técnicas básicas de CALIDAD

ALFONSO FERNANDEZ HATRE

CCA
CENTRO PARA
LA CALIDAD
EN ASTURIAS

IFR
Instituto de Fomento Regional

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. LA COMPETITIVIDAD. LA CALIDAD. LOS PROBLEMAS 7
Definición de problema 7
Identificación de problemas 10
Las causas y los efectos 13

CAPÍTULO 2. MEDICIÓN DE LOS EFECTOS 17
Introducción 17
Histogramas 18
Distribución de frecuencias 23
Gráficos de control 29

CAPÍTULO 3. DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS 35
Diagrama de Ishikawa 35
Análisis de Pareto 39
Correlación y regresión 44

CAPÍTULO 4. BÚSQUEDA DE SOLUCIONES 51
El pensamiento creativo 51
La sinergia del grupo 54
Brainstorming 56
Análisis de valor 59
Matriz de ponderación 63

CAPÍTULO 5. IMPLANTACIÓN DE SOLUCIONES 65
Valoración de la solución 65
Fase de implantación 66
Confirmación de la mejora 67
La mejora continua 69

CAPÍTULO 1

LA COMPETITIVIDAD. LA CALIDAD. LOS PROBLEMAS

Definición de problema

No habitamos en un mundo ideal. No tenemos la suerte de convivir en un ambiente pacífico en el que no importa lo que hagamos y cómo lo hagamos. Por el contrario, quizás como reminiscencia de la existencia de nuestros antepasados que se desarrollaba en un mundo animal y primitivo, la especie humana conserva un intenso sentido de competitividad y de lucha, que probablemente haya resultado fundamental para su supervivencia.

Importa mucho la forma en que hagamos las cosas. Importa también el resultado de nuestras actividades y los recursos consumidos para realizarlas. Ello es así porque si las personas o agentes de nuestro entorno consiguen demostrar una apreciable diferencia entre su eficacia y la nuestra, ineludiblemente acabaremos sufriendo perjuicios o quedaremos sometidos de alguna forma a la voluntad de los más eficientes.

Las leyes de Darwin sobre la evolución no se aplican solamente a la selección natural de los individuos o las especies, sino que tienen también plena vigencia en la selección de los métodos y los procedimientos. Solamente sobreviven los más eficaces y en esta inexorable competencia, quienes no los practiquen sufrirán el rechazo, el perjuicio y la subordinación causada por su ineficacia.

Los principios morales han logrado modificar los instintos de los individuos encaminándolos hacia el aprecio de las causas nobles, pero no han conseguido variar un ápice la naturaleza competitiva de las personas.

Éste es, sin más retórica que la necesaria, el fundamento de la política de calidad de las empresas y las organizaciones, las cuales se encuentran sometidas a una despiadada selección natural, de forma que, sólo alcanzan la supervivencia y el triunfo las que demuestran ser más fuertes, o lo que es lo mismo, más eficientes.

Por lo tanto, el concepto de calidad está basado en la competencia, o sea, en la comparación. La calidad no tiene objeto sin una referencia inmediata. Para tener calidad hay que ser mejor que alguien o que algo y la calidad sólo la alcanzan los mejores. No los más grandes, ni los más bondadosos, ni los que más investigan, ni los que aportan mayor capital, sino exclusivamente los que han confirmado ser los más eficientes del entorno.

Pero este entorno ha sido ensanchado por la facilidad de los transportes y las comunicaciones. Además, la época de los monopolios ha pasado a la historia. Por ello nos encontramos ante un mercado exento de límites y de protecciones. No tenemos más alternativa que prepararnos para ser los más fuertes, los más competitivos, pero... ¡a nivel mundial! si no queremos ser expulsados del mercado como otras muchas empresas lo han sido ya. Decididamente resulta necesario apurar al máximo nuestra gestión empresarial y, en consecuencia, eliminar todos los problemas que nos estén impidiendo ser los mejores en nuestra especialidad.

Con ello llegamos a la definición clara de lo que es un problema. Problema es algo que nos está impidiendo ser los mejores o que nos lo puede impedir en el futuro. Aunque no lo veamos. Aunque no sospechemos que tenemos ningún tipo de problema. Si no somos los mejores, ¡tenemos problemas!

Los muros existen aunque los ciegos no puedan verlos. Es posible correr, aunque un impedido no pueda imaginarse cómo hacerlo. Pues bien, los problemas existen en nuestra empresa aunque no hayamos desarrollado suficiente visión para detectarlos, o nuestras limitaciones nos impidan imaginar la forma de identificarlos y resolverlos. Así pues, debemos admitir como un axioma evidente la existencia de problemas, si no somos más buenos que el mejor y deducir que si él nos mejora en competencia, es porque ha resuelto estos problemas, ciertos, aunque tal vez insospechados.

De tal forma, un sistema de calidad que pretenda que la empresa que lo implanta llegue a ser competitiva, debe estar basado, única y exclusiva-

mente, en la identificación de problemas y en la resolución de los mismos, eso sí, antes de que lleguen a producirse, dado que ésta es la única forma de conseguir que los problemas no lleguen a afectarnos.

Estamos acostumbrados a estudiar e implantar sistemas de calidad tales como los que se rigen por la serie de normas ISO 9000, que apenas si se refieren a los problemas. Por el contrario aluden a la organización de la gestión en apartados tales como: Diseño, Compras, Inspección, Entrega y Productos no-conformes. Pues bien, hemos de tener bien claro al plantear e implantar estos sistemas, que la gestión de calidad ha de orientarse de forma ineludible a la resolución de los problemas que en cada uno de estos apartados nos está impidiendo ser los mejores.

De nada vale estar perfectamente organizados si tenemos problemas con el mantenimiento de las máquinas. Es inútil disponer de un proceso de fabricación impecable si se nos crean problemas evidentes en el servicio post-venta. Problemas importantes podemos tenerlos en cualquiera de los sectores de la empresa, en cualquiera de las funciones de la organización. Pueden ser problemas de calidad del producto, de suministradores inadecuados, de exceso de existencias o de desmotivación del personal. Incluso nuestros problemas pueden encontrarse en la clientela (¿pero... no habíamos quedado en que el cliente es el rey?) porque podríamos encontrarnos en un «nicho de mercado» inadecuado, o no tenerle suficientemente educado para que nuestros productos puedan satisfacerle plenamente.

Lo único que debemos dar por cierto es que los problemas deben resolverse de una vez por todas, y ésta es la razón evidente de que en el ámbito de la calidad se hayan desarrollado con tanto éxito las «Técnicas de resolución de problemas», que es el subtítulo y motivo fundamental de este libro.

A fuer de practicar la honestidad desde el principio, queremos hacer una advertencia previa a los lectores que por primera vez entren en contacto con estas técnicas.

Estamos acostumbrados a considerar la técnica como algo exacto y fiable. Sería, por tanto de esperar, que las técnicas para resolver problemas consistieran en alguna máquina o proceso especial, en donde se pueda introducir el problema y al cabo de un tiempo prudencial, éste pueda salir resuelto por el otro extremo.

Al menos, el estudio de estas técnicas nos debería proporcionar una fórmula o serie de ellas que, alimentadas con los datos del problema, nos facilitase la solución correcta del mismo.

Pues bien, lamentamos informar que eso sería pedir demasiado y que el estado actual de la ciencia no permite alcanzar estos procesos maravillosos de resolución. En todo caso, el Diseño de experimentos, el cual será tratado en una publicación futura, podría acercarnos un poco a este modelo de trabajo, pero siempre a base de sucesivos intentos.

Las técnicas o métodos de resolución de problemas, simplemente son sistemas de organización mental, mediante los cuales se estimula en los individuos la generación de ideas, se examinan todas las posibilidades de solución y se valoran y comparan las conclusiones, a fin de juzgar con rigor las posibilidades de mejora.

Las ideas y las soluciones tienen que darlas las personas que hacen uso de las técnicas, pero éstas resultan sin duda alguna, un instrumento potente para la eliminación definitiva de problemas.

Identificación de problemas

Hemos señalado antes, que muchos problemas cuya solución es imprescindible para alcanzar la competitividad nos resultan desconocidos, o ni siquiera podemos llegar a sospechar de su existencia. Luego la primera tarea que debemos acometer es la identificación de problemas.

Nada puede haber más tranquilizador que desconocer o ignorar los problemas que tenemos. A veces, sin embargo, nos encontramos sometidos a una inquietud cuya causa no sabemos explicar, pero mediante la cual intuímos que algo no funciona bien, o que los resultados no son todo lo buenos que desearíamos o esperábamos que fuesen.

Afortunadamente hemos desarrollado la teoría de que los problemas existen cuando no somos suficientemente competitivos, luego si nos encontramos en esta situación, debemos ponernos de inmediato a identificar los problemas que impiden que lo seamos. Podríamos añadir más y acudir al argumento de que como «nadie es perfecto» no hay nadie que carezca de problemas. Esto coincide plenamente con la política de mejora continua,

ya que incluso en el caso de que seamos los mejores, debemos seguir mejorando para que nadie pueda nunca arrebatarnos el liderazgo.

Queda por tanto demostrado, que nuestra actitud debe ser la de una continua búsqueda de problemas, o dicho de una forma más optimista, de una continua búsqueda de oportunidades de mejora.

Enfrentados a este rastreo en pos de la mejora, debemos utilizar una sistemática. La investigación no debe dejar lugar por escudriñar, pero a la vez procurará profundizar en cualquier indicio que podamos encontrar.

Establezcamos las reglas de la identificación de problemas:

a) análisis sistemático de la empresa

b) profundizar en los indicios

El análisis sistemático resulta relativamente fácil de acometer si destinamos al mismo a todos los componentes de la empresa o de la organización. La instrucción podría ser algo así como: «que cada uno intente identificar sus oportunidades de mejora» en la seguridad absoluta de que existen.

La profundización se puede acometer fácilmente mediante la utilización de la regla de las cinco preguntas. Consiste en hacer sucesivamente y durante varias veces preguntas del tipo ¿por qué? o ¿cómo?, de forma que a cada respuesta se repregunte de nuevo con una de estas frases. Pongamos un ejemplo.

Supongamos que detectamos un indicio de problema en la pérdida del pedido de un pequeño cliente al que llevábamos sirviéndole ininterrumpidamente desde hace diez años, porque ha preferido comprarle a nuestro competidor más directo.

Nos preguntamos ¿Por qué?

La respuesta nos la da nuestro Director comercial y, en principio parece sencilla. La competencia ofertó un precio ligeramente inferior al nuestro y, debido a ello, el cliente optó por darles el pedido.

No nos conformamos con la respuesta y creyendo que tras diez años de servicio continuado tenemos derecho a enterarnos de la verdadera causa de que un cliente nos elimine de su lista de suministradores, le llamamos, le invitamos a comer y en el transcurso de la comida repetimos la pregunta.

¿Por qué?

Al principio todo son cordiales evasivas. El precio..., se trata de un pedido de prueba... Pero ¡al fin! se sincera y nos habla de un incumplimiento de plazo en la última entrega que le ha ocasionado la parada, ¡durante día y medio! de una de sus líneas de fabricación y nos menciona la pobre acogida que han tenido sus quejas en nuestro departamento de expediciones.

El problema parece claro. Podemos convocar al Jefe de expediciones mañana mismo a nuestro despacho y hacerle objeto de un correctivo verbal del que ha de acordarse durante mucho tiempo. Seguramente con ello reafirmamos nuestra autoridad a la vez que mejoramos su comportamiento. Sin embargo, empezamos a sospechar que puede existir otro problema más profundo y lo único de inicialmente le preguntamos es

¿Por qué?

De esta forma nos podremos enterar de que últimamente Fabricación está teniendo problemas para cumplir su programación de expediciones y que no es éste el único suministro que se ha retrasado.

Parece obligado llamar al Jefe de fabricación y hacerle la misma pregunta

¿Por qué?

Al principio intenta abrumarnos con una sarta de números e índices de cumplimiento, aumentos de producción, presiones de Comercial para que se rebajen los plazos, etc, pero logramos convencerle de que lo que verdaderamente nos importa no es el ¿Quién? sino el ¿Qué? y que si le preguntamos por sus problemas no es para echarle en cara que los tenga, sino para ayudarle a resolverlos. Por último, logramos que nos comunique sus problemas con su sección de Acabado, que desde hace un cierto tiempo ha aumentado sus rechazos de inspección de un 2% a un 12% y nos admite que ya le había encargado al jefe de esa sección que redactase un informe sobre el tema.

La continuación de la búsqueda parece obligada. Llamar al Jefe de acabados y preguntarle sobre el resultado de sus pesquisas. O sea, hacerle la consabida pregunta

¿Por qué?

Al principio vacila. Es mucha la responsabilidad que ha recaído sobre sus espaldas. Según el informe que tiene ya a punto de terminar, es en Pintura

en donde se producen las causas de los rechazos. El también se ha preguntado la causa, el

¿Por qué?

y la cuestión reside en que últimamente dos operarios se han puesto enfermos y ha tenido que sustituirlos por pintores eventuales, que no dominan aún el trabajo. Lo malo es que ayer mismo, otro operario veterano le ha comunicado que siente dolores de cabeza y mareos y que posiblemente tenga también que pedir la baja. Y todo ello se está produciendo desde la última reparación del equipo de aspiración por vía húmeda. Desde entonces también algunos operarios de la cercana sección de Ensamblaje se han empezado a quejar de olor a disolvente.

La situación es grave. Se ha detectado un problema considerable en donde sólo parecía existir un indicio. Otra cosa es la solución del problema, en donde también podría seguir aplicándose la regla de los ¿Por qué? Concretamente:

— ¿Por qué se enferman los operarios de Pintura?

— ¿Por qué sus sustitutos no tienen la experiencia suficiente?

Pero al menos el problema está identificado y ello nos sitúa en el camino de su resolución adecuada.

Las causas y los efectos

No existe causa sin efecto, ni efecto sin causa. El efecto es la manifestación exterior de la causa, el síntoma de la enfermedad, el dolor que no podrá ser eliminado definitivamente hasta que el mal sea curado.

Por supuesto que un dolor puede ser calmado con analgésicos, lo mismo que un problema puede ser solucionado en falso, pero la erradicación total del efecto pernicioso de un problema, no se podrá conseguir hasta encontrar la causa que lo produce, eliminándola mediante supresión o modificación de la misma.

A los efectos de establecer la sistemática de esta fase, dentro de una política de competitividad podemos definir nuestra tarea bajo un nuevo matiz.

Para conseguir la calidad es necesario suprimir los efectos perjudiciales para los clientes, para los accionistas y para los empleados

De esta forma podemos agrupar todos los problemas de calidad de producto y de servicio entre los efectos que resultan perjudiciales a los clientes, los problemas de costes y de optimización de procesos y de inversiones, que al final acaban afectando a los accionistas y los asuntos de seguridad, ergonómicos y de motivación, entre los que atañen a los empleados. El diagrama de efectos perjudiciales podría quedar esquematizado de la siguiente forma:

- efectos perjudiciales para
  - clientes
    - calidad de producto
    - calidad de servicio
  - accionistas
    - reducción de costes
    - optimización de procesos
    - optimización de inversiones
  - empleados
    - seguridad
    - ergonomía
    - motivación

Los pasos a iniciar para el seguimiento de la sistemática serían los siguientes:

a) Determinar cuándo un efecto es perjudicial

b) Medir los efectos perjudiciales

c) Determinar las causas que producen estos efectos

d) Eliminar o modificar las causas

e) Comprobar que se han eliminado los efectos

Veamos cómo hemos de afrontar cada una de estas operaciones.

a) **Determinar cuando un efecto es perjudicial.** Nos encontramos ante uno de los puntos álgidos de la cuestión. Hasta hace poco tiempo la determinación de lo que era perjudicial o no, de lo que era correcto o incorrecto, estaba en manos de los técnicos que tomaban sus decisiones con

criterios exclusivamente científicos. En la actualidad se han desarrollado una serie de principios que pueden contribuir a plantearse mejor esta fase.

El principio de *satisfacción del cliente,* o sea, la eliminación de todos los efectos que puedan perjudicar la apreciación de nuestro producto o servicio por parte del consumidor del mismo, ha venido, en buena hora, a sustituir elementos de los que solamente se buscaba la perfección técnica por otros que consigan para nuestro cliente una satisfacción selectiva y personalizada.

El principio de *planificación de operaciones* y el de *eliminación del despilfarro* contribuyen a una mayor eficiencia y a elevar el margen bruto de fabricación, lo que constituye la base para la obtención de una correcta retribución del capital que podrá dar satisfacción a los accionistas.

El principio de *participación del personal,* además de conseguir un correcto desarrollo de los principios anteriores, favorecerá la adopción de mejores condiciones de trabajo, la eliminación de esfuerzos inútiles y la motivación del personal, mediante el enriquecimiento de las condiciones intelectuales en las que se lleva a cabo el trabajo.

Las consecuencias de la aplicación de estos principios serán el establecimiento de:

— especificaciones de los productos

— procedimientos que definen los procesos

— criterios de aceptación para los productos

— criterios o niveles de cumplimiento de procedimientos

b) **Medir los efectos perjudiciales.** En el siguiente capítulo se estudiarán algunos procedimientos estadísticos para conseguirlo tales como los Histogramas, Gráficos de control y Distribuciones de frecuencia.

c) **Determinar las causas que producen estos efectos.** En capítulos posteriores se estudiarán con detalle el Diagrama de Ishikawa, el Análisis de Pareto y los conceptos estadísticos de Correlación y Regresión

d) **Eliminar o modificar las causas.** También se verán posteriormente algunos métodos que nos adentren en la búsqueda de soluciones como son el desarrollo de la Creatividad, Brainstorming y Análisis de valor.

e) **Comprobar que se han eliminado los efectos.** No se cerrará el círculo de la resolución de problemas, característico de los sistemas de mejora continua, hasta que no controlemos de forma rigurosa la idoneidad de las soluciones adoptadas. Las cuatro operaciones básicas de toda gestión de calidad

Planificar - Realizar - Controlar - Corregir

(Plan-Do-Check-Act)

deberán ser recorridas una y otra vez durante toda la vida del producto, del proceso o de la empresa.

CAPÍTULO 2

MEDICIÓN DE LOS EFECTOS

Introducción

Como ya dijo Ishikawa, Calidad es «medir, medir y medir». Existen dos ciencias que tratan de las mediciones, la Metrología y la Estadística.

La Metrología describe los instrumentos de medida, la forma correcta de utilizarlos y los métodos para mantenerlos en buen estado y poder garantizar la precisión de las medidas con ellos realizadas.

La Estadística nos enseña el tratamiento de los datos resultantes de múltiples medidas y su interpretación.

Hemos visto anteriormente que para conseguir una calidad competitiva debemos eliminar los problemas, o sea, los efectos perjudiciales. Si damos por sentado que ya hemos definido previamente el nivel de calidad y los criterios de aceptación, debemos primero medir todos los efectos y por comparación con los dos parámetros anteriores determinar cuales son correctos y cuales son perjudiciales.

Por lo general, en una empresa no se fabrica un solo producto o se realiza un solo servicio, sino que los elementos producidos suelen ser repetitivos, independientemente de que se fabriquen en serie, por lotes, o de uno en uno. Muchas veces una medida aislada nos da muy poca información ya que puede estar influida por causas extraordinarias o ser producto de la casualidad. En una palabra, no es representativa.

Para obtener una información más precisa sobre lo que estamos haciendo deberemos tomar muchas medidas, al objeto de conocer, no solamente el estado de la situación, sino también las variaciones y tendencias.

En principio por tanto, parece que la información ha de mejorar cuantas más medidas tomemos, o sea, que deberíamos proponernos tomar el mayor número de medidas y, a ser posible, la totalidad de las que se pudiesen realizar. Esto, sin embargo, conlleva dos problemas importantes:

— puede resultar muy caro y trabajoso

— puede ser difícil tratar un número tan grande de datos

Pero existen métodos de muestreo que conjugan la economía de la toma de datos con la certidumbre de que la muestra es suficientemente representativa. Esto puede conseguirse si tenemos en cuenta el objetivo final que buscamos con la medida. Por ejemplo, si el problema que plantea un producto es la excesiva dispersión o diferencia de medidas para un parámetro determinado, no bastará con que tomemos una sola medida al día y si lo que pretendemos es ver las diferencias que existen entre dos productos, lógicamente deberemos tomar suficientes muestras de ambos.

A continuación trataremos tres sencillos sistemas para el tratamiento de datos que nos permitirán obtener conclusiones sobre el comportamiento de los procesos, la medición de los efectos y la separación entre los perjudiciales y los que no lo son.

Histogramas

Una de las características de las fabricaciones modernas es que no es posible producir dos piezas exactamente iguales. Las variaciones pueden ser pequeñas o grandes. Algunas de ellas ni siquiera serán apreciadas por los instrumentos de medida, lo cual no quiere decir que no existan. Reconociendo lo inevitable de estas diferencias, si queremos tener información lo más completa posible sobre un parámetro de calidad determinado, como puede ser el diámetro de 100 piezas cilíndricas de acero obtenidas por mecanización en un torno, dicho valor no podremos darlo con un único valor, sino que tendremos que medir el centenar de piezas y dar los valores de todas ellas.

En un intento de resumir de alguna forma la citada información podríamos expresar los valores gráficamente y de esta forma, con una sola mirada estaríamos en condiciones de apreciar la calidad del trabajo de mecanización realizado.

La forma más habitualmente utilizada para representar la totalidad de las medidas es el histograma. Consiste en estratificar los datos, agrupándolos según el número de aquéllos que se encuentran comprendidos en una serie de rangos definidos de antemano. Los rangos de medida los dispondremos en un eje horizontal o de abcisas y el número de valores comprendido en cada rango (frecuencia) pueden representarse en un eje vertical o de ordenadas.

Veamos con el ejemplo práctico descrito anteriormente, la utilidad de los histogramas. A continuación se exponen en una tabla los valores del diámetro, medidos en mm, para cada eje cilíndrico fabricado. Son los siguientes:

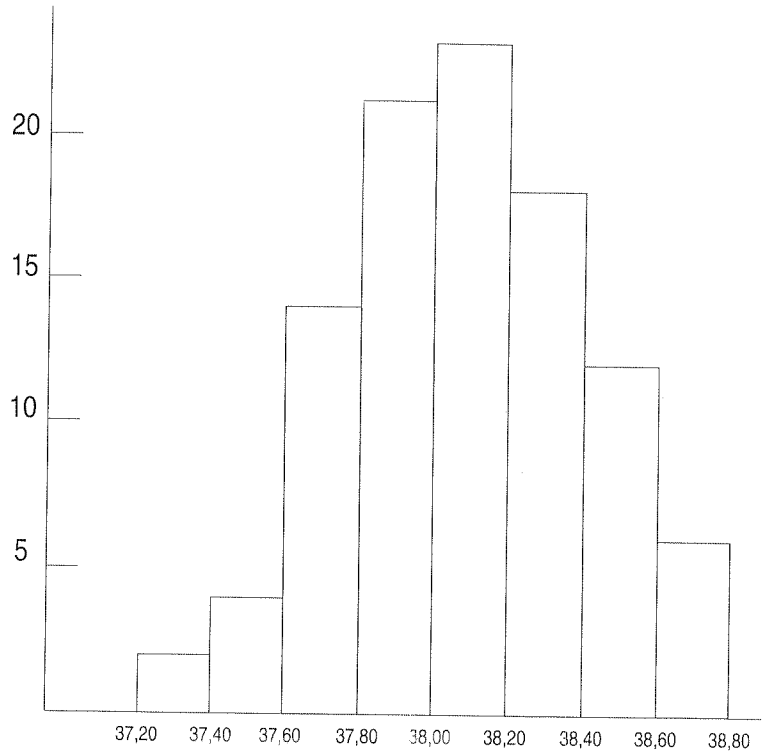
38,06	37,68	37,88	38,14	37,77	38,39	37,84	37,49
38,00	37,98	38,09	37,93	37,73	37,25	38,05	38,28
37,84	37,71	38,19	37,58	37,62	38,17	37,23	37,79
37,84	37,95	37,84	38,04	38,33	38,00	37,44	37,75
38,08	37,94	38,16	37,65	37,52	37,99	37,60	38,20
38,15	38,29	37,73	38,37	38,13	37,87	37,80	37,90
38,06	38,05	37,96	37,62	38,11	37,69	38,30	37,78
38,22	38,18	37,83	38,07	37,95	37,61	38,32	37,81
37,99	37,80	38,48	38,67	38,51	38,75	38,38	38,14
38,45	38,58	38,63	38,25	38,55	38,79	38,36	38,49
38,41	38,72	37,90	38,58	38,47	37,87	38,47	38,35
38,01	38,57	38,05	38,30	38,42	38,21	38,00	38,19
38,75	38,28	38,52	38,27				

A continuación podemos ordenar y estratificar los valores, agrupándolos en intervalos de 20 centésimas de mm.

				38,19			
				38,19			
			37,99	38,18			
			37,99	38,17			
			37,98	38,16			
			37,96	38,15	38,39		
			37,95	38,14	38,38		
			37,95	38,14	38,37		
			37,94	38,13	38,36		
		37,79	37,93	38,11	38,35		
		37,78	37,90	38,09	38,33		
		37,77	37,90	38,08	38,32	38,58	
		37,75	37,88	38,07	38,51	38,58	
		37,73	37,87	38,06	38,30	38,57	
		37,73	37,87	38,06	38,30	38,55	
		37,71	37,84	38,05	38,29	38,52	
		37,69	37,84	38,05	38,28	38,49	
		37,68	37,84	38,05	38,28	38,48	38,79
		37,65	37,84	38,04	38,27	38,47	38,75
	37,58	37,62	37,83	38,01	38,25	38,47	38,75
	37,52	37,62	37,81	38,00	38,22	38,45	38,72
37,25	37,49	37,61	37,80	38,00	38,21	38,42	38,67
37,23	37,44	37,60	37,80	38,00	38,20	38,41	38,63
>37,19	>37,39	>37,59	>37,79	>37,99	>38,19	>38,39	>38,59
<37,40	<37,60	<37,80	<38,00	<38,20	<38,40	<38,60	<38,80

Posteriormente podemos representar los valores en un gráfico de columnas, pudiendo percibir con un solo vistazo cual es la tendencia general de los resultados de la fabricación de la pieza cilíndrica, proporcionándonos una información muy valiosa para identificar los posibles problemas e intentar resolverlos.

A este gráfico se le llama un histograma de frecuencias.



HISTOGRAMA DE MEDIDAS DEL DIÁMETRO DE LA PIEZA

Como recomendaciones prácticas para la confección de histogramas se pueden dar las siguientes:

Contar los datos. En este caso particular n = 100.

Estratificarlos en 8 o 10 grupos (en nuestro caso hemos escogido 8 grupos para hacer los intervalos más exactos).

Localizar el valor más alto (38,79) y el más bajo (37,23). La diferencia entre ambos nos dará la amplitud total de los datos (38,79 - 37,23 = 1,56).

Dividiendo la amplitud (1,56) entre el número de grupos elegido (8) nos dará la amplitud de cada intervalo (1,56/8 = 0,195). Conviene redondear para hacer más didáctico el histograma (0,20).

Los intervalos comenzarán en la cifra redonda (37,20) por debajo del valor más bajo (37,23).

Para la confección del gráfico puede utilizarse un papel milimetrado o cuadriculado. En el eje horizontal se marcarán los valores de los intervalos y en el vertical, con una escala adecuada el número de datos que corresponde a cada intervalo.

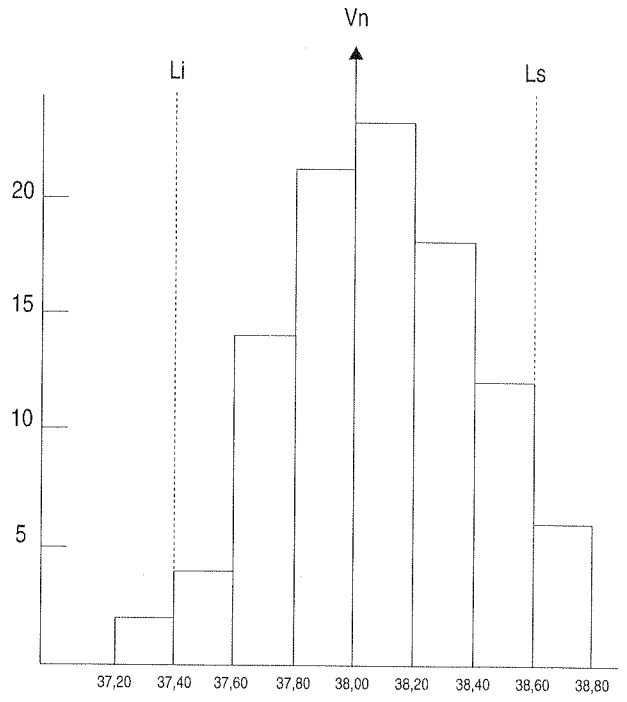
Sobre el gráfico resultante se puede marcar el valor nominal de la medida y los límites inferior y superior admisibles (tolerancias), con lo cual nos daremos una idea clara de lo siguiente:

— el valor central aproximado, que indica la dimensión a la que la máquina está ajustada

— la amplitud de la dispersión, que indica la variación de la materia prima o de la máquina

— la relación entre los valores medidos y las tolerancias del plano, lo cual es importante para efectuar una acción correctiva

La información proporcionada por un histograma realizado según estas normas puede servir de base para definir y resolver el problema. Pregun-



HISTOGRAMA CON INCLUSIÓN DE VALOR NOMINAL Y LÍMITES

tas referentes al valor más común de las medidas, a la simetría de la distribución de valores, a si la distribución tiene un solo pico o tiene varios, o si existen valores aislados pueden ser contestadas con la simple observación del histograma. Si se confeccionan y utilizan los histogramas en la forma indicada, los problemas y las oportunidades de mejora se manifestarán con mayor claridad y los datos resultarán más evidentes que una simple relación numérica.

A veces la estratificación de los datos interesa combinarla con la separación de los mismos de acuerdo con causas importantes de variación. Por ejemplo, si el histograma de distribución de datos de una cierta fabricación que se realiza en régimen de turnos presenta dos picos, podrían separarse los datos correspondientes a cada turno, confeccionar dos histogramas diferentes y ver si presentan apariencias fundamentalmente distintas, lo que nos haría pensar en fallos de formación o de interés de alguno de los operarios. Igualmente pueden hacerse distribuciones diferentes por cada máquina, clase de material o cualquier otra variación que se considere importante.

Otra ventaja de los histogramas consiste en la comparación de los gráficos resultantes, antes y después de haber aplicado una condición de mejora. La superposición de los histogramas correspondientes a ambas situaciones puede determinar la validez de la solución implantada.

Distribución de frecuencias

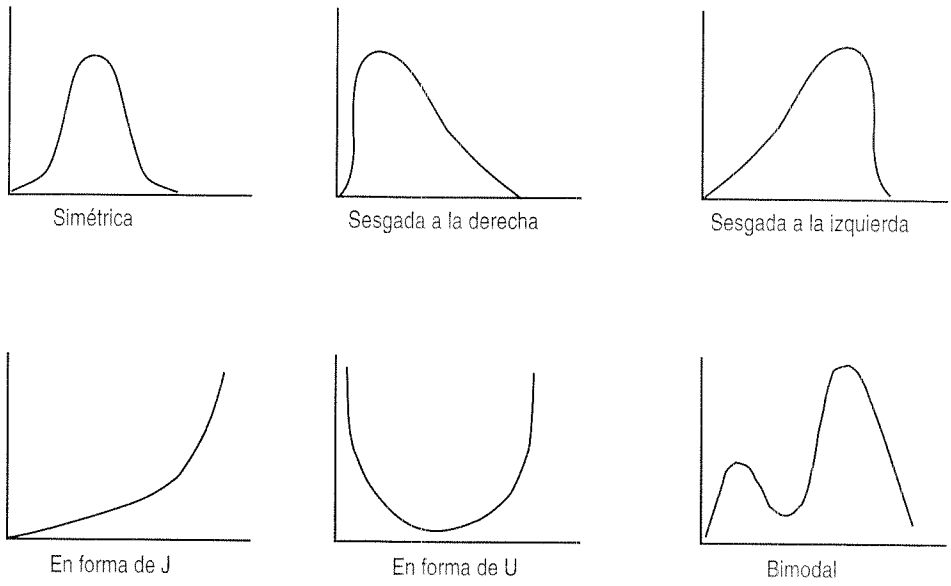
Uniendo los extremos de los valores del histograma, obtendremos la curva de distribución de frecuencias, la cual en general puede adoptar distintas formas que nos ayudarán a indicar las causas de los defectos y la forma de solucionarlos.

Al igual que con los histogramas, si los procesos están fabricados por dos procesos, máquinas u operarios diferentes, el establecimiento de las curvas de distribución de frecuencia para cada uno de ellos, nos puede dar una indicación de las acciones correctoras pertinentes.

Desde el punto de vista matemático existen varios parámetros que complementan las indicaciones dadas por las distribuciones de frecuencias y que se pueden agrupar en dos tipos:

— *medidas de centralización*, como la media, la mediana, la moda, media geométrica, media armónica, etc.

— *medidas de dispersión* como el rango, la desviación típica, varianza, rango intercuartílico y rango entre percentiles.



DISTINTAS FORMAS DE CURVA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Medidas de centralización

Son las que representan al conjunto de valores obtenidos e intentan reemplazar a cualquiera de ellos en los cálculos o consideraciones que sea necesario hacer con posterioridad.

Media es la suma de los valores, dividida entre el número de los mismos. La media puede ser ponderada, cuando a cada valor o grupo de ellos se le da un peso diferente de acuerdo con su importancia.

Sean los valores considerados anteriormente como medida del diámetro de los ejes. La media será:

$$\text{Media} = \frac{37{,}23 + 37{,}25 + \ldots + 38{,}75 + 38{,}79}{100} = 38{,}0798 \approx 38{,}08$$

Mediana es el valor central o la media de los dos valores centrales

$$\text{Mediana} = \frac{38{,}06 + 38{,}06}{2} = 38{,}06$$

Moda es el valor que presenta la mayor frecuencia

En este caso la moda de los valores es 37,84 que se repite cuatro veces, pero la moda de los intervalos es el comprendido entre 38,00 y 38,20 cuya media es lógicamente 38,10.

Como medidas de centralización se cuentan también la **media geométrica,** que para n valores es la raíz n-ésima del producto de los valores y la **media armónica** que es la inversa de la media aritmética de los recíprocos de los valores, pero debido al elevado número de datos que se han tenido en cuenta, resultaría muy complicado su cálculo y pueden dejar de considerarse.

Medidas de dispersión

Son las que miden la representatividad de las medias, mediante la apreciación de la amplitud del intervalo total en que se encuentran todos los valores.

Rango es la diferencia entre el mayor y el menor de los valores. Al estudiar los histogramas lo hemos denominado amplitud.

$$\text{Rango} = 38{,}79 - 37{,}23 = 1{,}56$$

Desviación media es la media de las diferencias en valor absoluto entre los valores y la media aritmética.

$$\text{Desviación media} = \frac{|38{,}76-38{,}08|+|38{,}75-38{,}08|+\ldots+|37{,}23-38{,}08|}{100} = 0{,}2762$$

Desviación típica es la raíz del cuadrado medio de las desviaciones. Se suele representar por la letra griega sigma

$$\sigma = \sqrt{\frac{(38{,}79-38{,}08)^2 + (38{,}75-38{,}08)^2 + \ldots + (37{,}23-38{,}08)}{100}}$$

Varianza es el cuadrado de la desviación típica

Varianza = $0{,}3386^2 = 0{,}115$

Rango intercuartílico es la diferencia entre el tercer cuartil de los valores y el primero, siendo los cuartiles los valores que dividen a la serie en cuatro partes iguales

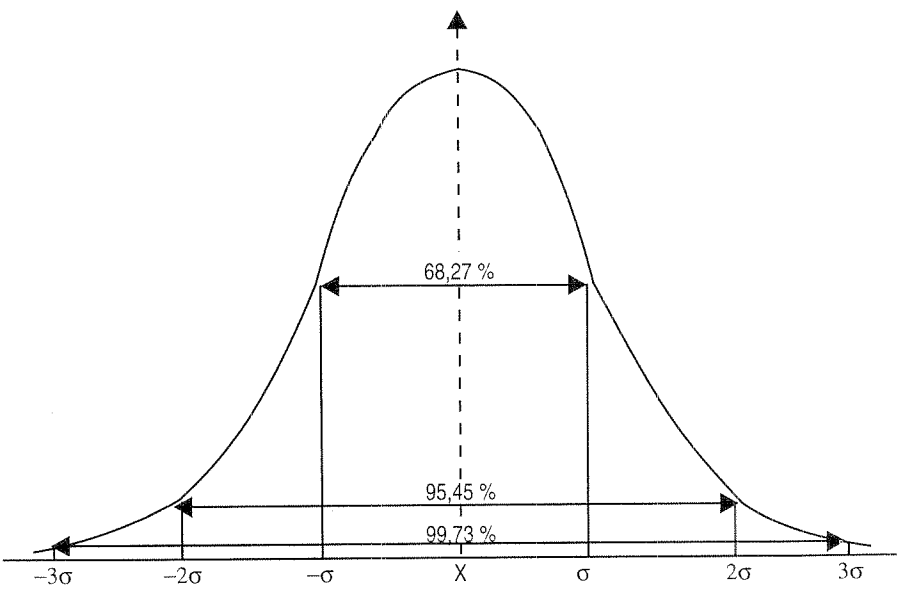
Rango intercuartílico = 38,28 - 37,84 = 0,44

Rango entre percentiles es la diferencia entre dos percentiles complementarios, siendo los percentiles los valores que dividen a la serie en cien partes iguales. Suelen utilizarse el del 10% y el del 90%

Rango entre percentiles 90-10 = 38,47 - 37,62 = 0,85

Distribución normal

La distribución más habitual en los hechos estadísticos que se producen en la vida se llama distribución normal o campana de Gauss. En ella, el



DISTRIBUCIÓN NORMAL O CAMPANA DE GAUSS

máximo de la curva coincide con la media y con la mediana y se da la propiedad de que de los valores:

— el 68,27% están comprendidos entre la media y ± la desviación típica;

— el 95,45% entre la media y ± dos veces la desviación típica y

— el 99,73% entre la media y ± tres veces la desviación típica.

Para analizar si una distribución de frecuencias es normal, se señalarán sobre un papel gráfico de probabilidades las frecuencias acumuladas, comprobando que se encuentran sobre una línea recta.

Determinación de la forma de la curva de distribución

Momentos. El momento de orden «r» de una serie de valores viene definido por la expresión:

$$\text{Momento de orden r} = \frac{38{,}79^r + 38{,}75^r + \ldots + 37{,}23^r}{100}$$

El momento de orden 1 es la media aritmética.

Si calculamos los momentos respecto a la media aritmética, sustituyendo los valores por sus diferencias a la media, se obtienen los momentos centrales:

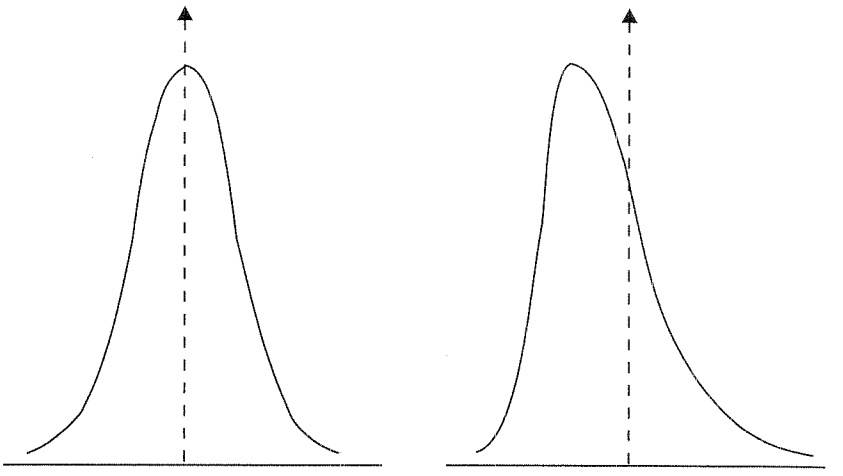
$$\text{Mom. central de orden r} = \frac{(38{,}79-38{,}08)^r+(38{,}75-38{,}08)^r+\ldots+(37{,}23-38{,}08)^r}{100}$$

El momento central de orden 1 es cero.

El momento central de orden 2 es la varianza.

El momento central de orden 3 (expresado en forma adimensional) nos da la medida de la simetría de la distribución, ya que si es igual a cero la curva es simétrica. Se le llama también **coeficiente de sesgo,** porque nos indica hacia donde está sesgada la curva.

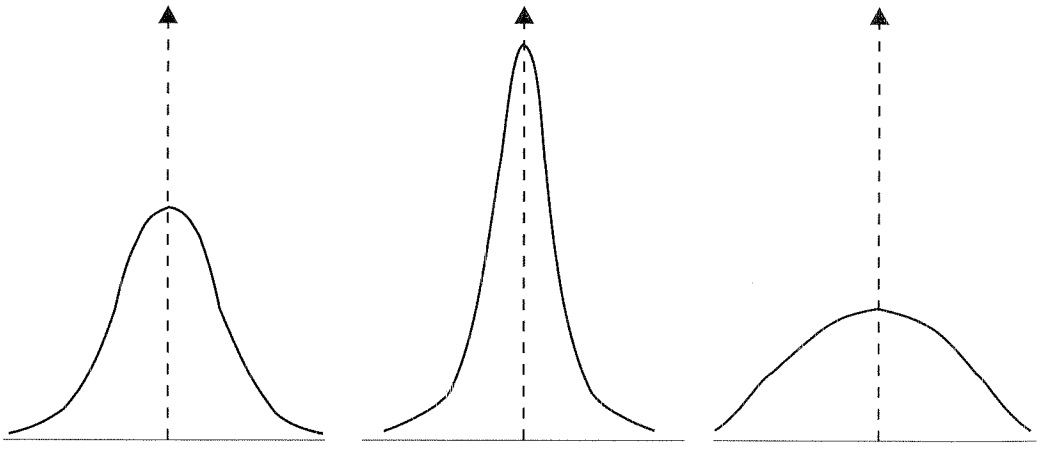
El momento central de orden 4 (dado en forma adimensional) nos da la medida de la planicidad o apuntamiento de la curva de distribución, ya



Distribución simétrica Distribución sesgada

que si vale 3 la curva es normal (mesocúrtica), si vale más de 3 la curva es apuntada (leptocúrtica) y si vale menos de 3 la curva es aplanada (platicúrtica).

Al momento central de orden 4 se le llama **coeficiente de Curtosis** y tiene una importancia primordial en el control del proceso, dado que con el fin de aplicar la mejora continua, nos debemos marcar como objetivo que la distribución sea lo más apuntada posible, pues de esta forma estamos estrechando los límites y reduciendo la dispersión con respecto al valor nominal. Una vez conseguido, se pueden reducir las tolerancias y alcanzar un nivel superior en la calidad de nuestro proceso.



Disribución mesocúrtica Distribución leptocúrtica Distribución platicúrtica

Gráficos de control

Los gráficos de control expresan las comparaciones a lo largo del tiempo de una característica de calidad de un producto, con su valor nominal y con los límites que señalan la capacidad del proceso de fabricación.

Consideremos la fabricación de los 100 ejes a los que anteriormente nos hemos referido. El gráfico de control a lo largo del tiempo será el siguiente:

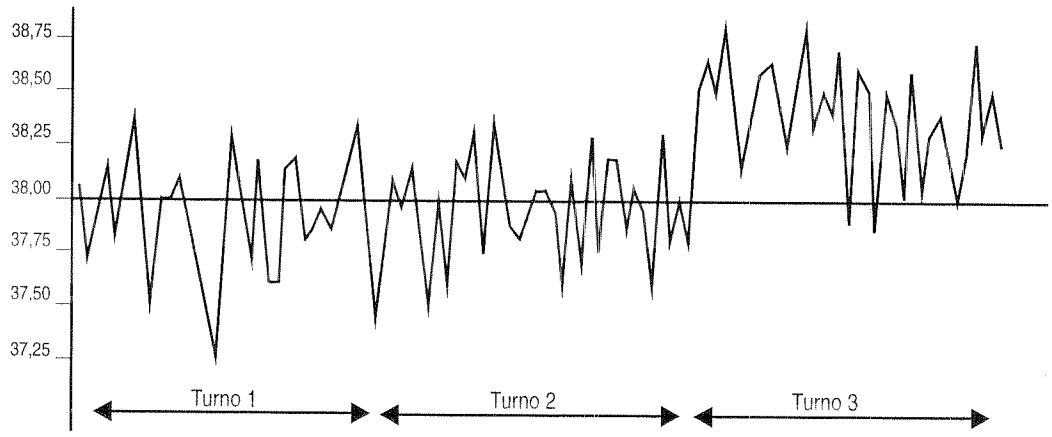


GRÁFICO DE CONTROL DE FABRICACIÓN DE 100 PIEZAS

En este gráfico se puede comprobar la variación, a lo largo del tiempo, de la característica de calidad definida por la medida del diámetro y se pueden sacar las conclusiones pertinentes.

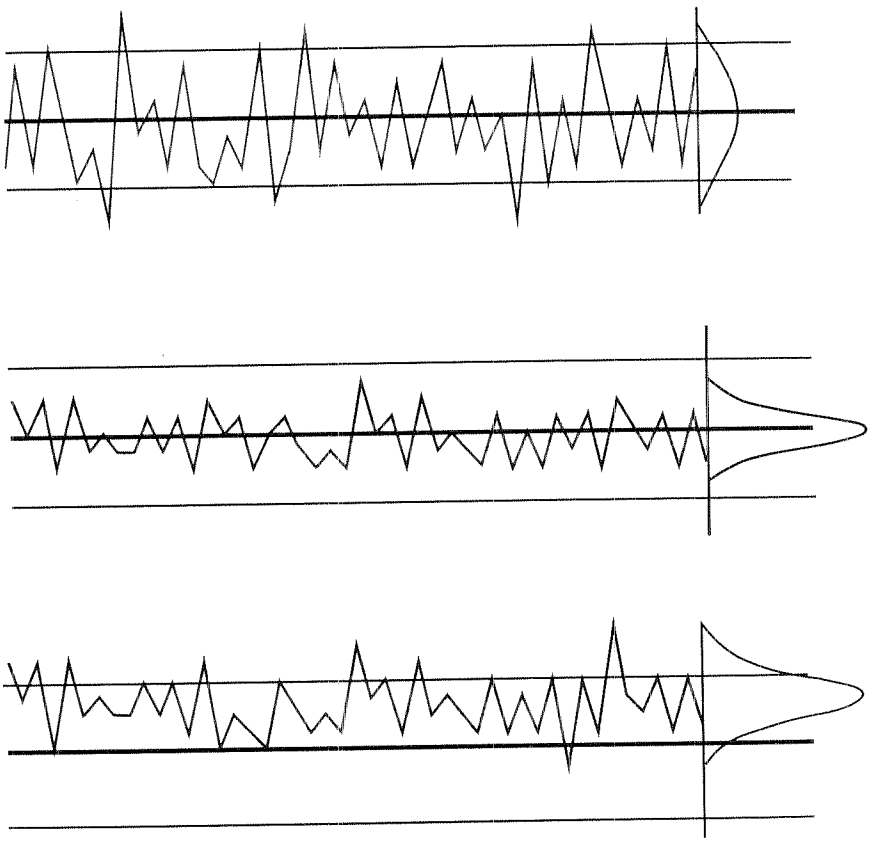
En efecto, durante los dos primeros turnos la medida del diámetro oscila alrededor del valor 38,00 (que se supone es el valor nominal) y aunque las oscilaciones son fuertes (posiblemente algunos valores estarían fuera de tolerancia) no se observa aparentemente que la distribución esté sesgada hacia arriba o hacia abajo.

No ocurre así cuando comienza el tercer turno. Todos los valores menos dos están por encima del valor 38,00 y se observa un sesgo importante hacia medidas de mayor diámetro. Posiblemente se trate de un error personal, causado por la poca formación del operario, la manera en que utiliza su máquina herramienta o los errores que pueda cometer en la medida de los ejes. La disposición del gráfico de control nos alerta de forma inme-

diata sobre la existencia de un problema y debemos implantar cuanto antes las medidas correctoras para atajarlo.

En principio los gráficos sirven para sustituir la memoria de los operarios y técnicos, ya que es peligroso fiarse únicamente de ella cuando son varios los procesos supervisados o los factores de la producción. Los gráficos detectan las anomalías en la calidad final del producto, como consecuencia de alguna modificación en el proceso y pueden relacionar dichas modificaciones con las alternativas de la producción.

Además del valor nominal del parámetro que se mide, es habitual señalar en el gráfico por unas líneas paralelas las tolerancias o límites de especificación permitidos. Estos límites suponen, cuando se superan, una señal roja de alarma, ya que al sobrepasarlos debe ponerse en práctica una acción correctora que centre la característica de calidad en sus valores deseables.



GRÁFICOS DE CONTROL CON DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Los gráficos sirven también para medir la capacidad del proceso, ya que si nunca se llegan a alcanzar las líneas de límites, se podrían reducir las tolerancias y si se sobrepasan con demasiada frecuencia sería necesario disminuir el rigor de las especificaciones de calidad o modificar el proceso hasta encontrar un método que favorezca su cumplimiento.

Cuando en la fabricación de un producto las características de calidad se conservan de forma persistente dentro de los límites establecidos, se dice que «el proceso está bajo control».

Los gráficos de control se pueden acompañar de sus correspondientes distribuciones de frecuencias, las cuales se pueden comparar con los límites del proceso, tanto de forma gráfica como aplicando la comparación de las medidas de centralización y de dispersión enunciadas en el anterior apartado.

Los procedimientos gráficos de control aquí descritos pueden realizarse con la totalidad de los productos o con muestras representativas de ellos. También se acostumbra reflejar en los gráficos, en vez de los valores individuales de cada producto, los valores medios de los desmuestres tomados y las medidas de dispersión, con lo que habrá que calcular los nuevos límites de los gráficos resultantes, aplicando las acciones correctoras cuando estos valores queden fuera de sus respectivos límites de control.

Un criterio ampliamente utilizado para conocer la capacidad del proceso consiste en determinar si los límites señalados por los valores de $\pm 3\ \sigma$, quedan dentro de los límites de tolerancias. De esta forma se considera que el proceso es económicamente satisfactorio.

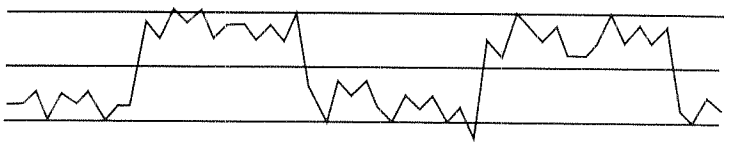
Los cambios en el funcionamiento del proceso se identificarán en los gráficos de medias y dispersiones por fenómenos que se desarrollan siguiendo los siguientes tipos de anomalías:

Cambios bruscos en la media. Un desplazamiento de la media producirá valores extremos en el gráfico de las medias, y de la dispersión.

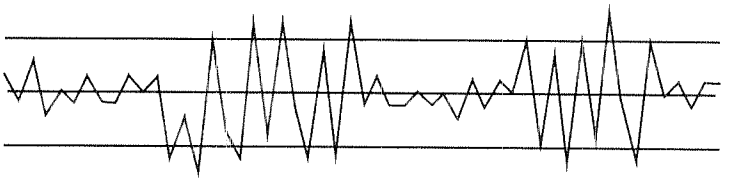
Cambios bruscos en la dispersión. Producirá valores extremos en los gráficos de la dispersión pero no afectará a la media.

Tendencias de los valores. Los desplazamientos paulatinos debidos, por ejemplo, a los desgastes, se harán notar por una tendencia anómala de los valores, considerándose en general que siete valores consecutivos en orden creciente o decreciente entre sí, suponen un claro signo de anormalidad.

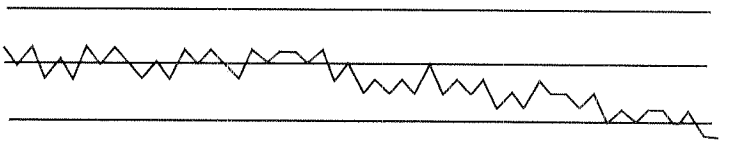
Causas cíclicas. Los cambios de turno y otras causas de tipo periódico ocasionarán gráficos en lo que los picos y los valles se suceden formando ciclos.



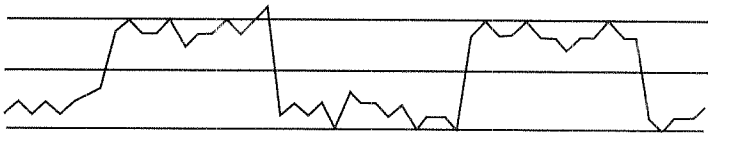
CAMBIOS BRUSCOS EN LA MEDIA



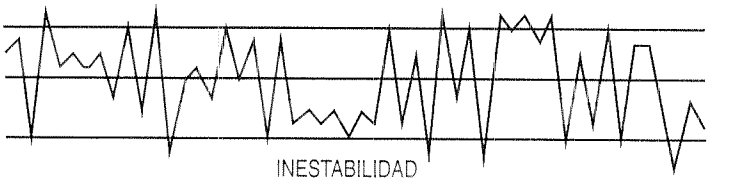
CAMBIOS BRUSCOS EN LA DISPERSION



TENDENCIA DE LOS VALORES



CAUSAS CICLICAS



INESTABILIDAD

ANOMALÍAS EN LOS GRÁFICOS

Inestabilidad. Se denomina inestabilidad a la presencia de grandes fluctuaciones que pueden situar uno o más valores fuera de los límites de control. Este comportamiento puede ser debido a un sobreajuste de la máquina, a mezclas no controladas de materiales o a falta de experiencia del operario.

Sobreestabilidad. La variación de los valores es menor que la esperada. Para identificar esta causa se dibujan en el gráfico dos líneas adicionales que dividan el intervalo de control en cuatro partes iguales. En condiciones normales, el 98% de los valores se encontrarán entre las dos centrales. Si ello es así, pudiera existir una posibilidad para reducir la dispersión del proceso y aumentar su capacidad.

La forma práctica de desarrollar un sistema de control de calidad mediante gráficos de control, consiste en que una vez calculados y aprobados los límites, se coloca el gráfico cerca de la máquina o instalación que confecciona el producto. Se ha de establecer también el momento en que se debe anotar la medida de la característica de calidad que se quiera controlar, el cual puede venir determinado por un intervalo temporal (cada hora, cada 15 minutos, etc), o por la fabricación de un cierto número de unidades. La frecuencia de anotación de los datos viene marcada por la facilidad de cumplimiento de los límites, ya que si el proceso está permanentemente bajo control, se podrán ir espaciando las mediciones, salvo que exista en el proceso algún factor que pueda presentarse de forma aleatoria e imprevisible.

A la vista de los esfuerzos y los gastos que se requieren para establecer y mantener un sencillo gráfico de control para una sola característica de la calidad, nos podríamos preguntar hasta dónde puede extenderse la práctica de la aplicación de los gráficos, en una industria que fabrique muchos elementos en diferentes procesos. La contestación es obvia. Los gráficos de control sólo deben establecerse en la medida que resulte económicamente deseable y físicamente posible el hacerlo.

Los gráficos se implantarán únicamente para características importantes, utilizándolos en aquellos casos en que los costos reclamen una estrecha atención en el proceso. Debe huirse de la utilización de gráficos solamente como una demostración del buen funcionamiento de un sistema de calidad.

Es necesario advertir que, aunque se haya utilizado un ejemplo referido a la característica diámetro en una construcción de un eje de dimensiones

reducidas, los gráficos de control tienen su más eficaz aplicación en los grandes procesos continuos, como puede ser la fabricación de un material o una línea de transformación o montaje, en donde participen gran cantidad de operarios manejando una compleja instalación. En este caso, el estudio de una o varias características de calidad del producto fabricado puede entrañar la resolución de problemas que signifiquen costosísimos rechazos y la puesta en práctica de soluciones correctoras de una importante trascendencia económica.

Igualmente debe indicarse que los gráficos de control no solamente rinden una señalada utilidad en las empresas con actividades industriales, sino en todos aquellos procesos comerciales o de servicios en donde sea posible medir o apreciar una característica de calidad y reflejarla en relación con el objetivo deseado y los límites aceptables de desempeño.

CAPÍTULO 3

DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS

El diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, llamado también diagrama causa-efecto, o por su forma, «espina de pescado», se utiliza como ayuda para determinar las causas que producen un efecto perjudicial para la calidad y que es necesario corregir.

En un proceso industrial, las causas que pueden dar lugar a efectos no deseados y que alteran la calidad del producto pueden encontrarse en:

— los materiales

— las máquinas e instalaciones

— el método de trabajo

Si se trata de una empresa de servicios, las causas de los defectos pueden estar en:

— el método de trabajo

— la formación del personal

— las instalaciones

A su vez, cada una de estas causas puede dividirse en otras muchas subcausas y su dependencia con el efecto y su relación entre sí serán difíciles de establecer si no contamos con un instrumento adecuado.

Sea el caso, por tomar un ejemplo sencillo, de un automóvil que no arranca cuando intentamos ponerlo en marcha en una fría mañana de invierno.

Aunque entendemos poco de automóviles, en una primera aproximación se nos ocurren las siguientes causas que pueden motivar la situación:

— batería descargada

— falta de gasolina

— motor de arranque averiado

— mal estado de las bornas

— batería averiada

— bendix averiado

— conexiones cortadas

— piñones acuñados

— carburador sucio

— bobina mojada

— atasco en la alimentación de gasolina

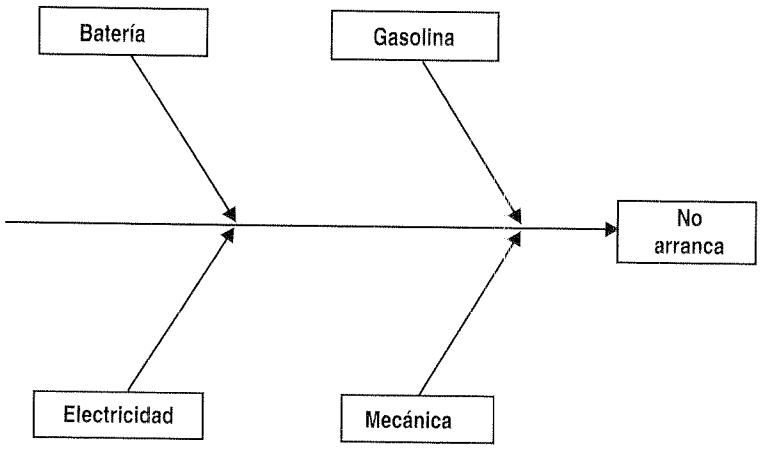
— bomba de gasolina averiada

— bujías en mal estado

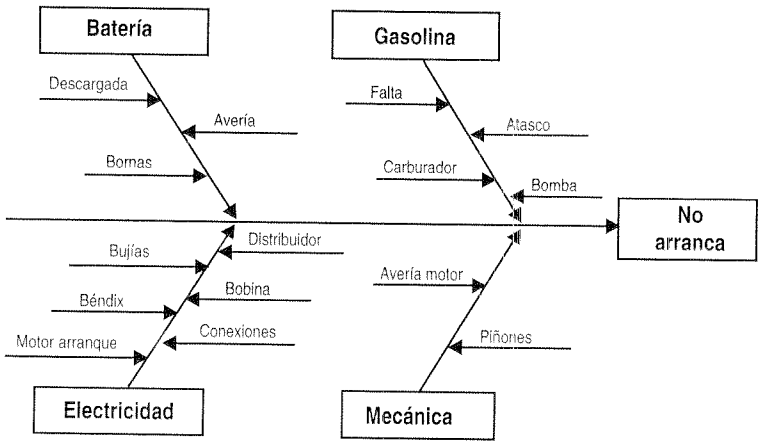
— distribuidor en mal estado

— avería mecánica del motor

Esta copiosa enumeración de causas no nos ayuda mucho a centrar el problema y atender a su solución. Con objeto de ordenar las causas a fin de proceder a la solución del defecto, realizamos un primer diagrama procediendo a agrupar los motivos más importantes:



A continuación podemos situar todas las causas relacionadas, en ramificaciones menores, al objeto de ubicar en el gráfico todos los posibles motivos de avería.



Conviene que en el diagrama estén relacionadas todas las posibles causas que pueden ocasionar el efecto. Para ello, las personas que estén realizando el estudio confeccionarán una lista de todo aquello que, a su juicio, pueda tener una influencia mayor o menor sobre la producción del efecto, teniendo en cuenta que la valoración de la posible influencia o importancia se realizará con posterioridad.

Es importante buscar las causas últimas, desglosando al máximo los motivos, ya que de esta forma se facilitará la búsqueda de soluciones. Para ello el diagrama de Ishikawa resulta verdaderamente útil y tiene una forma

adecuada para establecer relaciones jerarquizadas entre las distintas causas principales y secundarias.

Según señala el profesor Kaoru Ishikawa, creador de este diagrama, sus ventajas son las siguientes:

Es *educativo* por sí mismo, ya que en su construcción se exponen las experiencias y conocimientos de cada miembro del equipo sobre el asunto a tratar. El estudio detallado de un diagrama causa-efecto nos proporcionará un extenso conocimiento sobre el problema a investigar.

Sirve para *dirigir la discusión,* centrando al equipo de trabajo sobre el tema y evitando inútiles repeticiones, con lo que conseguiremos llegar de forma más rápida a la solución buscada.

Consigue *localizar las causas reales* que dan lugar al efecto. Si tras la confección de un diagrama y su estudio posterior quedamos desorientados respecto a los auténticos factores que causan el problema, será señal evidente de que no hemos localizado las verdaderas causas que dan lugar al efecto y será preciso comenzar de nuevo.

Se utiliza para *organizar la búsqueda de datos* que nos han de aportar la base para la evaluación del problema y su posible solución.

Pone de manifiesto el *nivel tecnológico* alcanzado por el equipo, ya que si éste es elevado, aparecerán en el diagrama una serie de sub-causas que le darán una forma verdaderamente complicada. Un diagrama sencillo o con una escueta enumeración de causas demostrará un conocimiento demasiado superficial del problema.

Puede utilizarse para resolver *cualquier tipo de problema,* tanto si se trata de un defecto de calidad de un producto, como si intentamos conseguir la mejora de un proceso. Igualmente resulta una herramienta valiosa en problemas de gestión o aplicables a operaciones de servicio, tal como demuestra el siguiente ejemplo que se refiere a la mejora de la satisfacción de un cliente en un restaurante de lujo.

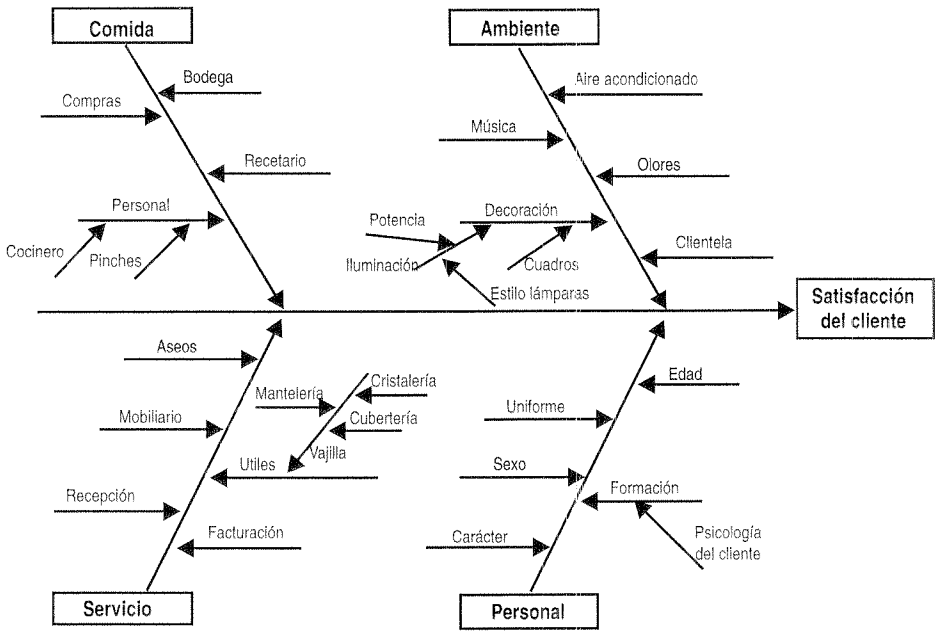


DIAGRAMA DE ISHIKAWA DE LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE EN UN RESTAURANTE DE LUJO

Análisis de Pareto

Vilfredo Pareto fue un sociólogo y economista italiano de principios de siglo que intentó aplicar las técnicas de las matemáticas abstractas a los fenómenos socio-económicos. Al realizar un estudio sobre la distribución de la propiedad de la tierra observó que, aproximadamente, el 20 por ciento de los terratenientes eran propietarios del 80 por ciento de las tierras. Esta proporción vio que se cumplía en otras muchas distribuciones de la vida normal, lo cual dio lugar a la regla del 80-20, según la cual, en muchos casos, el 80 por ciento de los efectos está producido por el 20 por ciento de las causas.

Si aplicamos esta regla a la resolución de problemas, podremos observar que los defectos o las posibilidades de mejora dependientes de causas variadas, suelen estar influidos en mucha mayor proporción por un pequeño número de causas y que corrigiendo éstas, se obtienen unos resultados casi totales.

Intentaremos entonces determinar cuales son las causas que producen la mayor proporción de efectos y centraremos nuestros esfuerzos en eliminar

o corregir este pequeño número de causas, al objeto de modificar la mayor parte de los efectos.

Podremos aclarar esta idea con un ejemplo sencillo. Supongamos que en una industria determinada se produce un gran número de accidentes y que hacemos una estadística de la distribución de dichos accidentes entre las diversas partes del cuerpo, obteniendo los siguientes resultados:

—Golpes o lesiones en la cabeza	2
—Lesiones en los ojos	7
—Golpes en el tronco y abdomen	3
—Cortaduras en los dedos	38
—Golpes o lesiones en los brazos	2
—Erosiones en las manos	23
—Martillazos y golpes en las manos	18
—Esguinces en piernas y pies	5
—Lesiones en los pies	10
TOTAL	108

Si agrupamos todas las lesiones que se producen en las manos nos da un total de 79, lo que significa un 73%. Ésa es por tanto la parte del cuerpo que debemos esforzarnos en proteger, dado que es en la que mayor proporción de accidentes se produce.

Después de estudiado el problema, se decide dotar al personal de guantes adecuados a la función que realizan y que van a reducir los accidentes en las manos a un 20% de la cifra original. Ello supone que las nuevas cifras de accidentes serán:

—Lesiones en las manos	16
—Lesiones en otras partes del cuerpo	29
TOTAL	45

Con una reducción total del 57%, que no hubiésemos alcanzado si se hubiese protegido cualquier otra parte del cuerpo.

Otra cuestión será atender a la mayor o menor gravedad de los accidentes producidos, pero también en este caso podemos sustituir el número de ac-

cidentes por el número de días de baja o cualquier otro índice que nos dé una medida fiable de la severidad de las lesiones, y aplicar posteriormente el análisis de Pareto a fin de descubrir cual es primera causa sobre la que debemos actuar.

Como puede observarse, el análisis de Pareto es complementario del diagrama de Ishikawa, ya que Ishikawa nos relaciona la totalidad de las causas que dan lugar a un efecto determinado, mientras Pareto nos valora dichas causas, señalándonos aquéllas sobre las que hay que actuar de forma prioritaria.

Basado en el análisis de Pareto, se suele construir un gráfico que se acostumbra a denominar «Curva ABC», la cual nos indica la causas o elementos importantes de un conjunto, los que tienen una importancia intermedia y por último, los que tienen muy poca importancia y pueden ser desechados en el estudio de la solución más económica. Estudiaremos la formación de la «Curva ABC» con un ejemplo más complicado.

Se trata de reducir el número de defectos de una fabricación en serie de lavadoras, las cuales en la inspección final obtienen un elevado porcentaje de rechazos dado que no consiguen la totalidad de las especificaciones señaladas.

Se relacionan la totalidad de las causas de rechazo de las últimas 3.000 lavadoras inspeccionadas, junto con el número de elementos rechazado por cada una de las causas, obteniéndose la siguiente relación:

—rayaduras en la chapa	8
—fallos en el programador	1
—pérdida por juntas	45
—tambor desequilibrado	1
—defectos en la pintura	2
—fallos en la bomba de agua	3
—rebabas en el cajón de plástico	2
—piloto fundido	1
—cortocircuito en conector	2
—grietas en mandos de funcionamiento	1
—panel posterior mal ajustado	2
—fugas en circuito hidráulico	21
—filtro mal ajustado	4
TOTAL	93

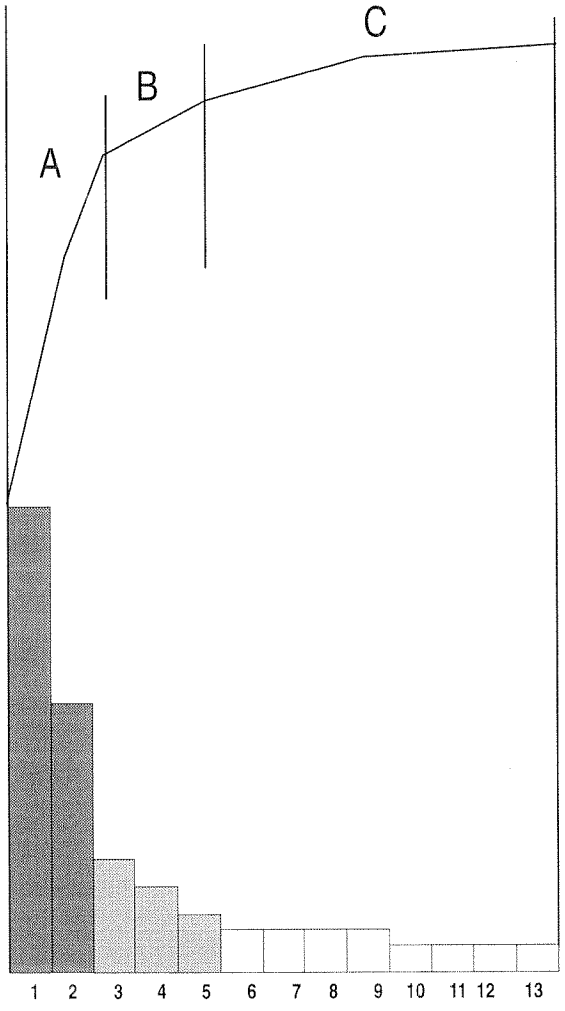
La primera operación que conviene realizar es ordenar las causas de rechazo en orden de importancia y calcular el porcentaje sobre el total de rechazos.

—pérdida por juntas	48,5
—fugas en circuito hidráulico	22,6
—rayaduras en la chapa	8,6
—filtro mal ajustado	4,3
—fallos en la bomba de agua	3,2
—defectos en la pintura	2,1
—rebabas en el cajón de plástico	2,1
—cortocircuito en conector	2,1
—panel posterior mal ajustado	2,1
—fallos en el programador	1,1
—tambor desequilibrado	1,1
—piloto fundido	1,1
—grietas en mandos de funcionamiento	1,1
TOTAL	100,0

A continuación y a los efectos de calcular las ordenadas de la «Curva ABC», calcularemos los porcentajes acumulados de defectos:

1. pérdida por juntas	48,5
2. fugas en circuito hidráulico	71,1
3. rayaduras en la chapa	79,7
4. filtro mal ajustado	84,0
5. fallos en la bomba de agua	87,2
6. defectos en la pintura	89,3
7. rebabas en el cajón de plástico	91,4
8. cortocircuito en conector	93,5
9. panel posterior mal ajustado	95,6
10. fallos en el programador	96,7
11. tambor desequilibrado	97,8
12. piloto fundido	98,9
13. grietas en mandos de funcionamiento	100,0

y a continuación representamos gráficamente los datos obtenidos, mediante un histograma para los porcentajes sencillos y una poligonal para los porcentajes acumulados.



El gráfico obtenido queda dividido en tres zonas, A, B y C, de las cuales, la primera «A» señala los pocos importantes, o sea aquellas causas (el 20%) que suponen la mayor parte de los efectos (70-80%), mientras que «C» representa los muchos irrelevantes, o sea aquellas causas (60%) que representan solamente una pequeña parte de los efectos (13%).

En los diagramas de Pareto mostrados hasta ahora, el eje vertical representaba cantidad o porcentaje de casos. Esto resulta conveniente si proporcionalmente son equiparables a cantidades de dinero. En caso de no ser

así, conviene hacer la debida transformación, con objeto de representar, aunque sea de forma aproximada, las pesetas que suponen los efectos que se pretende suprimir. Es preciso tener en cuenta que a veces una gran cantidad de productos defectuosos no representa una enorme pérdida de dinero, mientras que en otros casos, con una pequeña cantidad de defectos se incurre en grandes pérdidas económicas.

Correlaciones y regresión

La correlación tiene como objeto determinar la relación que pueda haber entre dos variables. Estas variables pueden corresponder a dos diferentes características de calidad de un producto o a una característica de calidad y a la causa que puede influir sobre la misma.

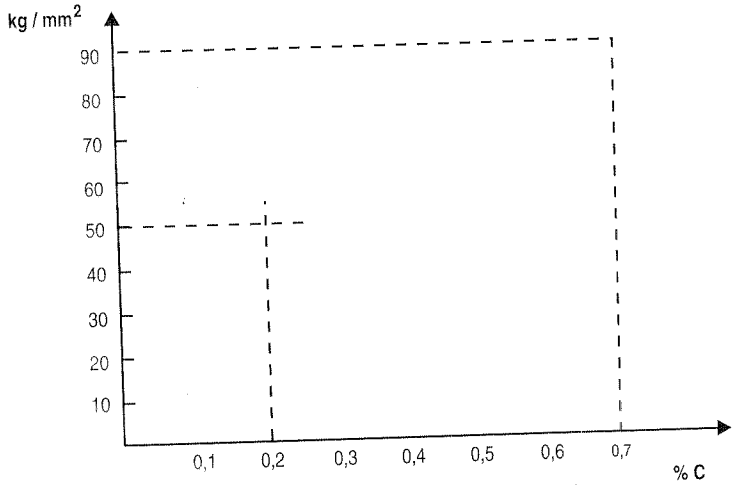
El rasgo más peculiar apreciado en los técnicos japoneses que se han dedicado al asesoramiento de empresas occidentales, es el uso constante de la correlación entre variables. Cualquier alteración de la calidad de un producto o de un proceso, es estudiada exhaustivamente por medio de correlaciones con respecto a todas las causas que hayan podido influir sobre ella, hasta encontrar el motivo de la alteración y la acción correctora consiguiente. Ello comporta solamente la puesta en práctica de un buen sistema de toma de datos, ya que la técnica es sencillísima.

La correlación se puede afrontar por medio de métodos gráficos o matemáticos, siendo el primero de ellos más simple y el segundo más riguroso. Expliquemos a continuación la forma de llevar a cabo la correlación gráfica.

Sobre una hoja cuadriculada se dibuja un eje de coordenadas. Se estudian los valores disponibles de las dos variables para establecer la escala más conveniente, a fin de que los puntos que representan los valores estén más o menos centrados sobre el dibujo y no se pierda información porque alguno de ellos se salga de los límites del papel.

A continuación se van situando, sobre el plano de coordenadas, los puntos resultantes de cada pareja de valores. Sea por ejemplo la resistencia de un acero y el contenido en carbono del mismo. En el eje de las «x» situaremos el contenido de carbono medido en porcentaje y en el de las «y» la resistencia expresada en kilos por milímetro cuadrado.

Por ejemplo, para un contenido de carbono del 0,7%, se ha determinado una resistencia de 92 kg/mm^2 y para un contenido del 0,2%, la resistencia medida ha sido de 49 kg/mm^2. Situemos estos dos puntos en el eje de coordenadas.



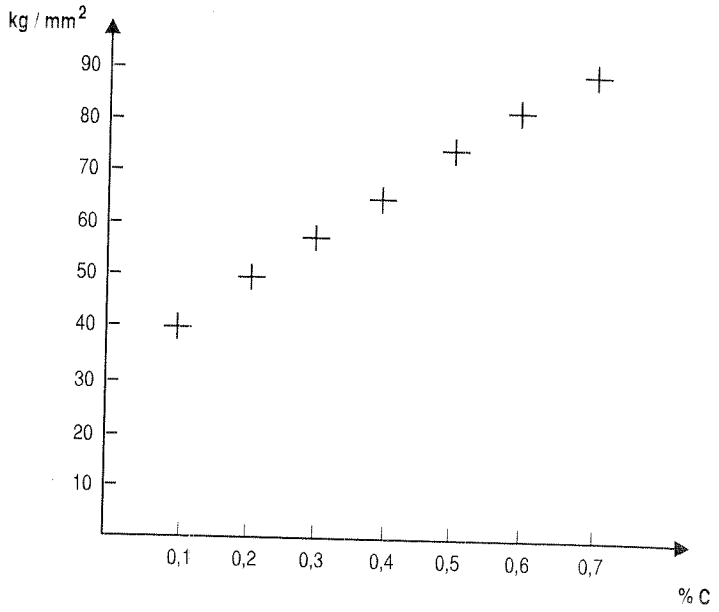
A cada pareja de valores le corresponderá un punto en el plano que iremos marcando sobre el papel. Al término de la colocación de todos los valores, tendremos una serie de puntos situados sobre el plano de coordenadas, cuya imagen nos dará una idea de la posibilidad de correlación entre ambas variables.

En el caso que nos ocupa, podemos situar todos los valores resultantes de 7 mediciones de la resistencia, realizadas en aceros con distintos contenidos de carbono.

Si la tabla de valores obtenidos es:

% de Carbono	Resistencia en kg/mm^2
0,1	41
0,2	49
0,3	57
0,4	66
0,5	75
0,6	84
0,7	92

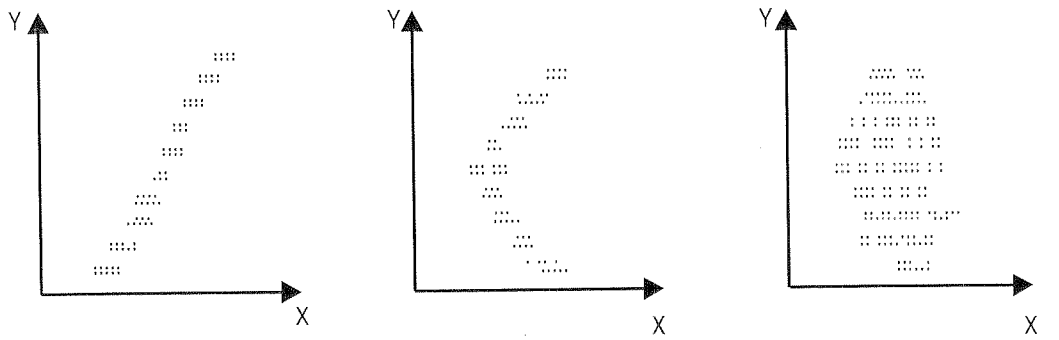
el gráfico resultante será:



Como puede observarse, los puntos están sensiblemente alineados, lo que establece de forma clara la correspondencia o correlación entre ambas variables. Dibujando la recta que une los puntos dibujados, podemos determinar para cualquier contenido de carbono, la resistencia resultante del acero.

Pero además, hemos establecido con rotundidad que el efecto se corresponde con la causa, o sea que la mayor o menor resistencia que tiene un acero, viene determinada de forma proporcional por su contenido en carbono, a igualdad de las demás causas. Si el gráfico obtenido no hubiese situado los puntos en una línea recta no podríamos haber dicho lo mismo y de esta manera se establecen las diversas formas de la correlación.

Los tres ejemplos de la figura siguiente nos señalan los diversos tipos de correspondencia que pueden existir entre las variables. En el caso A) existe, como en el caso estudiado, una correlación clara que podrá ser representada por una línea recta, que ha de pasar por el centro de la distribución de todos los puntos. El trazo de esta línea debe dividir al grupo de puntos, aproximadamente, en dos partes iguales. Deberá pasar muy cerca del valor de la mediana para las dos variables y la suma de las desviaciones de los puntos, respecto a la línea trazada debe ser igual a cero.



A) CORRELACION LINEAL B) CORRELACION NO LINEAL C) NO HAY CORRELACION

En el segundo caso, gráfico B), también existe una clara correlación entre las variables, pero la representación gráfica de la misma no es una recta sino una curva, cuyo trazado debe seguir el mismo método que la recta del gráfico anterior.

La nube de puntos obtenida en el gráfico C) no da motivos para pensar que entre las dos variables exista correlación alguna y deberemos escoger otra variable para intentar conseguir la correspondencia entre el efecto y la causa.

A los gráficos obtenidos se les suele llamar diagramas de dispersión. A veces es necesario utilizar gráficos con escalas no lineales para la situación de los valores, siendo muy frecuente la utilización de los papeles milimetrados con escala logarítmica o semilogarítmica.

Una vez obtenida la línea de correlación entre las dos variables, podremos generalizar sus resultados de forma que nos sirva de método para, una vez conocido el valor del efecto, obtener el valor de la causa que lo ha provocado.

Al método gráfico le podemos dar una expresión matemática, calculando la ecuación de la línea correspondiente. Si es una recta, tendrá la forma:

$$y = m \cdot x + b$$

y los coeficientes «m» y «b» se obtendrán por cualquiera de los métodos conocidos de la geometría analítica, ya que «m» es la tangente del ángulo que forma la recta con el eje de las «x» y «b» es la medida de la altura del punto en que la recta corta al eje de las «y».

En el caso de ser una línea curva, habría que intentar obtener una ecuación que la represente y que en este caso ya no sería lineal, adoptando la expresión general:

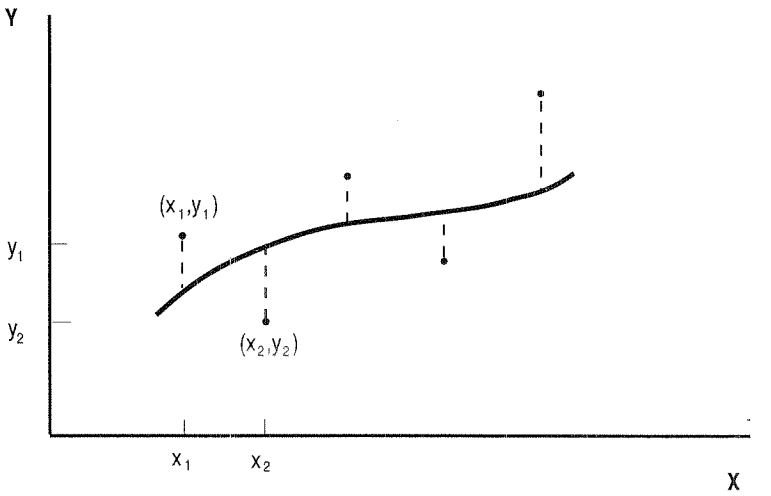
$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + \ldots$$

Para evitar el juicio individual en la construcción de rectas, parábolas y otras curvas de aproximación, en su ajuste a las nubes de puntos obtenidas, es necesario establecer una definición de la mejor línea de ajuste.

Esto se consigue por el métodos de los mínimos cuadrados, llamado así porque consigue el cálculo de los coeficientes de la ecuación de la curva, haciendo mínima la suma de los cuadrados de las distancias de cada punto a la curva.

Por ejemplo. Los coeficientes «m» y «b» , en el caso de la recta se calculan por las siguientes fórmulas:

$$m = \frac{n \cdot \Sigma x \cdot y - (\Sigma x) \cdot (\Sigma y)}{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} \qquad b = \frac{(\Sigma y) \cdot (\Sigma \cdot x^2) - (\Sigma x \cdot y) \cdot (\Sigma x \cdot y)}{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$



MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

Y si lo que se desea es adaptar una curva de segundo grado de la forma:

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2$$

los coeficientes se obtienen resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\Sigma y = a \cdot n + b \cdot \Sigma x + c \cdot \Sigma x^2$$

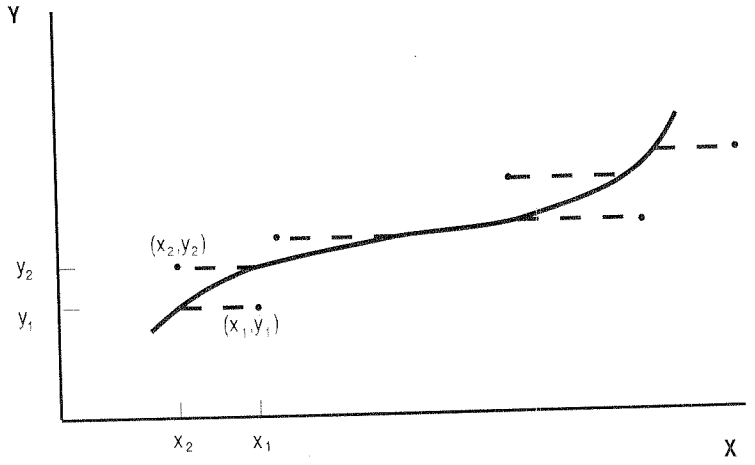
$$\Sigma x \cdot y = a \cdot \Sigma x + b \cdot \Sigma x^2 + c \cdot \Sigma x^3$$

$$\Sigma x^2 \cdot y = a \cdot \Sigma \cdot x^2 + b \cdot \Sigma x^3 + c \cdot \Sigma x^4$$

A veces, basándose en los datos muestrales, se desea estimar el valor de una variable «y» correspondiente a un valor dado de otra variable «x» . Esto puede conseguirse estimando el valor de «y» de la curva de mínimos cuadrados que ajusta los datos muestrales. La curva resultante se llama curva de regresión de «y» sobre «x», puesto que «y» se estima a partir de «x».

Si se desea estimar el valor de «x» a partir de uno dado de «y» , se utiliza la curva de regresión de «x» sobre «y» , que proviene de intercambiar las variables en el diagrama de dispersión de modo que «x» sea la variable dependiente e «y» la variable independiente. Esto equivale a sustituir las desviaciones verticales, en la definición de la curva de mínimos cuadrados, por las desviaciones horizontales.

En general, la recta o curva de regresión de «y» sobre «x» no es la misma que la recta o curva de regresión de «x» sobre «y».



CURVA DE REGRESIÓN DE «X» SOBRE «Y»

CAPÍTULO 4

BÚSQUEDA DE SOLUCIONES

El pensamiento creativo

Como ya dijimos anteriormente, para la resolución de problemas no existe un método infalible y exacto. Los problemas deben ser resueltos por las personas con ayuda de las técnicas de lo que se ha venido en llamar pensamiento creativo, que no es otra cosa que la orientación de nuestra potencia intelectual hacia la búsqueda de soluciones novedosas y eficaces.

Si hemos hecho mención a las personas como sujetos activos en la resolución de problemas, debemos también aclarar que no se trata de personas cualesquiera, sino de individuos que:

a) conozcan los problemas o la forma de identificarlos

b) sean capaces de resolverlos

Esto implica, por un lado, una predisposición activa para acometer la tarea con un talante positivo, y por otro, una preparación intelectual basada, no solamente en un bagaje suficiente de conocimientos y experiencia, sino también de las técnicas específicas de ordenación del pensamiento que van a ser descritas a continuación.

Estamos acostumbrados a considerar los inventos y la solución de problemas como el fruto exclusivo de una inspiración que sólo poseen algunas mentes privilegiadas, o de las escasas y aleatorias oportunidades del azar. Por lo general somos pesimistas al intentar contestar la pregunta clave sobre la creatividad: ¿Se puede aprender a ser creativo?

Qué duda cabe que la solución a los problemas o el descubrimiento de las mejoras provienen muchas veces de la casualidad o de sucesos imprevistos o aleatorios, pero si recordamos la situación en la que se produjo el descubrimiento de la penicilina, favorecido por la circunstancia casual de una contaminación en sus cultivos, deberemos constatar que dicha ocurrencia tuvo lugar en el entorno de un trabajo exhaustivo y riguroso llevado a cabo por un prestigioso bacteriólogo.

¿Fue dicho descubrimiento producto exclusivo de la casualidad? ¿Son otros inventos consecuencias únicas de una feliz idea? Contestaremos poniendo como ejemplo la contestación de Picasso cuando decía: «Cuando llegue la inspiración, que me encuentre trabajando».

En este sentido, si necesitamos encontrar la solución de un problema o descubrir una oportunidad de mejora, debemos facilitar su aparición mediante la puesta en escena de un entorno favorable a su ocurrencia y que estará basado en los siguientes principios:

— Recopilación del mayor número de datos e información sobre el asunto

— Elección de las personas más idóneas para su estudio y tratamiento

— Creación de un ambiente favorable para la práctica de la creatividad

— Motivación al máximo de las personas, mediante la valoración de su trabajo

Veamos con detalle estos principios.

Acopio de información. Cuanta mayor sea la información que podamos acopiar sobre el problema, mayor probabilidad tendremos de encontrar una solución favorable para el mismo. La información constará de:

— datos históricos sobre el asunto objeto de estudio

— conocimientos teóricos sobre la materia

— información de la competencia

— información de los clientes externos e internos

La información debe ser recopilada por las personas que vayan a tratar el problema y estudiada de forma selectiva y rigurosa, con inspecciones visuales o preguntas pertinentes en los lugares de trabajo, si fuese necesario aclarar o confirmar los datos de que disponemos.

Elección de personas idóneas. A menudo se ha hecho notar el despilfarro que supone para la empresa aprovechar solamente el trabajo manual o rutinario de sus empleados, o sea, contratar simplemente sus brazos.

No se puede separar a las personas que piensan de las que «aprietan los tornillos», ya que éstas últimas son los mejores conocedores de lo que ocurre en su puesto de trabajo.

El aprovechamiento de los trabajadores para resolver los problemas de su entorno o para localizar y potenciar las oportunidades de mejora, es uno de los grandes descubrimientos en el campo de la gestión eficaz de la empresa. No hacer una separación drástica entre las personas que trabajan con sus manos y las que investigan o gestionan, ha supuesto la herramienta de mayor valor en la dirección eficaz de las empresas excelentes. La motivación que supone el enriquecimiento del trabajo de los empleados participativos, realimenta en un movimiento continuo la generación de mayor aportación intelectual a la nueva forma de aplicar la calidad en las organizaciones: la mejora continua.

Se deduce, por tanto, que la totalidad de la plantilla será el más importante vivero de personas apropiadas para la resolución de los problemas de la empresa.

Convertir a todos los trabajadores en «hombres nuevos» mediante la formación, la información y la motivación resultante de una participación activa, es el nuevo reto de los modernos gestores y la mejor garantía de solución de los problemas presentes y la prevención de los futuros.

Creación de un ambiente favorable. La decisión oportuna de elegir en casos determinados a personas o grupos para participar de forma activa y específica en la resolución de problemas, no debe empañar la necesidad de crear en el ámbito total de la organización un ambiente favorable al aprovechamiento de las oportunidades de mejora.

En este sentido, la información general sobre los objetivos específicos de la empresa, la transparencia en la elección de las personas y la declaración institucional de los más altos responsables sobre el alcance y la intensidad de su compromiso con la calidad, deben desarrollarse en el marco de una campaña permanente de enardecimiento y estímulo.

Se ha de conseguir una situación generalizada de aprecio por los logros y de colaboración absoluta con aquéllos que más próximos se encuentran al

estudio de los problemas o tienen una responsabilidad más específica en su solución. El ambiente debe «notarse». Los mandos deben mantener una tensión permanente en la lucha diaria para conseguir mejoras y lograr que la totalidad del personal se acostumbre a pensar y a sentir «en positivo».

Motivación de las personas. De lo presentado hasta ahora puede deducirse que la estructura de la motivación personal para resolver problemas, estará basada en la participación del personal y en el fomento permanente de un ambiente favorable. Ello no es óbice para que se promueva una estimulación específica destinada a motivar la consecución de logros concretos.

La dirección es el origen indudable de los estímulos para el personal. Por ello debe mantener una clara norma de conducta respecto a la valoración del trabajo eficaz de las personas y de los objetivos cumplimentados.

No son aconsejables, ni las simples manifestaciones humanas fiadas a la personalidad de los responsables, ni los fríos sistemas de recompensa al desempeño. Está claro que hay que tener un sistema. Un método conocido por todos, equitativo y proporcionado, que establezca una clara relación de causa a efecto entre las mejoras alcanzadas y los beneficios obtenidos por quienes las hicieron posibles. Beneficios que pueden ser materiales, de promoción, sociales o de simple reconocimiento.

Además del sistema, es necesaria la implicación de la dirección en la administración del mismo. Su apreciación manifiesta, la demostración clara de que dicho sistema no es una carga económica o emocional para los directivos, sino la exposición de su reconocimiento y el de la empresa por la colaboración prestada en la gestión eficaz de la entidad que dirigen. Ello ha de resultar sencillo si los responsables «sienten» el sistema de incentivos como elemento fundamental de la gestión y confían en él para alcanzar el éxito de la empresa y su propio desarrollo profesional. De ahí la importancia que ha de tener que el sistema esté bien diseñado y se administre con una gestión eficaz y rigurosa.

La sinergia del grupo

Habitualmente se reconoce que los humanos utilizan en la vida diaria solamente una pequeña parte de su capacidad intelectual. Este efecto es más

acusado cuando las personas desarrollan un trabajo rutinario y repetitivo. El individuo, una vez que considera haber alcanzado cierto nivel de perfección en la tarea que le han encomendado, abandona la tensión y se reitera automáticamente en los mismos movimientos físicos y mentales, mediante actividades de tipo reflejo que son señales evidentes de una auténtica deserción intelectual.

No cabe duda de que esporádicamente se producen reacciones, bien por una llamada de atención de sus jefes o quizás por otro motivo que le haya hecho recordar los estímulos iniciales, pero suelen ser de duración efímera ya que enseguida aparece la desmotivación como autojustificación suficiente para volver a la más cómoda inercia. Pesa mucho la costumbre y pesa mucho el ambiente.

Los grupos se comportan de forma similar, pero quizás de forma más intensa, ya que los pequeños chispazos individuales que de vez en cuando se producen, son absorbidos de inmediato por la tendencia del grupo a permanecer estático.

Para sacudir a un grupo, para despertar a todos los grupos de la empresa, es necesaria una buena dosis de tesón, un objetivo con cierto grado de ilusión y una elevada credibilidad; pero una vez que se consigue, el grupo se realimenta a sí mismo y puede poner en marcha toda su potencia, que será superior a la suma de los esfuerzos de los individuos que lo componen.

Sinergia significa precisamente eso. Que las cualidades de una persona pueden tener su perfecto complemento en las de otra; que cuando a alguno se le ocurre alguna idea que no es capaz de definir en su totalidad, puede venir en su ayuda un compañero para imaginar entre los dos un pensamiento creativo; que cuando alguien caiga en el desánimo, pueden venir sus compañeros a sostenerle y ayudarle y que, por último, la responsabilidad colectiva obliga más a los miembros de un grupo ya que resulta más difícil encontrar disculpas individuales que sirvan para dejar de hacer el trabajo.

De este modo se rompe la regla aritmética que dice que dos más dos son siempre cuatro. En un grupo en el que exista energía positiva, dos unidades aportadas por un miembro, sumadas a otras dos aportadas por otro, pueden llegar a ser cinco, siete o catorce. La potencia del grupo no tiene límites.

¿Cómo se puede conseguir esto? Ya nos hemos referido al enorme esfuerzo de motivación que hay que desarrollar con los componentes del grupo, pero además es preciso que el equipo aprenda a trabajar con eficacia, al objeto de que todos sus esfuerzos lleguen a consolidar un estado de eficiencia creativa. Para ello conviene recordar y aplicar los siguientes principios:

Procurar que en el grupo existan personalidades complementarias. Está bien que haya gente creativa si también existe alguien capaz de hacer asentar las ideas en el nivel de las realizaciones prácticas.

Eliminar de antemano los individuos marcadamente negativos. Con un buen líder pueden llegar a hacer una labor positiva para el grupo, pero posiblemente tras un esfuerzo demasiado caro.

Conseguir que el grupo acepte una cierta disciplina formal en las deliberaciones y en el establecimiento de las conclusiones. Vale más concretar una idea menos buena, que tratar otra que pueda ser más brillante sin llegar a ninguna conclusión.

Elegir para el grupo un líder adecuado. No se necesita ninguna cualidad extraordinaria, simplemente paciencia, fuerza de voluntad y poner el máximo empeño en establecer un clima de optimismo y de relación abierta y positiva.

Aplicar con cierto rigor los métodos experimentados de trabajo creativo, utilizando técnicas adecuadas para la medición de los efectos, la determinación de las causas y la búsqueda y valoración de las soluciones más idóneas.

Brainstorming

Término inglés muy popularizado que significa «tormenta de cerebros». Utiliza ampliamente la sinergia del grupo con el fin de estimular al máximo su creatividad.

Se trata de que un grupo de trabajo se plantee un problema o una oportunidad de mejora y encuentre de forma colectiva la solución más apropiada. Para conseguirlo conviene considerar el siguiente plan de trabajo.

Un grupo organizado, según los principios anteriormente indicados para favorecer la sinergia. Conviene que varios de sus componentes conozcan el problema y su entorno, aunque puede haber alguno que no esté familiarizado con él.

El número ideal de miembros debe estar comprendido entre tres y siete. Un número mayor podría hacer al grupo ingobernable y menor le restaría posibilidades de una sinergia eficiente.

El problema debe ser planteado al grupo de forma clara, estableciendo sus límites de forma precisa y aportando la mayor cantidad de información que pueda contribuir al conocimiento del problema y de su entorno.

El grupo debe contar con un líder que desarrolle la disciplina grupal, equilibre las oportunidades de participación de sus miembros, estimule las aportaciones de los componentes y programe y conduzca las reuniones hacia la consecución de los objetivos previstos.

También existirá la figura del secretario. Su única misión será copiar, a la vista de todos, las ideas que se generen y pasarlas después a papeles manejables. Se recomienda para ello la utilización de un rotafolios y de rotuladores adecuados.

Las reuniones se desarrollarán en una sala que disponga de un mínimo de confort y tendrán una duración aproximada de hora y media.

La metodología a seguir en el brainstorming es la siguiente:

Se reúne el grupo y tras proceder a la presentación de las personas que no se conozcan previamente, se plantea el problema con la mayor claridad, exponiendo a la atención de los presentes la información acopiada y las posibles condiciones que debe cumplir la solución, aunque procurando que éstas no lleguen a limitar la posible implantación de ideas innovadoras.

Por parte del líder, se explican las «reglas de juego» del brainstorming, insistiendo sobre todo en el ambiente de libertad psicológica que debe reinar entre los reunidos. O sea, nadie debe criticar las ideas de los demás, por muy absurdas o inconvenientes que puedan parecerle, ya que se trata precisamente de establecer un ambiente creativo. Puede esperarse que la solución más adecuada sobrepase los cauces habitualmente establecidos y rompa las pautas consideradas hasta el momento como normales.

Posteriormente, se abre un turno libre de intervenciones, cuyo objeto fundamental será centrar el problema y resolver las dudas que tenga alguno de los asistentes. El líder irá concediendo la palabra a los asistentes según se la vayan pidiendo, pero sin cortar demasiado a los que impulsivamente traten de interrumpir a quienes se encuentran en uso de la misma.

Hacia la mitad de la reunión, el líder interrumpirá la charla y rogará al grupo que guarden silencio durante diez minutos y aprovechen para escribir en un papel tres ideas que puedan ayudar a solucionar el problema que se ha planteado. Las ideas no tienen necesariamente que ser correctas ni adecuadas. Puede tratarse simplemente de «ideas locas» que tengan alguna relación con el problema, con su solución o con su eliminación definitiva.

Acabados los diez minutos, el líder rogará a los miembros del grupo, siguiendo el orden en el que están sentados, que vayan leyendo en voz alta y claramente las ideas que tienen anotadas. En esta fase, nadie podrá interrumpir, ni expresar una opinión negativa sobre los esbozos de solución expresados por los compañeros. Si a alguien le surge una nueva idea durante la lectura, deberá anotarla en su papel sin expresarla de momento.

Acabada la primera ronda de intervenciones pueden iniciarse rondas sucesivas, en tanto queden ideas por expresar. La lectura se realizará en el mismo clima de silencio y respeto por las ideas de los demás. El secretario irá anotando todas en el rotafolios y posteriormente las pasará a papeles manejables, cuya copia no entregará a los demás asistentes hasta la próxima sesión.

Los minutos finales de la reunión pueden dedicarse nuevamente a intervenciones informales, con el objeto fundamental de pedir aclaración sobre las ideas expresadas por cada uno.

Una vez terminada la primera reunión se dejarán transcurrir una semana o diez días hasta la próxima convocatoria. El objeto de este intervalo es que los componentes del grupo se vayan olvidando de la paternidad de las ideas y por tanto de las susceptibilidades o simpatías subjetivas hacia ellas.

Al comienzo de la segunda reunión se leerán las ideas anotadas y se añadirán las que, sobre la marcha, vayan surgiendo de forma libre y desen-

vuelta. En la segunda parte se clasificarán las ideas en orden a su calidad. Para ello pueden primero relegarse aquéllas que, por unanimidad, se consideren faltas de valor. Si aún quedan muchas, pueden desdeñarse también las que cuenten con el rechazo de todos los asistentes menos uno, luego todos menos dos, y así sucesivamente.

Cuando queden menos de diez posibles soluciones se pasará a clasificarlas positivamente en orden de aptitud. Para ello puede utilizarse una matriz de ponderación, técnica que se describirá posteriormente. Al final elegiremos la idea que haya obtenido una mejor calificación.

Si la solución se estima satisfactoria, se da el brainstorming por finalizado. Si no es así, no habrá más remedio que volver a repetir el proceso descrito.

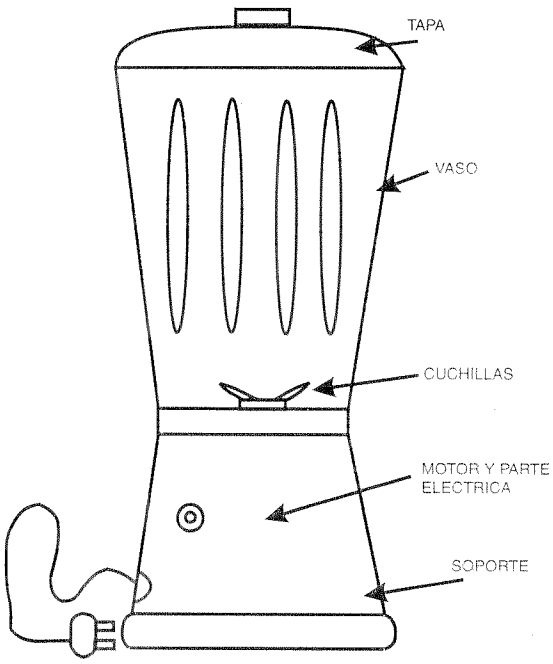
Análisis de valor

Se pretende con este método mejorar un producto o un proceso estudiando, para cada elemento del mismo, la relación entre la función que cumple o su valor añadido en calidad y el coste que representa.

Consideremos, por ejemplo, el caso de un martillo de carpintero que podemos dividir en dos elementos bien diferenciados: el hierro y el mango. El hierro cumple una función fundamental ya que sin él sería imposible clavar ningún clavo en la madera. Podemos asignarle a esa función un valor equivalente al 80% del total. De la misma forma, a la función que desempeña el mango le asignamos un valor del 20%, ya que facilita mucho la operación de clavar pero no es fundamental.

Ahora bien, ¿Cuál es el coste de cada elemento? Probablemente el coste del mango no supere en mucho al 20% del total, mientras que el coste del hierro podría acercarse al 80%. De esta forma podemos decir que en el diseño de un martillo se iguala el valor de la función con el coste. Es un diseño equilibrado.

¿Qué ocurriría si esto no fuese así? Si el coste del mango equivaliese al 50% del total podríamos pensar que estamos pagando demasiado por algo que no tiene tanto valor y empezaríamos a plantearnos la posibilidad de suprimir el mango o sustituirlo por otro diseño más equilibrado.



Esto justamente ocurrió con un caso considerado tradicional en la aplicación del método del análisis de valor. Se trata de la batidora de alimentos comercialmente denominada como «turmix».

Para aplicar el análisis de valor se descompuso primero la batidora en sus elementos principales y posteriormente se valoró la función de cada uno de ellos en comparación con su coste de fabricación. La tabla resultante fue la siguiente:

ELEMENTO	VALOR DE LA FUNCIÓN%	COSTE%
Tapa	5	2
Vaso	10	3
Cuchillas	60	10
Motor y parte eléctrica	23	25
Soporte	2	33

Como puede observarse, el vaso se ha valorado por debajo de su coste. Ello es debido a que normalmente las cosas que se quieren batir o triturar ya están contenidas en un recipiente o pueden estarlo en cualquiera de los que el ama de casa dispone en la cocina. Sin embargo su coste es elevado ya que está fabricado con vidrio templado y tiene una forma difícil de conseguir.

Las cuchillas, fundamentales para la utilización que suele hacerse del aparato, tienen un escaso coste, porque pueden conseguirse mediante un estampado y un afilado y su posterior unión a un elemento de plástico que les sirve de soporte.

El motor y la parte eléctrica están equilibrados en cuanto a función-coste, pero no ocurre lo mismo con el soporte, ya que su función de sustentar el aparato es casi nula porque no se trata de ninguna función fundamental. Lo que queremos es batir o triturar, no sustentar. De esta forma detectamos un problema, ya que algo no fundamental nos está suponiendo el 33% del coste total del aparato. ¿Qué ocurre si lo suprimimos?

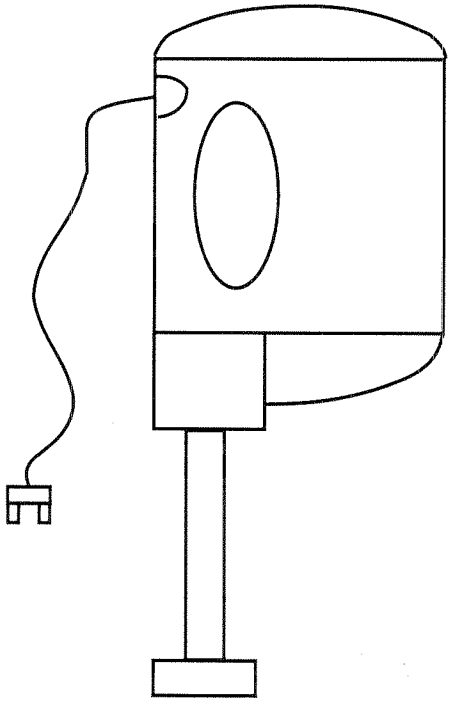
Hemos hecho la pregunta clave. Veamos cómo podemos funcionar sin el soporte.

En las cafeterías se utiliza, desde hace tiempo, una batidora fija que tiene las cuchillas colocadas en el extremo inferior de un largo eje vertical. Las bebidas a batir se introducen en un vaso metálico y colocando el mismo bajo el eje de la batidora, se realiza la operación de forma automática, ya que el interruptor se presiona con el mismo borde del vaso al empujarlo hacia arriba.

En una cocina doméstica no suele haber tanto espacio como para colocar una batidora fija, luego hagámosla portátil, pero conservemos el mismo principio de cuchillas en el extremo de un eje y vaso ajeno al aparato de batido. De esta forma podemos llegar a inventar el «minipimer», una batidora portátil y manual que no dispone de vaso incorporado, sino que únicamente está constituida por un motor, un eje vertical y unas cuchillas en su extremo inferior. La función de batido se realiza en cualquier recipiente de la cocina (ollas, cacerolas y demás), con lo que conseguimos no tener que trasvasar los alimentos a batir, mezclar o triturar, ahorrándonos utilización de recipientes y limpieza de los mismos.

El análisis de valor ha servido para proporcionar una mayor calidad de ejecución, dado que ha aumentado la versatilidad del aparato y la facilidad de su manejo, junto con un menor coste de la operación, porque se ha abaratado el coste del electrodoméstico y se han simplificado las operaciones de lavado de recipientes.

El análisis de valor puede ser aplicado a un producto en distintas circunstancias:



— cuando se está diseñando

— cuando se han detectado problemas de calidad

— cuando está sometido a una fuerte competencia

Mediante el profundo estudio de la función de cada elemento se pueden alcanzar soluciones innovadoras, actuando en grupo y utilizando técnicas que resalten la creatividad del equipo.

Las soluciones llegarán a través de la supresión o modificación de los elementos componentes, la mejora de la eficacia de su función o la reducción del coste de los mismos.

El análisis de valor puede generalizarse al campo de los procesos y de la gestión de la empresa. Estudiando la función realizada por cada uno de los elementos de un equipo de producción o por una sección cualquiera de una organización o de una empresa y comparando su valor con el coste respectivo de los mismos, podremos cotejar los resultados obtenidos, con el esfuerzo económico que supone financiarlos.

¿Cuánto valor añadido aporta a la empresa cada peseta gastada? Si examinamos este parámetro desde el punto de vista de la cantidad y la calidad tendremos una idea clara de la eficacia de cada componente de la organización.

Comparando los índices «valor de la función/coste» o «calidad/coste» podremos determinar cual presenta un valor más reducido y lo elegiremos como objetivo preferente de nuestro análisis. Una operación de almacenamiento que no aporta nada al proceso pero que consume recursos de personal, espacio y mermas del producto; una delegación comercial que no alcanza a financiar su propio coste o unas tolerancias demasiado finas para la finalidad que se pretende, pueden estar señalando unos claros indicios de despilfarro, que será necesario examinar de forma prioritaria, in-

tentando conseguir un diseño más equilibrado para el proceso o para la empresa.

Matriz de ponderación

Las probables causas que originan un efecto determinadas, por ejemplo, mediante un diagrama de Ishikawa, deben ser evaluadas por el grupo, a fin de escoger aquélla que en opinión de la mayoría tiene mayor influencia. Del mismo modo, las posibles soluciones a un problema, deben ser sometidas a la valoración de los componentes del equipo a fin de elegir la que configure una mayor aquiescencia.

Dicha elección no siempre resulta fácil y debe utilizarse un método sencillo que favorezca la correcta estimación colectiva. El criterio establecido por una matriz de ponderación proporciona un método ordenado para realizar esta operación y se basa en la intercomparación una por una de las causas o de las soluciones, ya que si bien puede resultar difícil establecer una clasificación entre múltiples términos, la cosa se facilita cuando se trata solamente de dos.

El método consiste en comparar cada elemento con cada uno de los demás y calificarlo con un 2 si se le da como ganador, un cero si se le considera perdedor y un 1 si se estima que hay empate. El impreso a utilizar adopta la siguiente forma:

COMPARACIÓN UNA A UNA								
MATRIZ DE PONDERACIÓN		1	2	3	4	5	6	TOTAL
1	Solución 1	X						
2	Solución 2		X					
3	Solución 3			X				
4	Solución 4				X			
5	Solución 5					X		
6	Solución 6						X	

Puntuación: Superior: 2 Igual: 1 Inferior: 0

A fin de aclarar el desarrollo del método podemos poner como ejemplo el cuadro de la figura. El miembro «A» del equipo ha calificado las causas 1 a 5 con las calificaciones que se expresan en el gráfico. Obsérvese que dicho cuadro es complementario con respecto a la diagonal, de forma que si al comparar la Solución 1 con la Solución 5 hemos puesto superior a la segunda, figurará en el cuadro Solución 1-5 un cero y en el cuadro Solución 5-1 un dos.

COMPARACIÓN UNA A UNA								
MATRIZ DE PONDERACIÓN		1	2	3	4	5	6	TOTAL
1	Solución 1	X	2	1	2	0	0	5
2	Solución 2	0	X	2	0	1	1	4
3	Solución 3	1	0	X	1	0	0	2
4	Solución 4	0	2	1	X	1	0	4
5	Solución 5	2	1	2	1	X	2	8
6	Solución 6	2	1	2	2	0	X	7

Puntuación: Superior: 2 Igual: 1 Inferior: 0

Una vez finalizado el cuadro del miembro «A», que da como ganadora a la Solución 5 con una calificación de 8, podemos reunir en otro cuadro la totalidad de calificaciones de los miembros del grupo. Si estos son 9, les denominaremos con las letras A,B,C,. . .,I y podremos construir el segundo cuadro resumen reuniendo las calificaciones de todos ellos. Esto nos dará la clasificación total que confirma como ganadora a la Solución 5, con una clasificación total de 69 puntos.

CLASIFICACIÓN TOTAL										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	TOTAL
1	5	3	3	7	4	3	6	4	5	40
2	4	5	3	2	0	5	4	5	1	29
3	2	2	5	3	5	3	2	4	3	29
4	4	3	6	6	5	7	4	6	5	45
5	8	9	8	7	7	6	9	6	9	69
6	7	8	5	5	9	6	5	5	7	57

CAPÍTULO 5

IMPLANTACIÓN DE SOLUCIONES

Valoración de la solución

Todo lo dicho hasta el momento carecería del más mínimo rigor si no se procediese a valorar el coste de implantación de la solución acordada y se realizase una comparación con el perjuicio ocasionado por el problema que se intentaba resolver.

Se ha dicho con sobrada razón, que puesto que la calidad no es solamente un concepto técnico sino eminentemente empresarial y económico, su efectividad debe medirse siempre en pesetas. Ello significa que cuando se identifica y plantea un problema o una oportunidad de mejora, debe intentar calcularse el perjuicio económico que supone la permanencia del problema o el beneficio esperado de la mejora.

Podría ayudarnos a calcular dicho importe el desarrollo contable de los costes totales de la no-calidad, que se suponen compuestos por el valor atribuido a los fallos internos más el de los fallos externos. Convendría ser rigurosos en el cálculo de dichos costes, ya que frecuentemente se suelen despreciar los perjuicios económicos ocasionados por las pérdidas definitivas de clientes disgustados con los quebrantos que nuestros desaciertos les ocasionan. Nos engaña entonces la falsa impresión de que un cliente que no nos haya comunicado explícitamente sus quejas, es un cliente satisfecho.

Nada más lejos de la realidad. Un cliente insatisfecho raramente se queja, ya que ello le supone una molestia innecesaria que no está dispuesto a añadir a su insatisfacción inicial. Los clientes que se consideran perjudica-

dos tienen armas mejores: dejar de comprar al proveedor negligente, dado que proliferan los posibles suministradores que pueden facilitar la inmediata sustitución del mismo.

Una vez calculado el coste que representa la permanencia del problema, debemos compararlo con el importe del valor de la solución adoptada. Quizás tengamos que acudir a personal más especializado de la empresa, perteneciente al servicio administrativo o de compras, pero no será difícil hacernos con la cifra de la inversión requerida.

Debemos ser realistas en la apreciación económica de la solución. De nada vale una conclusión técnicamente brillante, si ello no conduce a que nuestra empresa gane más dinero con ella. Ello puede conseguirse a través de una mayor satisfacción de los clientes, una reducción de los costes del proceso, o un menor esfuerzo personal que conduzca a un incremento de la productividad, pero la medida siempre será el aumento de los beneficios o del margen de explotación.

Fase de implantación

Lo primero que hay que plantearse es la forma de aplicar la solución encontrada. Dependerá en gran parte de la estructura de calidad de la empresa u organización en que nos encontremos. También depende de la magnitud o complejidad del problema que hemos intentado resolver, ya que en algunos casos importantes deberán modificarse sistemas completos de funcionamiento, equipos industriales de cierta entidad o comportamientos personales fuertemente asentados en la compañía.

El caso más sencillo y al que debe tenderse, es cuando la solución del problema afecta a una operación o función descrita en un procedimiento. El desenlace pasará, como es lógico por la modificación del procedimiento.

Si la solución al problema ha sido encontrada por los responsables o afectados por el procedimiento, su modificación no tropezará con la resistencia al cambio que probablemente se produciría en el caso contrario.

Debe tenerse esto en cuenta, ya que la modificación de un proceso desarrollado por personas y definido por un procedimiento, nunca debe afron-

tarse como una operación automática, dado que las ideas que nos llegan de los demás casi siempre nos parecen absurdas, gratuitas y carentes de fundamento. Esto es así por naturaleza y así se debe siempre suponer.

Por tanto, la modificación de una operación debe acometerse mediante un programa completo de formación y convencimiento. Explicar a la gente claramente cuál es el cambio y por qué se lleva a cabo. Aclarar los nuevos cometidos y los resultados que se pretenden alcanzar. Huir de los planteamientos engañosos, en especial si se está pidiendo un mayor esfuerzo a las personas.

Los detalles prácticos de la implantación también son importantes. Repartir entre los afectados la documentación precisa para la nueva situación. Establecer un momento fijo a partir del cual entra en vigor el nuevo procedimiento. Dar una aprobación oficial a la modificación de la normativa. Supervisar los primeros momentos de la implantación, por ser los más delicados y poder dar al traste con toda la labor de preparación.

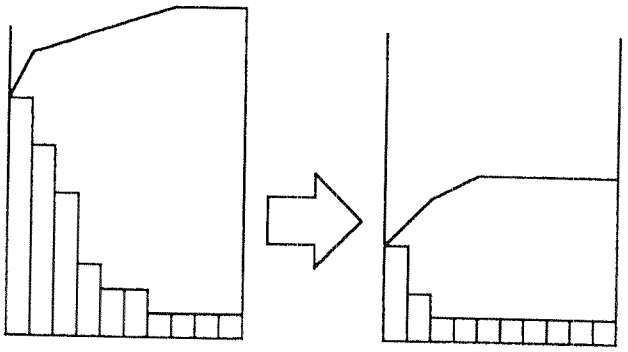
Confirmación de la mejora

Por muy esforzado que haya sido el trabajo que nos hemos tomado para resolver el problema, nada nos garantiza, a priori, que la solución adoptada ha logrado eliminar todos los efectos perjudiciales del mismo.

Existen dos caminos claros para confirmar la mejora. La comparación de parámetros y las encuestas a los afectados.

Los parámetros deben referirse a aquéllos que habíamos utilizado para definir el problema: un histograma cuya moda estaba alejada de la especificación, una distribución de frecuencias demasiado plana o un Pareto con una causa clara de defecto.

La mejor forma de confirmar que la solución aplicada ha resuelto de forma apreciable nuestro problema es volver a tratar los nuevos resultados con el gráfico contable utilizado anteriormente. Compararemos el histograma anterior y posterior a la implantación de la solución, la distribución de frecuencias o el gráfico de Pareto y podremos observar la cuantificación del resultado y si éste cumple las expectativas que nos habíamos forjado sobre el asunto.



COMPARACIÓN DE DIAGRAMAS DE PARETO ANTES Y DESPUÉS DE APLICAR LA SOLUCIÓN

El método de las encuestas debe tener en cuenta quien era el sujeto pasivo del efecto perjudicial que pretendíamos eliminar. Si es el cliente, sería bueno preguntarle si la implantación de la solución adoptada le ha supuesto un beneficio en sus costos o en su satisfacción, sin un esfuerzo adicional por parte suya. A veces nos podemos llevar desagradables sorpresas por no habernos dado cuenta a tiempo que la prioridad para nuestro cliente no pasa por la apreciación técnica de nuestros productos, sino por el dinero que le hacen ganar en su negocio.

Si el sujeto del perjuicio era el accionista, por tener que soportar una elevación injustificada de los costos o una disminución de ventas a causa mala calidad del producto, el efecto de la solución debe valorarse mediante la utilización de los medios contables habitualmente utilizados en la empresa. Bueno será que dicha contabilidad sea realizada por persona ajena al responsable de la implantación de la mejora, con objeto de evitar los sesgos subjetivos.

La eliminación de problemas para los empleados o la aplicación de mejoras en su motivación y calidad de vida en la empresa, debe ser valorada por ellos mismos, mediante mecanismos neutrales establecidos con anterioridad.

Solamente cuando se haya realizado la medición objetiva de los resultados y se confirme la validez de la solución, se puede dar el proyecto por terminado. Realizar una rectificación en el momento presente puede ser mucho más fácil y económico que cerrar en falso el problema y darnos

cuenta, pasado un cierto tiempo, que persisten los efectos perjudiciales y que todo o parte de nuestro trabajo ha sido realizado en balde.

La mejora continua

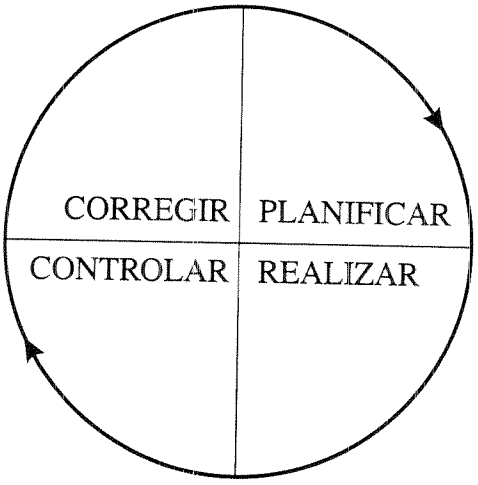
Se ha terminado el trabajo, pero la vida sigue. Y sigue además con toda su carga de competitividad, la cual no ha podido ser alterada porque hayamos dado por eliminado uno de los muchos problemas que tiene nuestra organización. Mañana será otro día y debemos prepararnos para solucionar el próximo problema o para bonificar más aún la actuación que recientemente hemos mejorado.

En el desarrollo de la gestión de calidad de las empresas, se ha institucionalizado lo que se ha dado en llamar la mejora continua. Pequeñas mejoras incrementales que se producen en el día a día de la operación y cuyo coste no necesita de grandes inversiones sino que se pueden cargar a los gastos normales de explotación.

No podemos detenernos, ya que quien se anquilose o simplemente vea reducida su velocidad de mejora, corre el riesgo de ser sobrepasado por la competencia o por el entorno social en el que se desenvuelve.

Aunque el concepto de mejora continua es un concepto relativamente nuevo, en realidad es lo que hemos estado haciendo siempre, ya que si miramos para atrás no podemos negar la evolución acumulada que hemos podido experimentar en estos últimos años. Lo que este nuevo concepto nos exige es que lo hagamos de forma más acelerada y sobre todo de una forma más sistemática y consciente, con una programación de objetivos a corto y a medio plazo y aprovechando técnicas de mejora de reconocida eficacia.

Si hemos decidido utilizar procedimientos para describir los procesos y las funciones, la mejora continua se centrará en la revisión de dichos procedimientos. Si la participación del personal se ha orientado por otros cauces de actuación, deberemos estimular y controlar la optimización de dichas actuaciones y en definitiva, centrar nuestros esfuerzos de investigación y desarrollo, no solamente en las grandes líneas tecnológicas o funcionales, sino también en el quehacer diario de los procesos de operación y gestión.



La aplicación de los conceptos reflejados en el círculo de Deming:

Planificar - Realizar - Controlar - Corregir

deben señalar la norma futura de actuación habitual en todos los campos de la organización, dando vueltas sin cesar alrededor de este círculo durante toda la vida del producto, del proceso o de la propia empresa, en lo que se ha denominado con indudable acierto la **«espiral de la mejora continua de la satisfacción del cliente».**

Satisfacer al cliente debe ser la consigna principal de nuestra empresa y la forma más evidente de conseguir una situación competitiva en el mercado. Al fin y al cabo, nos hemos propuesto resolver problemas con el fin de alcanzar una mayor calidad, pero la calidad es lo que consigue que una empresa sea más competitiva o que una organización resulte más eficaz. Con ello se promueve el desarrollo de la actividad productiva, la supervivencia y progreso de las empresas y la mayor calidad de vida de los individuos.