diagramas de dispersión son el componente gráfico del análisis de regresión. Aunque no son un análisis estadístico riguroso, a menudo indican relaciones importantes entre variables, como el porcentaje de un ingrediente en una aleación, y su dureza. Típicamente, las variables en cuestión representan causas posibles y efectos obtenidos de los diagramas Ishikawa. Por ejemplo, si un fabricante sospecha que el porcentaje de un ingrediente dentro de una aleación está causando problemas de calidad para cumplir especificaciones de dureza, un grupo de empleados pudiera recolectar datos de muestras sobre cantidad de ingrediente y dureza y trazar los datos en un diagrama de dispersión tal y como se puede observar en la figura.



El diagrama muestra que el porcentaje tiene muy poco efecto sobre la dureza, indicando que el grupo deberá investigar otras posibles causas.

Para interpretar los diagramas de dispersión se utiliza el análisis estadístico de correlación. Estos pueden ser de tres tipos, positiva, negativa y sin correlación.



Si la correlación es positiva, un incremento en la variable x está relacionada con un incremento en la variable y ; si la correlación es negativa, un incremento en x se relaciona con una disminución en y ; y si la correlación es cercana a cero, no hay una relación lineal entre las variables.

Implementación

Para implementar una solución, la responsabilidad debe asignarse a una persona o a un grupo que hará el seguimiento de lo que debe hacerse, dónde deberá hacerse, cuándo deberá hacerse y la forma en que deberá hacerse. También deben evaluarse las posibles consecuencias de cada una de las acciones. La fase de implementación de la resolución de problemas a menudo queda determinada por consideraciones de planeación de personal, problemas presupuestarios, instalaciones, programación y métodos. Deben establecerse objetivos y marcas de referencia para evaluar la mejora. A menudo se necesitan planes para capacitar al personal sobre nuevos métodos, junto con un mecanismo de control, para supervisar el proceso.

Para implementar una solución, se hacen cambios a la manera en que las cosas se ejecutan. Debe usarse un nuevo procedimiento, debe instalarse y ponerse en marcha un nuevo equipo, o las personas deben empezar a fijar su atención en algún aspecto antes ignorado de la calidad. Este paso será menos doloroso si los equipos de resolución de problemas se han organizado correctamente.

RESUMEN

- El procedimiento de Taguchi para la experimentación estadística ayuda a los diseñadores a desarrollar productos robustos, esto es, productos no sensibles a fuentes externas de variación.
- Taguchi definió la calidad como la pérdida a la sociedad causada por un producto una vez embarcado. La función de pérdida de Taguchi es una manera de cuantificar los costos debidos a variaciones al alejarse de la especificación objetivo. Se ha utilizado esta función para demostrar el valor económico de cumplir con las especificaciones nominales, en vez de simplemente quedarse dentro de tolerancia.
- Los clientes y los ingenieros-diseñadores hablan lenguajes diferentes. El despliegue de la función de calidad (QFD) es una técnica utilizada para llevar la voz del cliente a través del proceso de diseño y producción.
- El documento principal de planeación en el despliegue de la función de calidad (QFD) se conoce como la casa de la calidad. Proporciona la estructura de planeación para relacionar las necesidades del cliente con las especificaciones técnicas y para confirmar que las especificaciones clave se han identificado y desplegado durante el proceso de producción subsecuente.
- Un poka-yoke es un procedimiento para trabajar a prueba de errores, o a prueba de riesgos. Tiene el objetivo de evitar errores involuntarios. Los poka-yoke se pueden aplicar tanto a procesos de manufactura como a la entrega de servicios.
- Un problema es una desviación entre lo que realmente está ocurriendo y lo que debería estar ocurriendo. La solución de problemas es un esfuerzo de alta

creatividad centrada en la mejora de la calidad, la generación de ideas, la evaluación y selección de las mismas y su implementación.

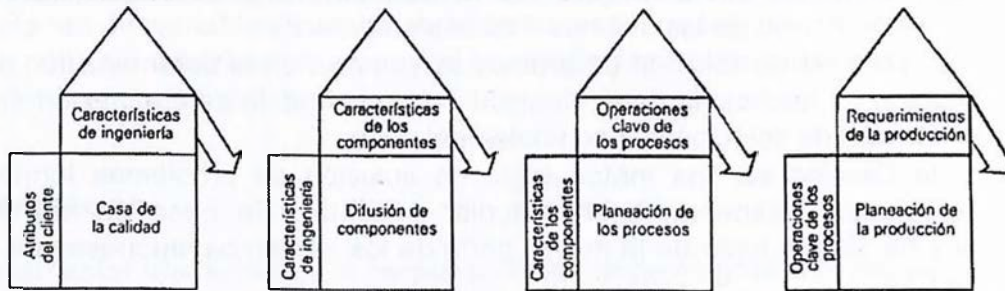
- El proceso creativo de solución de problemas consiste en la determinación del "lío", determinación de hechos, la determinación del problema, la determinación de ideas, la determinación de soluciones y su implementación.
- El ciclo de Deming es una metodología de solución de problemas formado por cuatro elementos: planear, hacer, estudiar y actuar. Se basa en una mejora continua y ha sido la base de la mayor parte de los esfuerzos japoneses de mejora de calidad.
- El procedimiento de mejora de la calidad de Jurán se basa en adelantos tecnológicos: Mejoras que llevan a una organización a niveles no pensados de desempeño. Los adelantos tecnológicos atacan las causas comunes de las variaciones.
- Crosby propuso un programa de 14 pasos para la mejora de la calidad, que se basa más en un procedimiento gerencial de comportamiento que en el uso de herramientas analíticas.
- Las siete herramientas del control de calidad para la mejora de la calidad son los diagramas de flujo, los diagramas de tiempo y control, las hojas de verificación, los histogramas, los diagramas de Pareto, los diagramas de causa y efecto y los diagramas de dispersión. Estas herramientas apoyan los procesos de mejora de la calidad y los esfuerzos de solución de problemas.

CASOS

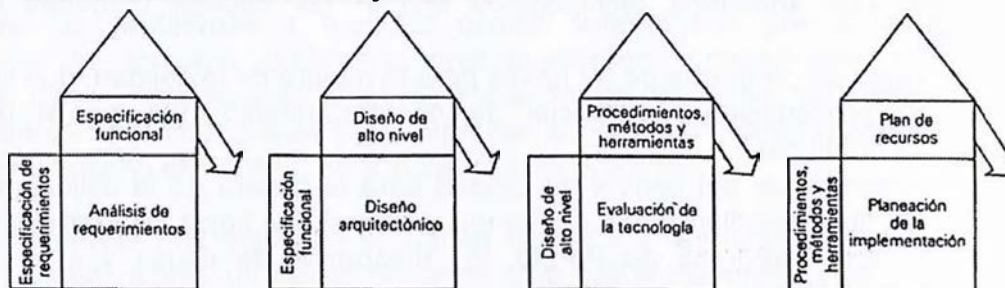
Caso 1. DIFUSION DE LA FUNCION DE CALIDAD EN DIGITAL EQUIPMENT CORPORATION

Digital Equipment Corporation (DEC), que en 1998 se fusionó con Compaq Computer Corporation, estaba interesada en desarrollar un acceso directo a un sistema de compras automatizado para consumidores sin conocimientos en computadoras. El sistema tenía que estar disponible en lugares públicos, con un desarrollo de un sistema de telecomunicaciones y terminales concurrente. DEC necesitaba la combinación correcta de características, precios, distribución y promoción para el sistema, de manera que pudiera ser utilizado con frecuencia y también ser redituable. Se aplica el QFD, es decir la difusión de la función de calidad, tomando las cuatro casas de la calidad que se muestran en la siguiente figura y modificando sus nombres, de manera que los ingenieros de software pudieran comprender mejor los principios.

Las cuatro casas de la calidad



Las cuatro casas de la calidad con terminología de software



Empezaron el proceso con una lluvia de ideas de lo que debería alcanzar dicho servicio. (Los individuos involucrados eran consumidores típicos del servicio objetivo.) Los ejemplos incluían:

- Deseo ver una fotografía de alta calidad de todos los productos.
- Deseo que mi número telefónico, mi dirección y cualquier otra información se mantenga confidencial y segura.
- Quisiera poder tener acceso de noche y de día al sistema.
- Deseo un método de pago simple.

Se crearon más de 100 requerimientos. Después, los posibles clientes fueron interrogados con relación a sus opiniones y unas cuantas características menores fueron adicionadas.

El siguiente paso fue crear especificaciones funcionales. Por ejemplo, era necesaria una función de seguridad para cumplir el requerimiento de que la información personal se mantuviera confidencial. Esta especificación posteriormente fue subdividida en funciones más detalladas. Otro requerimiento se refería a personas que jamás habían utilizado una computadora; deberían ser capaces de utilizar el servicio dentro de los primeros treinta segundos, sin tener que leer ningún manual o referirse a ayuda en línea.

Llegado a este punto, el equipo se apartó de los procesos convencionales QFD, y no se hizo ningún ejercicio de ponderación porque las observaciones han demostrado que la ponderación puede retardar el proceso, resultar difícil para los clientes si no pueden ver un prototipo funcional, e inhibir la creatividad de los ingenieros.

Los desarrolladores utilizaron las especificaciones funcionales como base de un plan de prueba. De inmediato se escribieron pruebas a partir de la primera casa de la calidad, independientemente de la implementación del diseño, lo que incrementó el factor de

concurrencia en el proceso de desarrollo y resultó en un tiempo más rápido de poner en el mercado.

La segunda casa de la calidad consistía en determinar los elementos de diseño de alto nivel para cada especificación funcional. Los desarrolladores pensaban continuamente que ciertos problemas no habían sido considerados, pero al ver la matriz descubrieron que el 99 por ciento de las veces ya habían enfrentado el problema. El diseño era algo más que un simple diseño de software; incluía canales de distribución, precios y venta del servicio, así como las terminales de hardware, las de telecomunicaciones y los sistemas de facturación necesarios.

QFD, es decir la difusión de la función de calidad, permitió a DEC evaluar y elegir entre alternativas críticas de diseño. Por ejemplo, vea los siguientes requerimientos:

- Debe ser fácil de utilizar por un cliente sin conocimientos de computadoras.
- Debe funcionar bien, independientemente de cuántas personas estén utilizando el sistema.
- Debe resultar económico pedir productos a través de este servicio.

Algunas de las especificaciones funcionales pudieran ser:

- Clientes sin experiencia en computadoras deben ser capaces de utilizar el sistema en los siguientes 30 segundos, sin manuales ni ayuda en línea.
- Deberá siempre responder a entradas por parte del usuario dentro de un segundo.
- El costo de uso debe ser inferior a \$15 por acceso Algunas de las decisiones de diseño para cumplir con los requerimientos de facilidad de uso pudieran ser:
 - Utilizar un teclado simple o no utilizar teclado, a fin de eliminar confusión y fobia hacia computadoras.
 - Hacer que el cliente apunte a la opción deseada, en vez de utilizar un teclado o comandos de teclado.
 - Utilizar un despliegue en pantalla en mapa de bits con botones en tres dimensiones, para que las opciones se opriman de manera intuitiva, un procedimiento con el cual la mayor parte de los clientes ya están familiarizados.

Sin embargo, los despliegues en mapas de bits cuestan más dinero, lo que afecta a los criterios de inversión de bajo costo de manufactura y de equipos de capital. Estos despliegues también pueden afectar el desempeño, si cada uno de ellos está a millas de distancia de la base de datos central, ya que toma un largo tiempo descargar mapas de bits a través de líneas telefónicas. Además, los gráficos en mapas de bits requieren gran cantidad de recursos de cómputo, lo que incrementa la inversión en equipo. Llegado a este punto, se pueden colocar cifras en la celda de la matriz, para poder visualizar el efecto de una característica de diseño sobre las demás características y requerimientos de diseño.

La tercera casa de la calidad se utilizó para resolver problemas de alternativas de diseño. Las características de diseño se correlacionaron con la tecnología, procedimientos y métodos utilizados para la creación de productos. Los desarrolladores analizaron varias tecnologías de indicación para cumplir con los criterios de facilidad de uso (teclas del cursor, ratones, cojines y pantallas táctiles). También tomaron en

consideración factores tales como una persona de mal humor arrancando un ratón o golpeando con el puño el teclado, o bien alguien derramando una bebida sobre el teclado. Este análisis aportó un registro claro de los intercambios que tenían que hacerse.

La casa final de la calidad hacía coincidir las tecnologías, métodos y procedimientos con personas, tiempos, equipos, instalaciones de construcción y dinero. Si los requerimientos y el diseño no son completos y precisos, los errores de juicio o los recursos del tiempo requerido pueden resultar muy costosos. A fin de reducir este riesgo, los desarrolladores de DEC crearon un prototipo y lo vendieron a prueba, lo que les permitió refinar las tres primeras casas antes de completar la cuarta. La construcción de un prototipo requeriría de poco retrabajo, si los requerimientos iniciales estuvieran prácticamente completos y fueran precisos. Con el prototipo podían solicitar a los clientes que calificaran el servicio, en comparación con la competencia, lo que daría coeficientes de ponderación competitivas de la primera casa de la calidad. Llegado a este punto, los ingenieros podían determinar la importancia de las características de diseño y hacer mejores intercambios.

DEC encontró que uno de los beneficios de QFD, es decir, de la difusión de la función de calidad, era que la primera casa de la calidad daba información para ser utilizada en la literatura y en los anuncios de ventas, eliminando la necesidad de que el departamento de mercadotecnia lo hiciera. Ahora los ingenieros están haciendo parte del papel de mercadotecnia, incluyendo encuestas, pruebas de prototipo y desarrollando elementos clave para publicidad, superando barreras tradicionales entre mercadotecnia e ingenieros.

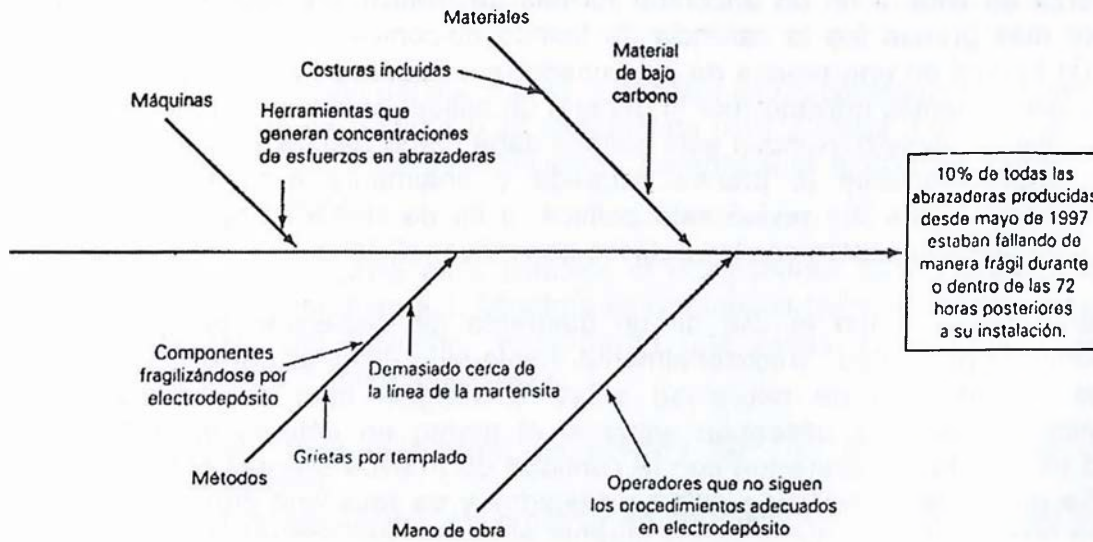
Temas claves para análisis

1. Explique las relaciones y analogías entre las cuatro casas originales de la calidad y la implementación de DEC. Liste similitudes y diferencias.
2. DEC ha sugerido que esencialmente el papel de mercadotecnia ha sido eliminado. ¿Se puede reducir el papel de la mercadotecnia en otras industrias? ¿Qué limitaciones o implicaciones tendría una acción de este tipo para las organizaciones empresariales?

Caso 2. APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MEJORA DE LA CALIDAD EN ROTOR CLIP

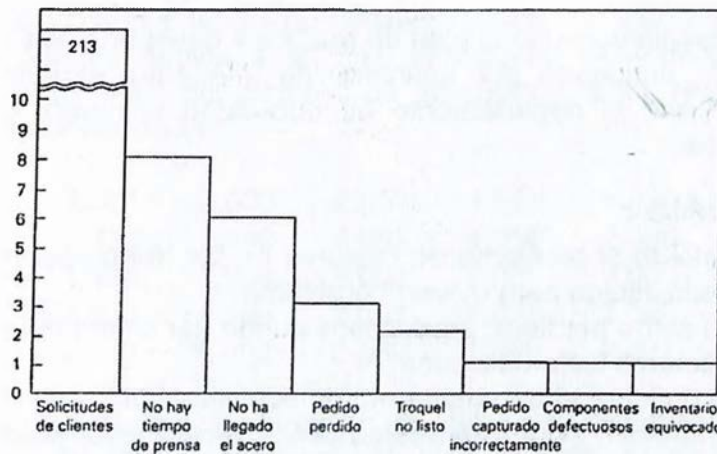
Rotor Clip Company, Inc., de Somerset, Nueva Jersey, es un importante fabricante de anillos de retención y abrazaderas autoapretables para manguera, y cree en utilizar herramientas simples de mejora de la calidad. Hace algunos años, durante la inspección final, una de sus abrazaderas no estaba pasando las pruebas de esfuerzo. No había ninguna razón evidente, por lo que, para buscar una solución, gerentes y supervisores decidieron desarrollar un diagrama de causa y efecto. Para analizar el problema se llamó a una reunión a todos los empleados involucrados en el componente.

Fueron alentados a efectuar una lluvia ideas de razones para el problema, lo que dio como resultado el diagrama de espina de pescado que aparece en la siguiente figura.



Después de revisar las causas posibles, el grupo llegó a la conclusión que la temperatura de la solución del recipiente de templado (un paso del tratamiento térmico) estaba demasiado cerca a la línea de la martensita, un término metalúrgico correspondiente a un cambio no deseable en las características del metal. Este factor fue seleccionado para su estudio posterior, pero elevar la temperatura de la solución no resolvió el problema. El grupo volvió a reunirse y estuvo de acuerdo en seguir la segunda posibilidad, es decir, costuras en un alambre, como causa posible. Las muestras de alambre que no pasaban la inspección se examinaron metalográficamente y se confirmó la presencia de costuras como causa principal de las piezas defectuosas. El material fue devuelto al proveedor y el nuevo material producía componentes que pasaban la inspección final.

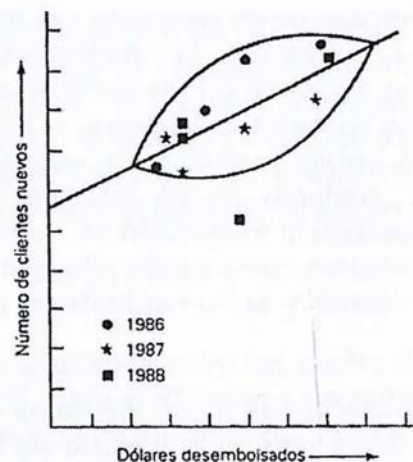
Una segunda aplicación involucraba el uso de un diagrama de Pareto para estudiar los cargos cada vez mayores por fletes para el embarque de los anillos de retención. El estudio cubrió tres meses, a fin de recolectar suficiente información para llegar a conclusiones. El diagrama de Pareto aparece en la figura que se muestra a continuación.



Los resultados fueron asombrosos. La causa más frecuente de cargos elevados por flete eran las solicitudes de los clientes. Se tomó la decisión de continuar el estudio, para identificar qué clientes apresuraban de manera consistente sus embarques y

trabajar cerca de ellos a fin de encontrar formas de reducir los costos. El segundo contribuidor más grande fue la carencia de tiempo disponible de máquina. Una vez instalado un troquel en una prensa de estampado, era operado hasta que producía el número de componentes máximo (por lo general un millón) antes de desmontarlo para su mantenimiento rutinario. Aunque esta política daba como resultado un uso eficiente del herramental, mantenía la prensa ocupada y finalmente era responsable de embarques apresurados. Se revisó esta política, a fin de limitar la operación de los troqueles para que cumplieran con los pedidos con mayor eficiencia.

Una tercera aplicación fue el uso de un diagrama de dispersión por parte del departamento de publicidad. Tradicionalmente, había sido difícil juzgar el efecto que tenían los desembolsos de publicidad sobre el renglón final del negocio. La administración o gerencia deseaban saber si el monto en dólares invertidos en publicidad tenía alguna correlación con la cantidad de nuevos clientes obtenidos en un año. Se gráfico la cantidad de dólares gastados y se relacionó con el trazo del número de nuevos clientes aumentados durante el mismo período durante tres años consecutivos, ésto se muestra en la siguiente figura.



La correlación positiva mostró que una publicidad fuerte se relacionaba con nuevos clientes. Los resultados eran bastante consistentes de un año al otro, excepto en el segundo trimestre de 1988, en el que un punto fuera de grupo destacaba de los demás. La mercadotecnia consultó el plan de medios y descubrió que ese período en particular había sido dominado por anuncios de imágenes experimentales. Este descubrimiento hizo que el departamento de publicidad eliminara de su plan los anuncios de imágenes.

Temas claves para análisis

1. Una vez comprendido el problema de costuras en las abrazaderas, ¿qué controles pudieran haberse instituido para evitar el problema?
2. En el ejemplo del cargo por flete, ¿qué pasos puede dar la empresa con clientes que por costumbre aceleran los embarques?
3. ¿Cómo pudiera continuar el departamento de publicidad utilizando los diagramas de dispersión en el futuro? ¿Cómo pudieran utilizarse los resultados para establecer prioridades presupuestarias?

Problemas

1. Una especificación del plano para el espesor de un componente de una lavadora de vajillas es de 0.300 ± 0.22 centímetros (cm). Cuesta 3 dólares desechar un componente fuera de especificación. Determine la función de pérdida Taguchi para esta situación.
2. Se formó un equipo para estudiar el componente de la lavadora de vajilla descrita en el problema 1. Mientras se continuaba trabajando para determinar la causa raíz del desecho, encontraron una forma de reducir el costo del desperdicio a 2 dólares por pieza.
 - a. Determine la función de pérdida de Taguchi de acuerdo con esta situación.
 - b. Si la desviación del proceso en comparación con el objetivo se puede mantener en 0.018 cm, ¿cuál es la pérdida de Taguchi?
3. Un componente electrónico tiene una especificación de salida de 75 ± 5 milivolts (mv). El desechar el componente daría como resultado una pérdida de 300 dólares.
 - a. ¿Cuál es el valor de k de la función de pérdida de Taguchi?
 - b. Si el proceso se centra en la especificación objetivo con una desviación estándar de 2 mv, ¿cuál es la pérdida esperada por unidad?
4. Una máquina automática para llenado de detergente tiene una especificación de 800 ± 2 mililitros (ml). Si la máquina llena de más o llena de menos las botellas de detergente, cuesta \$0.75 reprocesar la pieza defectuosa.
5.
 - a. ¿Cuál es el valor de k de la función de pérdida de Taguchi?
 - b. Si el proceso se centra en la especificación objetivo con una desviación estándar de 0.8 ml, ¿cuál es la pérdida esperada por unidad?
6. Se diseña un chip de computadora de manera que la distancia entre dos terminales adyacentes tenga una especificación de 2.000 ± 0.002 milímetros (mm). La pérdida debida a un chip defectuoso es 4 dólares. Se toma una muestra de 25 chips del proceso de producción, y los resultados en mm se muestran a continuación.

2.001	2.000	2.001	1.998	1.999
2.000	2.000	2.002	1.999	2.000
1.998	1.999	2.001	2.000	2.000
2.000	1.999	2.001	2.001	2.000
2.000	2.002	2.000	2.000	2.001

- a. Calcule el valor de k de la función de pérdida de Taguchi.
- b. ¿Cuál es la pérdida esperada de este proceso en base a los datos de muestra?

7. Una bocina estereofónica para automóvil está diseñada para una salida con un volumen sonoro máximo de 85 ± 2 decibeles (db). La pérdida debida a una unidad defectuosa es 24 dólares. Se tomó una muestra de 25 bocinas y se probó su volumen. Los resultados en decibeles aparecen a continuación.

84.1	86.8	84.7	86.2	85.6
85.1	83.9	85.4	85.5	85.0
84.3	85.9	84.9	85.6	86.0
86.3	83.8	85.8	83.7	85.9
85.8	85.7	85.3	85.5	85.1

- a. Calcule el valor k de la función de pérdida de Taguchi.
 b. ¿Cuál es la pérdida esperada de este proceso, con base en los datos de muestra?
8. Se mide el tiempo requerido para preparar un paquete de tamaño estándar para su embarque. Estos tiempos aparecen en la tabla abajo. Construya un histograma para gráficamente mostrar los datos. ¿Qué recomendaciones de mejora daría usted al líder de la sección, con base en sus determinaciones?

Empacador número	Tiempo (minutos)	Empacador número	Tiempo (minutos)
1	15	21	10
2	10	22	11
3	11	23	15
4	13	24	10
5	12	25	9
6	14	26	14
7	17	27	14
8	13	28	15
9	16	29	12
10	9	30	18
11	11	31	16
12	14	32	14
13	11	33	17
14	14	34	12
15	13	35	16
16	12	36	17
17	13	37	13
18	14	38	18
19	18	39	14
20	17	40	16

9. En la producción de transformadores, cualquier voltaje de salida que exceda ± 25 volts es inaceptable para el cliente. Al excederse estos límites resulta una pérdida estimada de 400 dólares. Sin embargo, el fabricante puede ajustar el voltaje de la planta cambiando una resistencia que cuesta \$1.50.

- a. Determine la función de pérdida de Taguchi.
 - b. Suponga que la especificación nominal es de 120 volts. ¿A qué tolerancia debería manufacturarse el transformador?
10. En el negocio de transformadores mencionado en el problema 7, los gerentes reunieron datos de un grupo de enfoque de clientes, y encontraron que cualquier voltaje de salida que exceda 20 volts resulta inaceptable para el cliente. Al excederse estos límites se conseguía en una pérdida estimada de 450 dólares. Sin embargo, todavía el fabricante puede ajustar el voltaje en la planta, modificando o reemplazando un resistor que cuesta \$1.50.
- a. Determine la función de pérdida de Taguchi.
 - b. Suponga que la especificación nominal se conserva en 120 volts. ¿A qué tolerancia deberá fabricarse el transformador?

BIBLIOGRAFIA

John Mayo

"Process Design as Important as Product Design"
Wall Street Journal, 29 de octubre de 1984, 29.

N. Raghu Kacker

"Off-Line Quality Control, Parameter Design, and the Taguchi Method"
Journal of Quality Technology 17, no. 4 (octubre de 1985), 176-188.

Bruce D. Nordwail

"ITT Uses Process Control Methods to Increase Plant Productivity"
Aviation Week

Joseph J. Pignatiello, Jr., y John S. Ramberg

"The Top 10 Triumphs and Tragedies of Genichi Taguchi"
Presentado en la 35va. ASQC/ASA Fall Technical Conference, Lexington, KY, 1991.

Genichi Taguchi

Introduction to Quality Engineering

L. P. Sullivan

"Reducing Variability: A New Approach to Quality"
Quality Progress 17, no. 7 (julio de 1984), 15-21.

H. Richard Priesmeyer

"Integrating Educational Software and Textbook Development"
Academic Computing (septiembre de 1988), 32-33, 50-51.

L. P. Sullivan

"Quality Function Deployment: The Latent Potential of Phases III and IV"
en A. Richard Shores (editores) A TQM Approach to Achieving

Manufacturing Excellence
Milwaukee, WI: ASQC Quality Press, 1990, 265-279.

"Poka-yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects". 1988

CAPITULO 8

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

OBJETIVOS

- Conocer las ventajas del control estadístico de la calidad
- Conocer algunas medidas de calidad en la manufactura
- Conocer que es una grafica de control, sus pasos, diferentes tipos de gráficas de control y como interpretarlas
- Poder usar el pre-control para detectar las condiciones de los procesos y los cambios que pueden causar defectos
- Poder usar la información de habilidad del proceso y su variación para lo que usaremos el índice de calidad para medir su desempeño
- Conocer el uso de diferentes gráficas de control especiales

CAPITULO 8

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

El control estadístico de procesos (CEP) es la aplicación de los métodos estadísticos a la medición y análisis de la variación en cualquier proceso. Un proceso es una combinación única de máquinas, herramientas, métodos, materiales y personas que logran una producción de bienes, software o servicios.

8.1 Medición de la calidad en la manufactura

La administración de los procesos de trabajo importantes debe prevenir mediciones. Al desarrollar las unidades de medida se deben revisar las bases de medición de la calidad. A continuación mostraremos una tabla en la cual indicamos algunos ejemplos de medidas de calidad en la manufactura.

Aspecto	Unidad de medida
Calidad de la producción de manufactura	<ul style="list-style-type: none">• Porcentaje de producción que cumple con las especificaciones en la inspección• Porcentaje de producción que cumple con las especificaciones en la inspección intermedia y final• Cantidad de desperdicio y retrabajo• Porcentaje de producción enviado sin cumplir con las especificaciones• Número de defectos encontrados en la auditoría de producto, esto es después de la inspección• Costos de garantía debido a defectos de fabricación• Medida global de la calidad del producto (defectos en pares por millón, defectos ponderados por unidad, variabilidad de características críticas, etc.)• Cantidad de producción degradada
Calidad del insumo que va a manufactura	<ul style="list-style-type: none">• Porcentaje de operaciones críticas con trabajadores certificados• Cantidad de tiempo de descompostura del equipo de manufactura• Porcentaje de insumo de producción que cumple con las especificaciones• Porcentaje de instrumentos que cumplen con los programas de calibración• Porcentaje de especificaciones que requieren cambios después de liberarlos

De acuerdo con lo mostrado en la tabla anterior, muchos de los sujetos de control son formas de salida de trabajo. Además, al revisar las unidades en uso actual, un punto de partida fructífero es la medición de la productividad. La **productividad** se define, por lo general, como la cantidad de salida relacionada con los recursos de entrada.

8.2 Generalidades de las gráficas de control estadístico

Gráfica de control estadístico: Es una comparación gráfica de los datos de desempeño del proceso con los "límites de control estadístico" calculados, dibujados como rectas limitantes sobre la gráfica. Los datos de desempeño del proceso por lo general consisten en grupos de mediciones que vienen de la secuencia normal de producción y preservan el orden de los datos.

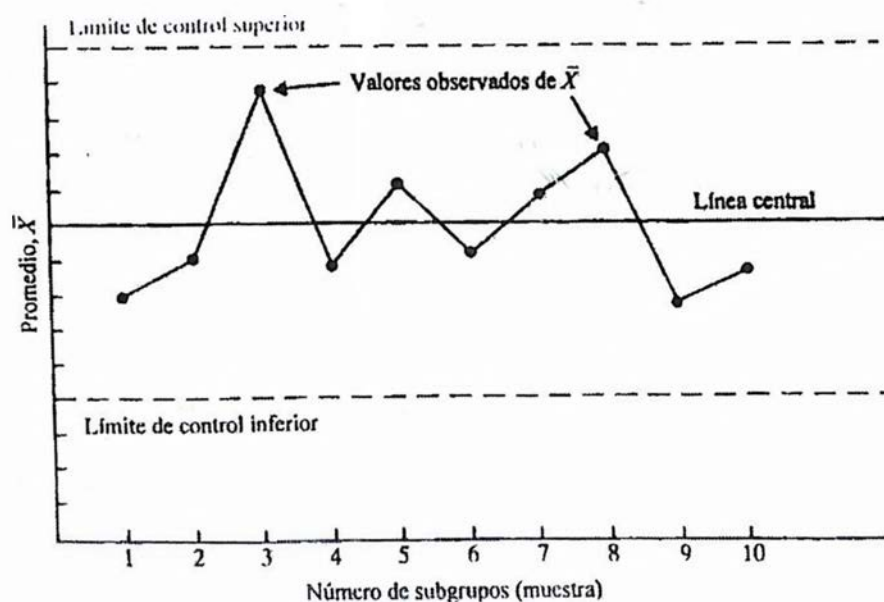
El objetivo primordial de una gráfica de control es detectar las causas especiales (o atribuibles) de la variación en un proceso – mediante el análisis de los datos, tanto pasados como futuros.

Las variaciones de proceso se pueden rastrear para dos tipos de causas:

1. Común (o aleatoria o debida al azar), que es inherente al proceso;
2. Especial (o atribuible), que causa una variación excesiva.

Idealmente, solo deben estar presentes las causas comunes en un proceso porque representan un proceso estable y predecible que tiene un mínimo de variación. Se dice que un proceso que opera sin causas especiales de variación se encuentra "en estado de control estadístico". El objetivo de una grafica de control no es lograr un estado de control estadístico como un fin, sino reducir la variación.

Una gráfica de control hace una distinción entre las causas comunes y las especiales de variación a través de la elección de los límites de control, ésto se demuestra en la grafica siguiente.



Estos se calculan usando las leyes de probabilidad de manera tal que se pueda decir que esas causas altamente improbables de variación se deben no a causas aleatorias sino a causas especiales. Cuando la variación excede los límites de control estadístico, se tiene una señal de que alguna causa especial ha entrado en el proceso y este debe investigarse para identificar los motivos de variación excesiva. La variación aleatoria dentro de los límites de control significa que solo están presentes causas comunes (aleatorias); la cantidad de variación se ha estabilizado, y deben evitarse los ajustes menores al proceso.

8.3 Ventajas del control estadístico de la calidad

Existe un estado de control estadístico cuando solo se tienen causas comunes de variación el proceso. Esta condición proporciona varias ventajas importantes:

- El proceso tiene estabilidad, lo que hace posible predecir su comportamiento, al menos a corto plazo.
- El proceso tiene identidad en términos de un conjunto dado de condiciones que son necesarias para hacer predicciones.
- Un proceso bajo control estadístico opera con menos variabilidad que un proceso con causas especiales.
- Un proceso que tiene causas especiales es inestable, y la variación excesiva puede ocultar el efecto de los cambios que se han introducido para lograr el mejoramiento.
- Saber que el proceso está bajo control estadístico es una ayuda para los trabajadores que lo operan.
- Saber que un proceso se encuentra bajo control estadístico ayuda a quienes intentan hacer una reducción a largo plazo en la variabilidad.
- Un análisis de control estadístico, que incluye la gráfica de los datos en el orden de la producción, identificará con facilidad las tendencias a través del tiempo que no son evidentes en otros resúmenes de datos.
- Un proceso estable (como el verificado por el control estadístico) que también cumple con las especificaciones del proceso proporciona evidencias de que éste tiene condiciones, que si se mantienen, dará como resultado un producto estable.

8.4 Pasos para establecer una gráfica de control

La gráfica de control es un concepto estadístico poderoso, pero su uso debe mantenerse en perspectiva. El propósito final de un proceso de manufactura es hacer un producto adecuado para el uso y no un producto que simplemente cumpla con los límites de control.

Para los especialistas de calidad, las gráficas de control sirven como dispositivos sensibles para detectar cambios en el proceso; para las fuerzas operativas, las gráficas de control representan un cambio importante de la tradicional "ley de la planta", es decir, el límite de especificación.

Establecer una gráfica de control requiere los siguientes pasos:

1. Elegir la característica que debe graficarse.
 - a. Dar una alta prioridad a esa característica que por el momento tiene una tasa de defectos alta. Un análisis de Pareto puede establecer las prioridades.
 - b. Identificar las variables del proceso y las condiciones que contribuyen a las características del producto terminado, elegir los métodos de medición que proporcionarán el tipo de datos necesarios para el diagnóstico de problemas, determinar el tiempo más cercano en el proceso de producción en el que se pueden hacer pruebas para obtener información sobre las causas atribuibles.
 - c. Elegir los métodos de medición que proporcionarán el tipo de datos necesarios para el diagnóstico de problemas.
 - d. Determinar el tiempo más cercano en el proceso de producción en el que se pueda hacer pruebas para obtener información sobre las causas atribuibles, para que la gráfica pueda servir como un dispositivo de advertencia temprana efectivo en la prevención de defectos
2. Elegir el tipo de gráfica de control básica.
3. Decidir la línea central que debe usarse y la base para calcular los límites. La línea central puede ser el promedio de los datos históricos, o puede ser el promedio deseado.
4. Seleccionar el sub-grupo racional. Cada punto en una gráfica de control representa un subgrupo (o muestra) que consiste de varias unidades de producto. Con el propósito de controlar el proceso, los subgrupos deben elegirse de manera que las unidades dentro de un subgrupo tengan la mayor oportunidad de ser similares y las unidades entre subgrupos tengan la mayor oportunidad de ser diferentes.
5. Proporcionar un sistema de recolección de datos. Si la gráfica de control ha de servir como una herramienta cotidiana en la planta, debe ser sencilla y conveniente en su uso. La medición se debe simplificar y mantener sin errores. Deben diseñarse instrumentos indicativos para dar lecturas confiables y a tiempo. Mejor aún deben diseñarse instrumentos que puedan registrar al igual que indicar. El registro de datos se puede simplificar con el diseño creativo de hojas de datos. Las condiciones de trabajo son también un factor.
6. Calcular los límites de control y proporcionar instrucciones específicas sobre la interpretación de los resultados y las acciones que debe tomar cada persona en producción. Tomando en cuenta las siguientes formulas.

Límites de gráficas de control: logro del estado de control

Gráfica para	Línea central	Límite inferior	Límite superior
Promedios \bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$\bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$
Rangos R	\bar{R}	$D_3\bar{R}$	$D_4\bar{R}$
Porcentaje de no conformancia p	\bar{p}	$\bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$\bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
Número de no conformancias c	\bar{c}	$\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$	$\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$

7. Graficar los datos e interpretar los resultados.

8.5 Graficas de control para datos de variables

En el caso de datos de variables, la gráfica de control para promedios muestrales y rangos muestrales proporciona una técnica poderosa para el análisis de los datos del proceso.

Periódicamente se toma una pequeña muestra (por ejemplo, de cinco unidades) del proceso, y se calculan el promedio (\bar{x}) y el rango (R) de cada una. Debe recolectarse un total de al menos 50 medidas individuales (esto es, diez muestras de cinco cada una) antes de calcular los límites de control. Éstos se establecen a $\pm 3\sigma$ para los promedios y rangos muestrales. Los valores de \bar{x} y R se grafican por separado contra sus límites a $\pm 3\sigma$.

Las calculadoras modernas calculan con rapidez las desviaciones estándar, pero pueden evitarse los cálculos usando atajos.

Las fórmulas abreviadas para los límites de control sobre los promedios muestrales son:

$$\text{Límite de control superior} = \mu + A_2R$$

$$\text{Límite de control inferior} = \mu - A_2R$$

donde μ = gran promedio = promedio de los promedios muestrales

R = promedio de los rangos muestrales

A_2 = constante encontrada en la tabla I del apéndice

El atajo consiste en:

- 1) Calcular, para cada muestra, el rango (diferencia entre el valor mayor y el menor) de las observaciones individuales;
- 2) Promediar los rangos obtenidos
- 3) Multiplicar el rango promedio por un factor de conversión para obtener la distancia del promedio esperado al límite. La recta central es simplemente el promedio de todas las observaciones individuales.

Las fórmulas abreviadas para los límites de control sobre los rangos muestrales son:

$$\text{Límite de control superior} = D_3R$$

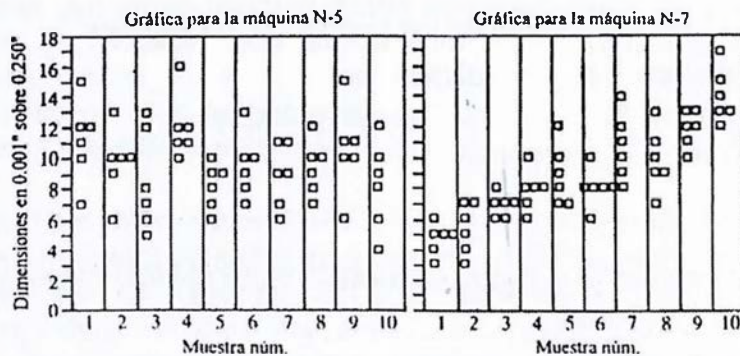
$$\text{Límite de control inferior} = D_4R$$

donde D_3 y D_4 son constantes.

Para la conveniencia del lector en los párrafos que siguen, en la tabla siguiente se presenta una tabulación parcial reproducida de los factores A_2 , D_3 y D_4 .

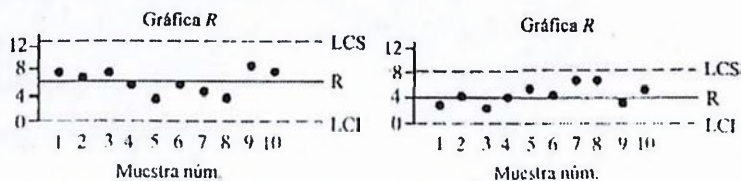
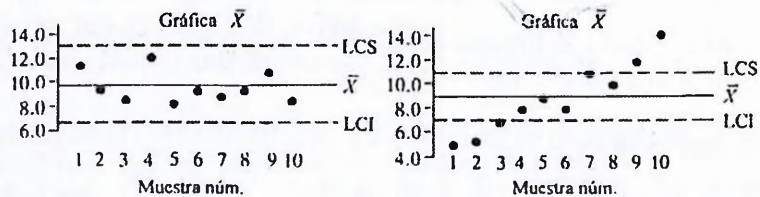
N	A_2	D_3	D_4	d_2
2	1.88	0	3.268	1.128
3	1.023	0	2.574	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.114	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.97
10	0.308	0.223	1.777	3.078

Considere los datos de las máquinas N-5 y N-7 de la figura que se muestra a continuación. Para cada máquina, los datos consisten en 10 muestras (con 6 unidades cada una) graficadas en orden de producción (número de muestra). Esta figura presenta las gráficas \bar{X} y R para cada máquina. En la parte superior de la figura, las observaciones individuales sobre el eje vertical graneadas contra el tiempo se llaman gráficas de corrida.



Para la máquina N-5

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
\bar{X}	11.2	9.7	8.5	12.0	8.2	9.5	8.8	9.3	10.5	8.2
R	8.0	7.0	8.0	6.0	4.0	6.0	5.0	5.0	9.0	8.0



Gráfica \bar{X} para la máquina N-5 indica que no hay efecto de un tiempo a otro

Gráfica \bar{X} para la máquina N-7 indica un efecto definitivo de un tiempo a otro

Para la máquina N-5, los límites de control superior e inferior (LCS y LCI) se calculan como:

Promedios:

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= \mu + A_2 X &= 9.59 + 0.483 (6.0) &= 12.48 \\ \text{LCI} &= \mu - A_2 X &= 9.59 - 0.483 (6.0) &= 6.68 \end{aligned}$$

Rangos:

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= D_4 X &= 2.004 (6.0) &= 12.02 \\ \text{LCI} &= D_3 X &= 0 (6.0) &= 0 \end{aligned}$$

Los límites de control para una gráfica de promedios representan tres desviaciones estándar de los promedios muestrales (no de los valores individuales). Como los límites de especificación casi siempre se aplican a valores individuales, los límites de control no se pueden comparar a los límites de especificación, porque los promedios varían menos que las medidas individuales que los forman.

Interpretación de gráficas

Se colocan las gráficas para X y R (o s) una encima de la otra de manera que el promedio y el rango para cualquier subgrupo se encuentren en la misma línea vertical. Observe si alguna de ellas o ambas indican una falta de control para ese subgrupo.

Las X fuera de los límites de control son señal de un cambio general que afecta todas las piezas posteriores al primer subgrupo fuera de los límites. El registro que se guarda durante la recolección de datos, la operación del proceso y la experiencia del trabajador deben estudiarse para descubrir la variable que pudo haber causado que saliera de los límites de control. Las causas comunes son un cambio en el material, el personal, la preparación de la máquina, el desgaste de las herramientas, la temperatura o la vibración.

Las R fuera de los límites de control indican que la uniformidad del proceso ha cambiado. Las causas comunes son un cambio en el personal, un aumento en la variabilidad del material o desgaste excesivo en la maquinaria del proceso. En un caso, un aumento repentino en la R advirtió sobre un accidente que pudo ocurrir.

Una sola R fuera de control puede ser causada por un cambio en el proceso ocurrido mientras se tomaba la muestra del subgrupo.

Introducción de las gráficas de control

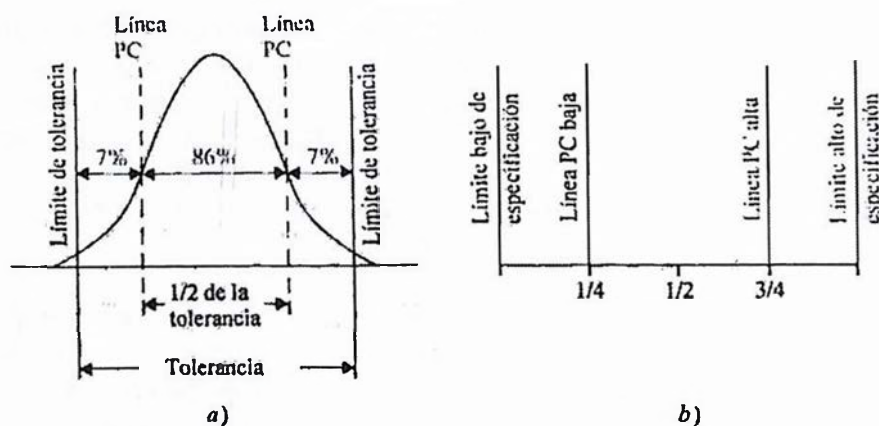
Para los especialistas de calidad, las gráficas de control sirven como dispositivos sensibles para detectar cambios en el proceso; para las fuerzas operativas, las gráficas de control representan un cambio importante de la tradicional "ley de la planta", es decir, el límite de especificación. Al introducir las gráficas de control, es esencial prever una confusión sobre el papel de los límites de control comparados con los límites de especificación. Los trabajadores reaccionan a los productos no conformantes porque los límites de especificación han sido la ley de la planta; no reaccionan a los límites de

control de la misma manera porque puede no haberse establecido y aclarado su legitimidad.

8.6 Precontrol

El precontrol es una técnica estadística para detectar las condiciones del proceso y los cambios que pueden causar defectos (más que los cambios que son estadísticamente significativos). El precontrol se centra en el control de la conformidad con las especificaciones, en lugar de en el control estadístico. El precontrol inicia un proceso centrado entre los límites de especificación y detecta los cambios que pueden resultar al hacer algunas partes fuera del límite. El precontrol no requiere una gráfica ni cálculos y solo necesita tres mediciones para dar la información de control. El principio de precontrol se demuestra, suponiendo la peor condición que se puede aceptar de un proceso capaz de una producción de calidad, esto es, cuando la tolerancia natural es la misma que la permitida y cuando el proceso está justamente centrado y cualquier cambio daría como resultado un trabajo defectuoso.

Si se dibujan dos rectas de PRE-Control (PC), cada una a un cuarto hacia adentro de la distancia total entre los límites de tolerancia (vea la siguiente figura). Se puede demostrar que 86% de las partes estarán dentro de las líneas de PC, con 7% en cada sección exterior. En otras palabras, 7% o una parte de cada 14, caerá fuera de las líneas de PC en circunstancias normales.



Siendo:

- a) La suposición esencial de pre-control
- b) Localización de líneas de pre-control

La oportunidad de que dos medidas seguidas caigan fuera de las líneas de PC es multiplicado por 1/14 o 1/196. Esto significa que sólo una vez de alrededor de cada 200 mediciones se puede esperar que dos seguidas caigan en una banda exterior dada. Cuando ocurren dos seguidas, existe una oportunidad mucho mayor (195/196) de que el proceso haya cambiado. Por lo tanto es recomendable restablecer el proceso al centro. Es igualmente improbable obtener una medida fuera de una línea PC dada y la siguiente fuera de la otra línea PC. En este caso, la indicación no es que el proceso haya cambiado sino que introdujo algún factor que amplió el patrón a un grado en que las piezas defectuosas son inevitables. Debe ponerse remedio inmediato a la causa del problema antes de poder continuar con el proceso.

La zona dentro de las líneas PC es la "zona verde", entre estas líneas y los límites de especificación se encuentra la "zona amarilla"; fuera de los límites de especificación está la "zona roja".

Para calificar un proceso para PRE-Control:

1. Se toman mediciones individuales sobre una característica hasta que cinco medidas consecutivas caigan dentro de la zona verde.
2. Si ocurre una amarilla, se reinicia el conteo.
3. Si ocurren dos amarillas consecutivas, se ajusta el proceso.
4. En cualquier momento que se hace un ajuste o que ocurre otro cambio de proceso, se vuelve a calificar el proceso.

Cuando el proceso queda calificado, se aplican las siguientes reglas de PRE-Control al proceso en operación:

1. Se usa una muestra de dos medidas consecutivas, A y B. Si A es verde, el proceso continúa corriendo. Si A es amarilla, se toma la segunda medida, B.
 2. Si A y B son ambas amarillas, debe detenerse el proceso e investigarse.
- Durante cualquiera de las dos etapas o corridas de calificación, si ocurre una medida roja, debe detenerse el proceso e investigarse.

La mayor parte de los procesos requieren ajustes periódicos para permanecer dentro de las especificaciones.

8.7 Habilidad del proceso

La habilidad del proceso es la variación medida, inherente de un producto que sale de un proceso. Esta proporciona una predicción cuantitativa de qué tan adecuado es un proceso. Al planear los aspectos de calidad de la manufactura, nada es más importante que asegurarse de antemano que el proceso será capaz de mantener las tolerancias.

Definiciones básicas

- **Proceso:** Éste se refiere a alguna combinación única de máquinas, herramientas, métodos, materiales y personas involucradas en la producción. Con frecuencia es factible separar y cuantificar el efecto de las variables que entran en esta combinación. Tal separación puede proporcionar una visión más clara.
- **Habilidad:** Esta palabra se usa en el sentido de aptitud, basada en el desempeño probado, para lograr resultados que se puedan medir.
- **Habilidad medida:** Esto se refiere al hecho de que la habilidad del proceso se cuantifica a partir de datos que, a su vez, son el resultado de la medición del trabajo realizado por el proceso.
- **Habilidad inherente:** Esto se refiere a la uniformidad del producto que resulta de un proceso que se encuentra en estado de control estadístico, es decir, en ausencia de

"fuerzas externas" u otras causas atribuibles de variación. Un sinónimo es "reproducibilidad instantánea".

- Producto: La medición se hace sobre el producto porque el resultado final es la variación del producto.

Usos de la información de habilidad del proceso

La información sobre la habilidad del proceso sirve para muchos propósitos:

1. Predecir el grado de variabilidad que exhibirán los procesos.
2. Seleccionar, entre procesos que compiten, el proceso más adecuado para que las tolerancias se cumplan.
3. Planear la interrelación de procesos secuenciales.
4. Proporcionar una base cuantitativa para establecer un programa de verificaciones de control periódico del proceso y ajustes.
5. Asignar las máquinas a los tipos de trabajos para los cuales son más adecuadas.
6. Probar las teorías de las causas de defectos durante los programas de mejoramiento de la calidad.
7. Servir como base para la especificación de los requerimientos de calidad para las máquinas compradas.

8.8 El índice de habilidad C_{pk}

La habilidad del proceso, según se mide con C_p, se refiere a la variación de un proceso alrededor del valor promedio. Los dos procesos tienen habilidades iguales porque 6σ es la misma para cada distribución, como lo indican las amplitudes de las curvas de distribución. El proceso tiene como meta μ₂ esta produciendo unidades defectuosas porque la meta está fuera de centro, no debido a la variación inherente alrededor de la meta.

Así el índice C_p mide la habilidad, suponiendo que el promedio del proceso es igual al punto de los límites de especificación y que el proceso está operando bajo control estadístico.

El índice C_{pk} refleja la proximidad de la media actual del proceso al límite de especificación superior (LES) o bien al límite de especificación inferior (LEI). C_{pk} se estima mediante:

$$\hat{C}_{pk} = \min \left[\frac{\hat{C} - LEI}{3s}, \frac{LES - \bar{X}}{3s} \right]$$

Entre más alto sea el valor de C_{pk} más baja será la cantidad de producto que esté fuera de los límites de especificación. Al certificar a los proveedores, algunas organizaciones utilizan C_{pk} como un elemento del criterio de certificación. En estas aplicaciones, el valor de C_{pk} deseado para los proveedores puede ser una función del tipo de bien que se está comprando.

También se puede calcular un índice de habilidad alrededor del valor meta en lugar de alrededor del promedio real. Este índice llamado C_{pm} o índice de Taguchi, se centra en la reducción de la variación a partir del valor meta y no en la reducción de la variabilidad para cumplir con las especificaciones.

Existen dos tipos de estudios de habilidad del proceso:

1. Estudio del potencial del proceso, en este estudio se obtiene una estimación de lo que puede hacer un proceso bajo ciertas condiciones, es decir, la variabilidad en condiciones definidas a corto plazo para un proceso en estado de control estadístico.
2. Estudio del desempeño del proceso, en este estudio una estimación de la habilidad del proceso proporciona un panorama de lo que el proceso está haciendo durante un período largo.

8.9 Medición del desempeño de proceso

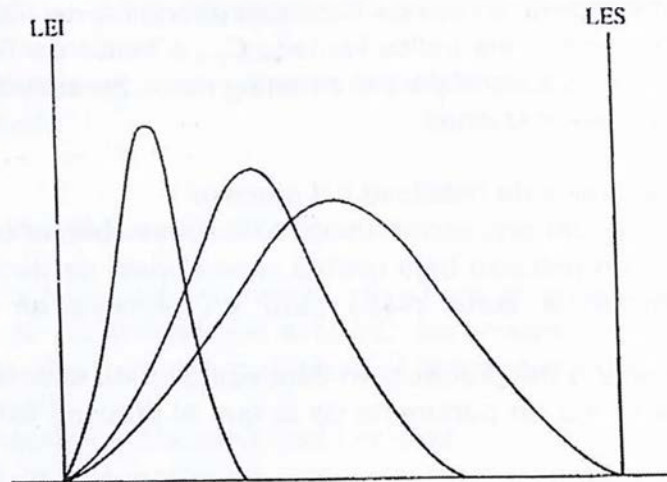
Un estudio del desempeño del proceso recolecta datos de un proceso que está operando bajo las condiciones normales, pero incluye los cambios normales en los lotes de material, los trabajadores, las herramientas y la preparación. Este estudio, que abarca un período mayor que el del estudio del potencial del proceso, también requiere que este.

El índice de habilidad para un estudio del desempeño del proceso es:

$$\hat{C}_{pk} = \min \left[\frac{\hat{C} - LEI}{3s}, \frac{LES - X}{3s} \right]$$

Interpretación de C_{pk}

Al usar C_{pk} para evaluar un proceso, debe reconocerse que C_{pk} es una abreviatura de dos parámetros: el promedio y la desviación estándar. Tal abreviatura puede ocultar, sin que se note, importantes detalles sobre estos parámetros, por ejemplo, la siguiente figura indica que tres procesos completamente diferentes pueden tener el mismo C_{pk} , (en este caso $C_{pk} = 1$).



El aumento del valor de C_{pk} puede requerir un cambio en el promedio del proceso, en la desviación estándar del mismo o en ambos. Para algunos procesos, puede ser más sencillo aumentar el valor de C_{pk} cambiando el valor del promedio (quizá mediante un sencillo ajuste en la meta del proceso) que reduciendo la desviación estándar (con la investigación de muchas causas de variabilidad). Siempre debe revisarse el histograma del proceso para resaltar tanto su promedio como su dispersión.

Suposiciones que fundamentan un estudio de habilidad del proceso

La interpretación de los índices de habilidad tales como C_p y C_{pk} se apoya sobre la base de varias suposiciones:

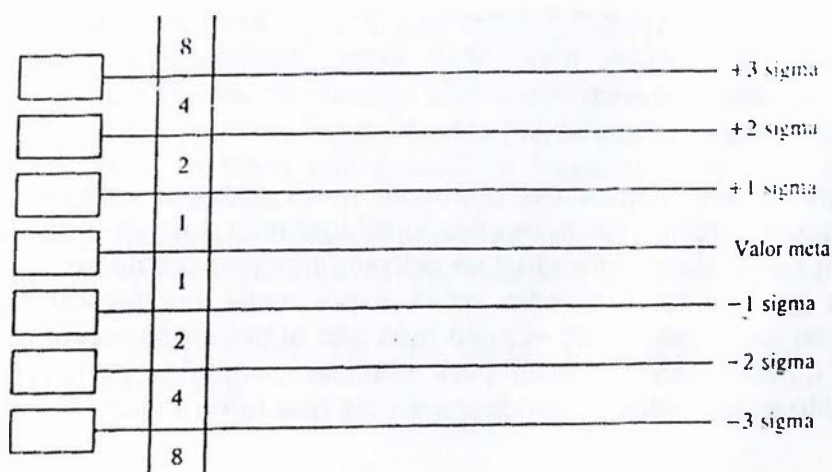
1. El proceso se encuentra en un estado de control estadístico.
2. Se recolectan suficientes datos durante el estudio de habilidad para minimizar el error de muestreo para los índices de habilidad. Lewis (1991) proporciona tabla con límites inferiores de confianza de 95% para los valores de C_p y C_{pk} . Si los datos se componen de menos de 100 valores, entonces deben calcularse los límites de confianza inferiores.
3. Los datos se recolectan durante un período suficientemente largo para asegurar que las condiciones del proceso presentes durante el estudio sean representativas de las condiciones actuales y futuras.
4. El parámetro analizado en el estudio sigue una distribución de probabilidad normal. De otra manera, los porcentajes de los productos asociados con los valores C_p y C_{pk} son incorrectos

8.10 Gráficas de controles especiales

En ocasiones es posible emplear otros tipos de gráficas de control para poder estudiar necesidades poco comunes o especiales. Estas gráficas tienen aspectos ingeniosos y a continuación mencionaremos algunas de ellas para poder incentivar a la investigación profunda de las mismas.

Gráfica de control de zona

Es una gráfica cronológica de la suma acumulada de las desviaciones del valor meta que ocurren en observaciones que siguen una distribución normal. Divididas en seis zonas correspondientes a intervalos de 1σ , 2σ y 3σ del valor meta, la gráfica proporciona un método sencillo para identificar los cambios en el promedio del proceso, esto se muestra en la siguiente figura.

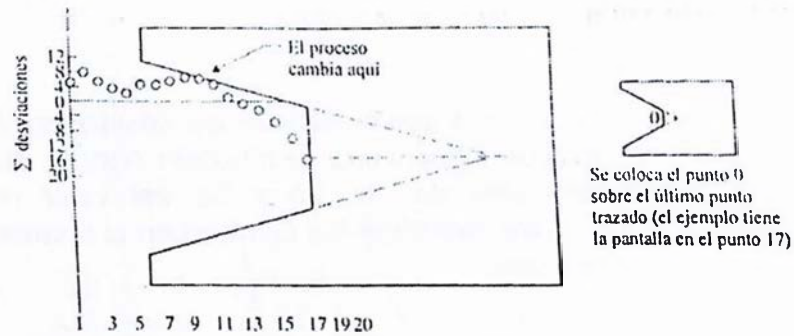


Esta gráfica integra cuatro pruebas estadísticas para la inestabilidad:

- Un solo punto fuera del límite a 3σ
- Dos de tres puntos sucesivos en la zona $2\sigma/3\sigma$
- Cuatro de cinco puntos sucesivos en la zona $1\sigma/2\sigma$
- Ocho puntos sucesivos en la zona de 1σ ó más allá

Gráfica de control de la suma acumulada (CUMSUM)

Es una gráfica cronológica de la suma acumulada de las desviaciones de una muestra estadística que se alejan de un valor de referencia (como la especificación nominal o meta). Esta se centra en los valores meta y no en el promedio real de los datos del proceso. Los límites de control no son paralelos ni fijos; casi siempre se presentan como una pantalla en forma de V (véase la siguiente figura) que se construye con base en los datos del proceso y que se coloca en la gráfica y se mueve conforme se grafican nuevos puntos. Cada punto en la gráfica contiene información de todas las observaciones (esto es una suma acumulada). Las gráficas CUMSUM son útiles en especial para detectar pequeños cambios en el promedio del proceso.



Gráfica de promedios móviles

Esta es una gráfica cronológica del promedio móvil, que se calcula como el valor promedio actualizado eliminando la medida individual más antigua y agregando la más nueva. Así, con cada medida individual se calcula un nuevo promedio. Un refinamiento de esto es la gráfica del promedio móvil exponencial ponderado en la que las observaciones se ponderan dando el peso más alto al dato más reciente. Las gráficas de promedios móviles son efectivas para detectar pequeños cambios, resaltan las tendencias y utilizan los datos de procesos en los que toma mucho tiempo producir un solo artículo.

8.11 Control estadístico de procesos y mejoramiento de la calidad

En el control de procesos, las gráficas de control estadístico detectan la existencia de causas especiales de variación que conducen a problemas esporádicos. Las gráficas indican esto en la forma de datos muestrales que caen fuera de los límites de control, es decir, el proceso está "fuera de control estadístico". Por el contrario, cuando una gráfica indica que un proceso se encuentra "bajo control estadístico" se dice que está en un estado de estabilidad en el que la variación se debe a un conjunto de causas comunes inherentes al proceso. Control estadístico significa estabilidad, pero ésta no siempre significa que el cliente esté satisfecho con el resultado. Desafortunadamente, un proceso bajo control estadístico puede tener problemas de calidad serios. Como el proceso es estable, el problema continuará (se volverá crónico) a menos que se haga un cambio básico en el sistema de causas comunes. Tal cambio, que casi siempre va a afectar el promedio o la variación, es la misión del mejoramiento.

El mejoramiento del proceso se refiere a varios problemas diferentes, que son:

1. El promedio del proceso está mal dirigido.
2. La variabilidad inherente del proceso es demasiado grande.
3. La instrumentación no es adecuada.
4. Existe un sesgo o desviación en el proceso.
5. Existen cambios cíclicos en el proceso.
6. El proceso es errático.

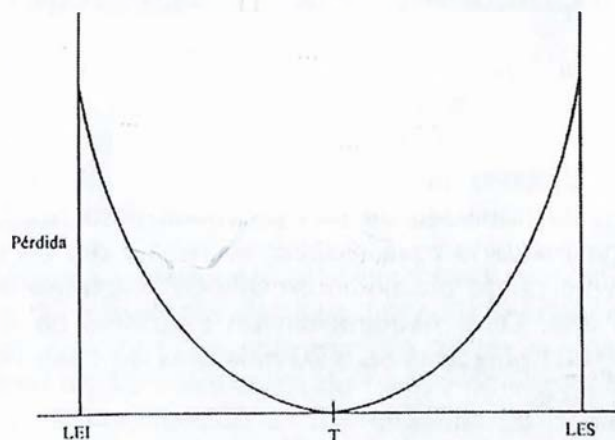
8.12 Búsqueda de una menor variabilidad del proceso:

Una variabilidad baja pone en marcha a una gama de ventajas asombrosas:

- La baja variabilidad sobre una característica componente puede ser la única manera de compensar la alta variabilidad en otras componentes para cumplir con los requerimientos de desempeño sobre un ensamble o sistema.
- La baja variabilidad puede dar como resultado un mejor desempeño del producto que el cliente pueda apreciar.
- Para algunas características como peso, una variabilidad más baja puede proporcionar la oportunidad de cambiar el promedio del proceso.
- Una variabilidad baja da como resultado una menor necesidad de inspección. En el caso extremo, si no hubiera variabilidad, la inspección de solo una unidad de producto diría toda la historia.
- Una variabilidad baja puede dictar un precio excelente sobre un producto. El precio de algunas componentes electrónicas, por tradición, se da en función de la cantidad de variabilidad.
- Una variabilidad baja puede ser un factor competitivo para determinar la participación en el mercado.

8.13 Función de pérdida

La cantidad de variabilidad se puede relacionar con las pérdidas económicas por medio de una función de pérdida. Bajo este concepto, cualquier desviación del valor meta lleva a una pérdida (véase la siguiente figura). Según el pensamiento tradicional, las pérdidas ocurren cuando un producto excede los límites de especificación.



RESUMEN

- El control estadístico del proceso es la aplicación de métodos estadísticos a la medición y análisis de la variación de cualquier proceso.

- La medición en la manufactura y otras operaciones debe basarse en la opinión de los clientes, debe tomar en cuenta tanto la evaluación como la retroalimentación y debe incluir indicadores del desempeño temprano, concurrente y atrasado.
- Una gráfica de control estadístico es una comparación pictórica de los datos del desempeño de un proceso para calcular los límites de control estadístico trazados como líneas límite sobre la gráfica.
- Una gráfica de control estadístico hace la distinción entre causas comunes y causas especiales de variación.
- Un estado de control estadístico tiene ventajas importantes para cualquier proceso.
- Las gráficas de control son de muchos tipos tanto para datos de variables como para datos de atributos.
- PRE-Control es una técnica estadística para detectar las condiciones del proceso y los cambios que pueden causar defectos.
- La habilidad del proceso es la reproductibilidad inherente y medida de un producto que sale de un proceso.
- Las tasas de habilidad ayudan a cuantificar la habilidad del proceso.
- La disminución en la variabilidad del proceso tiene ventajas importantes. La cantidad de variabilidad puede relacionarse con la pérdida económica mediante la función de pérdida.

PROBLEMAS

1. Un fabricante de gis duro está preocupado por la densidad del producto. Análisis previos han demostrado que el gis tiene las características requeridas solo si la densidad se encuentra entre 4.4 g/cm^2 y 5.04 g/cm^2 . Si una muestra de 100 piezas da un promedio de 4.8 y una desviación estándar de 0.2, ¿está el proceso dirigido hacia la densidad adecuada? Si no, ¿cuál debe ser la dirección? ¿es el proceso capaz de cumplir con los requerimientos de densidad? Calcule C_p y C_{pk} .
2. El maquinado de la cabeza de un motor de automóvil debe ser tal que tanto la superficie que recibe al monoblock como la que recibe las cubiertas de la válvula sean planas. Además, debe haber una distancia de 4.875 ± 0.001 pulgadas entre estas superficies. Suponiendo que el terminado del lado de la cubierta de la válvula es correcto, compare la habilidad de dos procesos para realizar el terminado del lado monoblock. Una máquina para realizar el trabajo dio un grueso promedio de 4.877 pulgadas con un rango promedio de 0.0005 pulgadas para 25 muestras de cuatro piezas cada una. Otra máquina dio un promedio de 4.875 pulgadas y un rango promedio de 0.001 pulgadas para 20 muestras de cuatro cada una. Para cada máquina calcule C_p y C_{pk} .
3. Teniendo en cuenta los datos del ejercicio anterior, grafique la tabla y diga si el proceso está dentro de los límites de control.
4. Una compañía fabrica un químico costoso. El peso neto del paquete tiene un valor mínimo de especificación de 25 libras. Los datos de un análisis de gráficas de control indican (basados en 20 muestras de cinco cada una) que el valor promedio es 26.0 y el rango promedio es 1.4.

5. La especificación sobre cierta dimensión es 3.000 ± 0.004 pulgadas. Una muestra grande del proceso indica un promedio de 2.988 y una desviación de 0.002 pulgadas respectivamente. Suponga que se instituyen controles para cambiar el promedio del proceso a la especificación nominal de 3.000. Cada parte fuera de los límites de especificación significa una pérdida de \$7.00. En un lote de 3,500 partes, ¿cual es el ahorro monetario que se lograría cambiando el promedio comparado con dejarlo en 2.988?
6. Una dimensión crítica sobre una armadura de dos brazos ha estado causando problemas y el diseñador ha decidido cambiar la especificación de 0.033 ± 0.006 a 0.033 ± 0.0015 pulgadas respectivamente. Para evaluar el cambio propuesto, el departamento de planeación de manufactura ha obtenido los siguientes datos a partir del proceso:

Hora	Brazo izquierdo			Brazo derecho			Comentarios
8:00	331	330	331	329	330	328	
8:30	332	331	329	327	331	329	
9:00	330	329	329	330	329	327	
9:30	332	330	331	331	332	328	
10:00	333	332	333	326	331	326	
10:30	332	331	332	329	330	331	
11:00	333	331	331	330	326	327	
11:30	332	332	333	327	326	329	
12:00	331	332	334	337	328	337	Ajuste
12:30	335	334	336	326	325	325	
1:00	333	332	332	329	332	330	
1:30	336	331	330	331	328	329	
2:00	332	334	329	332	330	329	
2:30	336	336	330	329	329	327	
3:00	329	335	338	333	330	331	Ajuste
3:30	341	333	330	329	331	332	

Comente la propuesta de cambio para la especificación.

7. Un fabricante grande de relojes hace algunas de sus propias partes y compra otras de un proveedor. El proveedor entrega lotes de partes que cumplen con las especificaciones del relojero. De esta manera, el proveedor desea mantener una verificación continua de su producción de partes de reloj. Un engrane ha sido un problema especial. Un verificación de 25 muestras de 5 piezas cada una dio los siguientes datos sobre, una dimensión importante:

$$X = 0.3175 \text{ cm.} \quad R = 0.00508 \text{ cm.}$$

¿Qué criterio debe establecerse para determinar cuando está el proceso fuera de control? ¿De qué manera se debe comparar este criterio con la especificación? ¿Qué alternativas se tienen si el criterio no es compatible con la especificación?

8. Se usa una gráfica de control estadístico para promedios y rangos como ayuda para el control de un proceso de manufactura. Los datos muestrales caen de manera consistente dentro de los límites de control y estos límites se encuentran dentro de los límites de tolerancia de ingeniería. El supervisor está confundido porque un alto porcentaje de productos se encuentra fuera de los límites de tolerancia aun cuando el proceso está dentro de los límites de control. Dé una explicación.
9. Los siguientes datos representan el número de defectos encontrados en cada gabinete para máquina de coser inspeccionada:

Número de Muestra	Número de defectos	Número de Muestra	Número de defectos	Número de Muestra	Número de defectos
1	8	9	4	17	5
2	10	10	7	18	8
3	7	11	9	19	6
4	7	12	6	20	4
5	8	13	5	21	5
6	6	14	6	22	7
7	9	15	4	23	4
8	8	16	7	24	5

Bosqueje una grafica de control con los límites de control. Comente su bosquejo.

10. En cada turno se inspeccionaba una muestra de 100 conectores eléctricos. Se verificaban tres características en cada conector pero simplemente se clasificaba cada uno como defectuoso o aceptable. Los resultados son los siguientes:

No. de muestra	Defectuosos, %	Número de muestra	Defectuosos, %
1	4	14	4
2	3	15	4
3	5	16	5
4	6	17	3
5	7	18	0
6	5	19	3
7	4	20	2
8	2	21	1
9	5	22	3
10	6	23	4
11	4	24	2
12	3	25	2
13	3		

- a) Bosqueje una gráfica de control con límites de control. Comente sobre la gráfica.
 b) Si se hubieran registrado los resultados de la inspección con suficiente detalle, ¿Qué tipo de gráfica se pudo haber usado?

11. Una compañía fabrica un químico costoso. El peso neto del paquete tiene un valor mínimo de especificación de 25.0 lb. Los datos de un análisis de gráficas de control indican (basados en 20 muestras de cinco cada una):

$$X = 26.0 \quad R = 1.4$$

Los puntos de la gráfica del promedio y del rango están todos en control. Obtenga conclusiones sobre la habilidad del proceso para cumplir con las especificaciones. Si es el caso, ¿qué acción sugeriría para el proceso? Si sugiere alguna acción, ¿existen desventajas?

BIBLIOGRAFIA

Atnsden, R. T., H. E. Buttler y D. M. Amsden (1986).
SPC Simplified: Practical Steps to Quality
UNIPUB, White Plains, Nueva York.

Baxter Travenol Laboratories (1986).
Statistical Process Control Guideline
Deerfield, Illinois, P. 17.

Boyles, Ruseell A. (1991).
"The Taguchi Capability index"
Journal of Quality Technology, enero, pp.17-26.

Byrne, Diane M. y Shin Taguchi (1986).
"The Taguchi Approach to Parameter Design"
ASQC Quality Congress Transactions, Milwaukee, pp. 168-177.

Deming, W. E. (1986).
Out of the Crisis, Massachusetts Institute of Technology
Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, Massachusetts.

Edgeman, Rick L. y Susan B. Athey (1990).
"Digidot Plots for Process Surveillance"
Quality Progress, mayo, pp. 66-68.

Fang, Jengung y Kenneth E. Case (1990).
"Improving the Zone Control Chart"
ASQC Quality Congress Transactions, Milwaukee, pp. 494-500.

Flynn, Michael F. y John A. Bolcar (1984).
"The Road to Hell"
ASQC Quality Congress Transactions, Milwaukee, pp. 192-196.

Gunter, Berton U. (1989).
"The Use and Abuse of C_{pk} , Part 2".
Quality Progress. marzo, pp. 108-109.

- Jaehn, Alfred H. (1989).
"Zone Control Charts Find New Applications".
ASQC Quality Congress Transactions, Milwaukee, pp. 890-895.
- Kane, Victor (1986).
"Process Capability indices",
Journal of Quality Technology, vol. 18 núm. 1, pp.41-52.
- Leonard, James F. (1986).
"Quality Improvement in Recruiting and Employment". Juran Report Number Six
Winter, Juran Institute, Inc., Wilton, Connecticut, pp. 111-118.
- Lewis, Sidney S. (1991).
"Process Capability Estimates From Small Samples".
Quality Engineering, vol. 3, núm. 3, pp. 381-394.
- Mackertech, N. A. (1990).
"Precontrol vs. Control Charting: A Critical Comparison"
Quality Engineering, vol. 2 núm. 3, pp. 253-260.
- Nelson, Lloyd S. (1984).
"The Shewhart Control Chart-Tests for Special Causes",
Journal of Quality Technology, vol. 16, núm. 4, octubre, pp. 237-239.
- Nelson, Lloyd S. (1985).
"Interpreting Shewhart Charts"
Journal of Quality Technology, vol. 17, núm. 2, pp. 114-116.
- Ott, Ellis R. y Edward G. Schilling (1990).
Process Quality Control
McGraw-Hill, Inc., Nueva York.
- Ryan, Thomas P. (1989).
Statistical Methods for Quality Improvement,
John Wiley & Sons, Nueva York.
- Schilling E. (1990).
"Elements of Process Control"
Quality Engineering, vol.2, núm. 2, p. 32.
- Shainin, Dorian y Peter D. Sahinin (1988).
"Section 24, Statistical Process Control", en Juran's Quality Control Handbook, 4° ed.
McGraw-Hill Book Company, Nueva York.
- Wadsworth, H. M., K. S. Stephens y A. B. Godfrey (1986).
Modern Methods for Quality Control and Improvement
John Wiley & Sons, Nueva York.
- Sullivan, L. P. (1984).
"Reducing Variability: A New Approach to Quality"
Quality Progress, julio, pp. 15-21.

Shainin, D. (1990).
"Comments on 'Precontrol versus Control Charting: A Critical Comparison' by Neil
A. Mackertech"
Quality Engineering, vol. 2, núm. 3, pp. 261-268.

CAPITULO 9

INSPECCIÓN, PRUEBAS Y MEDICION

OBJETIVOS

- Conocer la terminología de la inspección y la conformancia
- Saber cuando estar conforme con las especificaciones de un producto, cuando debemos enviar el producto o no, y cuando este último sucede tomamos una acción correctiva
- Poder realizar una investigación sobre la decisión para la adecuación para el uso
- Tener la noción de donde localizar estaciones de inspección a lo largo del proceso, ¿cuánta inspección es necesaria? y podrá interpretar las características de calidad

CAPÍTULO 9

INSPECCIÓN, PRUEBAS Y MEDICIÓN

9.1 Terminología de la inspección

Por lo general, inspección y pruebas incluyen la medición de la producción y la comparación con los requerimientos específicos para determinar la conformancia. La inspección se realiza por una amplia variedad de motivos, por ejemplo, hacer una distinción entre productos buenos y malos, determinar si un proceso está cambiando, medir la habilidad del proceso, calificar la calidad del producto, asegurar la información del diseño del producto, etc....

La distinción entre "inspección" y "prueba" se ha vuelto confusa. La inspección, casi siempre realizada bajo condiciones estáticas sobre artículos tales como componentes, puede variar de un sencillo examen visual a una serie de mediciones complejas. La importancia de la inspección estriba en determinar la conformancia con un estándar. La prueba, por otro lado, se realiza en condiciones ya sea con estáticas o dinámicas y casi siempre sobre artículos más complejos tales como subensambles o sistemas. Los resultados de las pruebas no sólo determinan la conformancia sino que también pueden convertirse en datos para otros análisis como la evaluación de un nuevo diseño, el diagnóstico de problemas o los ajustes físicos sobre los productos.

9.2 Conformancia con la especificación y adecuación para el uso

De todos los propósitos de inspección, el más antiguo y de uso más extenso es la aceptación del producto; es decir, determinar si un producto conforma con el estándar y por lo tanto, si debe aceptarse. "Producto" puede significar una unidad discreta, una colección de unidades discretas o lote, un producto a granel o un sistema complejo.

La aceptación del producto involucra la disposición de un producto basada en su calidad. Esta disposición incluye varias decisiones importantes:

1. Conformancia: Juzgar si un producto conforma con la especificación (conforme para aceptar el producto).
2. Adecuación para el uso: Decidir si un producto no conformante es adecuado para el uso.
3. Comunicación: Decidir que comunicar interna y externamente.

La decisión de conformancia

Excepto en compañías pequeñas, el número de decisiones de conformancia que se toma cada año es enorme. No existe la posibilidad de que el cuerpo de supervisores pueda involucrarse en los detalles de tantas decisiones. Así, el trabajo se organiza de manera que los inspectores o los trabajadores de producción puedan tomar estas

decisiones por sí mismos. Con este fin, se les entrena para conocer los productos, los estándares y los instrumentos. Una vez entrenados, se les asigna el trabajo de hacer las inspecciones y juzgar la conformidad. (En muchos casos, la delegación es hacia instrumentos automatizados.)

Asociada con la decisión de conformidad se encuentra la disposición de conformar un producto. El inspector está autorizado para identificar el producto ("marcarlo") como aceptable. Esta identificación sirve después para informar a los empacadores que el producto debe ser enviado a su siguiente destino (más procesamiento, almacenamiento, cliente). Hablando estrictamente la decisión de "enviar" no la toman los inspectores sino la administración.

La decisión de adecuación para el uso

La adecuación para el uso se basa en una serie de estudios, los cuales incluyen asegurar aspectos como los siguientes:

- ¿Quién será el usuario? Un usuario de tecnología compleja quizá pueda manejar con éxito la no conformidad; un consumidor posiblemente no. Un usuario cercano puede tener acceso al servicio; un usuario distante o extranjero puede carecer de esa facilidad de acceso.
- ¿Existen riesgos para la seguridad humana o para la integridad estructural? Cuando estos riesgos son significativos, todo lo demás es teórico.
- ¿Cuál es la urgencia? Para algunas aplicaciones, el cliente no puede esperar porque el producto en cuestión es crítico para poner en marcha un sistema más grande. Así, puede pedir que se le entregue de inmediato, lo que causará reparaciones en el campo de trabajo.
- ¿Cuál es la economía de la compañía y del usuario? Para algunas no conformancias, la economía de la reparación es prohibitiva y el producto debe usarse como está, aunque a un precio de descuento. En algunas industrias, por ejemplo, la textil, la estructura de precios formaliza este concepto con el uso de un grado separado "segundas".
- ¿Cuáles son las medidas del usuario de la adecuación para el uso? Estas pueden diferir significativamente de las disponibles para el fabricante.

La decisión de comunicación

Las decisiones de conformidad y adecuación para el uso son una fuente de información esencial, aunque parte de esto no se comunique bien.

Cuando los productos no confortantes se mandan como adecuados para el uso, surge la necesidad de dos categorías adicionales de comunicación:

- 1- Comunicación a externos: Por lo general con clientes que tienen el derecho y la necesidad de saber. Con demasiada frecuencia, las compañías manufactureras descuidan o evitan informar a sus clientes cuando mandan productos no confortantes.
- 2- Comunicación a internos: Cuando se mandan unidades no confortantes como adecuadas para el uso, las razones por las que se hace no siempre se

decisiones por sí mismos. Con este fin, se les entrena para conocer los productos, los estándares y los instrumentos. Una vez entrenados, se les asigna el trabajo de hacer las inspecciones y juzgar la conformancia. (En muchos casos, la delegación es hacia instrumentos automatizados.)

Asociada con la decisión de conformancia se encuentra la disposición de conformar un producto. El inspector está autorizado para identificar el producto ("marcarlo") como aceptable. Esta identificación sirve después para informar a los empacadores que el producto debe ser enviado a su siguiente destino (más procesamiento, almacenamiento, cliente). Hablando estrictamente la decisión de "enviar" no la toman los inspectores sino la administración.

La decisión de adecuación para el uso

La adecuación para el uso se basa en una serie de estudios, los cuales incluyen asegurar aspectos como los siguientes:

- ¿Quién será el usuario? Un usuario de tecnología compleja quizá pueda manejar con éxito la no conformancia; un consumidor posiblemente no. Un usuario cercano puede tener acceso al servicio; un usuario distante o extranjero puede carecer de esa facilidad de acceso.
- ¿Existen riesgos para la seguridad humana o para la integridad estructural? Cuando estos riesgos son significativos, todo lo demás es teórico.
- ¿Cuál es la urgencia? Para algunas aplicaciones, el cliente no puede esperar porque el producto en cuestión es crítico para poner en marcha un sistema más grande. Así, puede pedir que se le entregue de inmediato, lo que causará reparaciones en el campo de trabajo.
- ¿Cuál es la economía de la compañía y del usuario? Para algunas no conformancias, la economía de la reparación es prohibitiva y el producto debe usarse como está, aunque a un precio de descuento. En algunas industrias, por ejemplo, la textil, la estructura de precios formaliza este concepto con el uso de un grado separado "segundas".
- ¿Cuáles son las medidas del usuario de la adecuación para el uso? Estas pueden diferir significativamente de las disponibles para el fabricante.

La decisión de comunicación

Las decisiones de conformancia y adecuación para el uso son una fuente de información esencial, aunque parte de esto no se comunique bien.

Cuando los productos no confortantes se mandan como adecuados para el uso, surge la necesidad de dos categorías adicionales de comunicación:

- 1- Comunicación a externos: Por lo general con clientes que tienen el derecho y la necesidad de saber. Con demasiada frecuencia, las compañías manufactureras descuidan o evitan informar a sus clientes cuando mandan productos no confortantes.
- 2- Comunicación a internos: Cuando se mandan unidades no confortantes como adecuadas para el uso, las razones por las que se hace no siempre se

comunican a los inspectores y en especial a los trabajadores de producción. Cuando se manda varias veces el mismo tipo de no conformidad, un inspector puede concluir que es una pérdida de tiempo reportar esas no conformancias pero, en algún caso futuro, pueden no existir las razones especiales que eran la base de la decisión de mandar las unidades no conformantes.

Disposición de productos no conformantes

Una vez el inspector encuentra un lote de productos no conformantes, se prepara un informe al respecto. Se remiten copias de este informe a los departamentos relevantes. Esto pone en movimiento una secuencia planeada de eventos. El lote se marca como pendiente y muchas veces se envía a un área especial para evitar el riesgo de confundirlo. El producto se pone en cuarentena. Los programadores estudian la posibilidad de que existan faltantes y la necesidad de reemplazo. Se asigna un investigador para recolectar el tipo de información necesaria para tomar la decisión de si es adecuado para el uso.

Decisión de no enviar

La investigación puede concluir que el lote no debe enviarse como está. En ese caso, se estudia el aspecto económico para decidir la mejor acción: clasificar, reparar, reducir el precio, declararlo desperdicio, etc..., también se pone en marcha cierto grado de acción para prevenir la recurrencia.

Decisión de enviar

Esta decisión puede surgir de varias maneras:

- 1- El diseñador cede. Esto significa un cambio en la especificación para el lote en cuestión.
- 2- El cliente cede, o el departamento de comercialización en nombre del cliente. Esto sustituye de hecho la especificación.
- 3- El departamento de calidad cede cuando es el responsable de tomar las decisiones de la adecuación para el uso en asuntos no críticos.
- 4- El consejo de revisión de materiales formal cede. El concepto de este consejo surgió originalmente entre los compradores militares de productos para la defensa como un medio para acelerar las decisiones sobre lotes no conformantes.
- 5- La alta administración cede. Esta parte del procedimiento está restringida a casos de naturaleza crítica que involucran riesgos para la seguridad humana, la comercialización del producto o el riesgo de pérdida de grandes sumas de dinero.

Acción correctiva

Además de la necesidad de disponer de un lote no conformante, existe la necesidad de prevenir su recurrencia. Este proceso de prevención es de dos tipos, según del origen de la no conformidad.

1. Algunas de las no conformancias se originan en algún cambio aislado, esporádico, que tuvo lugar en un proceso que de otra manera se comportaría bien. Esto es como un instrumento mal calibrado, confusión en los materiales usados, entre otras cosas.
2. Otras no conformancias son "repetidoras". Estas surgen una y otra vez, como lo demuestra la necesidad recurrente de que el consejo de revisión de materiales u otro cuerpo similar disponga de ellas. Estas recurrencias señalan una condición crónica que debe diagnosticarse y remediarse si ha de resolverse el problema.

9.3 Planeación de la inspección

Es la actividad de 1) diseñar las "estaciones" en las que debe llevarse a cabo la inspección, y 2) proporcionar aquellas estaciones con los medios para saber qué hacer y las instalaciones para hacerlo.

Localización de las estaciones de inspección

La herramienta básica para elegir la localización de las estaciones de inspección es el diagrama de flujo, las localizaciones más comunes son:

- Donde se reciben las unidades de los proveedores, llamadas casi siempre "inspección al recibir" o "inspección del proveedor".
- Después de la preparación del proceso para que sea mayor la seguridad de no producir un lote defectuoso. En algunos casos esta "aprobación de preparación" se convierte también en la aprobación del lote.
- Durante la corrida de operaciones críticas o costosas, conocido como "inspección del proceso".
- Antes de la entrega de productos de un departamento a otro, llamada "aprobación del lote" o "garita de inspección".
- Antes de enviar el producto terminado al almacén o al cliente "inspección de productos terminados".
- Antes de realizar una operación costosa e irreversible.
- En "puntos críticos" naturales del proceso.

Selección e interpretación de las características de calidad

Quien planea prepara una lista de las características de calidad que deben verificarse en que estaciones de inspección. Quien planea puede ayudar a compensar esa falta de varias maneras:

- Proporcionando inspección y pruebas de ambiente que simulen las condiciones de uso.
- Proporcionando información complementaria que va más allá de las especificaciones que preparan los diseñadores de producto y los ingenieros de proceso.
- Ayudando al entrenamiento de inspectores y supervisores para entender las condiciones de uso y el “por qué” de las especificaciones requeridas.
- Proporcionando una clasificación seria.

Planeación detallada de la inspección

Para cada característica de calidad, la persona que planea determina el trabajo detallado que debe hacerse. Esta determinación cubre aspectos como:

- El tipo de prueba que debe hacerse
- El número de unidades que debe probarse o tamaño de la muestra
- El método para seleccionar las muestras de pruebas
- El tipo de medición que debe hacerse
- Los criterios de conformancia para las unidades

Más allá de esta planeación detallada de las características y unidades, existe una planeación más detallada que se puede aplicar al producto, al proceso y al sistema de datos:

- Los criterios de conformancia para el lote
- La disposición física que debe hacerse del producto
- Los criterios de decisión sobre el proceso
- Los datos que deben registrarse, las formas que deben usarse y los informes que deben prepararse

9.4 Clasificación de la seriedad

Las características de calidad son definitivamente desiguales en cuanto a su efecto sobre la adecuación para el uso. Este uso múltiple de la clasificación de la seriedad exige que un comité interdepartamental prepare el sistema y después:

- 1- Decida cuantas clases o estratos de seriedad crear
- 2- Defina cada clase y clasifique cada característica dentro de la clase adecuada de seriedad.

9.5 Inspección automatizada

La inspección y prueba automatizadas se usan ampliamente para reducir los costos, reducir las tasas de error, aliviar la falta de personal, acortar el tiempo de inspección, evitar la monotonía de la inspección y proporcionar todavía más ventajas. Además, las

pruebas automatizadas se usan mucho como parte de los programas de mantenimiento para el equipo en el campo de trabajo.

9.6 ¿Cuánta inspección es necesaria?:

El conocimiento previo que es útil para decidir la cantidad de inspección incluye:

- Historia de la calidad sobre los elementos del producto y el proveedor (interno o externo).
- Lo crítico de los elementos en el desempeño completo del sistema.
- Lo crítico sobre la manufactura posterior o sobre las operaciones de servicio.
- Historia de la garantía y el uso.
- Información sobre la habilidad de la medición.
- Información sobre la habilidad del proceso.
- Inspección de unos cuantos artículos al principio y unos cuantos al final.
- Grado de adhesión a los tres elementos de autocontrol para el personal que opera el proceso.
- Homogeneidad del producto.

9.7 Exactitud en la inspección

La exactitud en la inspección depende de:

- 1) Que tan completa sea la planeación de la inspección,
- 2) El sesgo y la precisión de los instrumentos, y
- 3) El nivel de error humano.

Mala interpretación

Los errores de mala interpretación se pueden referir al producto mismo, al método de inspección o a ambos. Las características de calidad del producto que no se pueden cuantificar son especialmente problemáticas. Las características sensoriales como los rayones o raspaduras requieren una definición clara de los límites en forma de fotografías, estándares físicos o algún otro medio. Se ha vuelto importante para todas las características que se establezcan por escrito y con claridad los pasos del método de inspección para evitar malos entendidos de lo que el inspector debe evaluar los medios que deben usarse.

9.8 Errores de medición

Un instrumento de medición puede no dar una lectura verdadera de la característica. La diferencia entre el valor verdadero y el valor medido se puede deber a problemas de:

- **Precisión:** Es el grado en que el instrumento repite sus resultados cuando se hacen mediciones repetidas sobre la misma unidad de producto.

- Sesgo: Es el grado en el que el promedio de una serie larga de mediciones repetidas hechas por un instrumento sobre una sola unidad de producto difiere del valor verdadero.

RESUMEN

- La aceptación del producto incluye tres decisiones: Conformancia, adecuación para el uso y comunicación.
- Al decidir si un producto no conformante es o no adecuado para el uso, debe asegurarse que se cuenta con información de diferentes fuentes.
- La decisión de comunicación incluye tanto a los externos (clientes) como a los internos.
- La planeación de la inspección incluye la designación de estaciones de inspección y el establecimiento claro de las instrucciones e instalaciones requeridas.
- Una clasificación de características es una lista de características de calidad derivada de las especificaciones; una clasificación de defectos es una línea de síntomas de no conformancia durante la manufactura y el uso en el campo de trabajo.
- La cantidad de inspección necesaria depende principalmente de la cantidad de conocimiento previo sobre la calidad del producto, la homogeneidad del lote y el riesgo permisible.
- Los errores humanos de inspección surgen por mala interpretación, errores de técnica, errores inadvertidos y errores conscientes.
- Los errores de medición tienen dos componentes: La precisión y el sesgo.

PROBLEMAS

1. Ciertas placas estampadas en una prensa incluyen perforaciones para las que tienen tolerancias estrechas para el diámetro y para la distancia entre las perforaciones. En la discusión sobre cuantas piezas medir para ver la calibración de estas dimensiones, una propuesta es medir la primera y la ultima pieza de cada lote y aceptar el lote si ambas piezas son conformantes con las especificaciones. Un experto en estadística pone objeciones a esta propuesta fundamentando que la muestra es de solo dos piezas y que, si el lote tuviera un 50% de unidades defectuosas, podría fácilmente aceptarse debido a la variación estadística. ¿Cuál es su opinión?
2. Un fabricante grande de minicomputadoras incurre en altos costos debidos a la necesidad de ensamblar y probar las computadoras para descubrir y eliminar defectos antes de instalarlas en las oficinas de los clientes. Después del ensamble, pruebas y reparaciones, se desensamblan y se mandan a las instalaciones de los clientes, se reensamblan y se verifican, ¿Cómo reduciría usted el costo de ensamble y las pruebas previas?
3. Se usó un instrumento para medir la longitud de una parte. El resultado fue 6.70052 cm. Se hizo un estudio del error de medición sobre este instrumento con los siguientes resultados:

Exactitud: +0.00254 cm. (en promedio, el instrumento lee 0.00254 cm. más alto)
 Precisión: 0.001016 cm. (una desviación estándar)

Haga una afirmación sobre el valor verdadero de la parte que se acaba de medir. Establezca las suposiciones necesarias.

4. Se mide una muestra grande de productos. La media fue 2.506 y la desviación estándar 0.002 pulgadas respectivamente. Un estudio a parte del error de medición dio los siguientes resultados:
 Sesgo = +0.001 pulg.
 Precisión: 0.0005 pulg.
 El producto tiene un solo límite de tolerancia como mínimo. ¿Cuál debe ser este límite para tomar en cuenta el sesgo y la rescisión y rechazar solo el 5% del producto?
5. Un inspector midió un balero de bolas 13 veces con cada uno de dos micrómetros de vernier. Los resultados se presentan enseguida:

Número de medición	Modelo A	Modelo B
1	0.6557	0.6559
2	0.6556	0.6559
3	0.6556	0.6559
4	0.6555	0.6559
5	0.6556	0.6559
6	0.6557	0.6559
7	0.6556	0.6559
8	0.6558	0.6559
9	0.6557	0.6559
10	0.6557	0.6559
11	0.6556	0.6559
12	0.6557	0.656
13	0.6557	0.656

Suponga que el diámetro verdadero es 0.65600. Calcule las medidas del sesgo y la precisión para cada micrómetro. ¿Qué restricciones deben imponerse sobre la aplicabilidad del número que determinó?

6. La posición de cierto calibrador mecánico se indica por una desviación estándar de 0.00254 cm. Investigue el efecto sobre la precisión de hacer mediciones múltiples. Considere 2, 3, 4, 6, 8, 10, 22, 30 y 54 como múltiplos. Grafique los resultados
7. Una muestra de mediciones indica una media y desviación estándar de 2.000 y 0.004 pulgadas respectivamente. Estos resultados son para valores observados. Un estudio aparte del error de medición dice que hay una precisión de 0.002 pulgadas. No hay error de sesgo. La dimensión tiene una especificación de

2.000 ± 0.006 pulgadas. ¿Qué porcentaje de la población tiene una dimensión verdadera fuera de la especificación?

8. Usted es un gerente de calidad que asiste a un seminario para discutir problemas comunes de calidad con otros gerentes. Ha surgido una discusión acalorada sobre algunos problemas asociados con las presiones que tienen los gerentes de calidad. Estas presiones se refieren al envío de productos no conformantes, no adecuados y hasta poco seguros. Además, las presiones se relacionan con el hecho de que el gerente de calidad firma un certificado de prueba u otro documento que lo pone en los registros como la persona que aprobó algo cuando en realidad no estaba de acuerdo.

Se proporcionan varias categorías de problemas identificados por el grupo:

- a. Un lote de productos no es conformante con la especificación. Todos los gerentes de la compañía (incluyendo el gerente de calidad) están convencidos de que el producto no conformante es adecuado para el uso. Ellos no se han puesto de acuerdo sobre si deben informar al cliente de la no conformidad, ya que el gerente de comercialización está en contra de ello aduciendo que algunos clientes pueden usar esta información para lograr una reducción en el precio por parte del fabricante.
- b. Un lote de productos contiene un porcentaje pequeño de unidades que evidentemente no son adecuadas para el uso. Hay un debate sobre si clasificar o no el lote para quitar las unidades defectuosas o mandar el lote como está y pagar las reclamaciones que surjan. El gerente de producción (quien quiere mandar el producto sin clasificar) asegura que el problema es puramente económico y que las consideraciones de calidad son secundarias.
- c. Se ha fabricado un sistema electromecánico grande bajo un contrato que incluye una cláusula de penalización si se entrega tarde. El sistema ya cumple con los requisitos de pruebas y se está empacando para su envío. En este momento se descubre que el equipo de prueba que se usó para probar uno de los subsistemas estaba fuera de calibración en el momento de la prueba. Según la práctica aceptada en la industria, este descubrimiento pone en duda la calidad del subsistema y por lo tanto la calidad de todo el sistema. Por desgracia, el subsistema no tiene un acceso sencillo. Está sepultado dentro del sistema de manera que se incurriría en un retraso serio al igual que en un gran gasto para desarmarlo, probar el subsistema y armarlo de nuevo. El personal de producción defiende a posición de que el subsistema está bien a pesar de las condiciones del equipo de prueba. Hacen notar que otro

subsistema construido por las mismas personas usando el mismo proceso acaba de pasar la prueba. Insisten en que el sistema se envíe basando su opinión en la evidencia de un proceso y una fuerza de trabajo confiables.

- d. Un producto con un buen historial de seguridad ha causado una lesión seria a un usuario. La lesión involucra una combinación muy poco usual de eventos poco probables además a un mal uso por parte del usuario. El gerente de diseño defiende el diseño a toda costa, la única lesión seria de que se tiene conocimiento está asociada con el mal uso.

¿Cuáles son sus conclusiones en cuanto a la posición que debe tomar el gerente de calidad en los casos anteriores respecto a: a) mandar el producto, y b) firmar los documentos?

BIBLIOGRAFIA

Adams, Ray (1987).

"Moving from Inspection to Audit"

Quality Progress, enero, pp.30-31.

ASTM (1977).

ASTM Standards on Precision and Accuracy for Various Applications. American Society for Testing and Materials

Philadelphia. pp. 132-133.

ASTM (1986).

ASTM Standards on Precision and Accuracy for Various Applications. American Society for Testing and Materials.

Philadelphia, pp. 2X2-293.

Baxter Travenol Laboratories (1986).

"Statistical Process Control Guideline".

Baxter Travenol Laboratories, Deerfield, Illinois, p. 23.

Case, Kenneth y G. Kemble Bennett (1976).

"Measurement Error: "The Economic Effect on Sampling Plan Design"

ASQC Annual Technical Conference Transactions, Milwaukee, pp. 207-212.

Case, Kenneth E., G. Kemble Bennett y J. W. Schmidt (1975).

"The Effect of Inspection Error on Average Outgoing Quality",

Journal of Quality Technology, vol. 7. núm. 1, pp. 1 -12.

Eagle, A. R. (1954).

"A Method for Handling Errors in Testing and Measuring",

Industrial Quality Control, marzo, pp. 10-14.

Harris, D. H. y F. B. Chaney (1969).
Human Factors in Quality Assurance
John Wiley and Sons, Nueva York, pp. 77-85.

Hoag, Laverne L., Bobbie L. Foote y Clark Mount-Campbell (1975).
"The Effect of Inspector Accuracy on Type I and Type II Errors of Common Sampling
Techniques"
Journal of Quality Technology, vol. 7, núm. 4, pp. 157-164.

Orkin, Frederic I. (1988). En QC114, tabla 27.8.

Riley, Frederic D. (1979).
"Visual Inspection—Time and Distance Method"
ASQC Annual Technical Conference Transactions, Milwaukee, p. 483.

Scott, J. E. (1976).
"Days Used Gage Program Drastically Reduces Wasted Calibration Time"
Quality, febrero, pp. 22-24.

Suich, Ron (1990).
"The Effects of Inspection Errors on Acceptance Sampling for Nonconformities"
Journal of Quality Technology, vol. 22, núm. 4, pp. 314-318.

Tsai, P. (1988).
"Variable Gauge Repeatability and Reproducibility Study Using the Analysis of Variance
Method"
Quality Engineering, vol. 1, núm. 1, pp. 107-115.

CAPITULO 10

PLANES DE MUESTREO PARA INSPECCION Y PRUEBAS

OBJETIVOS

- Conocer las ventajas desventajas del muestreo por aceptación, sus riesgos y sus índices de calidad
- Conocer alternativas para evaluar lotes
- Conocer las características de un buen plan de aceptación
- Saber como seleccionar los procedimientos de muestreo adecuados

CAPÍTULO 10

PLANES DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN Y PRUEBAS

10.1 Concepto

El muestreo por aceptación es el proceso de evaluación de una porción de los productos de un lote con el propósito de aceptar o rechazar el lote completo.

Ventajas principales:

- Economía (reducción de costos).
- Administración de un grupo menor de personas para inspeccionar.
- Existencia de un daño menor para el producto; es decir, menos incidentes.
- Se dispone de un lote requerido en un tiempo menor.
- Se minimiza el problema de la monotonía y los errores de inspección inducidos por la inspección del 100%.
- El rechazo de los lotes no confortantes tiende a hacer más drásticas las deficiencias de calidad y a apremiar a las organizaciones a que busquen medidas preventivas.
- El diseño apropiado del plan de muestreo, por lo general, requiere un estudio del nivel real de la calidad que requiere el usuario.

Las desventajas son:

- Riesgos de muestreo.
- Mayores costos administrativos.
- Menos información sobre el producto que la que proporciona la inspección del 100%.

El muestreo de aceptación se usa cuando:

- El costo de inspección es alto en relación con el costo del daño que resulta al aprobar producto defectuosos
- La inspección del 100% es monótona y causa errores de inspección
- Cuando la inspección es destructiva

El muestreo de aceptación es más efectivo cuando está precedido por un programa de prevención que logra un nivel aceptable de calidad de conformancia. Existe la necesidad de enfatizar lo que no hace el muestreo de aceptación. No proporciona estimaciones depuradas de la calidad del lote y no proporciona juicios sobre si el producto rechazado es o no adecuado para el uso.

Además, ayuda a determinar con riesgos específicos una decisión de aceptación o rechazo del lote. También proporciona una decisión sobre un lote respecto a la especificación de calidad definida.

10.2 Economía de la inspección

Se cuenta con varias alternativas para evaluar los lotes:

- 1- Ninguna inspección: Esto es adecuado en casos en los que laboratorios calificados han hecho inspecciones anteriores sobre el mismo lote.
- 2- Inspección de muestras pequeñas: Pueden ser adecuadas en casos en los que el proceso es inherentemente uniforme y cuando se puede preservar el orden de la producción.
- 3- Muestras grandes: En ausencia de un conocimiento previo, la información sobre la calidad del lote debe derivarse únicamente a partir del muestreo, lo que significa un muestreo aleatorio, y por lo mismo, muestras relativamente grandes.
- 4- Inspección del 100%: Esta se usa cuando los resultados del muestreo indican que el nivel actual de defectos es demasiado alto para que el producto se envíe a los usuarios.

Los tamaños de muestras reales dependen de dos variables principales: El porcentaje tolerable de defectos y los riesgos que se pueden aceptar. Una vez que se han asignado valores a estas variables, se pueden determinar los tamaños de muestra en forma científica según las leyes de probabilidad. No obstante, la elección de los niveles de defectos y riesgos se basa, en esencia, en el juicio empírico.

Es evidente que el muestreo aleatorio se necesita en casos en los que no hay acceso sencillo al conocimiento anterior. Pero aun así, existen muchos casos en los que se usa el muestreo aleatorio a pesar de la disponibilidad de información como la habilidad del proceso, orden de manufactura, fluidez, etc.

10.3 Riesgos de muestreo: la curva característica de operación

El muestreo involucra el riesgo de la muestra sencillamente no refleje las condiciones en el lote; la inspección del 100% tiene el riesgo de la monotonía y otros factores que darán como resultado que el inspector pase algunos defectos. Estos dos riesgos se pueden cuantificar.

Los riesgos de muestreo pueden ser de dos tipos:

- 1- Se pueden rechazar lotes buenos (riesgo del productor).
- 2- Se pueden aceptar lotes malos (riesgo del consumidor).

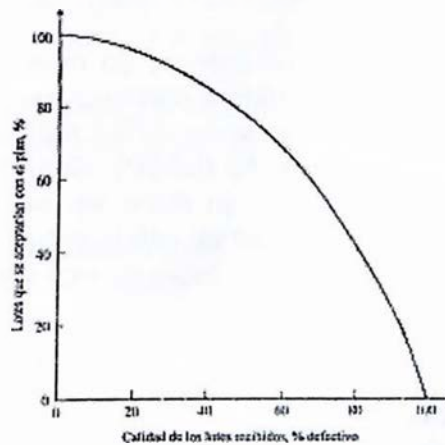
La curva característica de operación (CO) para un plan de muestreo cuantifica estos riesgos. La curva CO para un plan de atributos es una gráfica del porcentaje de unidades defectuosas en un lote contra la probabilidad de que el plan de muestreo acepte el lote. Esta curva tiene la función de cuantificar los riesgos para un plan de muestreo. Además, en un plan específico, establece solo la oportunidad de que un lote que tiene un porcentaje p de unidades defectuosas sea aceptado por el plan de muestreo. La curva CO:

- No predice la calidad de los lotes sometidos a inspección.
- No establece un nivel de confianza respecto a un porcentaje defectuoso específico.
- No predice la calidad final lograda después de realizar todas las inspecciones.

10.4 Análisis de una Regla Abreviada para planes de muestreo

Con frecuencia se encuentra que las reglas abreviadas para planes de muestreo son inadecuadas al evaluarlas mediante una curva CO. La "regla de muestreo del diez por ciento" es un ejemplo. Para cualquier tamaño de lote, se selecciona una muestra igual al 10% de ese lote. Si hay unidades defectuosas en la muestra, el lote se acepta. Si se encuentra cualquier número de unidades defectuosas en la muestra, el lote se rechaza.

El plan es éste: Se aprueba una unidad y si es aceptable, el lote completo pasa; si es defectuosa, se prueba una segunda unidad. Si la segunda unidad es aceptable, el lote pasa. Si la segunda unidad también es defectuosa, el lote se rechaza. La siguiente figura presenta la curva característica de operación.

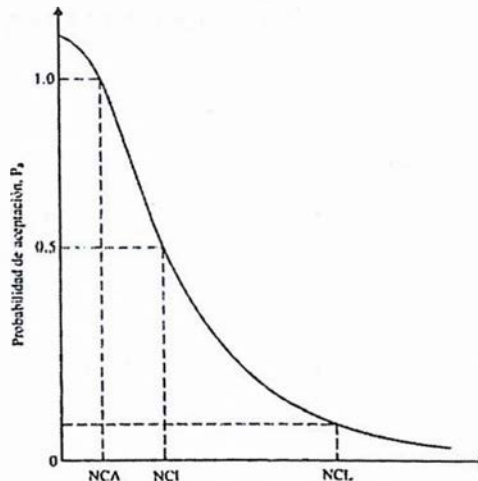


Al obtener la curva CO se conocen los riesgos de muestreo, y aun cuando esto suceda, otras consideraciones pueden exigir que se use el plan que es inadecuado desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, es importante que el tamaño del riesgo se conozca antes de hacer un juicio final. Ningún plan de muestreo debe adoptarse sin antes establecer la curva CO.

10.5 Índices de calidad para planes de muestreo de aceptación

Muchos de los planes publicados se pueden categorizar en términos de uno o varios índices de calidad:

1. Nivel de calidad aceptable (NCA): Las unidades de este nivel se pueden seleccionar de manera que cumplan con las necesidades del producto. El NCA es el máximo porcentaje no conformante o el número máximo de no conformancias por cada 100 unidades.
2. Nivel de calidad límite (NCL): Esta es una definición de calidad no satisfactoria. Se usa el término "porcentaje defectivo tolerado del lote". Como un NCL es un nivel no aceptable, la probabilidad de aceptación para un lote de NCL debe ser baja (véase la siguiente figura)



3. Nivel de calidad indiferente (NCI): Este es un nivel de calidad en algún punto entre el NCA y el NCL. Este se define con frecuencia como el nivel de calidad que tiene una probabilidad de aceptación de 0.5 para un plan de muestreo dado.
4. Límite de calidad de salida promedio (LCSP): Cuando la calidad de llegada es perfecta, la calidad de salida también debe ser perfecta. Sin embargo, si la calidad de llegada es mala, la calidad de salida debe ser perfecta, porque el plan de muestreo provocará que todos los lotes se rechacen y pasen una inspección detallada.

10.6 Tipos de planes de muestreo

Los planes de muestreo son de dos tipos:

1. Planes de atributos: Se toma una muestra aleatoria de un lote y cada unidad se clasifica como aceptable o defectuosa. El número de defectos se compara entonces con el número permisible establecido en el plan, y se toma una decisión de aceptar o rechazar el lote.
2. Planes de variables: Se toma una muestra y una medida de una característica de calidad específica de cada unidad, esta medida se resume en un estadístico simple y el valor observado se compara con un valor permisible definido en el plan. Se toma después una decisión de aceptar o rechazar el lote.

Una ventaja importante de un plan de muestreo de variables es la información adicional proporcionada en cada muestra que, a su vez, da como resultado tamaños de muestra menores si se comparan con un plan de atributos que tiene los mismos riesgos.

10.7 Características de un buen Plan de Aceptación

Un plan de muestreo de aceptación debe tener las siguientes características:

- El índice (NCA, LCSP, etc.) usado para definir la "calidad" debe reflejar las necesidades del cliente y del productor y no deben elegirse, en principio, por conveniencia estadística.
- Los riesgos de muestreo deben conocerse en términos cuantitativos.
- El plan debe minimizar el costo total de inspección para todos los productos.

- El plan debe utilizar otra información, como la habilidad del proceso, los datos del proveedor y otros datos.
- El plan debe construirse de manera que sea flexible para que refleje los cambios en el tamaño del lote, la calidad de los productos y muchos otros factores pertinentes.
- Las mediciones requeridas por el plan deben proporcionar información útil en la estimación individual de la calidad del lote y la calidad general.
- El plan debe ser sencillo de explicar y administrar.

10.8 ANSI/ASQC Z1.4

Este es un sistema de atributos y su índice de calidad es el nivel de calidad aceptable (NCA). El NCA para propósitos de la inspección por muestreo, se puede considerar como satisfactorio como un promedio del proceso.

El concepto de nivel de inspección permite al usuario sopesar el costo de inspección contra la cantidad de protección requerida. Un plan se elige a partir de las tablas como sigue:

1. Debe conocerse la siguiente información
 - a. Nivel de calidad aceptable
 - b. Tamaño del lote
 - c. Tipo de muestreo
 - d. Nivel de inspección
2. Cuando se conoce el tamaño del lote y el nivel de inspección se obtiene una letra de código a partir de la siguiente tabla.

Tamaño	Niveles de inspección especiales				Niveles de inspección general		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2-8	A	A	A	A	A	A	B
9-15	A	A	A	A	A	B	C
16-25	A	A	B	B	B	C	D
26-50	A	B	B	C	C	D	E
51-90	B	B	C	C	C	E	F
91-150	B	B	C	D	D	F	G
151-280	B	C	D	E	E	G	H
281-500	B	C	D	E	F	H	J
501-1,200	C	C	E	F	G	J	K
1,201-3,200	C	D	E	G	H	K	L
3,201-10,000	C	D	F	G	J	L	M
10,001-35,000	C	D	F	H	K	M	N
35,001-150,000	D	E	G	J	L	N	P
150,001-500,000	D	E	G	J	M	P	Q
500,001 y más	D	E	H	K	N	Q	R

3. Cuando se sabe la letra del código, el NCA y el tipo de muestreo, el plan de muestreo se lee en la siguiente tabla.

Letra código tamaño muestra	Tamaño muestra	Niveles de Calidad																															
		0.010		0.015		0.025		0.040		0.065		0.10		0.15		0.25		0.40		0.65		1		1.5		2.5							
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re						
A	2																																
B	3																																
C	5																								0	1							
D	8																								0	1							
E	13																							0	1								
F	20																				0	1				1	2						
G	32																									1	2	2	3				
H	50																									1	2	2	3	3	4		
J	80																									1	2	2	3	3	4	5	6
K	125																																
L	200																																
M	315																																
N	500																																
P	800																																
Q	1250																																
R	2000																																

Procedimiento de intercambio ANSI/ASQC Z1.4

ANSI/ASQC Z1.4 previene hacer una inspección más estricta si la calidad se deteriora. Si se rechazan dos de cada cinco lotes consecutivos en la inspección original, se impone un plan de inspección más riguroso. El tamaño de la muestra, casi siempre, es el normal, pero el número de aceptación se reduce.

También previene la inspección reducida en la que los registros del proveedor han sido buenos. Los diez lotes precedentes deben haber tenido una inspección normal y todos los lotes deben haberse aceptado.

10.9 Muestreo de Aceptación por Variables

En los planes de muestreo por variables, se toma una medida para cada artículo en la muestra y se registra. A partir de estas medidas se calcula un índice, se compara con un valor "permisible" y se toma una decisión sobre el lote. El tamaño de la muestra y el valor permisible son una función de los riesgos de muestreo deseados.

10.10 Procedimientos de muestreo basados en datos de calidad anteriores:

En las tablas de muestreo se han desarrollado tablas que incorporan datos sobre la calidad de los lotes anteriores. Se calculan ciertos parámetros a partir de los lotes anteriores y se definen parámetros tales como LCSP, NCA y NCL. Las tablas proporcionan el tamaño de la muestra y el criterio de aceptación para planes de muestreo simple. También son llamados planes de muestreo bayesianos empíricos, sus pasos son:

1. Se recolectan datos de calidad sobre lotes anteriores. Se calcula la fracción defectiva, en cada muestra.
2. Se calculan la fracción defectiva promedio, la variancia total y la variancia muestral.
3. Se definen los valores para parámetros tales como el LCSP, NCA Y NCL.
4. El plan se lee en las tablas.

10.11 Selección de un valor numérico del índice de calidad

El problema de seleccionar un valor para el índice de calidad es igual al de balancear el costo de encontrar y corregir un defecto contra la pérdida en que se incurre si se pasa una unidad defectuosa en un procedimiento de inspección.

En el año 1954, surge la idea de que se use el punto de equilibrio en la selección del NCA. El punto de equilibrio para la inspección se define como el costo de inspeccionar una pieza, dividido entre el daño hecho por un defecto.

10.12 Como seleccionar los procedimientos de muestreo adecuados

Los procedimientos de muestreo pueden servir para diferentes propósitos. Estos incluyen:

1. Garantizar los niveles de calidad según lo establecen los riesgos
2. Mantener la calidad al nivel NCA o mejor
3. Garantizar un LCSP
4. Reducir la inspección después de un buen historial
5. Verificar la inspección
6. Confiabilidad del muestreo
7. Verificar la exactitud de la inspección

RESUMEN

- El muestreo de aceptación es el proceso de evaluación de una porción de los productos en un lote con el fin de aceptar o rechazar el lote completo.
- Se tienen cuatro alternativas para evaluar lotes: Cero inspección, muestras pequeñas, muestras grandes o inspección del 100%.
- Los riesgos de muestreo son de dos tipos: Se pueden rechazar lotes buenos y se pueden aceptar lotes malos. Una curva característica de operación cuantifica estos riesgos.
- Los planes de muestreo publicados categorizan la calidad en términos del nivel de calidad aceptable (NCA), el nivel de calidad limite (NCL), el nivel de calidad indiferente (NCI) o el limite de calidad de salida promedio (LCSP).
- Los planos de muestreo por atributos evalúan cada unidad de producto simplemente como aceptable o defectuosa.
- Los planes por de muestreo por variables incluyen mediciones sobre las unidades de productos.

PROBLEMAS

1. Una gran fundidora de acero gris hace moldes para la base de molinos de precisión. Estas bases producen una tasa de 19 por día y se inspeccionan al 100% en la fundidora para ver si el metal tiene fallas. Los moldes se almacenan y se mandan después en lotes de 450 al fabricante de molinos. Este ha encontrado que tales lotes tienen un 8% de unidades defectuosas. Al recibir un lote, el fabricante inspecciona 15 unidades y rechaza el lote si encuentra tres o más unidades. ¿Cuál es la probabilidad de que rechace un lote dado?
2. Prepare las curvas características de operación para un plan de muestreo simple con un número de aceptación de cero. Utilice tamaños de muestra de 3, 7, 15, 128 y 220.

3. Un fabricante desea obtener una muestra de una componente que compra para usarla en sus ensamblajes. Desea rechazar los lotes que sean 5% defectivos. Las componentes se reciben en lotes de 1000 y tienen un promedio defectivo de alrededor 2.5%. Por experiencia, se sabe que el proveedor entrega los lotes con 2% de unidades defectuosas más o menos. El proveedor ha accedido a inspeccionar al 100% todos los lotes rechazados. Encuentre un plan de muestreo que cumpla con estas condiciones.
4. Se ha propuesto el siguiente plan de muestreo doble para evaluar un lote de 50 piezas.

Muestra	Tamaño de muestra	Número de aceptación	Número de rechazo
1	3	0	3
2	3	2	3

Calcule la probabilidad de aceptar un lote que tiene 10% de unidades defectuosas.

5. Un fabricante vende su producto en lotes grandes a un cliente que utiliza un plan de muestreo en la inspección al recibir. El plan pide una muestra de 200 unidades un número de aceptación de 2. Los lotes rechazados se regresan al fabricante quien ha decidido arriesgarse y enviar el lote rechazado como esta otra vez al cliente sin revisarlo (y sin decirle al cliente que era el lote rechazado). El espera que otra muestra aleatoria lleve a la aceptación del lote. ¿Cuál es la probabilidad de aceptar un lote de 2% defectivo una de las dos veces que el fabricante lo envía?
6. Un plan de muestreo de regla abreviada establece que, para cualquier tamaño de lote, el tamaño de la muestra debe ser del 10% del lote y que el número de aceptación debe ser cero. Se piensa que este procedimiento mantiene constantes los riesgos de muestreo. Prepare las curvas características de operación correspondientes a este plan para tamaños de muestra de 100, 300, 500, 1300 y 1800. calcule puntos de calidad para niveles de calidad de 0, 3, 5, 6, 8, 10 y 15% de unidades defectuosas. Compare las curvas y obtenga conclusiones sobre los riesgos de muestreo.
7. Un cliente surte resistores al gobierno bajo el estándar de M1L-STD-105D. Se ha especificado el nivel de inspección II con un NCA de 1%. Los tamaños de los lotes varían de 900 a 1200.
 - a) ¿Qué plan de muestreo simple se usará?
 - b) Calcule la calidad (en términos de porcentaje de unidades defectuosas) que tiene la misma oportunidad de ser aceptada que rechazada.
 - c) ¿Cuál es la probabilidad de que se acepte un lote 2% defectivo?
8. Usted es el gerente de calidad de una compañía que recibe grandes cantidades de materiales de un proveedor en lotes de 1000. El costo de inspección de los lotes es \$0.76 por unidad. El costo en que se incurre si se introduce material

defectuoso en su producto es \$15.20 por unidad. Uno de sus ingenieros le ha propuesto un plan de muestreo de 75 con número de aceptación igual a dos. En el pasado, los lotes entregados por el proveedor han tenido un promedio de 3.4% de unidades defectuosas.

- a) ¿Tiene una justificación económica un plan de muestreo?
- b) Prepare una curva característica de operación.
- c) Si quiere aceptar solo lotes con 4% de unidades defectuosas o mejor, qué piensa del plan de muestreo propuesto por el ingeniero?
- d) Suponga que los lotes rechazados se inspeccionan al 100%. Si un proveedor entrega muchos lotes 4% defectivos, ¿cuál será la calidad de salida promedio para estos lotes?

BIBIOGRAFIA

ANSI/ASQC Z1.9 (1980).

"Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Nonconforming"

American Society for Quality Control. Milwaukee.

ANSI/ASQC Z1.4 (1981).

"Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes"

American Society for Quality Control, Milwaukee.

Calvin, Thomas W. (1984).

How and When to Perform Bayesian Acceptance Sampling, American Society for Quality Control, Milwaukee.

Calvin, Thomas W. (1990).

"Bayesian Analysis", en Harrison M. Wadsworth. ed. Handbook of Statistical Methods for Engineers and Scientists

McGraw-Hill, Inc.. Nueva York. pp. 10.15 10.18.

Cross, Robert (1984).

"Parts per Million AOQL Sampling Plans"

Quality Progress, noviembre, pp. 28-30.

Dodge, H. F. (1950).

"Inspection for Quality Assurance", Industrial Quality Control, vol. 7, num. 1, p. 8.

Dodge, H. F. y H. G. Romig (1959).

Sampling Inspection Tables. 2ª ed.

John Wiley and Sons, Inc., Nueva York.

Enell, J. W. (1954).

"What Sampling Plan Shall I Choose?"

Industrial Quality Control, vol. 10, num. 6, pp. 96-100.

Grant, Eugene I., y Richard S. Leavenworth (1988).
Statistical Quality Control. 6ª ed..
McGraw-Hill Book Company, Nueva York.

Milligan, Glenn W. (1991).
"Is Sampling Really Dead?"
Quality Progress, abril, pp. 77-81.

Mundel, August B. (1990).
"MIL-STD-105E Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes",
Quality Engineering, vol. 2, num. 3, pp. 353-356.

Quality (1978).
"Wescom Inc.—A Study in Telecommunications Quality"
Agosto, p. 30.

Quality Engineering (1990).
"Letters to the Editor", vol. 3, num. 2, pp. vii-xii.

Schilling, Edward G. (1978).
"A Lot Sensitive Sampling Plan for Compliance Testing and Acceptance Inspection"
Journal of Quality Technology, vol. 10, num. 2, pp. 47-51.

CAPITULO 11

COMERCIALIZACION, DESEMPEÑO EN EL CAMPO Y SERVICIO AL CLIENTE

OBJETIVOS

Saber cuales factores influyen en la percepción de la calidad por parte del cliente

Saber el significado y la importancia de la garantía de calidad, así como los factores que influyen en esta y la responsabilidad legal del producto

Saber las consecuencias de la deserción de los clientes

Conocer algunas acciones para el procesamiento y solución de las reclamaciones de los clientes

CAPÍTULO 11

COMERCIALIZACIÓN, DESEMPEÑO EN EL CAMPO Y SERVICIO AL CLIENTE

11.1 Percepción del cliente de la calidad

La percepción se puede separar en tres etapas:

1. Antes de la compra
2. El momento de la compra
3. Después de la compra

Factores que influyen en la percepción de la calidad por parte del cliente

Antes de la compra: Nombre de la marca e imagen de la compañía, experiencia previa, opiniones de amistades, reputación de la tienda, resultados de pruebas publicados, precio que se anuncia por el desempeño.

En el momento de la compra: Especificaciones de desempeño, comentarios de los vendedores, garantía prevista, políticas de servicio y reparación, programas de apoyo, precio citado por el desempeño.

Después de la compra: Facilidad de instalación y uso, manejo de reparaciones, reclamaciones y garantía, disponibilidad de refacciones, efectividad del servicio, confiabilidad, desempeño comparativo.

11.2 Conceptos de calidad en una función de comercialización

Al igual que con todas las funciones en una organización, las actividades dentro de la función de comercialización se pueden beneficiar con la aplicación de los conceptos de calidad.

La función de comercialización tiene oportunidades para identificar y actuar sobre sus propios problemas crónicos.

La siguiente tabla presenta algunas actividades de comercialización y sus actividades de calidad asociadas.

Actividad de comercialización	Actividad relacionada con la calidad
Introducción de nuevos productos	Realizar una "prueba de mercado" para identificar las debilidades del producto y las debilidades del plan de comercialización
Etiquetado	Asegurar que los productos sean conformantes con lo que dice la etiqueta
Publicidad	Asegurar que la información de la etiqueta es precisa y completa
Ayuda al cliente en la selección del producto	Identificar las características del producto que pueden persuadir a los clientes a comprarlo
Ayuda a los distribuidores	Verificar la exactitud de las reclamaciones sobre la calidad incluidas en la publicidad
	Presentar datos relacionados con la calidad para ayudar al cliente a evaluar productos alternativos
	Proporcionar a los distribuidores información relacionada con la calidad que puedan usar los vendedores
Preparación del contrato de venta	Proporcionar a los vendedores? asesoría técnica sobre el almacenamiento, el manejo y la demostración de ventas
	Definir los requerimientos del producto sobre el desempeño, otros requerimientos técnicos y el nivel de calidad (por ejemplo, defectos, por millón)
	Definir los requerimientos sobre la ejecución del contrato, por ejemplo, un plan de calidad, entrega de documentación específica durante el contrato
	Definir las garantías
Llenar y turnar las órdenes de compra	Definir provisiones de incentivos sobre la calidad y la confiabilidad
	Aplicar conceptos de mejoramiento de la calidad para reducir el tiempo de entrega o reducir errores

11.3 Garantía de calidad

Una garantía es una forma de aseguramiento de que el producto es adecuado para el uso o de que, al fallar éste, el usuario recibirá algún tipo de compensación. Una garantía constituye un sistema para reducir los costos del usuario debido a la baja calidad.

En el caso de las garantías al consumidor, las complicaciones asociadas con los productos de larga vida han llevado a mucha confusión respecto a su significado, en especial, respecto a dónde está la responsabilidad de acción.

Las garantías de los productos al consumidor son "completas" o "limitadas". El término "garantía completa" se refiere a los derechos del consumidor y no a la parte del producto

físico que está cubierta por la garantía; esto es, no tiene que cubrir el producto completo.

Una garantía completa significa que:

- 1) El fabricante arreglará o reemplazará cualquier producto defectuoso sin costo alguno.
- 2) La garantía no está limitada en tiempo.
- 3) La garantía no excluye o limita el pago de daños derivados.
- 4) Si el fabricante no puede hacer una reparación adecuada, el consumidor puede elegir entre un reemplazo o reembolso.
- 5) El fabricante no puede imponer obligaciones poco razonables al consumidor.
- 6) El fabricante no es responsable si el daño al producto fue causado por el mal uso.

La garantía completa contempla además, que no solo el comprador original sino también los dueños subsecuentes del producto durante el periodo de garantía, tienen derecho a hacer reclamaciones. Una garantía limitada puede excluir varias cosas como los costos de mano de obra, gastos de transporte y puede limitarse al comprador original. En la práctica la mayoría de las garantías sobre productos al consumidor son garantías limitadas y así debe quedar estipulado.

11.4 Desempeño en el campo de trabajo

La aceptación final del producto puede verse como la terminación de la etapa de manufactura. Después de esta y antes de que lo use el consumidor, tienen lugar varias etapas anteriores al uso: empaque, envío, recepción y almacenamiento. Por último, se tienen las etapas de uso: instalación, verificación, operación y mantenimiento.

Conforme aumenta la complejidad del producto, el grado de problemas en el campo de trabajo es mayor. Los factores del campo de trabajo causan entre 20 y 30% de los problemas concernientes a la adecuación para el uso con los productos de larga vida y complejidad moderada o alta.

Quienes llevan a cabo una planeación de la calidad para las actividades de servicio pueden aprender mucho de la experiencia de formalizar la planeación de la calidad en el diseño y la manufactura. Quienes realizan las actividades de servicio que afectan a la calidad, con frecuencia creen que sus actividades son suficientes para proporcionar un servicio de calidad. En casos en los que el servicio es de hecho deficiente, se tiene muchas veces la necesidad de revisar el plan de servicio, puesto que se relaciona con más procesos. Tales planes deben mostrar -en forma explícita- que se debe hacer de otra manera. La generalización no es aceptable.

Empaque, transporte y almacenamiento

El aspecto crítico de la calidad del empaque, el transporte y el almacenamiento es el diseño y adquisición de materiales de empaque efectivos. El empaque requiere una secuencia de actividades similares a las usadas para lograr la adecuación para el uso del producto mismo.

Diseño del empaque

El diseño simultáneo del empaque del producto es el enfoque ideal. Algunas veces una alteración menor en el diseño del producto puede reforzarlo y eliminar con ésto la necesidad de muchos materiales de empaque. Este enfoque simultaneo requiere que el diseño del empaque comience durante la etapa de diseño del producto y no cuando comience la manufactura.

Transporte

El manejo y transporte introducen muchos peligros al producto. Algunos de estos son completamente predecibles: Cambios de temperatura, humedad, vibración e impacto, otros son el resultado de la ignorancia, descuido, errores e incluso sabotaje. Desde el punto de vista de estos riesgos, el producto se encuentra en mayor peligro por el manejo y por el transporte que por el uso. Existe un programa el cual se recomienda para proteger los productos durante su transporte, estos pasos son:

1. Definir los objetivos del empaque
2. Determinar el método de envío
3. Determinar la habilidad del producto para soportar los peligros del transporte
4. Interpretar los datos de la prueba para comparar la resistencia del producto al ambiente simulado con el nivel de peligro ambiental que se pronosticó
5. Decidir un curso de acción
6. Seleccionar un material de empaque
7. Combinar el empaque con el producto y someterlos a una prueba final conjunta

Almacenamiento

Inmensas cantidades de materia prima, componentes y productos terminados se encuentran constantemente almacenados, esperando más procesamiento, su venta o su uso. Para minimizar el deterioro y la degradación, se pueden llevar a cabo varias acciones: Establecer la vida del producto en la repisa, basada en los datos de laboratorio y de campo, establecer estándares para poner límites sobre el tiempo en almacén, poner fecha al producto de manera visible para identificar la edad del producto con facilidad, y diseñar el empaque y controlar el ambiente para minimizar tanto la degradación esperada como la no esperada.

Instalación y uso

Antes de que se use el producto empacado, pasa por un procesamiento adicional durante la distribución, ensamble, instalación y verificación, etc. Estas operaciones forman una parte tan importante en el progreso del producto como el diseño y la manufactura y exigen los controles correspondientes.

Existen varios factores a tener en cuenta en la instalación y uso del producto, estos son:

- Procesamiento durante la distribución.
- Instalación en el lugar de trabajo por los especialistas.
- Instalación por el usuario.

11.5 Seguridad y responsabilidad legal del producto

La "responsabilidad legal del producto" se refiere a la obligación legal de un fabricante o vendedor de compensar cualquier lesión o daño causada por el producto.

Las razones son claras: Cada vez más productos fabricados se encuentran en manos de inexpertos, ésto crea más oportunidades de que ocurran accidentes; algunas defensas legales tradicionales de los fabricantes se han desvanecido, lo que facilita que la víctima demande con éxito a un fabricante; en general, el movimiento del consumidor ha alentado la acción; la publicidad dada las grandes sumas de dinero ganadas ha estimulado más demandas.

La defensa básica contra la responsabilidad legal es la prevención eliminando causas de las lesiones o daño.

11.6 Atención al cliente en las industrias de servicios:

Una actividad básica en los servicios es el encuentro con el cliente, es decir, el contacto que se hace con un cliente cuando se cumplen sus necesidades.

En la mayoría de los casos de negocios o transacciones que se hacen con clientes, surgen tres factores importantes: Selección del empleado que atiende, entrenamiento del empleado y "delegación responsable" al empleado para cumplir con las necesidades del cliente.

En una transacción del tipo "persona a persona", la selección del empleado con frecuencia tiene un impacto inmediato, directo y duradero en la percepción del cliente. Algunas personas tienen las características necesarias para la atención al público; otras personas no las tienen, aunque se les dé entrenamiento.

El entrenamiento es esencial. El contenido del entrenamiento depende de los requisitos del trabajo, pero con frecuencia resalta el conocimiento sobre el producto. Además, el entrenamiento incluye actividades tales como el papel que se juega al manejar situaciones cuando una transacción sale mal, el manejo de clientes irritados que hacen una reclamación, etc.

La delegación responsable es un paso adelante después del entrenamiento e incluye dar un nuevo grado de autoridad a los empleados de atención al público. El término casi siempre quiere decir alentar al empleado a manejar situaciones diferentes que los procedimientos estándar no cubren.

La siguiente tabla proporciona algunas categorías de acciones y ejemplos de logros notorios para generar clientes satisfechos.

Acción	Ejemplo
Proporcionar un servicio más allá del horizonte de la compartía	Una aeromoza que acompaña a un pasajero enfermo y a su hija hasta el hospital
Proporcionar un servicio más allá del que pide un esfuerzo normal	Para eliminar el sonido del golpeteo de los cristales de un candelabro que causaba el aire acondicionado, los empleados de un hotel quitaron una de cada dos piezas 30 minutos antes de que comen/ara la junta
Proporcionar un reconocimiento extraordinario a la molestia del cliente	Un fabricante de automóviles pagó a un cliente \$985 por su "tiempo perdido" debido a reparaciones excesivas y mal hechas.
Reconocer la pérdida de objetos personales de! Cliente	Un cliente reportó que había perdido una pluma en una tienda de abarrotes, que tenía un valor sentimental. El dependiente buscó sin éxito la pluma, pero le regaló tres vales de \$20 al cliente.

11.7 Procesamiento y solución de las reclamaciones de los clientes:

En compañías pequeñas que tienen unas cuantas reclamaciones de campo existe poca necesidad de un enfoque sistemático para el análisis de quejas. No obstante, cuando el número de reclamaciones aumenta, también aumenta la necesidad de un enfoque sistemático. Cada queja sobre la calidad establece un problema diferente que requiere un programa de acción diferente:

- Satisfacción de la reclamación.
- Prevención de la recurrencia de una reclamación aislada.
- Identificar esas pocas quejas vitales y serias que requieren que se haga un estudio profundo para descubrir las causas básicas y remediarles lo más pronto posible.
- Análisis profundo para descubrir las causas básicas de la reclamación.
- Continuación del análisis para descubrir y aplicar remedios a las causas básicas.

11.8 Obtención de retroalimentación sobre el desempeño en el campo de trabajo

Recolectar, analizar y responder las reclamaciones de los clientes sobre un producto es esencial para minimizar la falta de satisfacción del cliente. Pero las actividades sobre las reclamaciones de productos no son suficientes del cliente. La satisfacción tiene un alcance mucho más amplio de factores que se relacionan con la necesidad de una comprensión profunda de las necesidades de los clientes.

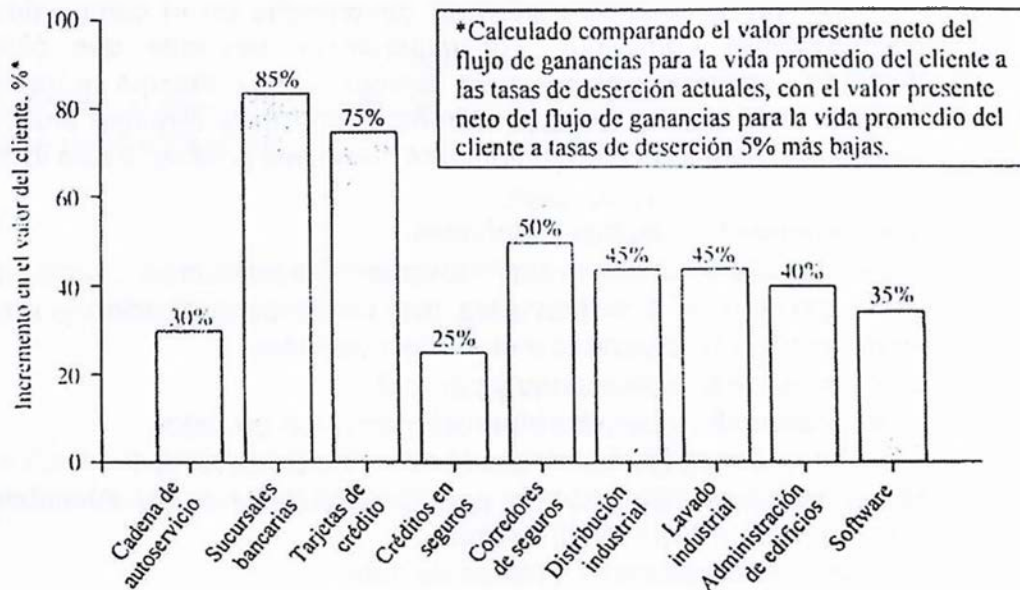
La mayor parte de la retroalimentación sobre el desempeño en el campo de trabajo emana del personal de la compañía. Por experiencia, se sabe que obtener la información adecuada del personal ha sido siempre un problema para muchas compañías. Mejorar la calidad y dar una retroalimentación rápida requiere una variedad de acciones para lograr un proceso tan conveniente como sea posible. Estas incluyen:

- Proporcionar al personal formas bien diseñadas.
- Proporcionar incentivos para alentar la retroalimentación adecuada.
- Proporcionar un glosario de términos para mejorar la comunicación y un código mnemónico para simplificar la captura y el análisis de datos.
- Proporcionar entrenamiento sobre como y por qué.
- Llevar a cabo auditorías del proceso de retroalimentación de datos.
- Utilizar tecnología moderna para recolectar la información de campo.
- Utilizar métodos modernos de análisis para proporcionar a los administradores resúmenes válidos para la toma de decisiones.
- Minimizar el número de estaciones emisoras de datos.
- Utilizar el concepto de muestra.
- Obtener un registro de operaciones
- Comprar datos
- Utilizar el concepto de uso controlado

11.9 Deserción del cliente

Mientras más tiempo conserve una compañía a un cliente, mayor será su ganancia. Un cliente deserta cuando compra otra marca o cambia sus preferencias. Cuando los clientes desertan, las utilidades potenciales se van con ellos. Las investigaciones realizadas en las industrias de servicios indican que la reducción de la tasa de deserción puede tener un impacto drástico en el incremento de las ganancias.

La siguiente figura presenta el incremento en el valor presente neto de las ganancias (a lo largo de la vida promedio del cliente) para muchas industrias, si las tasas de deserción se reducen cinco puntos porcentuales de las tasas actuales. Es evidente la importancia de pedir retroalimentación a los clientes, pero ésta debe incluir la medición de la deserción de clientes como una señal de advertencia temprana de que las ganancias peligran. Esta señal exige, después, un análisis profundo con los clientes que desertan para identificar las debilidades y decidir qué acción tomar.



RESUMEN

- Los clientes tienen percepciones de la calidad durante tres etapas, estas son: Antes de comprar, en el momento de la compra y después de la compra.
- Una garantía es una forma de asegurar que un producto es adecuado para el uso. Las garantías sobre productos son completas o limitadas.
- Las etapas de uso previo al desempeño en el campo de trabajo incluyen empaque, envío, recepción y almacenamiento; las etapas de uso consisten en instalación, verificación, operación y mantenimiento. Los factores de campo causan entre 20 y 30% de los problemas concernientes a la adecuación para el uso, para productos complejos.
- La responsabilidad del producto se refiere a la obligación legal de un fabricante o vendedor de compensar las lesiones o daños causados por el producto.
- Tres factores son importantes para lograr su superioridad en el contacto con el cliente en las industrias de servicios: selección, entrenamiento y delegación responsable del empleado de atención al público.
- El proceso de manejar las reclamaciones de los clientes se ha convertido en una herramienta importante de competencia para lograr ventas.
- La retroalimentación sobre el desempeño en el campo de trabajo debe usar un sistema de medición basado en el cliente.
- La deserción de un cliente ocurre cuando cambia a otra marca. Cuando un cliente deserta, las utilidades potenciales de muchos años se van con él.

PROBLEMAS

1. Seleccione un producto al consumidor y haga un estudio ergonómico para evaluar la adecuación del diseño respecto a su operación por un ser humano.
2. Para tres productos, enumere las malas aplicaciones y abusos del producto que puedan ocurrir durante su uso.

3. Estudie los métodos utilizados para hacer publicidad sobre la calidad en cualquiera de las siguientes categorías de productos o servicios: bebidas, cigarrillos, automóviles, electrodomésticos, líneas aéreas, películas, componentes electrónicos. Haga un informe sobre el grado en que la publicidad:
 - a. Identifica las cualidades específicas
 - b. Cuantifica el grado en el que el producto posee estas cualidades
 - c. Exagera
 - d. Utiliza factores humanos como la vanidad o el placer
4. Visite un servicio de transporte que incluya carga, almacenamiento, descarga, transporte, etc. Estudie los procesos que se usan y su efecto probable sobre las cualidades de los productos que pasan por estos procesos. Haga un informe sobre lo que encontró y sus conclusiones.
5. Estudie las instrucciones de operación y/o mantenimiento para un producto. Haga un informe sobre lo que encontró y sus conclusiones.
6. Prepare un plan de investigación de mercado para obtener datos de los compradores respecto a las reparaciones hechas a un producto específico por el distribuidor o el fabricante.

BIBLIOGRAFIA

American Management Association (1987).
"Close to the Customer"
Nueva York.

Ekings, .1. Douglas (1986). "A Nine Step Quality Improvement Program to Increase Customer Satisfaction", Proceedings of the 30th Annual Conference, European Organization for Quality Control, Berna, Suiza, pp. 399-408.

Fiedler, Robert M. (1978).
"Portal to Portal Product Protection".
Quality, mayo. pp. 12-14.

Golomski, William A. (1986).
"Quality Improvement of Marketing"
Quality Progress, junio, pp. 24-26.

Gust, Lawrence J. (1985).
"Non-Manufacturing Quality Improvement",
Juran Report Number Four, invierno.
Juran Institute, Inc., Wilton, Connecticut, pp. 112-120.

Hieles, Jonathan P. (1991).
"Sensor That Tell Just How Good the Packaging Is"
New York Times, septiembre 15, p.F-7.

Hom, Roy L. y Fred M. Hall (1983).
"Maintenance-Centered Reliability"
Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium,
IEEE, Nueva York, pp. 197-204.

LaSala, Kenneth P. y Arthur I. Siegel (1983).
"Improved R& M in Productivity by Designs for People"
Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium,
IEEE. Nueva York, pp. 494-500.

Lele, Milind, y Uday S. Kannarkar (1983).
"Good Product Support Is Smart Marketing"
Harvard Business Review, noviembre-diciembre, pp. 124-132.

Nickell, Warren L. (1985).
"Quality Improvement in a Marketing Organization"
Quality Progress, junio, pp.46-51.

Reichheld, Frederick F. y W. Earl Sasser, Jr. (1990).
"Zero Defections: Quality Comes to Services"
Harvard Business Review, septiembre-octubre, pp. 105-111.

Richardson, Hugh W. (1981).
"Designing for Customer Setup"
Quality, octubre, pp. 62-65.

Takeuchi, Hirotsu y John A. Queich (1983).
"Quality Is More Than Making a Good Product"
Harvard Business Review, julio-agosto, pp. 139-145.

Zemke, Ron con Dick Schaaf(1989).
The Service Edge
New American Library, Nueva York, pp. 59-69.

CAPITULO 12

FORMACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ORGANIZACIONES DE LA CALIDAD TOTAL

OBJETIVOS

Conocer algunos principios de la calidad total y de que depende
Saber cuando una empresa podría optar por una filosofía de calidad total

Tener la noción y conocimientos acerca de las Normas ISO 9000, su estructura, requerimientos, su implementación, registro y sus perspectivas

Tener conocimientos sobre las normas QS-9000 y las ISO 14000

Conocer las fases de la evolución de la calidad total

Conocer el papel de los empleados, de la gerencia general y media, la fuerza de trabajo

Conocer las barreras que existen a la implementación de la calidad total

CAPITULO 12

FORMACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ORGANIZACIONES DE LA CALIDAD TOTAL

En julio de 1994, en la séptima conferencia nacional anual sobre calidad federal, la joven de 12 años de edad Kelly Potter habló durante la comida ante los 2,000 participantes asistentes. La escuela primaria de Kelly en Nazareth, Pennsylvania, participa en el Koality Kid, programa patrocinado por la American Society for Quality, que promueve la enseñanza de los principios de la calidad en las escuelas primarias. Su mensaje no fue impresionante. Dio gracias a su familia y a los miembros de la organización escolar por su apoyo, y analizó la forma en que las técnicas de mejora de la calidad eran utilizadas en su escuela para cosas tales como la operación de la cafetería y la asignación de tareas. Incluso ella aplicó esas técnicas para preparar su discurso. El auditorio explotó en una ovación de pie. Brad Stratton, anterior editor de Quality Progress, observó: "No pienso que estuvieran aplaudiendo su mensaje verbal, sino más bien su mensaje no verbal, que era éste: ¡Hola gente! ¡Todo esto es tan sencillo que hasta los niños pueden hacerlo! ¡Niños!"

Los principios de la calidad total —el enfoque al cliente, el hacer participar a todos y una mejora continua— son simples de comprender y representan sentido común. A pesar de ello, muchas empresas han experimentado grandes dificultades en la implementación de la calidad total, e incluso en decidir si deben hacerlo. Esta dificultad a veces resulta de algunas malas interpretaciones comunes, como por ejemplo que la calidad total significa hacer "muchas cosas" como recolectar datos y organizar equipos, o que esto sólo es aplicable a grandes empresas. Una estrategia de la calidad total requiere, sin embargo, cambios significativos en el diseño, procesos y cultura de una organización. Un cambio tan amplio para muchas empresas ha resultado una barrera infranqueable.

La primera pregunta con la cual debe luchar de manera inevitable toda organización es si debe o no adoptar una filosofía de la calidad total. Las empresas toman la decisión de utilizarla, por dos razones básicas:

1. Apoyándose en la calidad total una empresa reacciona a la competencia, que representa una amenaza a una supervivencia redituable.
2. La calidad total es una oportunidad de mejorar.

La mayoría de las empresas —incluso las ganadoras del premio Baldrige— se han dirigido hacia la calidad total debido a la primera razón. Xerox, por ejemplo, vio cómo su penetración en el mercado caía de 80 a 13% en poco menos de una década (vea la Calidad en la práctica del capítulo 1); Milliken tuvo que enfrentarse a mayor competencia por parte de fabricantes de textiles asiáticos; Zytex Corporation se encontró en dificultades financieras por haber confiado en un solo cliente; aunque no se encontraban en una crisis muy severa, una percepción de futuras amenazas fue el motor que impulsó a FedEx y a Solectron.

Cuando es necesario enfrentarse a algo que amenaza su supervivencia, una empresa lleva a cabo los cambios culturales con mayor facilidad; en esas circunstancias, generalmente las organizaciones implementan con eficacia la calidad total. Cuando no está enfrentando alguna crisis, una empresa por lo general encontrará más dificultades en conseguir apoyo para el cambio. Esta resistencia es reflejo de la actitud "si no está roto, no lo arregle". En estos casos, para efectuar el cambio, una empresa podría intentar crear una mentalidad de crisis. Esta tarea requiere "convicción" (esto es, valor) y el liderazgo de los gerentes generales.

Para implementar la calidad dentro de sus organizaciones, las empresas han utilizado una diversidad de procedimientos. Muchos de éstos son unidimensionales y, en consecuencia, con tendencia a la falla. Por ejemplo, algunas empresas refuerzan el uso de herramientas de calidad, como el control estadístico de los procesos, pero sólo los difunden a una pequeña parte de la organización, como en manufactura. Estas empresas conseguirán alguna mejora, pero dado que no se ha involucrado a toda la organización, el éxito será limitado.

Otras se deciden por un método de reducción de problemas, en el cual se identifican tanto defectos en la producción como en el servicio al cliente, los cuales se corrigen mediante círculos de calidad y otros procedimientos en equipo. Sin embargo, quizás pasen por alto problemas referentes a los procesos de administración de las relaciones con el cliente, o de planeación estratégica. De nuevo, se obtendrán mejoras, pero serán esporádicas y limitadas. Delegando esencialmente la calidad a los empleados de primera línea, la gerencia demuestra una carencia de liderazgo, que no generará la cultura continua requerida para su longevidad. Un tercer procedimiento podría ser destacar el diseño, pero ignorar muchos medios potenciales para una mejora continua de los procesos. La calidad total requiere de un esfuerzo total, que abarca todos los elementos analizados hasta ahora en este libro. Lo que realmente se requiere es un cambio total en la manera de pensar, no un nuevo juego de herramientas. Es fácil enfocarse a herramientas y técnicas; lo difícil es comprender y conseguir el cambio en actitudes y comportamientos humanos que son necesarios.

El mayor peligro es la carencia de una comprensión completa y la tendencia a imitar a terceros —la salida fácil. Muchos de los expertos y asesores han reescrito la administración de la calidad total con base en sus propias disciplinas, como contabilidad, ingeniería, recursos humanos o estadística. El "único mejor modelo" de la calidad total podría no acoplarse bien a la cultura de una empresa; las empresas de mayor éxito han desarrollado sus propios procedimientos únicos, que se ajustan a sus propios requerimientos. La investigación ha demostrado que la imitación de esfuerzos de la calidad total de hechos por una organización de éxito podrían no conducir a buenos resultados en otra. Volviendo a Deming, ningún conocimiento es posible sin la teoría, o utilizando alguna de sus frases más descriptivas; "No existe el pastel instantáneo". La formación y conservación de una organización de la calidad total requiere estar listo para el cambio, adoptar prácticas y estrategias de implementación sanas, y una organización eficiente. Estos problemas son los temas de este capítulo.

12.1 Cultura corporativa y cambio organizacional

¿Por qué algunas empresas pueden, como Motorola y Xerox, efectuar cambios radicales y tener éxito, en tanto que otras fracasan miserablemente? Muchos esfuerzos de la calidad total fracasan simplemente porque las organizaciones no tienen la capacidad de adaptarse al cambio. Un prerrequisito para la implementación de la calidad total es una cultura corporativa que permita el cambio. Una cultura corporativa es un sistema de valores de la empresa y su conjunto de principios guía. Una encuesta, efectuada por Wyatt Company, empresa asesora de Washington, D.C., encontró que las barreras al cambio que se citaban con mayor frecuencia eran la resistencia por parte de los empleados y una "cultura corporativa disfuncional" —cuyos valores y comportamientos compartidos están en contra de su salud a largo plazo. Un ejemplo de una cultura disfuncional es una empresa de alta tecnología que hace énfasis en premios individuales, en tanto que la innovación depende del trabajo en equipo. Para modificar sus prácticas de administración, primero las organizaciones deben abordar sus valores fundamentales.

Los valores culturales suelen observarse en los enunciados de misión y de visión de las organizaciones. Por ejemplo, no es raro ver frases como "buscaremos continuamente mejorar el nivel de calidad de todos nuestros productos" o "el trabajo en equipo es esencial para nuestro éxito mutuo" en enunciados corporativos de misión y de visión. La cultura ejerce una influencia poderosa en el comportamiento, ya que es compartida ampliamente y funciona sin tener que hablar de ella y, de hecho, sin pensar en ella.

La cultura se refleja en las políticas y acciones administrativas que practica una empresa. Por lo tanto, las organizaciones que creen en principios de la calidad total más probablemente implementarán estas prácticas con éxito. Por otra parte, las acciones ponen en movimiento a la cultura. El comportamiento hace que las personas piensen de cierta manera. Por lo tanto, conforme dentro de una organización se utilizan de manera rutinaria las prácticas de la calidad total, su personal aprende a creer en los principios; entonces pueden ocurrir los cambios culturales.

El desarrollo de una cultura de la calidad total depende de:

- Liderazgo en la gerencia general.
- Un enfoque sin descanso en el cliente.
- Una mejora sistemática de todas las prácticas del negocio.
- Descentralización de la responsabilidad y de la toma de decisiones.
- Eliminación de las barreras organizacionales.
- Mejoras vinculadas a los objetivos de la empresa.
- Reorientación de los sistemas de premios y de medición.

Un excelente ejemplo de estos principios en funcionamiento es el caso de Wainwright Industries, citado varias veces en capítulos anteriores. Durante las décadas de 1970 y 1980, Wainwright perdió millones en ventas; se redujeron las operaciones a tres días a la semana y aumentó la tensión entre empleados y gerencia. Reconociendo que el problema tenía su origen en la administración, el director ejecutivo hizo algunos cambios radicales. A los trabajadores se les llamó "asociados", y a todo mundo se le asignó un sueldo. Los asociados reciben su sueldo, incluso si faltan al trabajo, y aun así

reciben sueldo y medio por tiempo extraordinario. Desde ese cambio, la empresa ha mantenido una asistencia de más de 99%. Los gerentes dejaron de lado sus camisas blancas y corbatas, y todos, desde el director ejecutivo hacia abajo, utilizan un uniforme común, bordado con la etiqueta Equipo Wainwright.

Un equipo de asociados desarrolló un plan de reparto de utilidades, mediante el cual cada seis meses todos reciben una misma bonificación. Todos tienen acceso a los registros financieros de la empresa, de propiedad privada. Además, todos los espacios de estacionamiento reservados fueron eliminados; todas las paredes —incluyendo las de la oficina del director ejecutivo— fueron reemplazadas por vidrio. Los clientes, tanto externos como internos, se tratan como asedados, con una amplia comunicación. El incidente más impresionante fue cuando un trabajador admitió haber dañado accidentalmente un equipo, aun cuando la mayoría de los trabajadores tenían temor de reportar este tipo de incidentes.

El director citó a una reunión de toda la planta, y explicó lo que había ocurrido. Entonces llamó a esa persona, le estrechó la mano y le dio las gradas por haber reportado el accidente. El reporte de accidentes aumentó de cero a 90%, junto con sugerencias sobre la manera de evitarlos. La cultura de Wainwright se puede resumir como una gerencia sincera y confianza en las personas. Una medida del éxito de Wainwright es que el número de sugerencias implementadas por persona cada año excede de 50, en tanto que el benchmarking anterior, identificado por Wainwright (Milliken) ¡fue de 15!

12.2 Diseño de una infraestructura de la calidad total

De la misma manera que se construye un edificio, una cultura de la calidad total no se puede mantener sin una sólida cimentación. La infraestructura organizacional, representada por los sistemas y prácticas gerenciales de una organización, es vital para una implementación de éxito de la calidad total. El diseño de una infraestructura eficiente requiere (1) comprender las mejores prácticas, (2) un consistente sistema de aseguramiento de la calidad orientado a los procesos, y (3) un proceso de evolución continua hacia prácticas de administración de alto rendimiento.

Mejores prácticas

Los gerentes, por lo general, son impacientes y buscan el éxito inmediato, a veces adoptando programas de calidad y prácticas ya preparadas, imitando procedimientos japoneses o emulando grandes empresas, de elevado perfil, como Motorola. Joshua Hammond de la American Quality Foundation urge a los líderes empresariales de Estados Unidos a desarrollar procedimientos que maximicen sus propias fortalezas culturales. Una estrategia de calidad de éxito necesita adecuarse a la cultura de la organización existente, ésta es la razón por la cual los criterios del premio Baldrige no son de tipo prescriptivo. Ninguna fórmula mágica funciona para todos.

En Zytec, por ejemplo, se seleccionaron los 14 puntos de Deming como piedra angular de la cultura de la calidad de la empresa. Zytec estableció un comité Deming para guiar el proceso Deming, con el ejemplo de los puntos individuales Deming, y actuó de asesor para tres equipos de implementación Deming. Motorola, por otra parte, invitó a muchos asesores. Al final, la empresa decidió desarrollar un procedimiento de la calidad propio, que se pudiera adecuar a sus necesidades.

Un estudio de los ganadores del premio Baldrige concluyó que cada uno de ellos tiene un "motor único de la calidad" que impulsa a las actividades de la calidad dentro de la organización. Estas fortalezas individuales aparecen resumidas en la siguiente tabla.

Empresa	Motor de Calidad	Enfoque
IBM Rochester	Calidad impulsada por el mercado	Identificación temprana de las necesidades del cliente durante los procesos de planeación y diseño
Motorola	Control de los procesos	Prevención de los defectos
Cadillac	Desarrollo del producto	Integración de manufactura y de diseño, y asociaciones con clientes y proveedores
Xerox	Benchmarking	Benchmarking con la competencia y los mejores en su clase
Fedex	Tecnología	Uso de tecnología para acelerar procesos y mejorar el servicio al cliente

Esta tabla no sugiere que se ignoren todos los demás aspectos de la calidad total; no deben ser ignorados. El motor de la calidad personaliza el esfuerzo de la calidad en relación con la cultura organizacional y le da enfoque.

La investigación llevada a cabo en 1992 por Ernst & Young y la American Quality Foundation, conocida como International Quality Study (IQS, por sus siglas en inglés), sugirió que podría no ser buena estrategia intentar implementar todas las mejores prácticas de organizaciones de clase mundial. De hecho, podría incluso causar daño, desperdiciando tiempo y dinero en cosas equivocadas.

El estudio indicó que las mejores prácticas dependen del nivel presente de desempeño de una empresa. Dos medidas del desempeño son el rendimiento sobre los activos (ROA, es decir return on assets: La utilidad después de impuestos, dividida entre los activos totales) y el valor agregado por empleado (VAE, es decir value added per employee: Ventas menos costos de materiales, suministros y trabajo efectuado por contratistas externos). Los de bajo desempeño —aquellos con un ROA menor de 2% y VAE de \$47,000— pueden cosechar los más altos beneficios concentrándose en lo fundamental. Este esfuerzo incluye la identificación de procesos que agregan valor, y a continuación su simplificación, para mejorar la respuesta al cliente y a las demandas del mercado. Además, la capacitación y el trabajo en equipo particularmente en la solución de quejas de clientes— puede conducir a mejoras significativas. Ideas más avanzadas, como por ejemplo los equipos autodirigidos, toman demasiado tiempo de preparación para ser de importancia en estas empresas.

Otras sugerencias incluyen establecer benchmarking con la competencia, en vez de hacerlo con empresas de nivel mundial, escuchar las ideas del cliente, seleccionar proveedores con base en precio y confiabilidad, adquirir tecnología llave en mano que reduzca el costo, y premiar a los trabajadores de primera línea por su trabajo en equipo y por su calidad.

Los de desempeño medio —aquellos con un ROA de 2 a 6.9% y VAE entre \$47,000 y \$73,999— obtienen la mayor parte de los beneficios de una documentación meticulosa de los logros y de afinar prácticas para mejorar el valor agregado por empleado, el tiempo para poner en el mercado, y la satisfacción del cliente.

Otra acción fundamental es alentar a los empleados de todos los niveles a encontrar formas de mejorar su puesto. Es recomendable tener personal de aseguramiento de la calidad por separado. Estas empresas también deberán imitar a los líderes del mercado y a empresas de clase mundial seleccionadas; utilizar la información del cliente, investigación formal de los mercados, e ideas internas para productos nuevos; seleccionar a los proveedores, primero por certificación de la calidad y posteriormente por precio; encontrar formas de utilizar instalaciones con mayor flexibilidad, para producir una más amplia variedad de productos y servicios; y basar la compensación de trabajadores y gerentes medios en su contribución al trabajo en equipo y a la calidad.

Los de elevado desempeño —con ROA y VEA que excedan 7% y \$74,000, respectivamente— ganan más al utilizar equipos autodirigidos y equipos interfuncionales que se concentran en procesos horizontales, como la logística y el desarrollo de productos. También puede ser muy benéfico establecer benchmarking para el desarrollo y distribución de los productos y el servicio a los clientes, en comparación con empresas de clase mundial. La capacitación adicional es de valor limitado, a excepción del personal nuevo. Además, los nuevos productos deberán basarse en información de los clientes, en benchmarking e investigación y desarrollo internos. Deben seleccionarse los proveedores principalmente por su tecnología y calidad. Deberán considerarse asociaciones estratégicas para diversificar la manufactura. Los gerentes generales deben incluirse en planes de compensación correlacionados con trabajo en equipo y calidad. Finalmente, estas empresas deberán afinar aún más las prácticas de mejora del VAE, la respuesta por parte del mercado y la satisfacción del cliente.

De manera extraña, algunos medios de comunicación han interpretado el IQS Best Practices Report, es decir el Informe de las mejores prácticas de IQS, como una crítica a la calidad total. Traducen el informe diciendo simplemente que muchas prácticas de la calidad son un desperdicio de tiempo y son ineficaces. Por el contrario, los resultados son el primer esfuerzo de importancia para desarrollar una teoría prescriptiva (volvemos de nuevo a Deming) de la implementación de la calidad total, en vez de apoyarse en la intuición y en la evidencia anecdótica. Este punto de vista es similar a los procedimientos de contingencia de las teorías de la motivación en el liderazgo y contradice el concepto de una rápida receta mágica para la calidad. Más bien, las empresas, en su aplicación de la calidad total, avanzan en etapas a lo largo de una curva de aprendizaje, y deben diseñar sus programas con cuidado para optimizar su efecto.

Este análisis sugiere que una organización debería empezar con una autoevaluación crítica de dónde está. Esta evaluación identifica fortalezas y áreas de mejora, y determina cuáles serán las prácticas que ocasionarán el mayor beneficio. Como mínimo, una autoevaluación debe abordar lo siguiente:

- Participación y liderazgo por parte de la gerencia. ¿Hasta qué punto están involucrados todos los niveles de la gerencia?
- Diseño de productos y procesos. ¿Satisfacen los productos las necesidades del cliente? ¿Están diseñados los productos para una fácil fabricación?
- Control de los productos. ¿Está instalado un consistente sistema de control de los productos, centrado en la prevención de defectos antes del hecho, en vez de su eliminación de defectos después de fabricado el producto?
- Comunicación con clientes y proveedores. ¿Todos comprenden quién es el cliente? ¿Hasta qué grado se comunican clientes y proveedores entre sí?
- Mejora de la calidad. ¿Hay instalado un plan de mejora de la calidad? ¿Qué resultados se han conseguido?
- Participación de los empleados. ¿Están involucrados activamente todos los empleados en la mejora de la calidad?
- Educación y capacitación. ¿Qué se hace para asegurar que todos entienden su puesto de trabajo y tienen la habilidad necesaria? ¿Están capacitados los empleados en las técnicas de mejora de la calidad?
- Información sobre la calidad. ¿De qué manera se reúne y utiliza la retroalimentación sobre los resultados de la calidad?

Hay disponibles muchos instrumentos de autoevaluación, que pueden dar una imagen del estado de la calidad en la organización. La mayoría de las encuestas autoadministradas, sin embargo, sólo pueden proporcionar una evaluación rudimentaria de las fortalezas y debilidades de una organización. La manera más completa de evaluar el nivel de madurez de la calidad total en una organización es evaluar sus prácticas y resultados contra los criterios del Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige, mediante examinadores internos o externos capacitados, o proponiendo realmente ser incluido en el premio Baldrige o similar estatal, y recibiendo una completa retroalimentación de parte de sus examinadores.

Para muchas empresas, especialmente para las pequeñas, el desarrollo de un sistema de aseguramiento de la calidad bien documentado y consistente suele ser un buen inicio hacia la formación de una organización de la calidad total. Las normas ISO 9000 proporcionan una base para lo anterior.

12.3 ISO 9000

Conforme la calidad se convierte en un enfoque cada vez más importante de los negocios en todo el mundo, diversas organizaciones han desarrollado normas y guías. Términos como administración de la calidad, control de la calidad, sistema de calidad y aseguramiento de la calidad adquieren significados diferentes y a veces conflictivos de una nación a otra, dentro del mismo país e incluso dentro de una rama industrial.

Conforme la comunidad europea fue dirigiendo hacia el acuerdo de libre comercio europeo, que entró en vigor a finales de 1992, la administración de la calidad se convirtió en un objetivo estratégico clave.

A fin de estandarizar los requerimientos de calidad de las naciones europeas dentro del mercado común, y para aquellos que desean hacer negocios con estas naciones, una oficina especializada de normas, la International Organization for Standardization (IOS) fundada en 1946 y compuesta por representantes de los organismos nacionales de normas de 91 naciones adoptó en 1987 una serie de normas de calidad por escrito. Éstas se conocen como las normas ISO 9000 y fueron revisadas en 1994. El IOS usó un procedimiento único para adoptar el prefijo "ISO" en la identificación de las normas, ISO es un término científico, que significa igual (como en las líneas isotermas de un mapa meteorológico, que muestran temperaturas iguales) por lo que las organizaciones que se certifican bajo la norma ISO 9000 se aseguran de tener una calidad igual a la de sus iguales. Las normas han sido adoptadas en Estados Unidos por el American National Standards Institute (ANSI) con el apoyo y cooperación del American Society for Quality (ASQ).

Las normas estadounidenses fueron identificadas oficialmente como serie ANSI/ASQC Q9000-1994, pero comúnmente se conocen como ISO 9000. Las normas están reconocidas por aproximadamente 100 naciones, incluyendo Japón. En algunos mercados del extranjero, las empresas no comprarán nada de proveedores que no estén certificados. Por tanto, el cumplimiento de estas normas se está convirtiendo en un requisito para tener competitividad internacional. Las normas tienen el propósito de aplicarse a todo tipo de negocios, incluyendo la electrónica, los productos químicos, y servicios como cuidados a la salud, banca y transporte.

La familia ISO 9000 de normas internacionales es distinta a la idea tradicional de lo que es una norma. No son normas de ingeniería para medición, terminología, métodos de prueba o especificación de los productos; son normas de los sistemas de calidad que guían el desempeño de una empresa con necesidades específicas en áreas de diseño/desarrollo, producción, instalación y servicio. Se basan en la premisa de que ciertas características genéricas de las prácticas administrativas pueden ser motivo de normalización, y que un sistema de calidad bien diseñado, bien implementado y cuidadosamente administrado da confianza en que los resultados satisfarán las expectativas y las necesidades de los clientes.

Las normas prescriben la documentación para todos los procesos que afectan a la calidad, y sugieren que su cumplimiento a través de auditorías conduce a una mejora continua. Por lo tanto, las normas tienen cinco objetivos:

1. Lograr, mantener y buscar mejorar continuamente la calidad de los productos (incluyendo los servicios) en relación con las necesidades.
2. Mejorar la calidad de las operaciones, para satisfacer continuamente las necesidades declaradas e implícitas de clientes e interesados.
3. Dar confianza a la gerencia general y a otros empleados de que se están cumpliendo los requerimientos de calidad y de que la mejora está ocurriendo.
4. Dar confianza a clientes y a otros interesados de que se están satisfaciendo las necesidades de calidad en el producto entregado.
5. Dar confianza de que se está cumpliendo con los requerimientos del sistema de la calidad.

Estructura de las normas ISO 9000

Las normas definen tres niveles de aseguramiento de la calidad:

- Nivel 1 (ISO 9001) proporciona un modelo para el aseguramiento de la calidad en empresas que diseñan, desarrollan, producen, instalan y dan servicio a productos.
- Nivel 2 (ISO 9002) proporciona un modelo de aseguramiento de la calidad para empresas ocupadas solo en producción e instalación.
- Nivel 3 (ISO 9003) aplicable a empresas ocupadas únicamente en inspección y prueba final.

Dos normas adicionales, la ISO 9000 y la ISO 9004, definen los elementos básicos de un sistema completo de aseguramiento de la calidad, y sirven de guía para la aplicación del nivel apropiado. ISO 9000 describe los principales conceptos del aseguramiento de la calidad, como objetivos y responsabilidades de la calidad, expectativas de los interesados, idea de un proceso, papel de los procesos en un sistema de calidad, papel de la documentación y de la capacitación en apoyo a la mejora de la calidad, y cómo aplicar las diferentes normas.

ISO 9004 es una guía para el desarrollo e implementación de un sistema de calidad; examina en detalle cada uno de los elementos del sistema de calidad y puede ser utilizada para fines de auditoría interna. Juntas, estas cinco normas se conocen como la serie ISO 9000.

Las normas están enfocadas a 20 requerimientos claves; aquellos aplicables a cada nivel aparecen en la siguiente tabla.

Requerimiento	ISO 9001	ISO 9002	ISO 9003
Responsabilidad de la dirección	X	X	X
Sistema de calidad	X	X	X
Revisión de contrato	X	X	
Control de diseño	X		
Control de documentos y datos	X	X	X
Compras	X	X	
Control de productos suministrados por el cliente	X	X	
Identificación y capacidad de rastreo del producto	X	X	X
Control del proceso	X	X	
Inspección y pruebas	X	X	X
Control del equipo de inspección, de medición y de prueba	X	X	X
Estado de la inspección y de las pruebas	X	X	X
Control de producto que no cumple con especificación	X	X	X
Acción correctiva y preventiva	X	X	
Manejo, almacenamiento, empaque, conservación y entrega	X	X	X
Registros de control de calidad	X	X	X
Auditorías internas de calidad	X	X	X
Capacitación	X	X	X
Servicio	X		
Técnicas estadísticas	X	X	X

Para ilustrar el alcance de los requerimientos, veamos el primero, responsabilidad gerencial. Las normas requieren que:

- La empresa establezca, documente y publique sus políticas, objetivos y su compromiso con la calidad.
- La empresa designe un representante con autoridad y responsabilidad para implementar y mantener los requerimientos de la norma.
- La empresa proporcione recursos adecuados para administrar, realizar el trabajo y verificar actividades, incluyendo auditorías internas de la calidad.
- La empresa efectúe una verificación y revisión interna del sistema de la calidad. Estas revisiones deberán tomar en consideración los resultados de auditorías internas sobre calidad, eficiencia, defectos e irregularidades de la gerencia, soluciones a los problemas de la calidad, implementación de soluciones anteriores, manejo de productos que no cumplen, resultados de las herramientas estadísticas de calificación, y el impacto de los métodos de calidad sobre los resultados reales.

A continuación se presenta un breve resumen de los requerimientos básicos para los elementos restantes de ISO 9001.

- Sistema de calidad. La empresa debe redactar y mantener un manual de calidad que cumpla con los criterios del estándar aplicable (9001, 9002 o 9003), que define el cumplimiento de los requerimientos; implementar con eficacia el sistema de la calidad y sus procedimientos documentados, y preparar planes de calidad para determinar la forma en que se cumplirán los requerimientos.
- Revisión de contrato. La empresa debe revisar los contratos para evaluar si los requerimientos están definidos adecuadamente y si existe la capacidad para cumplir con los mismos.
- Control de diseño. La empresa debe verificar el diseño del producto, para asegurar que se están cumpliendo con los requerimientos, y que hay instalados procedimientos de planeación de diseño y de cambio en el mismo. Esto incluye planes para cada actividad de diseño y desarrollo, definición de interfaces organizacionales y técnicas, validación de resultados contra requerimientos de entrada de diseño, y la implementación de los procedimientos de verificación y validación de los diseños.
- Control de documentos y datos. La empresa debe establecer y mantener procedimientos para controlar documentación y datos mediante aprobaciones, distribuciones, modificaciones y cambios.
- Compras. La empresa debe tener procedimientos para asegurar que los productos adquiridos cumplen con los requerimientos. Esto incluye la evaluación de subcontratistas, la producción de documentos de compras claramente redactados y revisar los productos comprados.
- Control de productos suministrados por el cliente. Deberán establecerse procedimientos para verificar, almacenar y mantener los artículos proporcionados por los clientes.
- Identificación y capacidad de rastreo de los productos. La empresa deberá identificar y rastrear los productos durante todas las etapas de la producción, entrega e instalación.
- Control de los procesos. La empresa debe efectuar los procesos de producción en condiciones controladas. Los procesos deben documentarse y vigilarse, y los

trabajadores deben utilizar el equipo aprobado y tener criterios especificados de calidad en su trabajo.

- Inspección y prueba. La empresa debe mantener un registro de todas las etapas de inspección y prueba, a fin de verificar que los requerimientos se cumplan. Esto incluye la inspección de recepción en el proceso y al final, así como inspección y pruebas.
- Control de equipo de inspección, de medición y de prueba. La empresa debe establecer procedimientos para controlar, calibrar y mantener equipo utilizado que demuestren la conformidad con los requerimientos.
- Control de productos que no cumplen. Deben existir procedimientos que aseguren que la empresa evita un uso inadvertido de un producto que no cumple. Esto incluye la forma en que se revisan los productos que no cumplen, y la reinspección de productos reparados o retrabajados.
- Acción correctiva y preventiva. La compañía deberá investigar causas de falta de cumplimiento y actuar, tanto para corregir problemas como para evitarlos en el futuro. La acción correctiva incluye manejar las quejas de los clientes, investigar las causas de la falta de cumplimiento, y la aplicación de los controles apropiados. La acción preventiva incluye la detección, análisis, eliminación de posibles causas de falta de cumplimiento y la iniciación de planes preventivos.
- Manejo, almacenamiento, empaque, conservación y entrega. La empresa debe desarrollar procedimientos para manejar, almacenar, empacar, conservar y entregar correctamente los productos.
- Registros de control de calidad. La empresa debe identificar, recolectar, indizar, archivar y almacenar todos los registros relacionados con el sistema de calidad.
- Auditorías internas de la calidad. La empresa debe establecer un sistema de auditorías internas para verificar si sus actividades cumplen con los requerimientos y para evaluar la eficiencia del sistema de calidad.
- Capacitación. La empresa debe establecer procedimientos para identificar necesidades de capacitación y proporcionarla a todos los empleados que lleven a cabo actividades que afectan la calidad.
- Servicio. La empresa debe desarrollar procedimientos para asegurar que se lleva a cabo el servicio tal y como se requiere en sus contratos con los clientes.
- Técnicas estadísticas. Los procedimientos deberán identificar técnicas estadísticas utilizadas para controlar los procesos, los productos y los servicios y la forma en que se implementan.

El papel de estos requerimientos en los sistemas básicos de aseguramiento de la calidad se analizará en el siguiente capítulo.

El ISO requiere que todas las normas publicadas se revisen de manera periódica. Muchos de los cambios de la revisión de 1994 fueron mejoras en el lenguaje, como aclarar que un "producto" era "herraje, software, materiales procesados o servicios" reduciendo el enfoque a la manufactura de las normas (una universidad en Inglaterra obtuvo el registro ISO en 1994; Surgical Focused Care, clínica ortopédica en Nueva York, recibió su registro en 1996; y un lugar de recreo en esquíes francés se registró en 1997). El conjunto actual de normas completo se puede adquirir a través de la American Society for Quality (<http://www.asq.org>).

Implementación y registro

La implementación de ISO 9000 no es una tarea fácil. Es inútil decir que es esencial el apoyo de la gerencia general. También es importante tener empleados bien capacitados, ya que estarán aplicando los procedimientos y ocupándose de los detalles. Los gerentes y supervisores generalmente requieren capacitación para comprender las normas mismas, y prever preguntas que un auditor externo podría efectuar. Muchas empresas empiezan estableciendo un comité de guía con representantes de la producción, del aseguramiento de la calidad, de compras, de ingeniería y de otras funciones. El comité puede coordinar tareas de proyecto, como la recolección de procedimientos existentes, su revisión y corrección, si fuera necesario. También hay disponibles varios paquetes de software para ayudar a las organizaciones. Otros pasos claves son:

- Establecer una política de calidad.
- Desarrollar un proceso de acción correctiva para supervisar y controlar faltas de cumplimiento.
- Redactar los procedimientos de control de los documentos. Generalmente, como punto de partida, hay disponibles instrucciones de trabajo.
- Para cada elemento ISO, llenar, revisar y aprobar los borradores detallados de los procedimientos.
- Completar el manual de calidad que consolida todos los procedimientos.
- Capacitar a todos los empleados en la política de calidad de la empresa y en los procedimientos de auditoría.
- Llevar a cabo auditorías internas.
- Prepararse para la auditoría de registro.

Las normas ISO 9000 originalmente tenían el propósito de ser de naturaleza de asesoría, y de ser utilizadas para situaciones de contrato entre dos interesados (entre cliente y proveedor) y para auditoría interna; sin embargo, rápidamente evolucionaron a criterios para empresas que deseaban "certificar" su administración de la calidad, o para obtener "registro" a través de auditor independiente, por lo general un laboratorio o alguna otra oficina de acreditación conocido como el certificador). Este proceso se inició en el Reino Unido. En vez de que un proveedor estuviera auditado en el cumplimiento respecto a normas por el cliente, el registrador certifica a la empresa, y esta certificación es aceptada por todos los clientes de dicho proveedor.

El proceso de certificación incluye la revisión de documentos por el certificador de los documentos del sistema de la calidad o del manual de la calidad; una evaluación previa, que identifica una falta de cumplimiento posible en el sistema de calidad y en la documentación; una evaluación, hecha por un equipo de dos o tres auditores, del sistema de la calidad y su documentación, así como la vigilancia o una reauditoría periódica, a fin de verificar que se siguen las prácticas y sistemas registrados. Durante la evaluación, los auditores podrían hacer preguntas tales como (utilizando responsabilidad gerencial, como ejemplo): ¿Existe una política documentada sobre la calidad? ¿Se han definido objetivos gerenciales de calidad? ¿Se han transmitido y explicado políticas y objetivos en todos los niveles de la organización? ¿Cómo se han documentado las descripciones de puestos para personas que administran o llevan a cabo trabajos que afectan a la calidad? ¿Están disponibles descripciones de funciones que afectan a la calidad? ¿Ha designado la gerencia a una persona o grupo de

personas con autoridad para evitar la falta del cumplimiento en productos, identificar y registrar problemas de la calidad y recomendar soluciones? ¿Qué medios utilizan para verificar las soluciones?

Cada tres años se requiere una recertificación. Cada localización —no la empresa completa— debe obtener su certificación individual. El solicitante debe cubrir todos los costos, por lo que el proceso puede resultar bastante costoso. Una auditoría de registro puede costar desde \$10,000 hasta más de \$40,000, en tanto que el costo interno de documentación y capacitación puede exceder de \$100,000.

Perspectivas de ISO 9000

Existe mucha incompreensión de lo que realmente es ISO 9000. Las normas no especifican medida alguna de desempeño de la calidad; la empresa establece los niveles específicos de calidad del producto. Las normas únicamente exigen que el proveedor tenga instalado un proceso verificable, para asegurar que produce de manera consistente lo que dice que producirá, y dar confianza a clientes y gerencia de la empresa de que se están siguiendo ciertos principios de sana administración. Las normas destacan documentar el cumplimiento de los sistemas de calidad en relación con el manual de calidad de la empresa y con los requerimientos establecidos del sistema de la calidad. Como explicó un asesor, "documentélo y hágalo como lo documentó. Si se mueve, capacítelo, si no se mueve, calíbrelo". Un proveedor puede cumplir las normas y, aun así, fabricar un producto de mala calidad — ¡siempre y cuando lo haga consistentemente! Además, ISO 9000 no toma en consideración actividades como, por ejemplo, el liderazgo, la planeación estratégica o la administración de relaciones con el cliente.

Después de haber leído los párrafos que anteceden, no llegue a la conclusión de que estas normas no son útiles; aportan un conjunto de prácticas comunes sanas para los sistemas de aseguramiento de la calidad, y son un excelente punto de partida para empresas sin un programa formal de aseguramiento de la calidad. Muchas empresas encuentran que sus sistemas actuales de calidad ya están cumpliendo la mayoría de las normas. Para aquellas empresas, en las primeras etapas de sus programas formales de calidad, las normas obligan a una disciplina de control necesaria, antes de que puedan perseguir con seriedad una mejora continua. Los requerimientos de auditorías periódicas refuerzan el sistema de calidad declarado, hasta que éste se hace parte de la empresa misma.

Las rigurosas normas de documentación ayudan a las empresas a descubrir problemas y a mejorar sus procesos. En DuPont, por ejemplo, ISO 9000 ha recibido el crédito por incrementar entregas a tiempo de 70 a 90%, reducir el tiempo del ciclo de 15 a 1.5 días, incrementar el rendimiento inicial de 72 a 92% y reducir el número de procedimientos de prueba en un tercio. Sun Microsystems, en su planta de Milpitas, fue certificada en 1992, y los gerentes creen que esto ha ayudado a entregar una mejor calidad y servicio a los clientes." En Canadá, Toronto Plastics, Ltd., redujo los defectos desde 150,000 por millón a 15,000 por millón, después de un año de implementación ISO. Por lo tanto, el uso de ISO 9000 como base de un sistema de la calidad puede mejorar la productividad, reducir los costos e incrementar la satisfacción del cliente.

Además de mejorar la operación interna, las razones de mayor importancia por las cuales las empresas buscan la certificación ISO 9000 incluyen:

- El cumplimiento de obligaciones contractuales. Algunos clientes ahora requieren certificación a todos sus proveedores. Aquellos proveedores que no busquen el registro finalmente perderán clientes.
- Cumplir con reglamentaciones comerciales. Muchos productos vendidos en Europa, como por ejemplo, el equipo terminal para telecomunicaciones, los dispositivos médicos, los aparatos domésticos a gas, los juguetes y los productos para la construcción, requieren certificación del producto para garantizar la seguridad. A menudo, es necesaria la certificación ISO para obtener la certificación del producto.
- El mercadeo de productos en Europa. ISO 9000 es ampliamente aceptada en las naciones que comprenden la unión europea. Se está convirtiendo en un requisito de hecho para efectuar negocios dentro de la región comercial.
- Obtención de una ventaja competitiva. Muchos clientes utilizan el registro ISO como base de selección de sus proveedores. Empresas que no lo tuvieran pueden quedar en desventaja en el mercado.

A principios de 1993 sólo aproximadamente 550 localizaciones empresariales en Estados Unidos estaban certificadas. En comparación, en el Reino Unido se habían certificado 20,000 empresas. Al llegar 1997, Estados Unidos tenía más de 12,000 registros, aunque Europa tenía más de 200,000.

Sin embargo, ISO 9000 ha sido objeto de bastante controversia. Muchos están ahora cuestionando su utilidad. La unión europea ha solicitado que se reduzca la insistencia en el registro ISO 9000, citando el hecho de que las empresas están más preocupadas por "pasar la prueba" que por enfocar sus energías a procesos de calidad. Se están debatiendo nuevas políticas de calidad. El gobierno australiano ha dejado de solicitar el registro ISO 9000 para contratos del gobierno. El Business Review Weekly de Australia observó que en negocios pequeños y medios, su reputación sigue deteriorándose. Algunos negocios pequeños han quedado prácticamente destruidos por la tarea de implementar costosos y oficiosos sistemas de aseguramiento de la calidad ISO 9000 que tienen muy poca relación con su negocio.

ISO 9000 y los criterios Baldrige

Debido a toda la publicidad que rodea al premio Baldrige y a ISO 9000, han ocurrido muchas faltas de comprensión. Dos confusiones comunes son que el premio Baldrige y el registro ISO 9000 cubren requerimientos similares, y que ambos abordan la mejora de los resultados.

En realidad, el premio Baldrige y el ISO 9000 son instrumentos claramente distintos, que pueden reforzarse el uno al otro si se utilizan correctamente. La tabla que se muestra a continuación compara las diferencias claves entre ellos. ISO 9000 es un pequeño subconjunto de Baldrige. Los criterios Baldrige van mucho más allá de ISO 9000, que no se ocupa directamente de la mejora continua y de la satisfacción del cliente. La mayoría de las normas ISO entran en la categoría de administración de procesos de Baldrige. Muchas empresas están utilizando los criterios del premio Baldrige y de ISO 9000 de manera compatible, a veces de manera secuencial y otras en forma simultánea.

	Programa de premios Baldrige	Registro ISO 9000
Enfoque	Competitividad; valor para el cliente y desempeño operativo	Cumplimiento con prácticas especificadas en el sistema de calidad propio del registrante
Propósito	Educativo; comparte el aprendizaje de la competitividad	Proporciona una base común para asegurar a los compradores que las prácticas específicas cumplen con los sistemas de calidad declarados por los proveedores
Definición de calidad	Impulsado por el cliente	Cumplimiento de las operaciones y especificaciones a los requerimientos documentados
Mejoras/resultados	Mucha dependencia de los resultados y de la mejora	No evalúa resultados orientados a los resultados o tendencias de mejora
Papel en el mercado	Una forma de reconocimiento, pero que no pretende ser un apoyo de productos o certificación	Da a los clientes seguridad de que el proveedor registrado tienen un sistema de calidad documentado y lo sigue
Naturaleza de la evaluación	Un proceso de revisión en cuatro etapas	Evaluación del manual de calidad y los documentos de trabajo y auditorías en el lugar de trabajo para asegurar el cumplimiento de las prácticas aseguradas
Retroalimentación	Retroalimentación de diagnóstico en el procedimiento, difusión y resultados	Retroalimentación de auditoría sobre discrepancias y descubrimientos relacionados con las prácticas y con la documentación
Mejora de los criterios	revisión anual de los criterios	Revisiones del documento de 1987 emitidas en 1994, enfocadas en aclaraciones
Responsabilidad para compartir la información	A los ganadores se les exige que compartan las estrategias de la calidad	Ninguna obligación de compartir la información
Calidad en el servicio	Excelencia en el servicio, una preocupación principal	Las normas enfocadas a procesos repetitivos, sin un enfoque en problemas críticos de la calidad en el servicio, como es la administración de las relaciones con los clientes y el desarrollo de los recursos humanos
Ámbito de cobertura	Todas las operaciones y procesos de todas las unidades de trabajo; incluye todos los requerimientos ISO 9001	Cubre solamente el diseño/desarrollo, producción, instalación y servicio; aborda menos del 10% de los criterios Baldrige
Requerimientos de documentación	No especificados en estos criterios	Un requerimiento central de auditoría
Auto evaluación	Uso principal de los criterios en el área de las prácticas de mejora	Las normas principalmente para "situaciones de contrato" u otras auditorías externas

QS-9000

Hacia fines de 1994, los tres grandes fabricantes de automóviles —Ford, Chrysler y General Motors— publicaron QS-9000, una interpretación y ampliación de ISO 9000 para proveedores de la industria automotriz. QS-9000 es un esfuerzo en colaboración de estas empresas a fin de estandarizar sus necesidades individuales de calidad y al mismo tiempo aprovechar las normas mundiales ISO. Algunos fabricantes de camiones —Mack Trucks, Freightliner, Navistar International, PACCAR Inc, y Volvo GM— también participaron en este proceso. El objetivo era desarrollar sistemas básicos de calidad que busquen la mejora continua, con énfasis en prevenir los defectos y reducir las variaciones y el desperdicio en la cadena de suministro. Esta calidad normalizada reduciría el costo de los negocios con los proveedores y mejoraría la posición competitiva tanto de los fabricantes de automóviles como de sus proveedores. QS-9000 es aplicable a todos los proveedores internos y externos de componentes y materiales de producción y de servicio. Chrysler, Ford, GM y los fabricantes de camiones requerirán que todos los proveedores establezcan, documenten e implementen sistemas de calidad que se basen en estas normas de acuerdo con programas específicos de sus clientes.

QS-9000 está basado en ISO 9000, e incluye todos sus requerimientos. QS-9000, sin embargo, va más allá de las normas ISO 9000, al incluir requerimientos adicionales, como procesos para la mejora continua, para la capacidad de manufactura y para la aprobación de componentes de producción. QS-9000 no sólo dice lo que debe hacerse, sino también cómo hacerlo. Muchas de las ideas de los criterios del Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige quedan reflejadas en QS-9000.

Por ejemplo, en responsabilidad gerencial (primer elemento de las normas ISO), el estándar requiere que las empresas utilicen un plan de negocios completo, formal y documentado, y que desarrollen a la vez metas y planes a corto y a largo plazos en el análisis de productos competitivos e información sobre benchmarking, y que revisen y corrijan el plan, según sea apropiado. La norma también requiere la existencia de métodos para determinar las expectativas actuales y futuras de los clientes, junto con un proceso objetivo y válido para recolectar información, y un proceso de determinación de la satisfacción del cliente.

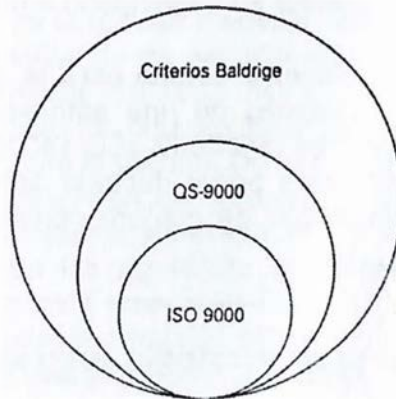
La empresa también debe documentar las tendencias en la calidad, en el desempeño operacional (productividad, eficiencia y eficacia, y en los niveles de calidad actuales para características claves de los productos y servicios), y compararlos con los correspondientes de la competencia y/o de benchmarking apropiados, para medir el progreso hacia objetivos generales del negocio.

También en comparación con la competencia y con los resultados del benchmarking, las tendencias en la satisfacción del cliente y los indicadores claves de falta de satisfacción del cliente deben documentarse y apoyarse mediante información objetiva, y revisarse por la gerencia general. La redacción resulta prácticamente idéntica a la que se encuentra en los criterios del premio Baldrige.

Además, el registro QS-9000 requiere demostrar eficacia en el cumplimiento del propósito de las normas, en vez del simple "hágalo tal y como lo documenta". Por ejemplo, en tanto ISO 9000 requiere "un mantenimiento adecuado del equipo para asegurar una capacidad continua en los procesos" bajo control de los procesos, QS-

9000 pide que los proveedores identifiquen los equipos claves de los procesos y aporten recursos adecuados para su mantenimiento y desarrollen un sistema total planeado de mantenimiento preventivo eficaz. El sistema deberá incluir un procedimiento que describa las actividades planeadas de mantenimiento, el mantenimiento programado y los métodos de predicción del mantenimiento. También, están incluidos en las normas amplios requisitos para la vigilancia de los procesos de documentación, las instrucciones del operador y los requisitos de capacidad, y desempeño de los procesos.

Finalmente, existen requerimientos adicionales, que corresponden específicamente a los proveedores de Ford, Chrysler y General Motors. Por tanto, el registro bajo las normas QS-9000 también dará el registro ISO 9000, pero las empresas certificadas por ISO deben cumplir con requerimientos adicionales QS-9000 para obtener la certificación QS. La siguiente figura muestra la relación entre Baldrige, ISO 9000 y QS-9000. Se puede encontrar información adicional en <http://www.asq.org/standcert/9000.html>.



Los tres grandes fabricantes de automóviles han decidido que sus proveedores de nivel 1 obtengan la certificación QS-9000, o se arriesguen a perder el negocio. Chrysler había establecido como plazo de vencimiento julio 31 de 1997; el plazo de General Motors era diciembre 31 de 1997. Ford no requiere un registro QS formal; sin embargo, para estar certificado como QI los proveedores deben cumplir con los requerimientos de QS. En agosto de 1997, General Motors anunció que los proveedores que no estuvieran certificados para la fecha de vencimiento no serían elegibles para licitar en nuevos negocios con General Motors. Los proveedores de Chrysler sin plan para obtener la certificación serían colocados en "espera".

ISO 14000

Como observamos en el capítulo 6, la responsabilidad pública es un aspecto importante del sistema de liderazgo de cualquier organización. Igual que las normas ISO 9000, la serie de normas ISO 14000 se estableció en 1996 para dar a todas las industrias una estructura para un sistema de administración ambiental, que asegure que todos los procesos operativos sean consistentes y eficaces, y alcancen los objetivos ambientales de la organización. Finalmente, la serie incluirá 20 normas por separado, que cubrirán todo, desde la auditoría ambiental hasta la identificación ambiental, así como una

evaluación de los ciclos de vida de los productos. La norma le dirá a una organización cómo deberá establecer un sistema para cumplir con los objetivos del entorno que satisfagan los requerimientos legales y reglamentarios, para funcionar de acuerdo con sus propios procedimientos, y auditar para asegurar el cumplimiento y una mejora continua. La norma se basa en cinco principios:

1. Una empresa debe definir una política ambiental y asegurar un compromiso con su sistema de administración ambiental.
2. Una empresa debe formular un plan para alcanzar sus políticas ambientales.
3. Una empresa debe desarrollar las capacidades y mecanismos de apoyo necesarios para lograr sus políticas, objetivos y metas ambientales.
4. Una empresa debe medir, supervisar y evaluar su desempeño ambiental.
5. Una empresa debe revisar y mejorar continuamente su sistema de administración ambiental, con el objetivo de mejorar su desempeño ambiental general.

ISO 14000 proporciona un procedimiento común para la administración ambiental en todo el mundo, y refuerza la capacidad de una empresa para mejorar y medir su desempeño ambiental. A diferencia de ISO 9000, ISO 14000 no requiere de registro por terceras personas. Sin embargo, para poder declarar adherencia a las normas, una empresa debe ser capaz de demostrar de manera objetiva que ha cumplido con los requerimientos.

12.4 Implementación de una estrategia total sobre la calidad

Toma tiempo recorrer el camino hacia la excelencia en la calidad y en el desempeño. Por ejemplo, en Armstrong Building Products Operations, desde 1983 la evolución de la calidad ha tenido varias fases:

Fase I (1983-1985)

- Compromiso para intentar
- Sistema Philip Crosby
- Equipos de mejora de la calidad

Fase II (1985-1990)

- Mejora de los procesos
- Planes de la calidad añadidos a los planes del negocio
- Administración de la calidad de los proveedores

Fase III (1989-1992)

- La visión definida con claridad
- Empowerment a los empleados; organización más horizontal
- Uso de los criterios Baldrige para autoevaluación

Fase IV (1991-1994)

- Liderazgo en productos y servicios
- Solicitud del premio Baldrige (ganador en 1995)
- Resultados empresariales

Fase V (1994-actual)

- Proceso de cambio de alto desempeño
- Estrategias empresariales "no negociables"
- Lograr valores para los empleados, clientes y accionistas

De manera similar, ADAC Laboratorios empezó su procedimiento en la calidad total en 1991, estableciendo la práctica del benchmarking respecto a otras organizaciones líderes, formando un comité de la calidad mensual, desarrollando un compromiso para la satisfacción del cliente, invirtiendo en servicio en el campo y diseñando un nuevo proceso de planeación estratégica. En 1992, ADAC adoptó su visión, inició reuniones semanales de la calidad, adoptó los criterios Baldrige y efectuó una autoevaluación, y reforzó incentivos y premios sobre la calidad. Durante 1993, se difundieron ampliamente los criterios Baldrige, se establecieron benchmarking en todas las áreas, se iniciaron programas de capacitación completos y sistemáticos, y se supervisó el desempeño de la calidad bisemanalmente. En los siguientes dos años, se introdujo la difusión de políticas, se afinó el procedimiento empresarial ADAC con base en la calidad total y principios mutuos de aprendizaje, la empresa se enfocó a agregar valor a las personas, las mejoras por adelantos tecnológicos se convirtieron en una prioridad, y ADAC se abocó al registro ISO 9000.

El papel de los empleados

Tres jugadores claves para la implementación de la calidad total son la gerencia general, gerencia media y la fuerza de trabajo. Cada uno de ellos desempeña un papel decisivo. Los gerentes generales deben asegurar que sus planes y estrategias se ejecutan con éxito dentro de la organización. Los gerentes medios aportan el liderazgo mediante el cual la visión de la gerencia general se traduce a las operaciones de la organización. Al final, la fuerza de trabajo entrega la calidad, y, para que la calidad total tenga éxito, debe sentir no sólo empowerment sino también propiedad.

Gerencia general

Muchas organizaciones hoy día se encuentran en un vacío de liderazgo, porque el entorno ha cambiado con mayor rapidez de lo que ellos podrían haber imaginado. Sus estilos de liderazgo no están a la par, y se encuentran atrás en procedimientos que resultaron "suficientemente buenos" para sus predecesores, pero que hoy día resultan inadecuados.

En un amplio proyecto de investigación, Henry Mintzberg estudió gerentes que tenían autoridad formal y que definían 10 papeles gerenciales que los líderes deben ejecutar o desempeñar. Estos papeles son (1) cabeza, (2) líder, (3) enlace, (4) supervisión, (5) difusor, (6) portavoz, (7) empresario, (8) manejador de conflictos, (9) asignador de recursos, y (10) negociador. Mintzberg declaró que la importancia de cada uno de estos papeles es contingente a factores de entorno y organizacionales que deben abordar los gerentes que deben dirigir. Estas contingencias incluyen los entornos ambientales de la industria de la organización, su edad y tamaño, el nivel organizacional al cual opera el líder, y la porción de la organización (por ejemplo, centro operativo, estructura técnica o estructura de apoyo) en la cual el líder reside. Por ejemplo, en una empresa farmacéutica, donde abunda la reglamentación gubernamental y la necesidad de una protección constante de la "imagen ética" de la calidad, el líder más elevado de la gerencia debe utilizar una enorme cantidad de tiempo como figura, enlace y portavoz. En una fundación pequeña, de propiedad familiar, con un historial de inquietud laboral, el director ejecutivo tendería a utilizar mucho más tiempo como empresario, manejador de conflictos y negociador, a fin de desarrollar un producto y una imagen de calidad.

Las responsabilidades de los gerentes senior incluyen las tareas siguientes:

1. Asegurarse de que la organización se enfoca a las necesidades del cliente.
2. Hacer descender en cascada la misión, visión y valores de la organización en toda ella.
3. Identificar los procesos vitales que necesitan atención y mejora.
4. Identificar los recursos e intercambios que deben hacerse para proporcionar fondos a la actividad de la calidad total.
5. Revisar los avances y eliminar cualquier barrera que sea identificada.
6. Mejorar los macroprocesos en los cuales están involucrados, tanto para mejorar el desempeño del proceso como para demostrar su capacidad de utilizar herramientas de calidad para la solución de problemas.

Estas responsabilidades requieren un compromiso de tiempo que a veces se percibe que lo toma de otras responsabilidades. Sin embargo, si los gerentes senior reconocen que la administración de la calidad es simplemente buena administración del negocio, entonces es menos probable que encuentren conflictos.

Gerencia media

Leonard Sayles, veterano asesor e investigador del liderazgo, observó que tradicionalmente no se ha esperado que los gerentes medios sean líderes, sino más bien guardianes de principios generalmente aprobados de administración (GAMP). GAMP descansa en hipótesis y prácticas sancionadas por el tiempo:

- Metas y tecnologías de trabajo claras y fijas
- Apoyarse en grupos centralizados de especialistas
- Enfoque en las cifras, como el cumplimiento de metas presupuestales
- Ser tan autónomo como sea posible e ignorar el sistema de trabajo
- Delegar tanto como sea posible y administrar únicamente por resultados
- Separar en categorías los problemas de las personas y los problemas tecnológicos

Sayles sugiere que GAMP ya no funciona. Los principios probablemente eran eficaces en organizaciones simples y estables, y en entornos de negocios de hace 30 o 40 años. Los papeles de liderazgo decisivos en un entorno rápidamente cambiante de los negocios de hoy día involucran coordinación, desarrollo de la tecnología, integración de sistemas y de procesos y mejora continua. La coordinación involucra asegurar que estrategias y planes se realicen verdaderamente en los niveles operativos de la empresa. En el pasado, los empleados necesitaban dirección en la forma de instrucciones precisas de qué hacer y cómo hacerlo. Hoy día, los gerentes se encuentran supervisando el avance, difundiendo información y sugerencias entre personal asesor y de línea local y distante y expertos exteriores, y actuando como portavoces dentro y fuera de la empresa. El desarrollo de la tecnología requiere que los gerentes estén continuamente revisando el entorno para estar conscientes de desarrollos tecnológicos que pueden amenazar o mejorar la operación de la empresa. La integración de sistemas y procesos significa optimizar el sistema para alcanzar metas estratégicas, como el servicio al cliente, y utilizar herramientas de medición de la calidad y mejora continua.

Muchas personas han culpado a la gerencia media de ser un obstáculo directo a la creación de un entorno de apoyo a la calidad total. Debido a su posición en la empresa, los gerentes medios han sido acusados de alimentar la competencia territorial y obstaculizar el flujo de la información; también se les ha culpado de no desarrollar y/o preparar a los empleados para el cambio. Poco deseosos de tomar la iniciativa que contribuya a una mejora continua, los gerentes medios parecen estar amenazados por continuos esfuerzos de mejora. Sin embargo, el papel de la gerencia media en la creación y mantenimiento de una cultura de la calidad total es vital. Los gerentes medios mejoran los procesos operativos, que son los cimientos de la satisfacción del cliente. Pueden conseguir o destruir la cooperación y el trabajo en equipo; y son el principal medio a través del cual la fuerza de trabajo restante se prepara para el cambio.

La transformación de los gerentes medios en agentes del cambio requiere de un proceso sistemático, que va borrando las fronteras tradicionales de la gerencia, reemplazándolas con un estado de responsabilidad, con empowerment y orientado a los equipos, para el desempeño organizacional. Este proceso involucra:

1. Empowerment: Los gerentes medios deben ser responsables del desempeño de la organización en el cumplimiento de los objetivos.
2. Creación de una visión común de excelencia: Esta visión a continuación se transforma en factores vitales de éxito que describen áreas claves de desempeño relacionadas con la satisfacción de los clientes internos y externos.
3. Nuevas reglas para jugar el juego organizacional: Deben romperse fronteras territoriales y ceder a un espíritu de trabajo en equipo. Los gerentes de hoy día deben asumir el papel de instructores. Un procedimiento nuevo es la "responsabilidad entrelazada", en la cual los gerentes se hacen responsables el uno al otro de su desempeño. Otro es "representación de equipo", en el cual cada uno de los gerentes es responsable de representar con precisión las ideas y decisiones del equipo hacia otros fuera del mismo.
4. Implementación de un proceso de mejora continua: Estos proyectos deberán mejorar sus sistemas y procesos operativos.
5. Desarrollo y conservación de los mejores ejecutantes: Los gerentes medios deben identificar y desarrollar a los líderes futuros de la organización.

Los gerentes medios deben también exhibir un comportamiento que sea de apoyo a la calidad total, como escuchar a los empleados como si fueran clientes, crear un entorno de trabajo positivo, implementar con entusiasmo las mejoras de la calidad, retando a las personas a que desarrollen nuevas ideas y alcancen su potencial, estableciendo metas desafiantes proporcionando una retroalimentación positiva, así como dando seguimiento a las promesas. Estos cambios a veces resultan difíciles de aceptar para los gerentes medios. La amenaza percibida proveniente de una fuerza de trabajo con empowerment, que suele conducir a organizaciones más horizontales, verdaderamente es un problema serio que las organizaciones deben enfrentar.

La fuerza de trabajo

Si la calidad total no ocurre en el nivel de la fuerza de trabajo, no ocurrirá de ninguna manera. La fuerza de trabajo implementa las políticas de la calidad, y esta tarea requiere de la propiedad, la que va más allá del empowerment; da al empleado el derecho de tener una voz para decidir lo que se debe hacer y cómo hacerlo, se basa en la creencia de que lo que es bueno para la organización es también bueno para el individuo, y viceversa. En Westinghouse, los trabajadores definen la propiedad como "aceptar la responsabilidad personal de nuestros puestos... para asegurar que cumplimos o excedemos las normas de nuestros clientes, así como las nuestras propias. Creemos que la propiedad es un estado mental y del corazón, caracterizada por un compromiso personal y emocional para enfrentarse a toda decisión y tarea con la confianza y liderazgo de un propietario". Los equipos autodirigidos son una forma de propiedad.

Una mayor propiedad requiere compartir más la información con la fuerza de trabajo, y un compromiso en relación con la fuerza de trabajo tanto en los tiempos buenos como en los malos. Como vimos antes en este capítulo, Wainwright Industries fomenta la confianza y la fe en cada uno de sus asociados. Su proceso de mejora continua involucra a todos y está impulsado por sus asociados. A pesar de que Wainwright no puede garantizar trabajo para todos los días de la vida, su compromiso hacia la seguridad en el puesto se basa en la filosofía de que la capacitación y el desarrollo que da Wainwright a sus empleados los hace muy empleables y comerciales, incluso en el caso de que la empresa tuviera que sufrir dificultades financieras. Con este tipo de compromiso, la empresa puede desarrollar más fácilmente la lealtad y el compromiso necesarios en la fuerza de trabajo, ya que conjuntamente luchan para aplicar los principios de la calidad total.

Relaciones sindicato-gerencia

En Estados Unidos, un obstáculo importante en la implementación de la calidad total ha sido la relación tradicional adversaria entre sindicatos y gerencia. Por ejemplo, en 1986 General Motors introdujo una idea de equipos para la mejora de la calidad en Van Nuys, California, que apenas fue aprobada mediante voto de los miembros del sindicato, con sólo 53% de apoyo. Desde entonces, la oposición ha trabajado oponiéndose al concepto. En muchos casos, la gerencia debe compartir con el sindicato la responsabilidad en el trabajo, como socios iguales. Tanto sindicato como gerencia desempeñan papeles importantes en la calidad total.

El papel de los sindicatos es primero reconocer la necesidad de modificar sus relaciones con la gerencia, y entonces educar a sus miembros sobre la forma en que la cooperación afectará a la organización. Esta información incluye lo que podrían esperar sus miembros, y cómo podrían cambiar las condiciones de trabajo y de la seguridad en el puesto. El sindicato debe seleccionar con cuidado los miembros de este programa y mantener una actitud positiva. Las iniciativas de la calidad total deben mantenerse separadas de las negociaciones colectivas.

La gerencia debe darse cuenta de que para mejorar la calidad y alcanzar los retos impuestos por la competencia, son necesarias las habilidades y conocimientos de todos los empleados. La gerencia debe estar dispuesta a desarrollar una relación de trabajo más cercana con el sindicato y estar lista a resolver las preocupaciones del sindicato y cultivar la confianza.

Ambos lados deben recibir capacitación en comunicación y habilidades para la solución de problemas. Sindicato y gerencia deben tener una igual representación en los comités. En este tipo de esfuerzos, los asesores externos pueden desempeñar un papel importante como facilitadores y mediadores.

12.5 Mantenimiento de la organización de calidad

A veces parece fácil iniciar, en comparación con conservar un enfoque en la calidad. Se encuentran numerosas barreras y retos organizacionales que obstruyen el camino. Por lo general, los nuevos esfuerzos son iniciados con gran entusiasmo, debido en parte a la simple novedad del mismo. Después de algún tiempo, se vuelve a la realidad, y empiezan a aparecer las dudas, se desarrollan verdaderos problemas cuando los que al principio apoyaban empiezan a cuestionar el proceso. Llegado a este punto, la organización se puede resignar a un fracaso inevitable, o persistir y buscar superar los obstáculos. La conservación de la calidad total requiere tanto comprender la razón por la cual en algunas organizaciones fallan los esfuerzos de la calidad, como la habilidad de convertirse en una "organización en aprendizaje".

Barreras a la implementación

En las organizaciones existen numerosas barreras para implementar con éxito la calidad total. Algunas provienen de la estructura fundamental de los negocios estadounidenses, que tienen su origen en los principios de Adam Smith del siglo XVIII de la división del trabajo y su refuerzo durante la era de la administración científica de Frederick Taylor. Aunque en su momento fueron bastante apropiados y en el pasado contribuyeron a éxitos económicos, estos principios ya no son suficientes. Japón, en contraste, edificó su sistema gerencial o administrativo basado en las enseñanzas de Deming, Jurán, Drucker y otros filósofos empresariales modernos, cuyo enfoque se apoyaba en los principios fundamentales de la calidad total.

Una razón del fracaso de la calidad total es la carencia de lo que Deming llamaba "constancia de propósito" en su primera versión de sus 14 puntos. Las personas que implementan las iniciativas de la calidad tienen a veces metas y prioridades en conflicto. Por ejemplo, el gerente general de un gran contratista electrónico para la defensa publicó un gran programa de calidad, y a continuación se sumergió en resolver los

ingresos en descenso y los despidos dentro de la unidad. La calidad no llegó a sitio alguno. En Florida Power and Light, John J. Hudiburg presionó fuertemente para poder alcanzar el premio Deming, pero creó una gran burocracia, en la cual la moral se vino al suelo cuando trabajadores y gerentes tuvieron que compilar cientos de páginas de análisis. El nuevo director ejecutivo redujo el alcance del esfuerzo de la calidad. Otras empresas intentan continuamente poner en práctica las modas más recientes, sólo para olvidarse de ellas después de un breve tiempo a favor de algo distinto. Esto genera una cantidad increíble de cinismo de parte de la fuerza de trabajo. Una organización debe tener un entendimiento claro sobre por qué se está embarcando en un esfuerzo de la calidad total, y por qué debe mantenerse en foco. Ciertos errores se cometen de manera repetida. Algunos de los errores más comunes incluyen los siguientes:

1. La calidad total se considera como un "programa", a pesar de la retórica, que podría decir lo contrario.
2. No se obtienen resultados a corto plazo, lo cual hace que la gerencia pierda interés —con frecuencia, o bien no se hace intento alguno de obtener resultados a corto plazo, o la gerencia cree que los beneficios medibles ocurren únicamente en el futuro distante.
3. El proceso no está impulsado por un enfoque al cliente, una conexión a temas estratégicos del negocio, y por un apoyo de la gerencia general.
4. Elementos estructurales, dentro de la organización, bloquean el cambio —como por ejemplo los sistemas de compensación, los sistemas de promoción, los sistemas contables, políticas y procedimientos rígidos, especialización y funcionamiento y símbolos de estatus como oficinas y distinciones.
5. Se establecen metas demasiado reducidas. La gerencia no busca objetivos óptimos ni utiliza como meta los benchmarking externos.
6. La cultura organizacional se conserva como de "ordenar y controlar" y es impulsada por el miedo o por jugar juegos, presupuestos, programas o burocracia.
7. La capacitación no se aborda adecuadamente. Se le ofrece muy poca capacitación a la fuerza de trabajo o podría ser del tipo equivocado, como por ejemplo capacitación sol en aula, o si no un enfoque en herramientas y no en problemas. La capacitación debe concordar con la estrategia y las necesidades del negocio, de manera que no sea considerada como frívola.
8. El enfoque es principalmente a los productos y no a los procesos.
9. Se da muy poco empowerment y no se apoya en acciones.
10. La organización tiene demasiado éxito y es complaciente; no es receptiva al cambio y al aprendizaje, y se aterra al síndrome: "aquí no fue inventado".
11. La organización no aborda tres preguntas fundamentales: ¿Es éste otro programa? ¿Qué me va a tocar a mí? ¿Cómo puedo hacer todo esto, aparte de lo demás?
12. La gerencia senior no está comprometida, personal y visiblemente, y participando activamente.
13. Un exagerado énfasis en equipos de problemas interfuncionales, lo que conduce a olvidar los esfuerzos individuales de mejoras locales.
14. Los empleados operan bajo la creencia de que siempre es deseable tener más información, independientemente de su importancia —"parálisis por el análisis".
15. La gerencia no reconoce que la mejora de la calidad es una responsabilidad personal, en todos los niveles de la organización.
16. La organización no se visualiza a sí misma como un conjunto de procesos interrelacionados que conforman el sistema general. Tanto los procesos individuales como el sistema general necesitan identificarse y comprenderse.

Aunque esta lista es extensa, de ninguna manera es exhaustiva; refleja la falta de madurez que muchas empresas exhiben al intentar implementar la calidad total. La calidad total requiere un nuevo conjunto de habilidades y aprendizaje, incluyendo una concientización y aptitud interpersonal, la formación de equipos, alentar la apertura y la confianza, escuchar, dar y obtener retroalimentación, participación en grupo, solución de problemas, aclaración de las metas, solución de los conflictos, delegación e instrucción, empowerment, y una mejora continua como forma de vida. El proceso debe iniciarse creando un conjunto de sentimientos y de actitudes que lleven a valores duraderos y a un compromiso organizacional. Debe desarrollarse planeando una estrategia de la calidad total a largo plazo. Finalmente, a través de capacitación, retroalimentación continua y comunicaciones abiertas, así como empowerment debe convertirse en una realidad.

Quizás el fracaso más significativo que se encuentra en la mayoría de las organizaciones es la falta de orientación entre las expectativas que aparecen de los procesos de cambio de la calidad total y los sistemas de premiación. Aunque tratamos este tema anteriormente, ignorar la pregunta ¿y qué hay para mí en esto? puede destruir —y ha destruido en muchos casos— cualquier esfuerzo de la calidad total. No se puede dejar de insistir en la importancia de la psicología como uno de los componentes del conocimiento profundo de Deming.

Los esfuerzos de la calidad total deben llevar al logro de resultados extraordinarios en los negocios. Sin embargo, una iniciativa de la calidad de éxito no garantiza un éxito financiero. (Muchos dicen que, sin embargo, sin ella, finalmente una empresa estará destinada al fracaso.) Muchas empresas no prestan suficiente atención al rendimiento financiero de las inversiones relacionadas con la calidad. El rendimiento financiero no sólo demuestra cuando la corrección está yendo en la dirección correcta de los esfuerzos, sino que también puede ayudar a identificar cambios y mejoras que deben realizarse antes de quedarse en una trayectoria o camino equivocado durante demasiado tiempo.

Por ejemplo, el presidente del consejo de AT&T recibe un reporte trimestral de cada unidad empresarial que describe las mejoras de la calidad y su impacto financiero. Una prescripción para implementar la calidad dentro de una organización con un enfoque en el rendimiento sobre la calidad fue descrita en Business Week:

1. Inicie con un procedimiento eficaz de la calidad. Las empresas que no tienen los fundamentos, como por ejemplo los procesos y controles de inventario y otros bloques constructivos, encontrarán difícil obtener un rendimiento sano de la calidad.
2. Calcule el costo de las iniciativas actuales de la calidad. Los costos de las garantías de la prevención de problemas y de las actividades de supervisión todos ellos cuentan. Mida todos éstos contra el rendimiento por entregar un producto o servicio al cliente.

3. Determine cuáles son los factores claves que retienen a los clientes y qué los aleja. Lleve a cabo encuestas al detalle. Pronostique cambios en el mercado, especialmente la calidad e iniciativas de nuevos productos por parte de la competencia.
4. Enfóquese en esfuerzos de la calidad que tengan la mayor probabilidad de mejorar la satisfacción del cliente, a un costo razonable. Encuentre alguna vinculación entre cada dólar gastado en la calidad y su efecto en retención del cliente y penetración en el mercado.
5. Ponga en función procedimientos de éxito después de hacer ensayos piloto de los esfuerzos más prometedores, eliminando aquellos que no causen un fuerte impacto. Supervise cuidadosamente los resultados. Vaya creando fama publicando historias de éxito.
6. Mejore continuamente los esfuerzos de la calidad. Mida los resultados contra las ganancias previstas. Tenga cuidado de las iniciativas de la competencia, y no tenga duda en modificar sus procedimientos de manera correspondiente. La calidad no descansa jamás.

La organización en aprendizaje

Los psicólogos sugieren que los individuos pasan por cuatro etapas de aprendizaje:

1. Ineptitud inconsciente: Usted no sabe que no sabe.
2. Ineptitud consciente: Usted se da cuenta de que no sabe.
3. Aptitud consciente: Usted aprende, pero con un esfuerzo consciente.
4. Aptitud inconsciente: El desempeño se obtiene sin esfuerzo.

Muchas empresas de Estados Unidos languidecieron en la etapa 1, hasta que en la década de 1980 una llamada de clarín a la calidad las despertó. Desafortunadamente, conforme muchas organizaciones pasan a la etapa 1, tienden a fusilar al mensajero y a rehusarse a aceptar el estado de ineptitud. Esta actitud se puede explicar reconociendo que las organizaciones tienen componentes tanto estáticos como dinámicos. Si existen las organizaciones para estructurar el trabajo de grupos de personas, entonces debe esperarse que generen algún producto tangible o que den algún servicio. La parte estática de la organización se supone que debe documentar, regularizar y mantener los requerimientos racionales del trabajo mediante procesos, políticas, procedimientos, reglas y comunicaciones relativamente estables sobre los cuales todos, por lo menos de manera tácita, están de acuerdo y al mismo tiempo dependen de ellos. La parte estática de una organización, por lo tanto, de manera inherente, se resiste al cambio.

Sin embargo, las organizaciones son también entidades dinámicas. Los gerentes deben considerar el componente dinámico, a fin de enfrentarse a la falta de estabilidad en el entorno, a planes imperfectos, a la necesidad de innovación y al deseo humano normal de variedad y de cambio. El grado de dinamismo de las organizaciones es moderado por factores como cultura, liderazgo, aprendizaje y vínculos entre personas y estructuras.

Por lo tanto, la cultura y la estructura organizacional deben diseñarse a fin de apoyar la dirección establecida hacia la cual la organización se está moviendo, y modificarse cada vez que dicha dirección cambie de manera significativa.

Los gerentes, especialmente aquellos que no comprenden la naturaleza del liderazgo, a menudo dudan en efectuar los cambios organizacionales necesarios conforme su crecimiento, aún cuando la necesidad del cambio resulte obvia. Esta, para pasar de manera repetida a través de las cuatro etapas del aprendizaje, se incorpora a una idea conocida como la organización en aprendizaje.

El concepto del aprendizaje organización no es nuevo. Tiene sus raíces en la teoría general de los sistemas y en la dinámica de los sistemas desarrollados en las décadas de 1950 y 1960, así como en las teorías del aprendizaje, provenientes de la psicología organizacional Peter Senge, profesor del Massachusetts Institute of Technology (MIT), se ha convertido en el principal propulsor del movimiento de la organización en aprendizaje. Define la organización en aprendizaje de la siguiente forma:

... una organización que está expandiendo de manera continua su capacidad de crear su futuro. Para esta organización, no es suficiente simplemente sobrevivir. "El aprendizaje de supervivencia" o lo que más a menudo se conoce como "el aprendizaje adaptativo" es importante; de hecho, necesario. Pero para una organización en aprendizaje "el aprendizaje adaptativo" debe estar apoyado por "un aprendizaje generador", un aprendizaje que mejore nuestra capacidad de creación.

El marco conceptual subyacente a esta definición requiere comprender e integrar muchos de los consejos y principios que forman parte de la filosofía de la calidad total. Senge observa de manera repetida: "A la larga, un desempeño superior dependerá de un aprendizaje superior". Lo que quiere decir es que, a la larga, las organizaciones no pueden contar en tener éxito, si sólo tienen líderes comprometidos y para la planeación estratégica y la difusión de políticas que utilizan principios de la calidad total, que practican la calidad total en su operación cotidiana, y que la utilizan para la mejora continua del proceso actual. Estas actividades podrían ser identificadas como "calidad total de primera generación". La claves para el desarrollo de organizaciones en aprendizaje, según Senge, es un nuevo procedimiento para el liderazgo.

En lugar del procedimiento adaptativo al aprendizaje (calidad total de primera generación), los líderes deben utilizar un procedimiento generador, previendo constantemente necesidades de clientes, hasta el punto de determinar qué productos y servicios verdaderamente valuarán, pero que nunca han experimentado y nunca pensarán en solicitar. Los líderes deben desarrollar la capacidad de integrar el pensamiento creativo y la solución de problemas en toda la organización. En las palabras de Walter Wriston, anterior director ejecutivo de Citibank: "La persona que encuentra la manera de controlar el genio colectivo de las personas de su organización mandará a volar a la competencia". Finalmente, los líderes de las organizaciones en aprendizaje deben ayudar a las personas a reestructurar su visión de la realidad. En vez del enfoque tradicional de reaccionar a eventos y responder a tendencias históricas, los líderes deben fomentar y modelar tomas de decisión con base en la comprensión de las causas de los eventos y del comportamiento subyacente a las tendencias, a fin de efectuar cambios positivos al sistema. Por lo tanto, las mejoras reales (calidad total de segunda generación) sólo pueden llevarse a cabo comprendiendo las causas raíz, en vez de tratar los síntomas.

Garvín critica a Senge y a otros por no aportar un marco de trabajo operativo para la implementación de una organización en aprendizaje (algo que Senge intenta corregir en otros libros). Garvín define a la organización en aprendizaje como:

... una organización que es hábil en la creación, adquisición y transferencia de conocimientos, y en modificar su comportamiento a fin de reflejar nuevos conocimientos y capacidades.

Curiosamente, Garvín observa que el simple intentar cambiar y hacer mejoras no es suficiente. Por lo que empresas como General Motors, que están intentando, pero fracasan en efectuar cambios significativos, no se han convertido todavía en organizaciones en aprendizaje diestras. Asimismo, colegios y universidades, que saben y enseñan lo relativo a la calidad total, pero no ponen en práctica las ideas para mejorar sus propios procesos de enseñanza, investigación y administración, no están exhibiendo características de organizaciones en aprendizaje. Las empresas que están exhibiendo con éxito estas características incluyen a Honda, Coming y General Electric.

Mediante una administración activa del proceso de aprendizaje, se han vuelto hábiles en la creación, adquisición y transferencia del conocimiento y en la modificación del comportamiento de sus empleados y de otros colaboradores de sus empresas.

Garvín apunta que las organizaciones en aprendizaje deben convertirse en buenas para realizar cinco actividades principales, incluyendo: "Solución sistemática de problemas, experimentación con nuevos procedimientos, aprendizaje de sus propias experiencias e historial, aprender de experiencias y mejores prácticas de terceros y transferir el conocimiento rápido y eficientemente por toda la organización". Virtualmente, todas estas habilidades han sido definidas como términos de la calidad total, con los mismos significados básicos que Garvín sugiere:

- Kaizen—Mejora continua de la calidad
- Diseño experimental
- Revisión Santayana
- Benchmarking
- Difusión y "conservación de las ganancias"

Ningún aspecto en particular funciona bien para todos. Aunque a algunos entusiastas de la calidad total les gustaría declarar que todos los aspectos de la calidad total son universales y aplicables a todas las organizaciones, todas las empresas experimentarán sus propias limitaciones específicas, en lo que pueden conseguir por la vía de la implementación de prácticas de la calidad total.

Sitkin y otros propusieron que existe una clara distinción entre los conceptos de los que ellos llamaron "control de la calidad total" (TQC, por sus siglas en inglés) y "aprendizaje de la calidad total" (TQL, por sus siglas en inglés), vea la siguiente tabla.

Perceptos TQM compartidos	Principios derivados de perceptos comunes	
	Principios orientados al control (TQC)	Principios orientados al aprendizaje (TQL)
Satisfacción del cliente	Supervisar y evaluar las necesidades conocidas del cliente	Buscar nuevos clientes, necesidades o temas
	Establecer Benchmarking para comprender mejor las necesidades existentes del cliente	Probar las definiciones de necesidades del cliente
	Responder a las necesidades del cliente	Estimular nuevas definiciones y niveles de necesidades del cliente
Mejora continua	Explotar habilidades y recursos existentes	Explorar nuevas habilidades y recursos
	Incrementar el control y la confiabilidad	Incrementar el aprendizaje y la tolerancia
Tratamiento de la organización como un sistema total	Aprendizaje de primer orden Enfoque de mejora en la participación	Aprendizaje de segundo orden Enfoque de mejora por la diversidad

Decían que las prácticas TQC aplicadas a los preceptos de la calidad de satisfacción del cliente, de la mejora continua y del tratamiento de la organización como un sistema resultan en un sistema tradicional de control cibernético cerrado. Un sistema de control en lazo cerrado tiene una norma, una forma de medir el desempeño real en comparación con el estándar, retroalimentación sobre las variaciones entre lo real y lo estándar, y alguna manera de modificar el sistema. El procedimiento TQL, en contraste, aplica prácticas a los preceptos en forma de sistema abierto, que está orientado experimentalmente, más que por control. Los autores decían que los aspectos de control de TQC son apropiados para entornos estables y rutinarios, donde ocurren operaciones repetitivas (como la manufactura o la entrega de servicios en altos volúmenes).

El entorno que contenga operaciones innovadoras muy inciertas (como la producción de semiconductores de diseño nuevo, o los departamentos de investigación o ingeniería) requerirían de un enfoque TQL, que fuera orientado experimentalmente y tolerante a los errores, a fin de inventar con éxito nuevos productos y procedimientos. Su teoría sugiere que las prácticas de implementación de la calidad total necesitan modificarse, a fin de adecuarse a diversos factores de entorno y de contexto, como la etapa del ciclo de vida del producto, la industria en la cual opera la empresa, y el nivel de educación y capacitación de la fuerza de trabajo. Verdaderamente, el reporte antes analizado en este capítulo de las mejores prácticas de Ernst & Young confirmó la importancia de explorar factores contingentes a la implementación de prácticas de la calidad total.

Quizás los mejores ejemplos de organizaciones en aprendizaje son los ganadores Baldrige. En la búsqueda de los esfuerzos de la calidad total que los condujeron finalmente al premio, han traducido en mejoras continuas y sistemáticamente la retroalimentación del examinador. Un vicepresidente del Group del Defense Systems & Electronics Group (DS&E) de Texas Instruments notó que "la participación en el proceso del premio Baldrige energizó esfuerzos de mejora". Para 1997, justo antes de su adquisición por Raytheon, DS&E había reducido el número de defectos en proceso a la décima parte de la cifra en el momento en que ganó el premio Baldrige. Los procesos

de producción, que unos cuantos años antes tomaban cuatro semanas, se habían reducido a una semana, con costos inferiores en 20 a 30 por ciento.

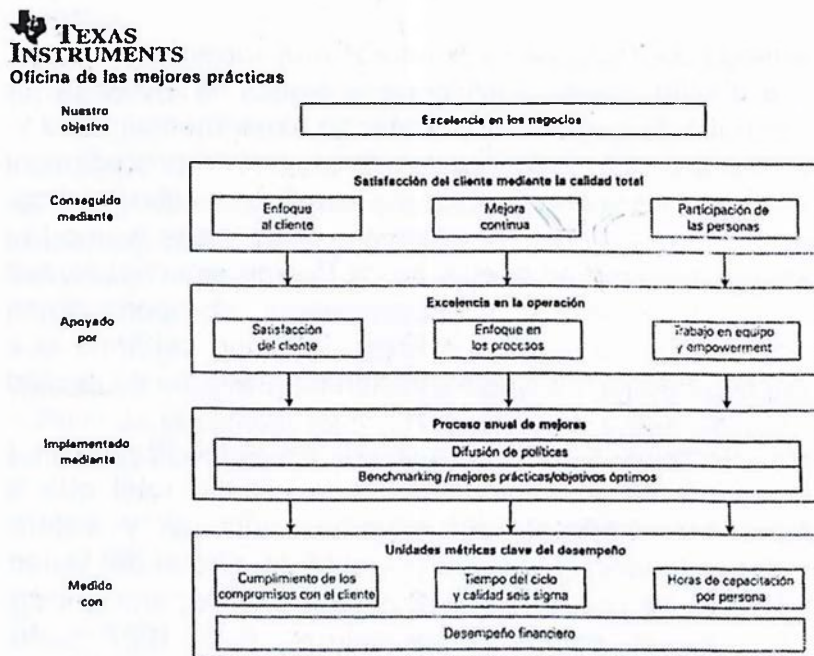
En 1994, Texas Instruments Corporation lanzó el estándar de excelencia empresarial TI (TI- BEST, por sus siglas en inglés), un proceso de evaluación y mejora que evolucionó a partir de la experiencia del premio Baldrige de DS&E. El proceso se aplica a los negocios TI en todo el mundo. Los cuatro pasos de TI-BEST son:

- 1) Definir la excelencia empresarial para su negocio
- 2) Evaluar su progreso
- 3) Identificar oportunidades de mejora
- 4) Establecer y difundir un plan de acción

Este proceso proporciona un procedimiento sistemático para el aprendizaje y la mejora, y beneficia a la organización por:

- Proporcionar un marco que liga los esfuerzos entre sí
- Proporcionar un vehículo para identificar las mejores prácticas
- Proporcionar una estructura para compartir los conocimientos y los métodos y técnicas de aprendizaje, utilizados por otros para hacer mejoras
- Permitir que los empleados hablen el mismo lenguaje de la calidad, incrementando así la comunicación y la orientación organizacional hacia metas comunes
- Fomentar el trabajo en equipo en toda la empresa
- Mejorar la capacidad de medir mejoras mediante la documentación de los procesos, y de los resultados
- Proporcionar un proceso para acelerar la mejora en toda la organización.
- Involucrar a todos los empleados en una mejora continua hacia un benchmarking de clase mundial

El enfoque TI completo a la excelencia empresarial, que se despliega en las paredes de los salones de reunión de toda la organización, se resume en la siguiente figura.



En este modelo se logra la excelencia empresarial mediante los tres principios centrales de la calidad total. Esto está apoyado por un enfoque a la excelencia operacional mediante el logro de la satisfacción del cliente con procesos y equipos de trabajo y empowerment.

Desde 1991, Solectron Corporation ha crecido de una sola localización en California con 2,000 personas a 18 localizaciones en todo el mundo, en las que emplea casi 20,000 personas. En 1997, Solectron se convirtió en el primer ganador por segunda vez del premio Baldrige. La finalidad de volver a ser candidato era "perpetuar ese enfoque del cumplimiento Baldrige en todo el mundo... El valor importante es mover la disciplina una muesca hacia arriba —hacer que todo el mundo se involucre 100% y hacer que los empleados vean a los gerentes implementar los procesos de la calidad de manera todavía más disciplinada". A través de su enfoque en ciclos repetidos de evaluación y mejora, los criterios Baldrige ayudan a desarrollar organizaciones en aprendizaje verdaderas, por lo que proporcionan el medio para mantener una organización de calidad.

Muchas otras empresas aprenden de los ganadores Baldrige. Scott McNealy, director ejecutivo de Sun Microsystems, por ejemplo, invitó a tres directores ejecutivos de ganadores Baldrige (FedEx, Motorola y Xerox) a visitar su empresa para analizar sus procesos de la calidad. De estas reuniones provinieron los principios centrales y las estrategias que Sun utiliza hoy día.

Las lecciones claves aprendidas por Sun fueron:

- La calidad debe elevarse a "proceso central de la administración".
- La calidad debe ser el primer punto de la agenda en toda reunión de la gerencia ejecutiva y del consejo.
- La calidad sólo se puede administrar si es medida.
- La calidad empieza con el empleado.
- El logro de la calidad debe ser un factor en las compensaciones.

Al explicar este procedimiento, McNealy observó que: "Sun se fundó como empresa en 1982, aproximadamente en el momento que Xerox estaba iniciando su proceso de liderazgo mediante la calidad. Deseábamos aprender todo lo que pudiéramos sobre lo que funcionaba y lo que no funcionaba, antes de empezar a resolver problemas que habían sido resueltos antes".

RESUMEN

- Las empresas adoptan la calidad total para reaccionar ante las amenazas competitivas o para aprovechar oportunidades percibidas. En la mayoría de los casos, son las amenazas las que han proporcionado el incentivo para la acción y para cambiar la cultura de la empresa. Una adopción exitosa de la calidad total requiere estar listo para el cambio, prácticas y estrategias de implementación sólidas y una organización eficiente.
- Es necesario modificar la cultura corporativa, si la calidad total ha de enraizarse en una organización. El cambio resulta más fácil cuando la gerencia tiene una visión clara, un enfoque hacia los clientes y a la mejora continua, una sólida medición, una orientación interfuncional y una elevada moral de los empleados.

- El diseño de una infraestructura organizacional eficiente requiere la comprensión de las mejores prácticas, un sistema de aseguramiento de la calidad orientado a los procesos y un proceso para una evolución continua hacia prácticas administrativas de alto rendimiento. La mayoría de las organizaciones de éxito han desarrollado sus propios procedimientos únicos para implementar la calidad total.
- La autoevaluación proporciona un punto de partida para iniciar un esfuerzo hacia la calidad. Las mejores prácticas dependen del nivel de desempeño. Las empresas de bajo desempeño deben limitarse a lo fundamental, como, por ejemplo, la simplificación de los procesos, la capacitación y el trabajo en equipo; en tanto que las de elevado desempeño pueden beneficiarse usando como benchmarking a las organizaciones de clase mundial y procedimientos más avanzados.
- La serie ISO 9000 de normas internacionales de sistemas de calidad proporciona un marco para un sistema básico de aseguramiento de la calidad y un sólido punto de partida para lograr la calidad total. Se pretende que las normas proporcionen confianza a los clientes en el sentido de que los proveedores cumplirán con sus requerimientos, aunque no dan ninguna garantía de la calidad de los bienes y servicios y han sido fuentes de gran controversia. La mayor parte de ISO 9000 entra en la categoría de administración de los procesos de Baldrige. QS-9000, requerido por los principales fabricantes de automóviles estadounidenses, incluye todos los requisitos de ISO, pero también se basa en muchos de los criterios Baldrige. ISO 14000, una serie de normas ambientales, está empezando a tener cada vez mayor aceptación en todo el mundo.
- Todos los empleados tienen un papel en la implementación de la calidad total. Los gerentes senior deben guiar o dirigir el esfuerzo y proporcionar los recursos; los gerentes medios deben actuar como agentes del cambio, para asegurarse de que se cumplan las metas estratégicas; y la fuerza de trabajo debe asumir responsabilidad personal para que ocurran. Los sindicatos deben desempeñar su parte en asegurar el bienestar de la organización y trabajar en cooperación con la gerencia.
- Las organizaciones se encuentran con numerosas barreras para una implementación de éxito. Las empresas necesitan identificar estas barreras y evitar los errores comunes que ahogan los esfuerzos de la calidad, particularmente la falta de orientación entre expectativas y sistemas de premios, así como ignorar el impacto financiero de los esfuerzos de la calidad total.
- Las organizaciones deben seguir aprendiendo y adaptándose a los entornos cambiantes. El aprendizaje es un aspecto clave de los criterios Baldrige; por lo tanto, no es sorprendente que los ganadores Baldrige hayan demostrado una mejora continua y la capacidad de cambiar exitosamente.

CASOS

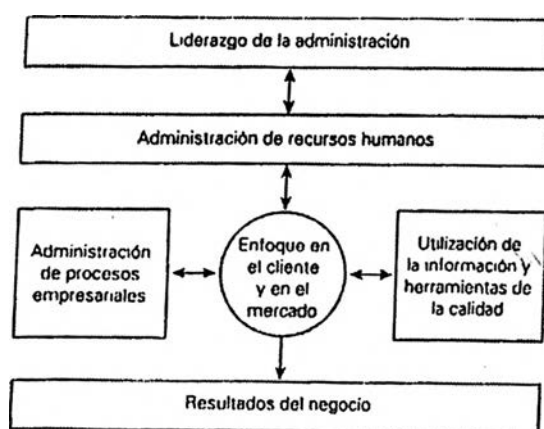
Caso 1. XEROX 2000: MANTENIMIENTO DEL LIDERAZGO A TRAVÉS DE LA CALIDAD

La Xerox Corporation se recuperó notablemente en su competitividad global. David Keams, el director ejecutivo que ayudó a diseñar el éxito del cambio de posición de

Xerox, como su sucesor, Paúl Allaire, se dieron cuenta de que el establecimiento del liderazgo a través de la calidad como parte de la cultura corporativa era sólo el primer paso vital en la carrera "sin línea de meta" de la calidad total. Conforme Xerox transformó su visión de empresa a "empresa de los documentos" a principios de la década de 1990, efectuó algunos cambios radicales en su organización y en su sistema de liderazgo. Además de modificar la estructura organizacional, Xerox actualizó el procedimiento de liderazgo a través de la calidad que era la base del éxito de su cambio de posición. En 1994, Allaire delineó la estrategia para Xerox 2000. Xerox ha utilizado el término "estrategia de reafirmación" para reiterar el hecho de que la empresa respaldaba firmemente el plan básico de liderazgo a través de la calidad, pero que eran necesarios ajustes para ampliar el concepto de un procedimiento básicamente estratégico a uno que integre mejor la calidad total en todos los aspectos de la operación y áreas del negocio. Xerox identificó dos objetivos vitales: un crecimiento redituable de los ingresos y una productividad de clase mundial.

La vinculación de la calidad con la mejora de la productividad no formaba parte de la estrategia inicial del liderazgo a través de la calidad. Los líderes razonaban que las mejoras de la calidad basadas en equipo conducirían de manera inevitable a mejores resultados empresariales, lo que probó ser cierto. Sin embargo, a fin de mantenerse competitivos en los años venideros, una mejora gradual no es suficiente; Allaire dijo que deben alcanzarse mejoras cuánticas, y que para lograrlo la empresa está determinada a utilizar procesos de calidad.

Xerox utiliza más de 60 iniciativas específicas de mejora de los procesos, programas de participación de empleados y herramientas de calidad para administrar su negocio. También utiliza una gama de políticas y procedimientos empresariales, esfuerzos de intensificación de la calidad y benchmarking. Estos elementos han sido integrados en Xerox 2000. Para comunicar lo anterior de manera sencilla, Xerox creó el modelo de administración Xerox (véase la siguiente figura).



El modelo es una caja de herramientas para todos los empleados de Xerox, la cual contiene todo lo necesario para dirigir la empresa. También ha sido descrito como un modelo de administración holística, porque aborda todos los aspectos del trabajo: planeación, creación, dirección, administración, cambios, organización, comunicación, aprendizaje y premios.

A continuación se describen estas seis categorías:

1. Liderazgo de la administración. La administración de Xerox expone un enfoque al cliente, exhibe un comportamiento de papel modelo, establece objetivos a largo plazo y objetivos anuales claros, establece fronteras estratégicas y permite un entorno de empowerment para lograr una productividad y resultados empresariales de clase mundial.
2. Administración de los recursos humanos. La administración de Xerox guía, motiva, desarrolla y da empowerment a las personas para que puedan alcanzar su pleno potencial. Todos los empleados son personalmente responsables de aprender de manera continua y de adquirir las habilidades requeridas para lograr los objetivos del negocio y mejorar continuamente la productividad para los clientes y para Xerox.
3. Administración de los procesos empresariales. Los procesos empresariales están diseñados para ser impulsados por el cliente, para ser interfuncionales, y se basen en valor; crean conocimientos, eliminan desperdicios y abandonan trabajos no productivos, lo que resulta en una productividad de clase mundial y niveles más elevados de servicio percibidos por los clientes.
4. Utilización de la información y herramientas de calidad. La administración basada en los hechos es dirigida por la administración de línea. Se obtiene a través de una información precisa y oportuna y por la aplicación disciplinada y una amplia utilización de herramientas de calidad.
5. Enfoque al cliente y al mercado. El negocio está definido por los clientes actuales, pasados y posibles. Xerox reconoce y crea mercados identificando patrones de necesidades del cliente. Al prever y satisfacer totalmente estas necesidades mediante la creación de valor para el cliente, Xerox logra los resultados de su negocio.
6. Resultados empresariales. Los resultados empresariales se determinan por el desempeño de Xerox en las primeras cinco categorías.

La estructura del modelo refleja la estructura de la empresa. El liderazgo de la administración está en la parte superior, mostrando que el compromiso y el liderazgo de la gerencia guían todas las demás actividades. La flecha que sale de y va al liderazgo de la administración destaca la importancia de una comunicación abierta y honesta y con retroalimentación de los empleados. Los demás componentes se organizan alrededor del enfoque al cliente y al mercado. Como lo explicó Allaire: "Todo lo que hacemos empieza y termina con el cliente". Las flechas entre secciones representan a los clientes internos y externos de Xerox y a los mercados que se sirven.

Allaire espera que los empleados de Xerox utilicen el modelo para definir procesos, papeles individuales y responsabilidades en las revisiones periódicas de la operación; para instruir y capacitar a los empleados; para las reuniones gerenciales; para introducir nuevas iniciativas empresariales; para la identificación de benchmarking y buenas prácticas internas; así como para una cimentación de la evaluación y certificación del negocio. Utilizando una nueva estrategia como guía, Xerox está preparando a su personal a hacer crecer los resultados empresariales del negocio, su productividad y el desempeño de la calidad.

Temas claves para el análisis

1. ¿En qué formas es el modelo de administración de Xerox similar a la estructura Baldrige? ¿En qué formas difiere?

2. Analice algunos de los temas que Xerox tendrá que abordar en la implementación del nuevo modelo a través de su vasta organización; por ejemplo: ¿Qué tipos de capacitación podría requerir? ¿De qué manera se podría utilizar la tecnología de las computadoras en combinación con el modelo?

Caso 2. WORLD-WIDE APPLIANCES

World-Wide Appliances (WWA) diseña, fabrica y vende grandes enseres domésticos de cocina —refrigeradores, lavadoras, secadoras y lavavajillas— para los mercados estadounidense e internacional. WWA tiene plantas en Durham, Carolina del Norte; Birmingham, Alabama; y San Luis, Missouri. Todas las actividades de diseño están centralizadas en Durham. La planta de Birmingham tiene aproximadamente 2,500 empleados y opera dos turnos completos, produciendo todos los años aproximadamente 750,000 refrigeradores para varias marcas privadas. El mercado internacional está creciendo con rapidez y forma una parte importante de la estrategia de WWA. Sin embargo, las ventas domésticas siguen representando la mayoría de los ingresos.

La planta de Birmingham está trabajando actualmente a fin de obtener el registro ISO 9002. Una de las motivaciones para certificarse en ISO 9002 es modernizar sus operaciones europeas. En el pasado, se embarcaban los refrigeradores para empresas de instalación en Europa, que los modificaban para que cumplieran con los requerimientos eléctricos locales. Cualquier certificación necesaria para vender los productos en Europa era obtenida por la empresa de adaptación. WWA pensaba embarcar unidades correctamente configuradas directamente a los distribuidores en Europa. El registro ISO podía ser un medio para obtener esta ventaja comercial.

Ninguno de los empleados de la planta en Birmingham se opone directamente al esfuerzo de registro. Sin embargo, muchas personas no comprenden por qué necesitan hacer ciertas cosas requeridas por las normas. El gerente de la calidad al cual se ha asignado la responsabilidad para el esfuerzo de registro, Harold Glenn, no siente suficiente apoyo del nivel superior. Los gerentes del nivel de grupo que tomaron la decisión de buscar el registro se han retirado y lo han dejado a cada localización individual. Debido a su falta de participación, la gerencia de la planta de nivel superior no lo percibe como de elevada prioridad. Una falta de apoyo de parte de la gerencia llevó a una falta general de apoyo del equipo de auditoría interna.

Aunque el trabajo que se realiza en la planta es muy intenso en mano de obra, pocos procedimientos de manufactura están escritos formalmente. Glenn siente que la mayor parte del trabajo será necesario hacerlo en las áreas de calibración de galgas, la retención de registros y en los sistemas de acción correctiva. Glenn no está seguro de si debe utilizar asesores externos para ayudar a la planta a prepararse para el registro. Si no lo hace, siente que tendrá que iniciar un esfuerzo importante de capacitación para los empleados internos. Actualmente se está formando una estructura interna de auditoría y el plan requiere que dos veces al año se haga una auditoría interna de todas las áreas. La planta planea utilizar una técnica de "empaquetamiento" para auditar cada una de las áreas de la planta. En vez de auditar toda la organización a la vez, la planta

se dividirá en áreas pequeñas; por ejemplo, la operación de inyección de espuma. Todos los requerimientos se auditarán en cada área utilizando un pequeño grupo de auditores. Los resultados se agruparán para obtener una evaluación general de la planta. Las pequeñas auditorías ocurrirán de manera continua de acuerdo con un programa de auditoría. Harold espera tener por lo menos 50 empleados capacitados como auditores internos, para poder rotar las responsabilidades entre muchas personas.

Preguntas para el análisis

1. ¿Qué criterios deberá utilizar Harold para decidir si debe utilizar asesores externos? Si no utiliza asesores externos, ¿qué tipos de capacitación deberá considerar para los empleados de la planta?
2. Evalúe la técnica de auditoría en "paquetes" propuesta. ¿Qué ventajas o desventajas tendrá?

Caso 3. LA PARÁBOLA DEL CÉSPED VERDE

Una nueva empresa de bienes raíces tiene lotes de tierra apisonada y maleza, pero no tiene césped. Dos vecinos hacen una apuesta sobre cuál será el primero en tener un césped lozano. El señor Fast N. Furious sabe que no crecerá césped sin semillas de pasto, por lo que inmediatamente va y compra las semillas más costosas que puede encontrar, ya que todo el mundo sabe que la calidad aumenta con el precio. Además, con su apuesta recuperará el costo de las semillas. Después, se sumerge hasta las rodillas en su maleza y lanza las semillas sobre todo su terreno. Confiado en que ha ganado la partida a su vecina, que no parece haber progresado mucho, empieza su siguiente proyecto.

La señora Slo N. Steady, habiéndose criado en el campo, se dedica a limpiar el terreno, a voltear la tierra, e incluso a modificar la pendiente del terreno para conseguir un mejor drenaje. Verifica el pH de la tierra, aplica eliminador de hierba y fertilizantes, y a continuación distribuye uniformemente las semillas de pasto, utilizando un rociador. Aplica un recubrimiento de estiércol y riega el césped correctamente. Termina varios días después que su vecino, quien le pregunta si está dispuesta a aceptar la derrota. Después de todo, él ya tiene algunas matas de pasto creciendo.

El señor Furious se anima al ver unos cuantos matojos de pasto que nacen. Aunque estas islas verdes y pequeñas están mejor desarrolladas que el césped apenas naciente de la señora Steady, están rodeadas por claros y por maleza. Si él puede proteger estas islas, razona, se dispersarán a todo el resto del terreno. Nota que el césped de su vecina es más uniforme y realmente está empezando a crecer. Lo atribuye a los hijos de Steady, que riegan el césped todas las noches. Como no desea parecer que imita a su vecina, el señor Furious instruye a sus hijos para que rieguen su césped, pero a medio día.

El riego a medio día resulta perjudicial, por lo que decide fertilizar lo que le queda de césped. Ya que desea compensar las pérdidas causadas por el riego a medio día, aplica el fertilizante a una tasa doble de la recomendada. La mayoría de las manchas de

césped que se libran de quemarse debido al fertilizante son, sin embargo, ahogadas finalmente por la maleza.

Después de ganar la apuesta con el señor Furious, la señora Steady descansa en la terraza, disfrutando su nuevo asador, mismo que pagó con el dinero de la apuesta. Su césped requiere de un mantenimiento mínimo, por lo que tiene tiempo de ocuparse en adornar el jardín. La combinación del césped y plantas también da como resultado un premio de un comité de vecinos, que determina que su césped es un verdadero lugar de exhibición. El señor Furious sigue trabajando en su césped. Culpa del mal desempeño a la incapacidad de sus hijos de regar correctamente el césped, a una semilla de césped que no está de acuerdo con las especificaciones, a la luz solar insuficiente y a un terreno defectuoso. Declara que su vecina tiene una ventaja injusta y que su éxito se basa en condiciones únicas en su pedazo de tierra. Considera la pérdida como muy injusta; después de todo, está ocupando más tiempo y dinero en su césped de lo que ocupa la señora Steady.

Sigue quejándose sobre lo costoso que resultan las semillas y cuánto tiempo necesita para mover el aspersor de un lado a otro en los cuantos pocos islotes de césped restantes que siguen creciendo. Pero el señor Furious piensa que las cosas le saldrán mejor el año que viene, ya que planea instalar un sistema automático de riego por aspersión y hará una apuesta de doble contra nada con la señora Steady.

Preguntas para el análisis

1. Dentro del contexto de las luchas continuadas para la creación de un césped de "clase mundial" y un negocio de "clase mundial" indique las analogías entre los eventos, cuando se implementa la calidad total.
2. Específicamente, traduzca los problemas descritos aquí en lenguaje empresarial. ¿Cuáles son las barreras de implementación para conseguir la calidad total?

Caso 4. EQUIPTO, INC.

Equipto, Inc., división de una corporación de Fortune 500, está ubicada en el Medio Oeste. La Industrial Motor División (IMD) fabrica unidades de motor que forman parte de un paquete de instalación para sistemas industriales de gran escala. La empresa tiene dos competidores importantes en Estados Unidos y varios más en el extranjero. Aunque su penetración en el mercado ha mostrado una ligera disminución, Equipto sigue siendo el segundo en penetración en el mercado en Estados Unidos y el primero en el mundo.

Hace tres años, la gerencia había previsto la necesidad de adoptar una filosofía de la calidad total. Con gran fanfarria a nivel corporativo se desplegó el programa de la calidad total, conocido como "La calidad o si no..." Pronto fue conocida por sus iniciales QOE, es decir quality or else. Apareció un escepticismo inicial dentro de varias divisiones respecto a si ese tipo de programa ayudaría a detener el avance de los competidores de Equipto, especialmente a una empresa japonesa de crecimiento rápido, que recientemente había anunciado planes de instalar una planta en Estados Unidos. Sin embargo, un gerente de producción entusiasta de nivel medio, Bob Green, con mucha creatividad así como credibilidad, fue nombrado pronto director de división de la calidad total. Él tenía una visión de la calidad impulsada por las personas, pero tenía pocos conocimientos de los detalles del control estadístico de los procesos (SPC),

ya que su preparación era en las artes liberales. También a su nivel estaba un director de división de aseguramiento de la calidad, Harry Rule, que estaba muy comprometido en las técnicas de control estadístico de los procesos, SPC tradicionales y tenía muchos años de experiencia de control de calidad en la empresa. Tanto los gerentes como el personal asesor consideraban a Rule como un genio estadístico. Aunque hablaba bien respecto a adoptar la calidad total, el empowerment, el trabajo en equipo y el escuchar a la voz del cliente y otras retóricas, actuaba algo condescendentemente hacia cualquiera que no fuera su igual en control estadístico de los procesos, SPC.

Después de una planeación inicial realizada por Creen, Rule y un asesor externo, el programa QOE fue difundido con tres días de capacitación a la gerencia general — guiados por la empresa asesora externa— en la filosofía y técnicas de la calidad total a nivel corporativo. Todos los gerentes generales corporativos y divisionales (el director ejecutivo, los vicepresidentes corporativos, los presidentes y vicepresidentes divisionales y unas pocas personas asesoras seleccionadas) se incluyeron en la sesión de capacitación ejecutiva.

Esta capacitación de la calidad total descendió en cascada a través de las divisiones, de manera que todos los empleados recibieron de dos a cinco días de capacitación. Gran parte de la capacitación se llevó a cabo en el lugar de trabajo, mediante facilitadores en cada una de las plantas de todas las divisiones. Las divisiones podían elegir la profundidad de la capacitación en técnicas de control estadístico de los procesos, y se les animaba a contratar asesores locales, que los ayudaran en esa fase del desarrollo. Después de la "capacitación inicial" se iniciaron equipos de Equipto, Inc., de tal manera que los empleados pudieran empezar a practicar sus habilidades recién aprendidas. Estas actividades consumieron prácticamente todo el primer año del proceso.

Durante el segundo año, la empresa empezó a ver algunos resultados. Empezó a desaparecer el escepticismo de los empleados, que había sido un problema de importancia en la fuerza de trabajo sindicalizada de primer nivel, debido a tres factores:

1. Reconocimiento de equipos y miembros de equipos que habían conseguido algunos resultados significativos. Un proyecto que se terminó después de un estudio de nueve meses mostró ahorros en el papel de \$100,000.
2. El entusiasmo de Bob Green, director divisional de la calidad total. Recorrió todas las plantas de la división para tamborilear la calidad cada tres o cuatro meses.
3. El énfasis en los aspectos de las relaciones humanas de la calidad, que decía poco de control estadístico de los procesos, de las normas o del análisis cuantitativo de los procesos de producción.

Sin embargo, se había dado poca capacitación a los gerentes medios de las divisiones sobre la manera de manejar una fuerza de trabajo "con empowerment", por lo que se sintieron relegados del proceso y dejados fuera de las actividades de los equipos.

Equipto y su IMD estaban en problemas al principio del siguiente año fiscal. Aunque los equipos de Equipto habían funcionado bien a lo largo de un año, y tenían participando aproximadamente 20% de la fuerza de trabajo asalariada, nada tangible parecía ocurrir. Aparentemente, un cambio de posición cíclica estaba ocurriendo, y la empresa estaba luchando para obtener cualquier tipo de negocio al cual recurrir. Los gerentes medios y

los supervisores de línea sintieron presión de producir resultados inmediatos. La presión se extendió hacia arriba y hacia abajo de la línea. Green y Rule en las oficinas centrales corporativas empezaron a cuestionar los compromisos del otro hacia la calidad total, lo que llevó a la especulación sobre la iniciación de una importante guerra interna. Green estaba convencido que más capacitación de los gerentes medios podría ayudar a que se pudiera voltear la esquina de la calidad. Rule estaba igualmente convencido de que se necesitaba más hincapié en el control estadístico de los procesos, en todos los niveles de la división.

La IMD había sido la división con mayor éxito de todas en Egipto con la implementación de la calidad total. La mayoría de las personas en las plantas de IMD estaban en algún equipo, y se acababa de formar un equipo de personal de oficinas del departamento de contabilidad. Los ahorros estimados durante el primer año de operación del equipo fueron de \$200,000 (incluyendo el proyecto que había ahorrado \$100,000). Dado que sólo se habían gastado aproximadamente \$40,000 en costos directos con el desarrollo del programa de calidad total, todo mundo creyó que la calidad total daba un rendimiento bastante bueno.

Para mitad del año, la gerencia general anunció que la empresa había sufrido la mayor pérdida trimestral de su historia. Los gerentes de división fueron informados de que tenían que reducir gastos en 15%. Bob Green renunció para aceptar un puesto en otra empresa, y Harry Rule fue nombrado vicepresidente corporativo de la calidad, con todas las fases de la calidad total y del aseguramiento de la calidad bajo su dirección. Las divisiones no recibieron ningunas directrices específicas en programas o proyectos de la calidad total, pero muchos pensaron que los cambios representaban la muerte del programa de calidad enfocado a los empleados. Otros decidieron simplemente esperar y ver, y otros empezaron a revisar sus currícula.

Preguntas para el análisis

1. Analice la forma en que se lanzó el programa de la calidad total. ¿Pudo haberse hecho de manera diferente, y quizás mejor?
2. ¿Cuáles son los pros y los contras de la capacitación anticipada (capacitación antes de iniciado ningún proyecto) en comparación con capacitación justo a tiempo (capacitación que se lleva a cabo de manera concurrente con el desarrollo de los proyectos)? ¿Piensa usted que se habrá perdido algo de impulso porque los empleados se capacitaron antes que fueran enviados a trabajar en los proyectos?
3. ¿Cuándo y de qué manera debe introducirse el control estadístico de los procesos, a los empleados en los niveles operativos de la empresa? ¿Era tiempo para que lo hiciera Egipto, o había pasado ya la oportunidad?
4. ¿Es posible que la calidad total sea un éxito, y al mismo tiempo que la empresa no sea redituable o aun peor? ¿Qué ocurrió en la historia reciente de los ganadores del premio Baldrige sobre este particular?
5. ¿Qué debe hacer la empresa respecto a su proceso de la calidad total? ¿olvidar el programa, mantener el mismo interés, o cambiar a un enfoque de control estadístico de los procesos? ¿Por qué?

BIBLIOGRAFÍA

AT&T Quality Steering Committee.

Batting 1000: Using Baldrige Feedback to Improve Your Business.
AT&T Bell Laboratories (1992).

AT&T Quality Steering Committee.

Quality Manager's Handbook.
AT&T Bell Laboratories (1990).

Bums/ T. y G. M. Staiker.

The Management of Innovation.
Londres: Tavistock, 1961.

Coud, Daña M.

"The Function of Organizational Principles and Process", en Quality Control and Reliability Management

ASQC Education and Training Institute. Milwaukee: ASQC, 1969, 6-1 a 6-3.

Emery, F. E., E. L. Trist y J. Woodward.

Management and Technology.
London: Her Majesty's Stationery Office/1958.

Kukia, R. E.

"Organizing a Manufacturing Improvement Program."
Quality Progress (noviembre de 1983), 28.

Rue, L. W. y L. Byars.

Management Theory and Application, 4a. ed.
Homewood, IL: Richard D. Irwin, 1986.

Lawrence, P.R. y J. W. Lorsch.

"Organization and Environment".

Boston: Harvard University, Division of Research,
Graduate School of Business Administration, 1967.

Niven, Daniel.

"When Tunes Get Tough, What Happens to TQM?"
Harvard Business Review (mayo/junio de 1993), 20-33.

Profile of ISO 9000.

Needham Heights, MA:
Allyn and Bacon, 1992.

Schmidt, Warren H. y Jerome P. Finnigan.

A Race Without a Finish Line.
San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1992.

Sinha, Madhav N. y Walter W. O. Willbom.
The Management of Quality Assurance.
Nueva York: John Wiley & Sons, 1985.

Whalen M. J. y M. A. Rahim.
"Common Barriers to Implementation and Development of a TQM Program"
Industrial Management 36, no. 2 (marzo/abril de 1994), 19-22.

CAPITULO 13

CONFIABILIDAD

OBJETIVOS

- Conocer el concepto y definición básica acerca de la confiabilidad, como la podemos medir
- Conocer acerca de la función y predicción de confiabilidad en diferentes sistemas
- Conocer diversas técnicas de la ingeniería de la confiabilidad
- Conocer los pasos para administrar la confiabilidad

CAPITULO 13

CONFIABILIDAD

Confiabilidad es la capacidad que tiene un producto de desempeñarse tal y como se espera durante su tiempo de vida, y es una de las dimensiones principales de la calidad.

En los años 70s, los automóviles japoneses alcanzaron gran participación en el mercado principalmente con base en su gran confiabilidad. Conforme sigue mejorando la calidad general de los productos, los consumidores esperan mayor confiabilidad en cada compra; simplemente no quedan satisfechos con productos que fallan inesperadamente. Sin embargo, la complejidad creciente de los productos modernos hace que la alta confiabilidad sea más difícil de lograr. En la manufactura, la automatización creciente, la complejidad de las máquinas, los bajos márgenes de utilidad y la competitividad basada en tiempo hace que la confiabilidad de los procesos de producción sea un tema vital para la supervivencia de las empresas.

La American Society for Quality (ASQ) tiene un programa de certificación para la ingeniería de la confiabilidad. ASQ define a un ingeniero de confiabilidad certificado como:

"... un profesional que puede comprender y aplicar los principios de la evaluación y predicción del desempeño para mejorar la seguridad, confiabilidad y capacidad de mantenimiento de productos y sistemas. Su conjunto de conocimientos y de tecnologías aplicadas incluyen, pero no están limitadas, la revisión y control de diseño; la metodología de predicción, estimación y aprovisionamiento; el modo de fallas; la planeación, operación y análisis de las pruebas de confiabilidad y fallas en el campo, incluyendo modelado matemático; la comprensión de factores humanos en la confiabilidad; el conocimiento y capacidad de desarrollar y administrar sistemas de información de confiabilidad para el análisis de las fallas; la mejora del diseño y desempeño, y la administración de programas de confiabilidad durante el ciclo de vida del producto".

13.1 Conceptos y definiciones básicas

Igual que la calidad, a menudo la confiabilidad se define de una manera "trascendente" similar a un sentido de confianza en la capacidad que tiene un producto para desempeñarse satisfactoriamente o resistir la falla. Sin embargo, la confiabilidad es un tema que requiere de un tratamiento más objetivo y cuantitativo. Formalmente, la confiabilidad es probabilidad de que un producto, pieza de equipo o sistema lleve a cabo su función pretendida durante un período definido de tiempo, bajo las condiciones de operación especificadas. Esta definición tiene cuatro elementos de importancia: Probabilidad, tiempo, desempeño y condiciones de operación.

En el primero, la confiabilidad se define como una probabilidad, esto es, como un valor entre 0 y 1; por lo tanto, se trata de una medición numérica con un significado preciso.

Por lo general, la confiabilidad se expresa como un porcentaje simplemente para fines descriptivos.

El segundo elemento de la definición es el tiempo. Claramente, un dispositivo con una confiabilidad de 0.97 durante 1,000 horas de operación es inferior a uno que tenga la misma confiabilidad pero durante 5,000 horas de operación, suponiendo que la misión del dispositivo sea tener una vida larga.

El desempeño es el tercer elemento y se refiere al objetivo para el que se fabricó el producto o sistema. Se utiliza el término falla cuando no se cumplen las expectativas de desempeño de la función pretendida. Así, pueden ocurrir dos tipos de falla: falla funcional, al inicio de la vida del producto, debido a defectos en la manufactura o en los materiales, tales como una conexión faltante o un componente defectuoso, y una **falla de confiabilidad** después de un cierto período de uso.

El componente final de la definición de confiabilidad son las condiciones de operación, que involucran el tipo y cantidad de uso, y el entorno en el cual se utiliza el producto.

Definiendo el entorno de un producto, sus características de desempeño y su vida, un fabricante puede diseñar y conducir pruebas para medir la probabilidad de supervivencia (o de falla) del mismo. El análisis de estas pruebas permite una mejor predicción de la confiabilidad, y mejores diseños del producto y proceso.

Los ingenieros en confiabilidad distinguen entre la confiabilidad inherente, es decir, la predicha determinada por el diseño del producto o del proceso, y la lograda, que es la confiabilidad real observada durante el uso. Dicha confiabilidad puede ser inferior a la inherente debido a los efectos del proceso de manufactura y de las condiciones de uso.

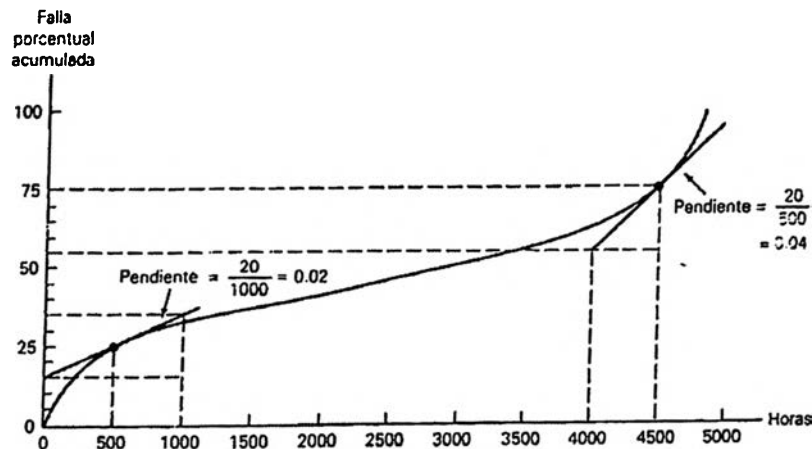
Igual que en el caso de la calidad total, la confiabilidad debe convertirse en parte integral de todas las funciones organizacionales: Mercadotecnia, diseño, compras, manufactura y servicio de campo. El proceso total de establecer, lograr y mantener objetivos de confiabilidad se conoce como **administración de la confiabilidad**.

13.2 Medición de la confiabilidad

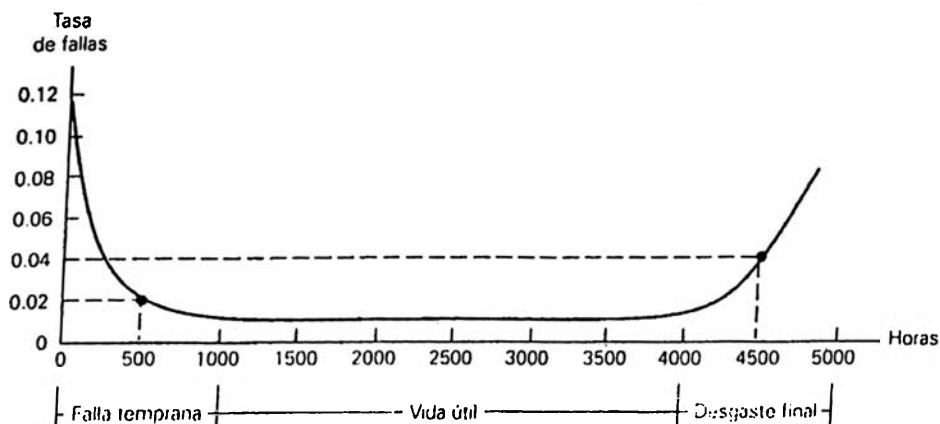
En la práctica, la confiabilidad se determina mediante el número de fallas por unidad de tiempo durante la duración bajo consideración (llamado tasa de fallas). Como medida alterna se utiliza el recíproco de la tasa de fallas. Algunos productos deben desecharse y reemplazarse cuando fallan; otros pueden repararse. Para aquellos que deben reemplazarse cuando ocurre una falla, el recíproco de la tasa de fallas (con dimensiones y unidades de tiempo por falla) se conoce como tiempo medio hasta la falla (MTTF, por sus siglas en inglés). En el caso de productos reparables, se utiliza el tiempo medio entre fallas (MTBF).

Tasa de fallas y curva característica de la vida del producto

Al considerar la tasa de fallas de un producto, suponga que se prueba o se utiliza un grupo grande de elementos, hasta que todos ellos fallan, y que para cada uno de ellos se registra el tiempo de falla. Si se traza el porcentaje acumulado de falla contra el tiempo, tenemos como resultado una curva como la que se muestra en la siguiente figura.



La pendiente de la curva en cualquiera de sus puntos (esto es, la pendiente de la línea recta tangente a la curva; nos da tasa instantánea de fallas (fallas por unidad de tiempo) en cualquier punto del tiempo. La figura siguiente muestra la curva de la tasa de fallas, generalmente conocida como curva característica de la vida del producto, que corresponde a la curva de fallas acumuladas de la figura que se mostró anteriormente. Esta curva se obtuvo trazando la pendiente de la curva en todos los puntos. Note que la pendiente de la curva, y consecuentemente la tasa de fallas, puede cambiar durante el tiempo. Por lo tanto, la tasa de fallas a las 500 horas es de 0.02 fallas por hora, en tanto que la tasa de fallas a las 4,500 horas es de 0.04 fallas por hora. La tasa de fallas promedio en cualquier intervalo de tiempo es la pendiente de la línea entre los dos puntos extremos del intervalo sobre la curva.

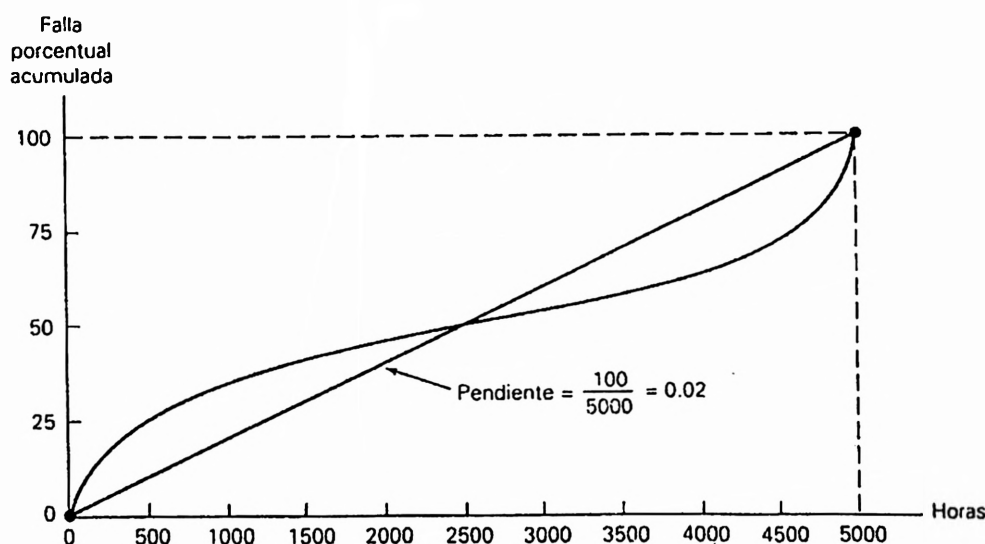


En esta gráfica son evidentes tres períodos: La talle temprana (de 0 a aproximadamente 1,000 horas), la vida útil (de 1,000 a 4,000 horas), y el período de desgaste final después de 4,000 horas). El primero es el período de fallas tempranas, a veces conocido como período de mortalidad infantil. Componentes débiles resultado de mala manufactura o de deficientes procedimientos de control de calidad, en ocasiones llevan a una elevada tasa de fallas tempranas en la vida de un producto.

La segunda fase de la curva característica de vida describe el patrón normal de fallas aleatorias durante la vida útil del producto. Por lo general, este período tiene una baja tasa de fallas, relativamente constante, causada por factores no controlables tales como esfuerzos súbitos e inesperados debido a interacciones complejas de materiales o del entorno.

Finalmente, cuando llega le edad avanzada, se inicia el período de desgaste final, incrementándose la tasa de falla; —experiencia común en el caso de componentes automotrices o de otros productos de consumo.

Como se puede observar en la figura que se muestra a continuación, la tasa de fallas promedio en el período total de tiempo de 5,000 horas es de 0.02 fallas por hora. La mayoría de los institutos de investigación y grandes fabricantes llevan a cabo extensos estudios estadísticos para identificar patrones de fallas durante el tiempo.



No siempre es posible recolectar suficiente información sobre las fallas para generar una curva tan clara. Si únicamente se dispone de algunos datos, la tasa de fallas se calcula utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{tasa de fallas} = \lambda = \frac{\text{cantidad de fallas}}{\text{horas totales de operación de la unidad}}$$

o, de manera alterna,

$$\lambda = \frac{\text{cantidad de fallas}}{(\text{unidades probadas}) \times (\text{cantidad de horas probadas})}$$

Una hipótesis fundamental en esta definición permite interpretaciones diferentes. Dado que las horas totales de operación de la unidad son iguales a la cantidad de unidades multiplicada por la cantidad de horas probadas, no hay diferencia alguna en horas totales de operación de la unidad, entre probar 10 unidades durante 100 horas, o una unidad durante 1,000 horas. Por ejemplo, si la vida útil empezó a las 10 horas y el período de desgaste final a las 200 horas, una falla ocurrirá casi con exactitud a las 1,000 horas, en tanto que en las pruebas de 100 horas probablemente no ocurrirían fallas. Sin embargo, durante la vida útil de un producto se supone que la tasa de fallas es constante, y las diferentes duraciones de prueba en este período deberían mostrar poca diferencia. Esta hipótesis es la razón por la cual el tiempo es un elemento de importancia en la definición de la confiabilidad.

Para ilustrar el cálculo de λ , suponga que se prueban 10 unidades durante 100 horas y que fallan 4 unidades; una de ellas después de 6 horas, otra después de 35, y las demás después de 65 y de 70 horas, respectivamente; las seis restantes funcionaron satisfactoriamente hasta el final de la prueba. Las horas totales de operación de la unidad son:

$$\begin{array}{r} 1 \times 6 = 6 \\ 1 \times 35 = 35 \\ 1 \times 65 = 65 \\ 1 \times 70 = 70 \\ 6 \times 100 = \underline{600} \\ \hline 776 \end{array}$$

por lo tanto, $\lambda = (4 \text{ fallas}) / (776 \text{ horas de operación de unidad}) = 0.00515$ fallas por hora. En otras palabras, en el lapso de una hora se espera que fallen 0.5% de las unidades y durante un período de 100 horas aproximadamente $(0.00515)(100) = 0.515$, es decir, se espera que fallen 51.5% de las unidades. En la prueba real sólo fallaron 40%.

Función de la confiabilidad

La confiabilidad se definió antes como la probabilidad de que un elemento no falle durante un período dado de tiempo. Sin embargo, en cálculos de confiabilidad generalmente resulta más conveniente utilizar la distribución de probabilidad de las fallas. Recuerde que se supone que durante la vida útil de un producto la tasa de fallas es constante, por lo que también es constante la fracción de elementos en buen estado que fallan durante un período. Se puede suponer entonces que la probabilidad de falla en el tiempo se puede modelar matemáticamente mediante una distribución de probabilidad exponencial.

Si λ es la tasa de fallas, la función de densidad de probabilidad que representan las fallas queda dada por la densidad exponencial.

$$F(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad t \geq 0$$

La probabilidad de falla durante el intervalo de tiempo (t_1, t_2) se puede demostrar que es $e^{-\lambda}(t_1, t_2)$

Específicamente, la probabilidad de falla en el intervalo $(0, T)$ está dada por la distribución acumulada.

$$F(T) = 1 - e^{-\lambda T}$$

Dado que la confiabilidad es la probabilidad de supervivencia, la función de confiabilidad se calcula como

$$R(T) = 1 - F(T) = e^{-\lambda T}$$

Esta función representa la probabilidad de que un elemento no fallará en T unidades de tiempo.

Piense en, por ejemplo, un artículo que tenga una confiabilidad de 0.97 durante 100 horas de uso normal. Determine la tasa de fallas λ resolviendo la ecuación $R = e^{-\lambda t}$, en función de λ . Sustituyendo $R = 0.97$ y $T = 100$ en esta ecuación nos da

$$\begin{aligned} 0.97 &= e^{-\lambda(100)} & \lambda &= 0.0304/100 \\ 0.97 &= -100\lambda & \lambda &= 0.0003 \text{ fallas por hora} \\ \lambda &= -(0.97)/100 \end{aligned}$$

por lo que la función de confiabilidad es $R(T) = e^{-0.00037T}$. La fracción acumulada de elementos que se espera fallen y que sobrevivan después de cada período de 10 horas se puede entonces tabular como se observa en la siguiente tabla.

Tiempo, T	Fallas, F(T)	Supervivientes, R(T)
10	0.003	0.997
20	0.006	0.994
30	0.009	0.991
40	0.012	0.988
50	0.015	0.985
60	0.018	0.982
70	0.021	0.979
80	0.024	0.976
90	0.027	0.973
100	0.030	0.970

Note que en la tabla que se mostró anteriormente la fracción de falla en un período de 10 horas cualquiera es constante.

A menudo, en cálculos de confiabilidad se utiliza el recíproco de la tasa de fallas. En el caso de elementos no reparables, $\theta = 1/\lambda$ se define como tiempo medio hasta la falla, por lo que en el ejemplo anterior para $\lambda = 0.0003$ fallas por hora, $\theta = 1/0.0003 = 3,333$ horas, este es, se puede esperar una falla cada 3,333 horas en promedio. La función de distribución de la probabilidad de fallas y la función de confiabilidad se pueden expresar de manera equivalente utilizando el MTTF de la forma

$$F(T) = 1 - e^{-T/\theta}$$

Y

$$R(T) = e^{-T/\theta}$$

Suponga, por ejemplo, que un componente electrónico tiene una tasa de fallas $\lambda = 0.0001$ fallas por hora. El MTTF es $\theta = 1/0.0001 = 10,000$ horas. La probabilidad de que dicho componente no falle en 15,000 horas es

$$\begin{aligned} R(15,000) &= e^{-15,000/10,000} \\ &= e^{-1.5} \\ &= 0.223 \end{aligned}$$

En el caso de elementos reparables, a θ se le conoce generalmente como tiempo medio entre fallas (MTBF). Por ejemplo, suponga que una máquina se opera durante 10,000 horas, experimentando 4 fallas, mismas que se reparan de inmediato. El tiempo medio entre falla es $MTBF = 10,000/4 = 2,500$ horas y la tasa de fallas es

$$\lambda = 1/2,500 = 0.0004 \text{ fallas por hora}$$

El tiempo medio entre fallas es una estadística útil para muchas decisiones gerenciales.

13.3 Predicción de la confiabilidad

Las fallas aleatorias durante la vida útil no pueden controlarse, pero pueden describirse mediante distribuciones de probabilidad. Muchos sistemas están constituidos de componentes individuales de confiabilidad conocida. Los datos de confiabilidad de cada uno de éstos pueden emplearse para predecir la confiabilidad del sistema. Los sistemas de componentes se pueden configurar en serie, en paralelo o en alguna combinación mixta.

Sistemas en serie

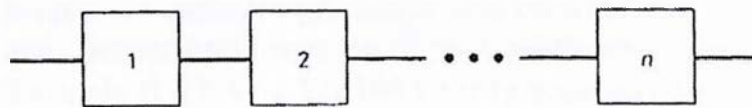
En un sistema de este tipo, todos los componentes deben funcionar o, de lo contrario, el sistema falla. Si la confiabilidad del componente i es R_i , la confiabilidad de un sistema es el producto de cada confiabilidad individual, esto es

$$R_s = R_1, R_2, \dots R_n$$

Esta ecuación se basa en el principio de la ley multiplicativa de la probabilidad. Por ejemplo, suponga que un sistema de computadora está compuesto por la unidad de procesamiento, un módem y una impresora con confiabilidades de 0.997, 0.980 y 0.975, respectivamente. La confiabilidad de todo el sistema está dada por

$$R_s = (0.997)(0.980)(0.975) = 0.953$$

Note que, en vista de que las confiabilidades son inferiores a uno, la confiabilidad de un sistema se va reduciendo conforme se agregan en serie nuevos componentes, por lo que, mientras más complejo es un sistema en serie, mayor es la posibilidad de falla.



Sistemas en paralelo

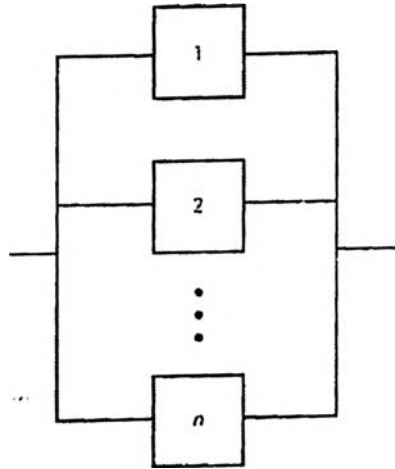
En un sistema de este tipo, la falla de un componente individual es menos crítica que en los sistemas en serie; por lo que el sistema opera con éxito siempre y cuando un componente funcione, ya que los componentes adicionales son redundantes. A menudo, para mejorar su confiabilidad, se incorpora redundancia en los sistemas. Sin embargo, como se mencionó antes, deben tomarse en consideración intercambios por costo, tamaño y peso.

La confiabilidad del sistema en paralelo de la figura que se muestra a continuación se deduce como sigue. Si R_1, R_2, \dots, R_n son las confiabilidades de las componentes individuales, las probabilidades de falla son $1-R_1, 1-R_2, \dots, 1-R_n$, respectivamente. Debido a que el sistema falla únicamente si fallan todos, la probabilidad de falla del sistema es

$$(1-R_1)(1-R_2)\dots(1-R_n)$$

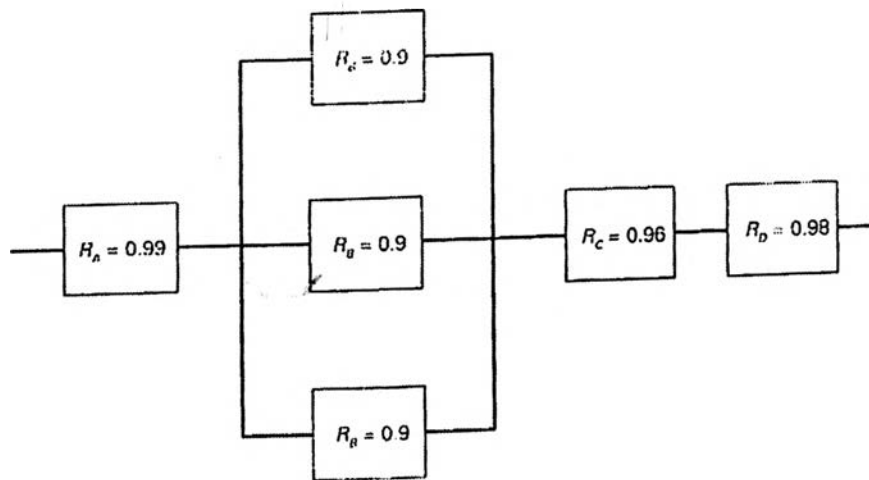
De ahí, la confiabilidad se calcula de la forma siguiente:

$$R_s = 1 - [(1-R_1)(1-R_2)\dots(1-R_n)]$$



Sistemas en serie-paralelo

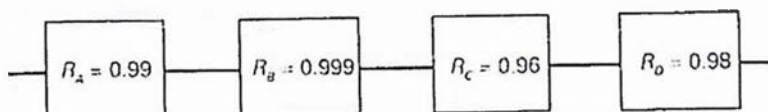
La mayoría de los sistemas están compuestos de una combinación de sistemas en serie y en paralelo. Considere el sistema que aparece en la figura que se muestra a continuación.



Para determinar la confiabilidad de este tipo de sistema, primero se calcula la confiabilidad del subsistema paralelo B:

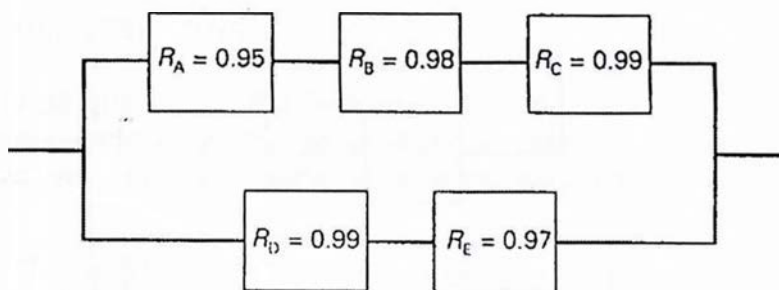
$$R_B = 1 - (1 - 0.9)^3 = 0.999$$

Este nivel de confiabilidad es equivalente a reemplazar los tres componentes en paralelo B, por un solo componente B con una confiabilidad de 0.999 en serie con A, C y D. A continuación, se calcula la confiabilidad del sistema equivalente en serie:



$$R_s = (0.99)(0.999)(0.96)(0.98) = 0.93$$

Un segundo tipo de arreglo en serie-paralelo aparece en la siguiente figura.

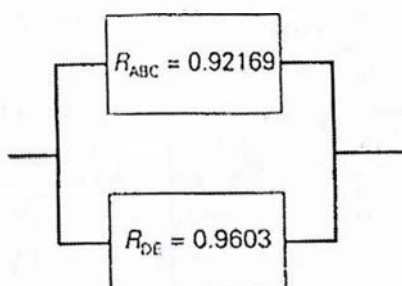


La confiabilidad del sistema se determina calculando la confiabilidad de los subsistemas en serie ABC y DE:

$$R_{ABC} = (0.95)(0.98)(0.99) = 0.92169$$

$$R_{DE} = (0.99)(0.97) = 0.9603$$

El resultado es un sistema paralelo equivalente que se muestra en la próxima figura. La confiabilidad del sistema se calcula entonces de la forma



13.3 Ingeniería de la confiabilidad

La ingeniería de la confiabilidad es una disciplina relativamente nueva que se ocupa del diseño, manufactura y aseguramiento de la calidad de productos de alta confiabilidad. Se han desarrollado diversas técnicas de ingeniería de la confiabilidad.

Estandarización

Un método para asegurar una elevada confiabilidad es utilizar componentes con un historial de confiabilidad comprobado por años de uso real. Si se pueden establecer las tasas de falla de los componentes, entonces se puede seleccionar componentes estándares y utilizarlos en el proceso de diseño. El uso de componentes estándares no sólo logra una mayor confiabilidad, sino que también reduce costos porque éstos se utilizan en productos distintos.

Redundancia

Esto es incluir componentes de respaldo que pueden emplearse cuando la falla de cualquier componente en un sistema pueda causar la falla de todo el sistema.

Los componentes redundantes están diseñados ya sea en configuración de repuesto o en configuración en paralelo. En un sistema de repuesto, la unidad se conecta automáticamente al sistema si falla la unidad en operación; en la configuración en paralelo, ambas unidades operan normalmente, aunque para un funcionamiento adecuado sólo se requiere una de ellas. La redundancia es crucial en sistemas en los que las fallas pueden ser extremadamente costosas, por ejemplo, los sistemas de comunicación en aeronaves o satélites. La redundancia, sin embargo, incrementa el costo, tamaño y peso del sistema, por lo que los diseñadores deben llegar a un punto intermedio de estos atributos para una mayor confiabilidad.

Física de las fallas

Muchas fallas se deben al deterioro debido a reacciones químicas en el transcurso del tiempo, que pueden agravarse por efectos de temperatura y humedad. Comprender las propiedades físicas de los materiales y su respuesta al entorno ayuda a eliminar posibles fallas, o bien, a robustecer el producto respecto a condiciones ambientales que afectan la confiabilidad.

Pruebas de confiabilidad

La confiabilidad es un problema tan complejo que no siempre se puede determinar únicamente a partir del análisis teórico del diseño, por lo que se requiere de una prueba formal que involucre la simulación de condiciones ambientales para determinar el desempeño, el tiempo de operación y el modo de falla del producto.

Las pruebas son útiles por muchas otras razones. A menudo resultan necesarios los datos de prueba para protección contra responsabilidades de terceros, como medio para evaluar los diseños y la confiabilidad de proveedores, y en la planeación y selección de los procesos. Frecuentemente, en los contratos de defensa se requieren datos de pruebas de la confiabilidad. La prueba es necesaria para evaluar garantías y evitar elevados costos relacionados con una falla temprana en el campo. Una buena prueba conduce a una buena confiabilidad y de ahí a una buena calidad.

La prueba de los productos se lleva a cabo mediante varios métodos. El propósito de la prueba de vida, esto es, operar los dispositivos hasta que fallen, es medir la distribución de las fallas para comprender mejor sus causas y eliminarlas. Sin embargo, estas pruebas pueden ser costosas y largas, y no son prácticas para dispositivos que tienen una larga vida natural. La prueba de vida acelerada involucra esforzar los componentes para reducir el tiempo de falla y encontrar debilidades. Esta forma de prueba pudiera significar hacer girar un motor más aprisa de lo normal en condiciones normales de operación. Sin embargo, para que las pruebas de vida acelerada sean útiles, las tasas de falla deben correlacionarse adecuadamente con las condiciones reales de operación.

La prueba ambiental consistía en variar la temperatura desde -40°F (la temperatura en el interior de los transportes de carga en el norte de Estados Unidos y Canadá) hasta 165°F (la temperatura en el interior de los transportes de carga en el sudoeste de Estados Unidos) para impactar al producto y ver si podía soportar condiciones extremas. Dado que el cableado antiguo exhibe una amplia gama de variación, la alimentación de energía eléctrica de corriente alterna varía de 105 a 135 volts. Se utilizaron pruebas de vibración y golpes para simular autotransportes conduciendo de la Costa Este a la Costa Oeste para determinar la capacidad del producto para resistir un manejo rudo y accidentes.

Pruebas de quemado

Los semiconductores son los bloques constructivos fundamentales de numerosos productos modernos como las grabadoras de videocasete, los sistemas de ignición automotrices, las computadoras y los sistemas de armamentos. Los semiconductores tienen una pequeña proporción de defectos, conocidos como defectos latentes, que pueden hacer que fallen durante las primeras mil horas de operación normal; después, la tasa de fallas se estabiliza, quizás por un período tan largo como 25 años, antes de volver a aumentar de nuevo, conforme los componentes se desgastan. Esa "mortalidad infantil" puede ser tan elevada como 10% en un desarrollo tecnológico nuevo, o tan reducida como 0.01% en tecnologías ya probadas. Mientras más pronto se detecte un componente con falla, más barato será su reemplazo o reparación. Una corrección dentro de la línea de fabricación de los circuitos integrados cuesta aproximadamente 50 centavos de dólar; a nivel de tablero de circuito, pudiera costar 5 dólares; a nivel de sistema, aproximadamente 50; y en el campo 500 dólares. Si un tablero de circuito impreso contiene 100 semiconductores, una tasa de fallas de 0.01% generaría una tasa de falla de 1% para todo el tablero.

El **quemado**, o la prueba a esfuerzo del componente, involucra exponer los circuitos integrados a temperaturas elevadas para obligar a que ocurran los defectos latentes. Por ejemplo, un dispositivo que normalmente fallaría después de 300 horas a 25°C, puede fallar en menos de veinte horas a 150°C. Lo probable es que los supervivientes tengan una larga vida de operación libre de problemas.

Análisis del modo y efectos de la falla

El propósito del análisis del modo y efectos de falla (FMEA, por sus siglas en inglés) es identificar todas las formas en que pueda ocurrir una falla; estimar su efecto y gravedad,

y recomendar acciones de diseño correctivas. Un FMEA, para cada componente crítico, generalmente consiste en especificar la siguiente información:

- Modo de falla
- Causa de la falla
- Efecto sobre el producto o sobre el sistema en el cual opera
- Acción correctiva
- Comentarios

Análisis de árbol de fallas

El análisis del árbol de fallas (FTA, por sus siglas en inglés) es un procedimiento lógico que se inicia con una lista de riesgos posibles o estados no deseados y que funciona retroactivamente para desarrollar la lista de causas y orígenes de falla. Su propósito es mostrar relaciones lógicas entre falla y causas, similar a un diagrama tipo espina de pescado. De esta manera se pueden poner de manifiesto formas para evitar posibles peligros.

El árbol de falla está compuesto de ramas conectadas a dos tipos distintos de nodos: los nodos Y identificados con el símbolo



o los nodos O, identificados como



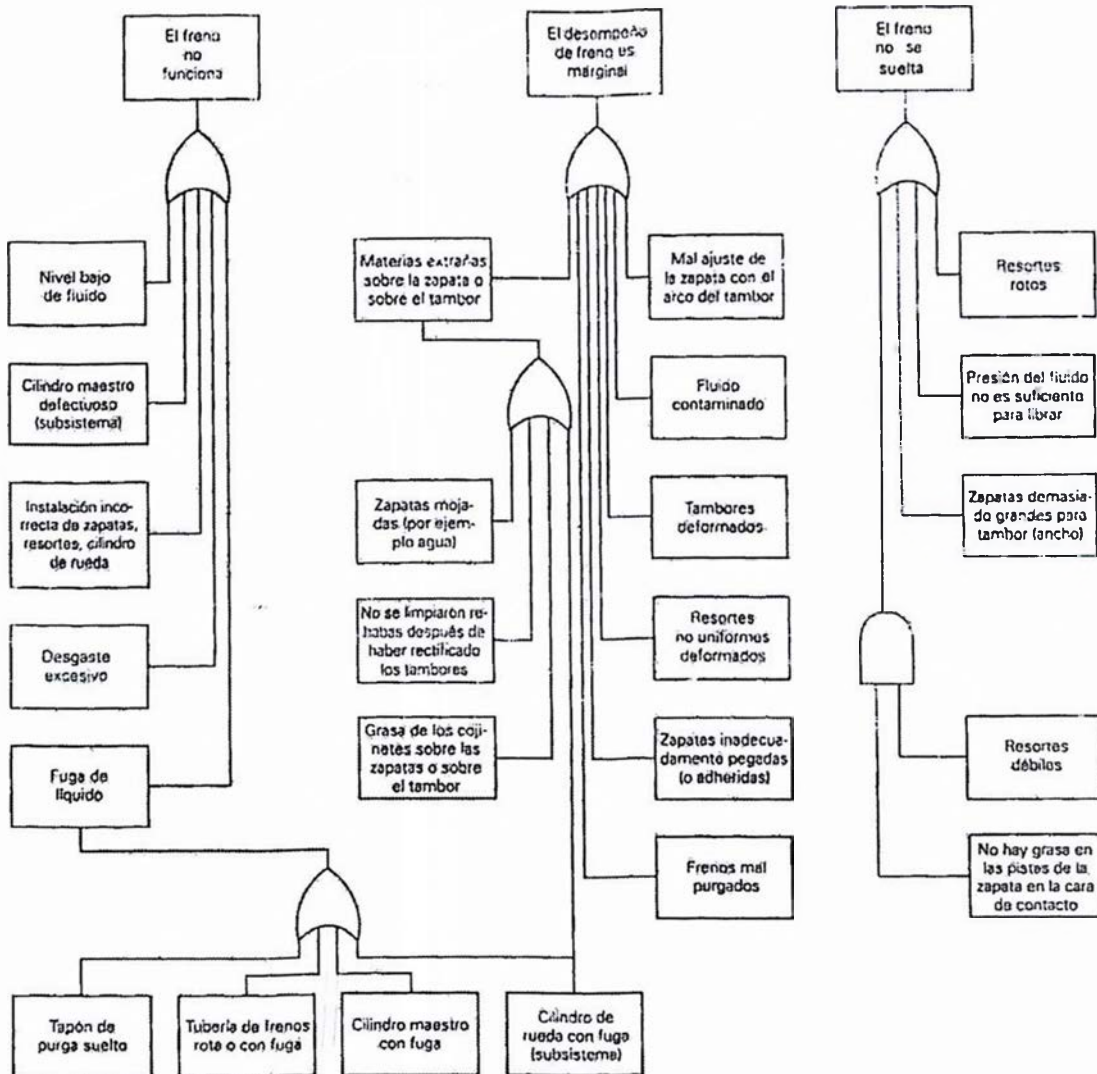
Si por debajo de un nodo Y se conecta un conjunto de eventos, entonces todos esos eventos deben ocurrir para que se dé el evento que aparece por encima del nodo. Por debajo de un nodo O, por lo menos tendrá que ocurrir uno de los eventos; por lo tanto, en la siguiente figura, el evento "el freno no se suelta" puede ocurrir si cualquiera de las siguientes condiciones es válida:

- resortes rotos
- presión de fluido no libre para soltar
- zapatas de tamaño demasiado grande para el tambor (ancho)
- resortes débiles

Y

no hay grasa en la superficie de contacto entre las pistas de las zapatas.

Un ejemplo de FTA aparece en la figura que se muestra a continuación para un freno industrial, que se supone opera como un freno normal de tipo de tambor automotriz.



13.4 Administración de la confiabilidad

Una administración efectiva de la Confiabilidad debe incluir los pasos siguientes:

- Definir los requerimientos de desempeño del cliente.
- Determinar factores económicos importantes y evaluar su relación con los requerimientos de Confiabilidad.
- Definir el entorno y las condiciones en las cuales se utilizará el producto.
- Seleccionar componentes, diseños y proveedores que cumplan con los criterios de confiabilidad, así como de costo.
- Determinar los requerimientos de Confiabilidad para máquinas y equipos, así como su impacto sobre la Confiabilidad del producto durante la manufactura.
- Analizar los datos de Confiabilidad en el campo, para mejora de la calidad.

La Confiabilidad es preocupación en muchas áreas del sistema de producción y debe ser una consideración importante en el diseño, manufactura, almacenamiento y transporte, así como en funciones de apoyo como compras, servicio en el campo y mantenimiento.

Como dimensión fundamental de la calidad, la Confiabilidad debe diseñarse dentro del producto. Las características de desempeño, las condiciones de operación y la duración especificadas para el producto o sistema son los que impulsan al diseño técnico. Aparecen variaciones en el desempeño del producto debido a la manera en que se emplea o debido a situaciones ambientales.

Entre mayor sea la capacidad de un proceso para cumplir con las especificaciones y metas de un diseño, es más probable que el producto tenga una confiabilidad elevada. El mantenimiento preventivo en la manufactura es vital para la Confiabilidad del equipo.

No debe despreciarse el empaque y el transporte. La protección y manejo deficientes pueden afectar adversamente la confiabilidad del producto al llegar al cliente. Denton relata una situación en la que esta empresa empacó accidentalmente la mitad un cargamento de computadoras en un transporte de 40 pies. Las cajas cayeron de una altura de 12 pies y rodaron dentro del vehículo, desde Carolina del Sur hasta Boston. Las cajas se deshicieron y parecía que todas las computadoras se habían dañado. Sin embargo, ni una sola computadora resultó dañada, debido a una cuidadosa atención y una buena prueba de los empaques.

13.5 Confiabilidad en el software

Muchos bienes de consumo están haciéndose más y más dependientes de las computadoras (estrictamente hablando, de los microprocesadores), los que a su vez dependen del software correspondiente. Las fallas de confiabilidad en el software son desviaciones no aceptables de los requisitos. El producto promedio de software en Estados Unidos contiene una estimación de 8 a 10 errores por cada mil renglones de código.

Para la competitividad global es esencial un software de mucha calidad y confiabilidad. No resulta fácil estimar y predecir la confiabilidad del software; sus fallas resultan de fallas inherentes al diseño que sólo se ponen de manifiesto bajo circunstancias de operación apropiadas. Estas "fallas" de software aparecen por defectos en las especificaciones del diseño, en errores de codificación rutinarios, en errores de prueba y en toda una diversidad de incompatibilidades con el hardware y con otro software de apoyo.

Sin ninguna duda, el problema de responsabilidad de software más grande en la historia es el problema del año 2000 (que ahora se abrevia como problema Y2K), que se estima de manera conservadora resultará en 119,000 millones de dólares por resultados perdidos antes de que pueda solucionarse. Brevemente, el problema involucra la práctica de usar dos dígitos para los años al llevar control de fechas, práctica que está incorporada en el software de millones de computadoras y programas de cómputo.

Cuando la memoria era muy costosa, los programadores ahorran dinero codificando los años usando únicamente dos dígitos, por lo que 1999 se codificaba como 99.

El entorno en el que se produce el software tiene ciertas características que afectan negativamente su calidad.

- Programadores con niveles de habilidad muy diferentes.
- Grupo de personal de proyectos pequeño (a menudo una sola persona)
- Clientes ingenuos respecto al software, interesados sólo en sus resultados.
- Objetivos del cliente mal definidos, aunque a menudo muy complejos.
- Elevada rotación de personal en lo que se refiere a programadores.
- Restricciones generadas externa o internamente, como costo y tiempo.
- Complejidades en el hardware que ocasionalmente obligan al programador de aplicaciones a operar como programador de sistemas, en lugar de trabajar directamente hacia las verdaderas metas suministradas por el cliente.
- Mala calidad de los programas existentes, producidos sin la ventaja de herramientas de apoyo modernas.

La incorporación de la calidad y de la confiabilidad en el software empieza con una buena planeación.

Se han desarrollado varias técnicas para guiar el proceso de desarrollo para software y asegurar calidad y confiabilidad. Estas técnicas incluyen la administración de la configuración, revisiones y auditorías, y diversos métodos de pruebas. Cada una de estas actividades se basa en una medición objetiva y su correspondiente retroalimentación para el gerente del proyecto o para los miembros del equipo de desarrollo.

La administración de configuración es un proceso para diseñar y mantener el software al controlar estrictamente el conjunto de componentes de software que conforman un sistema complejo. Dicho control proporciona un medio efectivo para incorporar cambios durante el desarrollo y su uso. El proceso consiste de tres actividades:

1. Establecimiento de configuraciones (diseños) aprobadas de línea base para programas de cómputo (definición de la configuración). Estas líneas base dan apoyo a la evaluación, coordinación y disposición sistemática de todas las modificaciones propuestas.
2. Mantenimiento del control en todas las modificaciones a los programas de línea base (control de cambios). Aparecen muchos problemas en el software debido a cambios frecuentes. Una función importante en el control de la calidad es un sistema riguroso de vigilar los cambios.
3. Incorporar la capacidad de rastreo de línea base y de cambios (contabilidad de la configuración). Resulta esencial mantener un registro en papel de las configuraciones y modificaciones para asegurar que se estén cumpliendo las especificaciones y para definir las fuentes de error y los medios de corrección.

A través de revisiones independientes se pueden descubrir y reportar problemas o posibles problemas.

RESUMEN

- La confiabilidad es la probabilidad de que un producto, pieza de equipo o sistema entregue su función pretendida durante un período definido de tiempo y bajo condiciones de operación especificadas.
- La falla de los productos incluye la falla funcional al inicio de la vida del producto y la falla por confiabilidad después de algún período de uso.
- La confiabilidad inherente es la confiabilidad predicha determinada por el diseño del producto o del proceso, y la confiabilidad lograda es la confiabilidad real observada durante su uso.
- La confiabilidad se mide por la cantidad de fallas por unidad de tiempo, llamada tasa de fallas. El recíproco de la llamada tasa de fallas es el tiempo medio hasta la falla (MTTF, por sus siglas en inglés), o en elementos que puedan repararse, el tiempo medio entre fallas (MTBP, por sus siglas en inglés).
- La curva característica de la vida del producto muestra la tasa instantánea de falla en cualquier momento en el tiempo. Se utilizan estas curvas para determinar políticas de diseño y de prueba, así como para el desarrollo de las garantías.
- La probabilidad de supervivencia como función del tiempo se conoce como función de confiabilidad y generalmente se modela utilizando una distribución exponencial.
- Las funciones de confiabilidad de componentes individuales pueden utilizarse para predecir la confiabilidad de sistemas complejos de configuraciones en serie, en paralelo o en serie-paralelo.
- La ingeniería de la confiabilidad implica técnicas como la estandarización, la redundancia, la física de las fallas, diversos métodos de prueba, el análisis de modo y efectos de falla y el análisis del árbol de fallas.
- La administración de la confiabilidad debe incluir la consideración de los requerimientos de desempeño del cliente, los factores económicos, las condiciones ambientales, el costo y el análisis de los datos en el campo.
- La confiabilidad es un problema difícil, pero importante en el software de las computadoras. Se han desarrollado muchas técnicas para ayudar a garantizar la confiabilidad del software.

Casos

Caso 1. PRUEBAS DE COMPONENTES DE AUDIO EN SHURE BROS., INC.

En Shure Bros., Inc. la filosofía está orientada a la confiabilidad. Se prueban micrófonos y cartuchos de fonógrafo en función a la confiabilidad en exceso del período de garantía, con el objeto de proporcionar al cliente un servicio y satisfacción a largo plazo. Los transductores de audio, por ejemplo, son dispositivos sensibles y frágiles. Los vástagos de los estiletos para algunos cartuchos se fabrican a partir de hoja de berilio de 0.0005 pulgadas. Un diamante cortado y pulido con precisión, que pesa apenas 20

microgramos se fija al vástago. Las bobinas de los micrófonos dinámicos se enrollan con alambre fino, con un diámetro de la quinta parte de un cabello humano. Aunque su sensibilidad está clasificada entre la de los instrumentos de laboratorio más finos, deben ser capaces de funcionar bajo condiciones mucho menos que ideales en cualquier lugar del mundo.

Estos componentes de audio tienen cuatro clases principales de entorno de uso final:

1. El hogar: Es elevada la posibilidad de daños, que van desde una caída accidental del cartucho sobre el tornamesa, o rayar el estilo sobre el disco, hasta la limpieza del cartucho con diversos disolventes. Aquí, los cartuchos también experimentan extremos de temperatura y humedad.
2. Sistemas públicos: Los micrófonos se usan en entornos tan diversos como iglesias, escuelas, bares, tiendas y exteriores. Todos estos lugares representan retos potenciales a la integridad del micrófono, que puede dañarse por manejo, mal manejo o abuso a largo plazo. No son extrañas las caídas desde gran altura.
3. Aplicaciones móviles: En vehículos, deben considerarse extremos de calor y frío, vibraciones, golpes y actuación repetida del interruptor y flexión de cables. Es probable que esté presente arena y polvo. La confiabilidad es vital, ya que en una urgencia en carretera comúnmente no habrá respaldo disponible.
4. Grabación profesional y refuerzo sonoro: Los profesionales del sonido necesitan confiabilidad y no pueden aceptar un micrófono muerto o ruidoso a mitad de un concierto en vivo o de una sesión de grabación. Además, las instalaciones y retiro repetidos durante giras de concierto plantean muchos problemas.

Se utilizan muchas pruebas destructivas estándar desarrolladas por las fuerzas armadas, la Electronic Industry Association y la American Society for Testing and Materials para acumular conocimientos sobre la falla de los productos. Además, se realizan las pruebas de entorno especializadas siguientes:

- Prueba de caída de cartucho: Esta prueba simula la caída accidental del brazo del tornamesa y del cartucho sobre un disco en movimiento. La fuerza de arrastre vertical se establece al máximo recomendado para la unidad bajo prueba y la cantidad mínima de caídas requeridas es de 100. Esta prueba simula o excede el tipo normal de abuso que accidentalmente se le da a un estilete.
- Prueba de rayadura de cartucho: Esta prueba consiste en mover 100 veces el cartucho montado en un brazo a través de un disco en movimiento. El brazo se empuja hacia abajo lo suficientemente fuerte para que el estilo llegue a fondo.
- Prueba de caída del micrófono: Esta prueba sin empaque consiste en una caída libre. La altura de la prueba es de seis pies, diseñado para simular la caída de una repisa alta o de que accidentalmente se le caiga a una persona de elevada estatura desde la altura del hombro. Se deben resistir diez caídas sin pérdida significativa de rendimiento.
- Rodamiento en barril: Se utiliza un barril especialmente construido para hacer rodar pequeños micrófonos sin empaque. Esta prueba excede el tratamiento más rudo esperado en el manejo o transporte de micrófonos sueltos dentro de una caja.
- Prueba de caída por las escaleras: Se coloca una docena de unidades en un cartón de empaque, se sella con cinta y se hace rodar 17 escalones hacia un piso de concreto. Debe resistir diez caídas sin pérdida de función o deterioro severo de la

aparición del empaque. Esta prueba permite evaluar un posible daño durante el embarque.

- Prueba de intemperie: Esta prueba expone las unidades que se prueban a la intemperie. Ayuda a evaluar terminados y acabados y el desempeño de los productos que pudieran utilizarse a la intemperie, como micrófonos y equipo de refuerzo sonoro.

Lo anterior son ejemplos de pruebas de confiabilidad efectuadas en casa, diseñadas para simular condiciones reales de operación. Ayudan a cumplir la meta de la empresa de vender productos con una larga vida útil.

Temas claves para el análisis

1. ¿Qué pruebas pueden utilizarse para estudiar la confiabilidad del producto en cada uno de los cuatro entornos de uso filial?

Caso 2. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL SOFTWARE EN LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY

En Los Alamos National Laboratory se creó un programa de aseguramiento de la calidad para desarrollar software con un número inferior de defectos y que fuera más fácil de mantener, más flexible y al mismo tiempo que acelerara el desarrollo del programa. Durante las sesiones de planeación administrativa se definieron objetivos que ayudarían a producir un producto de calidad, incluyendo el desarrollo de métodos para utilizar la capacidad de mantenimiento del software, su flexibilidad y confiabilidad; lo que facilita la creación de un entorno en el que se pudieran alcanzar estas metas y vigilar las mejoras en el transcurso del tiempo. Las características del software seleccionadas para su optimización fueron aquellas que causaban la mayoría de los problemas y que, por lo tanto, representaban mayor oportunidad de una mejor retribución.

Para asegurar una calidad verdadera, el programa de aseguramiento de la calidad se integró totalmente en el proceso de desarrollo. El problema incluía una estructura para la planeación de proyectos, revisiones por parte de "iguales" de los productos de software, la disponibilidad de conjuntos actualizados de estándares y guías de acción, procedimientos de prueba efectivos en su costo, mediciones exactas del esfuerzo real y herramientas de estimación confiables para el proyecto.

El elemento de mayor importancia en el proceso de aseguramiento de la calidad fue la revisión efectiva de los productos. Las revisiones por parte de "iguales", conocidas comúnmente como recorridos, consistían en una presentación del producto, por parte del desarrollador, a un pequeño grupo de iguales para descubrir errores o posibles defectos. Después de la revisión, los resultados y acciones tomadas durante un recorrido se registraron formalmente y se enviaron a los desarrolladores. Se programaron recorridos adicionales hasta que no se encontró defecto alguno.

La gerencia decidió que los estándares que se utilizaron tenían que estar al día y ser fácilmente accesibles. Antes del desarrollo del programa de aseguramiento de la calidad, los manuales sobre estándares se quedaban sin abrir y cubriéndose de polvo, debido principalmente a que los métodos que describían raramente estaban de acuerdo con la forma en que normalmente se hacen los negocios. El esfuerzo involucrado en escribir, editar e imprimir este tipo de manuales prácticamente garantizaba que una parte significativa de su contenido se hiciera obsoleta antes de su publicación. La solución era introducir y actualizar todas las guías y estándares utilizando equipo de procesamiento de texto computarizado, con acceso de solamente lectura para todo el personal de desarrollo del software.

Los programas tradicionales de aseguramiento de la calidad del software hacen énfasis en probar la operación del software en un entorno de cómputo real, lo que comúnmente se conoce como prueba sobre máquina, que pone de manifiesto los síntomas de los problemas, no sus causas. A diferencia del proceso de recorrido, ninguna cantidad de pruebas sobre máquina puede aportar la solución para programas de computadora mal diseñados y mal escritos. La prueba dinámica no tiene una efectividad de 100% para descubrir todos los síntomas posibles de los problemas, ya que en las pruebas jamás se pueden experimentar todas las trayectorias posibles de un programa, por lo que sólo aparecen muchos de los problemas cuando se usan realmente.

El plan desarrollado por Los Alamos requería retirar la prueba sobre máquina de manos de los desarrolladores, al crear un grupo de pruebas por separado y premiando a los miembros de este grupo en función al número de programas que podían romper. Los equipos de prueba se hicieron responsables de crear bancos de prueba, así como de probar programas utilizando datos en vivo. Las evaluaciones de desempeño se organizaron con la finalidad de encontrar las mejores tecnologías para las pruebas.

Durante los análisis gerenciales preliminares del plan, la gerencia reconoció que cuando los proyectos se estiman con exactitud desde el principio, el aseguramiento de la calidad puede incorporarse al programa de desarrollo, permitiendo entregar un producto más mantenible, más flexible y más confiable. Esta capacidad también resolvía el problema del presupuesto y de programación que contribuían al deterioro del aseguramiento de la calidad. Un sistema de estimación automatizado generaría estimaciones exactas partiendo de datos históricos.

En Los Alamos se consigue el verdadero aseguramiento de la calidad desarrollando métodos confiables para detectar y eliminar defectos en el proceso de desarrollo o midiendo la calidad real de los productos terminados. Al integrar el programa dentro del proceso de desarrollo, todo el personal es responsable de entregar un producto de calidad y el programa puede aceptarse por la organización de software en su totalidad.

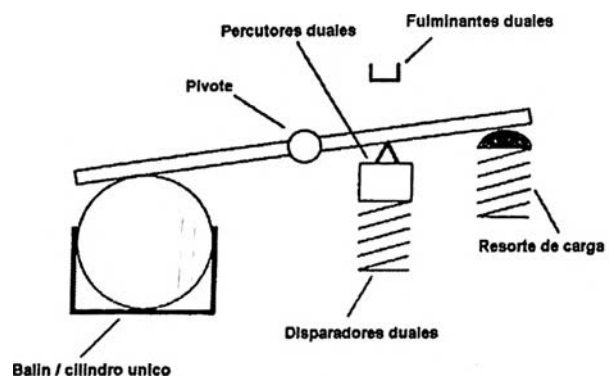
Temas claves para el análisis

1. Describa el procedimiento utilizado por Los Alamos National Laboratory para asegurar la calidad y confiabilidad de su software.
2. ¿Entra en conflicto el uso de un grupo de pruebas por separado con los principios TQM? ¿Por qué?

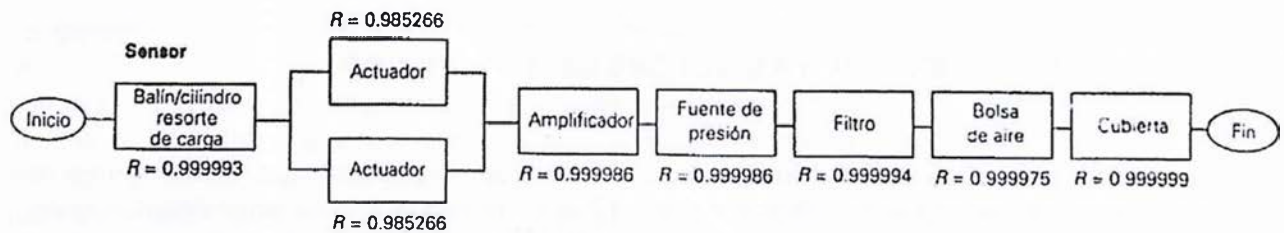
Caso 3. CONFIABILIDAD EN LAS BOLSAS DE AIRE DE LOS AUTOMOVILES

Las bolsas de aire de los automóviles están diseñadas para proteger a los pasajeros contra choques frontales o casi frontales, de 12 a 14 millas por hora aproximadamente. Se colocan sensores en el miembro estructural de la parte delantera del vehículo o dentro del compartimiento de pasajeros. El sensor envía una señal para inflar la bolsa de aire (lo que toma aproximadamente 1/30 de segundo). Acto seguido la bolsa se desinfla con rapidez. Las bolsas de aire han mejorado de manera significativa la seguridad automotriz. El Insurance Institute for Highway Safety notó que durante 1985-1992, las bolsas de aire ayudaron a reducir los decesos un 24%. Para 1994, las bolsas de aire se desplegaron aproximadamente 200,000 veces.

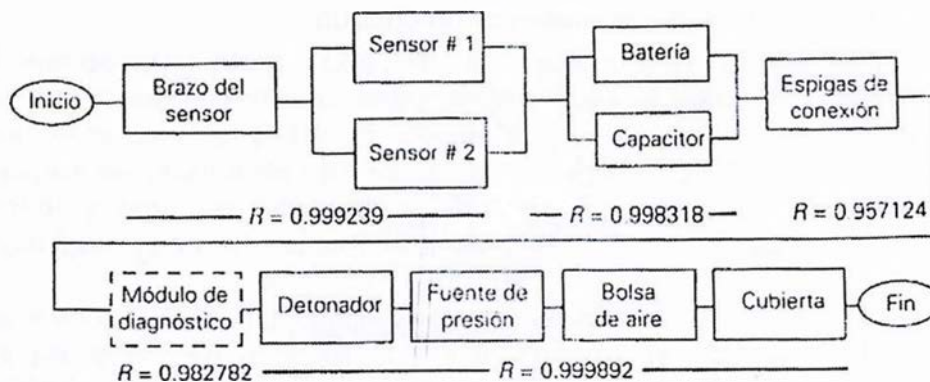
Una pregunta de diseño de importancia es la confiabilidad de las bolsas de aire. Dos fabricantes establecen una meta de confiabilidad de por lo menos 0.9999. Una bolsa de aire tiene tres elementos esenciales: Un sensor, un mecanismo de actuación y una bolsa de inflado. Se utilizan tres tipos de sensores: Mecánico, electromecánico y electrónico. El más sencillo de ellos es el sensor totalmente mecánico (AMS, por sus siglas en inglés). Su mecanismo básico aparece en la figura. Un balín de acero en un tubo o cilindro detecta la desaceleración generada por un choque.



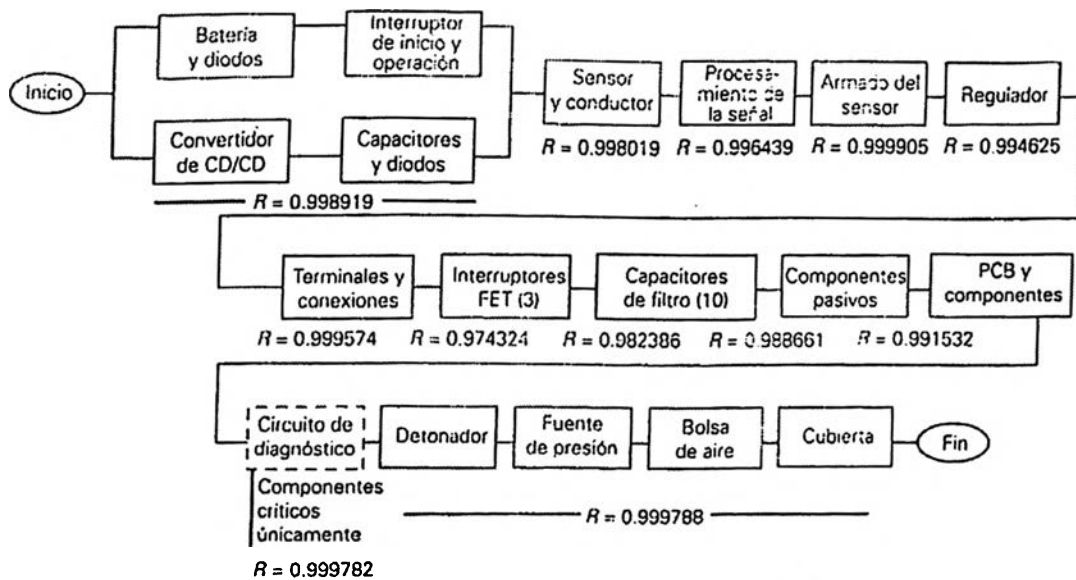
Conforme la bola se mueve hacia adelante dentro del tubo, encuentra resistencia con una barra colocada sobre un pivote. En el otro extremo de la barra está cargada con un resorte. Conforme la barra se mueve hace girar dos ejes que se salen de los percutores cargados por resorte. Las espigas o percutores (llamados espigas de muesca) pinchan fulminantes duales, encendiendo la carga de nitrato de potasio y boro, que a su vez enciende un compuesto de nitrato de sodio, que libera nitrógeno. El gas se filtra y enfría, inflando la bolsa. La cubierta (es decir, la existente sobre el volante) se abre, dividiéndose en dos, para permitir que la bolsa se infle sin daño. La siguiente figura muestra un diagrama de bloque del sistema, con valores de confiabilidad de cada uno de los componentes individuales durante una vida de operación de 10 años.



Los sistemas de sensores electromecánicos (EMS, por sus siglas en inglés) también utilizan un mecanismo de balín en tubo o en cilindro. El balín está sujeto en su lugar por un imán, en lugar de un resorte. Cuando ocurre la desaceleración, el balín vence la fuerza del imán y se mueve hacia delante, hasta tocar dos contactos eléctricos, cerrando un interruptor, que envía corriente de la batería (o de un capacitor grande, si la batería falla) para calentar un puente de alambre en un detonador pirotécnico, que a su vez enciende una carga de nitruro de sodio, produciéndose nitrógeno para inflar la bolsa. Este sistema también tiene un sensor de armado, que impide un despliegue no deseado. La posición eléctrica del sistema está vigilada por un módulo de diagnóstico que detecta una falla eléctrica en caso que ésta ocurra. La figura que aparece a continuación muestra este sistema y algunas estimaciones de la ingeniería de la confiabilidad de los diversos componentes del mismo.



El tercer tipo de diseño es un sistema de sensor electrónico (ES, por sus siglas en inglés). Sin entrar en detalles de operación, algo más complejo que los otros, la siguiente figura muestra el diagrama del sistema y los valores de confiabilidad.



Preguntas para el análisis

1. ¿Cuál es el papel de los actuadores duales en el sistema mecánico de la bolsa de aire? Describa el efecto de sólo tener uno.
2. Calcule la confiabilidad de cada sistema. ¿Qué conclusiones sugieren los datos?
3. La tabla que aparece a continuación enlista algunos cálculos de ingeniería de la confiabilidad en cada uno de los tipos de sistemas, en función del tiempo, tomando en consideración su capacidad de reparación. Trace estos datos en una gráfica. ¿Qué sugieren estos datos?

Sistema	Años			
	5	10	15	17
AMS	0.99984	0.99972	0.99959	0.99954
EMS	0.99987	0.99976	0.99965	0.9996
ES	0.99919	0.99849	0.9978	0.99752

PROBLEMAS

1. La vida de una batería de reloj normalmente se distribuye con una media de 1,500 días y una desviación estándar de 60 días:
 - a. ¿Qué fracción de baterías se espera sobreviva más allá de 1,600 días?
 - b. ¿Qué fracción sobrevivirá menos de 1,350 días?
 - c. Esboce la función de confiabilidad
 - d. ¿Qué duración de garantía se necesita para que no más de 10% de las baterías se espere que fallen durante el tiempo de garantía?
2. Lifetread, Inc. fabrica llantas para camión que tienen una vida media de 20,000 millas, con una desviación estándar de 2,000 millas.
 - a. ¿Qué fracción de llantas se espera sobreviva más allá de las 23,500 millas?
 - b. ¿Qué fracción sobrevivirá menos de 16,000 millas?
 - c. Esboce la función de confiabilidad.

- d. ¿Qué garantía se necesita para que no más de 10% de las llantas se espere que fallen durante el período de garantía?
3. Calcule la tasa de falla de seis transformadores que se probaron durante 400 horas cada uno de ellos, y tres de los cuales fallaron después de 80, 100 y 320 horas.
 4. Una prueba de 100 elementos se hace durante 200 horas. Si tres elementos fallan a 8, 54 y 162 horas, ¿cuál es la tasa de fallas?
 5. Un foco en particular tiene una tasa de fallas de 0.02 unidades por hora. Suponiendo una distribución exponencial, ¿cuál es la probabilidad de fallas en 400 horas, y cuál es la función de confiabilidad?
 6. Si un componente eléctrico tiene una confiabilidad de 0.90 durante 500 horas de uso normal, ¿cuál es la tasa de fallas y qué fracción sobrevivirá después de 100, 200 y 500 horas?
 7. Encuentre el tiempo medio a la falla (MTTF) para los datos de los problemas 3 y 4.
 8. Si una pieza de equipo opera durante 5,500 horas experimentando dos fallas, ¿cuál es el MTTF?
 9. El MTBF de un circuito es de 1,853 horas. Calcule la tasa de fallas.
 10. Un sistema automatizado de producción consiste de tres operaciones: Torneado, fresado y rectificación. Las piezas individuales pasan de una operación a la siguiente utilizando un robot, por lo que si una de las máquinas o el robot falla, el proceso se detiene.
 11. El MTBF para la unidad de procesamiento central de la computadora está normalmente distribuido, con una media de 14 días y una desviación estándar de 3 días. Cada falla le cuesta a la empresa 750 dólares en tiempo de cómputo perdido y en costos de reparación. Se puede programar un paro para mantenimiento preventivo durante horas fuera de pico, que sólo costaría 150 dólares. Como gerente a cargo de las operaciones de la computadora, usted debe determinar si merece la pena un programa de mantenimiento preventivo. ¿Cuál es su recomendación? (Suponga 260 días hábiles al año.)
 12. Si las confiabilidades del robot, del centro de torneado, de la máquina fresadora y de la rectificadora son 0.98, 0.95, 0.98, y 0.93, respectivamente, ¿cuál es la confiabilidad de todo el sistema?
 13. Si se supone que están disponibles dos rectificadoras y el sistema no se detiene si una de ellas falla, ¿cuál es la confiabilidad del sistema?
 14. Se diseñan los sistemas militares de radar y detección de misiles para advertir a una nación de ataques enemigos. Una pregunta de confiabilidad del sistema se ocupa de la capacidad del sistema de detección para identificar el ataque y llevar

a cabo la advertencia correctamente. Suponga que un sistema particular de detección tiene una probabilidad de 0.90 de detectar un ataque de misiles.

- a. ¿Cuál es la confiabilidad del sistema?
- b. Suponga que dos sistemas de detección están instalados en una misma área y que todo el sistema opera satisfactoriamente si por lo menos un sistema funciona correctamente. Si la probabilidad de detectar un ataque es de 0.90 para cada uno de los sistemas, ¿cuál es la confiabilidad de los dos sistemas?

BIBLIOGRAFIA

Bernstein, Amy.

"Putting Software to the Test".

Business Computer Systems (diciembre de 1984), 48-51.

Buck, Cari N.

"Improving Reliability".

Quality (febrero de 1990), 58-60.

Chowdhury, A. R.

Reliability as It Relates to QA / QC.

Quality Progress 18, no. 12 (diciembre de 1985), 27-30.

Halpern, S.

The Assurance Sciences, an Introduction to Quality Control and Reliability.

Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1978.

Juran, J. M., y F. M. Gryna.

Quality Planning y Analysis, 2ª. Edición.

New York: McGraw-Hill, 1980.

Lawrence, Joseph D., Jr.

"Semiconductor Quality Considerations"

Quality (diciembre de 1983), 39-41.

Posedel, Rhea J.

"Burn-in : The Way to Reliability.

Quality (agosto de 1982), 22-23.

Singh, B. P.

"Reliability, Availability, y Maintainability Program in a Metal Processing Facility".

Proceedings, AIIE 1978 Spring Annual Conference.

Norcross, GA: American institute of Industrial Engineers, 1978.

Smith, Charles O.

Introduction to Reliability in Design.

New York: McGraw-Hill, 1976.