

Yacuzzi, Enrique; Martín, Fernando

Working Paper

QFD: conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos

Serie Documentos de Trabajo, No. 234

Provided in Cooperation with:
University of CEMA, Buenos Aires

Suggested Citation: Yacuzzi, Enrique; Martín, Fernando (2003) : QFD: conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos, Serie Documentos de Trabajo, No. 234, Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina (UCEMA), Buenos Aires

This Version is available at:
<https://hdl.handle.net/10419/84469>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

QFD: CONCEPTOS, APLICACIONES Y NUEVOS DESARROLLOS

Enrique Yacuzzi (Universidad del CEMA)

Fernando Martín (Aventis Pharma)

RESUMEN

El despliegue de la función de calidad (o QFD, por sus siglas inglesas) es un método de diseño de productos y servicios que recoge las demandas y expectativas de los clientes y las traduce, en pasos sucesivos, a características técnicas y operativas satisfactorias. Luego de una introducción histórica, en este documento de trabajo ilustramos los conceptos principales del QFD, destacamos sus ventajas y damos recomendaciones de uso. Utilizamos en la presentación el diseño original de un envase farmacéutico. Para brindar una perspectiva amplia y moderna del QFD, describimos sus principales campos de aplicación y algunos enfoques nuevos utilizados en su construcción. Finalmente, presentamos un resumen y conclusiones.

El QFD se originó en el Japón en la década de 1960 y su metodología se consolidó y expandió geográficamente en las décadas siguientes. En el origen del QFD está la denominada matriz de la calidad, que es en esencia una tabla que relaciona la voz del cliente con los requerimientos que la satisfacen. La matriz de la calidad suele desplegarse para dar lugar a otras matrices que permiten hacer operativa a la voz del cliente. Las aplicaciones recientes del QFD trascienden a las industrias manufactureras y de los servicios y comprenden la formulación de la estrategia empresarial y el análisis organizacional en los sectores público y privado. También se están aplicando al QFD los conjuntos *fuzzy* y otros métodos refinados de las matemáticas.

Más allá de estos enfoques cuantitativos—cuya relevancia en las etapas iniciales de un programa de calidad comentamos—el QFD se caracteriza por su carácter cualitativo. En las últimas décadas viene haciéndose notoria una tendencia de trabajo que, sin descuidar el análisis estadístico en las aplicaciones del marketing, presta especial atención a los elementos cualitativos, que permiten conocer mejor al cliente y contribuir a un tiempo al control de los costos: el QFD se inscribe en esta tendencia.

Destacamos el valor integrador de la matriz de la calidad—núcleo del QFD—que, en un único gráfico, indica los requerimientos del cliente, establece las características técnicas capaces de satisfacerlos, y brinda la posibilidad de comparar el producto de la propia empresa con otros de la competencia. Pero este valor integrador no se reduce al aspecto gráfico, sino que influye sobre la organización en su conjunto; en efecto, gracias a la matriz de la calidad, los integrantes de áreas heterogéneas de la firma se forman una idea más acabada de las complejas relaciones que hacen al diseño de productos satisfactorios. De esta forma, se comprende mejor la importancia de los datos, se facilita el diálogo, se asignan prioridades, y se establecen métricas y objetivos armónicos—todo ello sin perder el contacto con el cliente y con los productos de los competidores.

I. INTRODUCCIÓN

El despliegue de la función de calidad (o QFD, por las siglas inglesas de *Quality Function Deployment*) es un método de diseño de productos y servicios que recoge la voz del cliente y la traduce, en pasos sucesivos, a características de diseño y operación que satisfacen las demandas y expectativas del mercado. Nacido como herramienta de diseño de nuevos productos, el QFD se convirtió en un elemento integrador de las distintas áreas de la firma, como marketing, ingeniería y operaciones, y de distintas actividades, como la gestión de la calidad. En efecto, a riesgo de sobresimplificar la descripción de los procesos industriales, podemos decir que marketing escucha la voz del cliente, ingeniería la incorpora en el diseño de productos y servicios y, finalmente, operaciones los produce de modo rentable y competitivo. La gestión de la calidad, originariamente establecida en la función de operaciones, abarca hoy a la empresa en su conjunto, que se preocupa como un todo por los clientes, la mejora continua y el trabajo en equipo. El QFD contribuye a integrar estas áreas y actividades, descubriendo las necesidades de los clientes, orientando la integración de equipos de diseño y fabricación de productos, y, en un proceso de mejora continua, respondiendo a los requerimientos del mercado con costos decrecientes, menores plazos para el lanzamiento de nuevos productos y otros criterios competitivos.

El resto de este documento de trabajo está organizado del siguiente modo. En la sección II reseñamos la evolución del QFD y sus aplicaciones. En la sección III presentamos el concepto de la matriz de la calidad y sus beneficios; la matriz de la calidad es el núcleo del QFD, y la ilustramos con un ejemplo original de la industria farmacéutica en la sección IV; en la sección V detallamos los pasos de su confección. En la sección VI profundizamos la comprensión del concepto del QFD en dos sentidos: por una parte, siguiendo a los autores pioneros, distinguimos entre "despliegue de la calidad" (o QD, por las siglas inglesa) y QFD y, a continuación, desplegamos la matriz de la calidad a través de tres matrices adicionales: la matriz de producto-proceso, la matriz de proceso-subproceso y la matriz de subproceso-función; explicamos brevemente, además, el proceso general que seguimos en la construcción de estas matrices. En la sección VII, damos recomendaciones para el uso del QFD. A los fines de poner el tema en perspectiva, en la sección VIII ofrecemos ejemplos de aplicación en las industrias de bienes y de servicios y presentamos nuevas aplicaciones de los campos estratégico y organizacional, así como recientes enfoques al QFD desde la teoría de los conjuntos *fuzzy*. La sección IX es un resumen con conclusiones.

II. UN POCO DE HISTORIA

El QFD se desarrolló en el Japón hacia el final de la década de 1960, coincidentemente con la introducción de productos japoneses originales¹. Desde sus inicios fue considerada parte del instrumental de la gestión total de la calidad, conocida en aquel país como *Total Quality Control (TQC)*, y fue diseñada específicamente para la creación de nuevas aplicaciones y productos. En aquellos años el público comenzaba a valorar la importancia de la calidad del diseño, y esta valoración sirvió como una palanca motivadora para la creación del QFD. Otro elemento motivador fue que, en el tiempo previo a la etapa de producción, no existían gráficas de control de calidad de los procesos; en palabras de Akao, uno de los creadores del concepto del QFD:

"En el momento en que se determina la calidad del diseño, deberían existir los puntos críticos de aseguramiento de la calidad necesarios para asegurar ciertas cualidades. Me pregunté entonces por qué no podíamos destacar estos puntos críticos en la gráfica de control de calidad del proceso como puntos predeterminados de control o puntos de verificación para la actividad de manufactura, antes de comenzar con la producción." ⁱⁱ

La idea del QFD fue madurando en aplicaciones de diverso tipo, pero el método no lograba consolidar el concepto de calidad del diseño. Sin embargo, hacia 1972, en el Astillero de Kobe de Mitsubishi Heavy Industries, con Shigeru Mizuno y Yasushi Furukawa trabajando como consultores externos, se desarrolló la matriz de la calidad, que sistematizaba la relación entre las necesidades de los clientes y las características de calidad incorporadas en los productos; la matriz de la calidad constituye hoy el núcleo del QFD. En 1975, la Sociedad Japonesa de Control de Calidad (JSQC) estableció un comité de estudio del QFD para formular su metodología, y en 1987, luego de 13 años de esfuerzo, publicó un estudio sobre las aplicaciones del QFD en 80 empresas japonesas, donde se lo utilizaba para objetivos como los siguientes:

- Establecimiento de la calidad de diseño y la calidad planificada
- Realización del *benchmarking* de productos de la competencia
- Desarrollo de nuevos productos que posicionaran a la empresa por delante de la competencia
- Acumulación y análisis de información sobre la calidad en el mercado
- Comunicación a procesos posteriores de información relacionada con la calidad
- Identificación de puntos de control para el piso de la planta (*genba*)
- Reducción del número de problemas iniciales de calidad
- Reducción del número de cambios de diseño
- Reducción del tiempo de desarrollo
- Reducción de los costos de desarrollo y
- Aumento de la participación en el mercado.

Al cabo de unos diez años desde su origen, el concepto del QFD se consolidó y fue adoptado por grupos industriales como Toyota; por ser una herramienta de aplicación general, pronto se vio su utilidad en empresas de electrónica, artefactos para el hogar, caucho sintético y en el sector de los servicios; se expandió a los EE.UU., donde fue incorporado por Digital Equipment Corporation, Ford Motor Company, Hewlett-Packard y otras empresas. Su versatilidad permite no sólo usarlo en el diseño de productos y servicios, sino también en el diseño y la mejora de procesos como la planificación empresarial. Existen aplicaciones del QFD en numerosos países de Europa y también en la Argentina, Australia, Brasil, Corea, China, y otras naciones.

El QFD evolucionó al unísono con una idea del marketing: el diseño debe reflejar los gustos y deseos de los clientes más que el potencial tecnológico o las preferencias de los ingenieros de diseño. Esta concepción, que Shiba et al. (1992) presentan como la dualidad *product-out-market-in*, pone en el centro de la escena al cliente y obliga a las empresas a mejorar la comunicación y la planificación entre áreas funcionales como marketing e

ingeniería; estas áreas suelen trabajar en compartimientos estancos, en donde se concentran los temas y expectativas de trabajo propios de cada una y por ende suelen perder el objetivo principal de su trabajo: el cliente.

El concepto del QFD evolucionó también en paralelo con el desarrollo de los equipos interfuncionales. Daba a estos una herramienta para integrar en mejores productos la riqueza informativa que surgía de la conjunción de la tecnología informática con las modernas técnicas estadísticas aplicadas a las encuestas de marketing. El trabajo interfuncional brindaría réditos financieros. Hauser y Clausing (1988) muestran una reducción del 60% en los costos de pre-producción en una empresa automotriz, comparando datos anteriores y posteriores al uso del QFD. Asimismo, la metodología contribuyó a consolidar más prontamente el proceso de diseño; estos mismos autores realizan una comparación entre el número de cambios de diseño en una automotriz japonesa que utiliza el QFD con el número correspondiente a una empresa norteamericana semejante que no lo utiliza: el diseño japonés concentra el 90% de los cambios entre 24 y 14 meses antes de la fabricación del primer vehículo y casi no hay cambios luego de éste; el diseño norteamericano, por su parte, experimenta numerosos cambios incluso tres meses después de poner en marcha la línea de producción. Hauser y Clausing atribuyen al QFD la superioridad de la situación japonesa.

En el Reino Unido, según una investigación recienteⁱⁱⁱ, los beneficios de uso del QFD estarían vinculados con el desarrollo de nuevos productos y se manifestarían en menores costos, tiempos y número de defectos. Sin embargo, de los 19 casos de usuarios del QFD estudiados, se desprende que los mayores beneficios no se dieron en este terreno sino en asuntos subjetivos como el compromiso de los empleados, la habilidad para trabajar en grupos y la mejora en la comunicación interna y con los clientes^{iv}.

En los últimos años ha aumentado la gama de aplicaciones del QFD y su refinamiento metodológico. Se lo ha utilizado en el planeamiento estratégico tanto en operaciones de manufactura como de servicios, en empresas grandes y pequeñas. Se lo ha aplicado a la comprensión de fenómenos organizacionales y a la mejora de servicios en el sector público y en la educación. Algunos modelos del QFD emplean enfoques que contemplan el impacto ambiental de los diseños. En el terreno metodológico, finalmente, varios autores han incursionado en la aplicación de la teoría de conjuntos *fuzzy* para tratar con variables subjetivas como la voz del cliente.

III. CONCEPTO Y BENEFICIOS DE LA MATRIZ DE LA CALIDAD

El núcleo del QFD es un mapa conceptual que relaciona los requerimientos de los clientes (que abreviamos RC) con las características técnicas (CT) necesarias para satisfacerlos. Estas relaciones se presentan en forma de una tabla elaborada llamada "matriz de la calidad" (Figura 1)^v. Tomados en su conjunto, los RC definen la calidad de un producto^{vi} y son las expresiones que los clientes utilizan para describir los productos y sus características deseables. Asociada con cada CT existe una métrica, que se usa para determinar el grado de satisfacción de los clientes con cada uno de sus requerimientos. Esta medida es fundamental para la mejora continua.

Los RC se indican en la dimensión vertical de la matriz de la calidad; las CT, en la horizontal. Tanto los primeros como las segundas suelen ser numerosos y se agrupan en varios niveles, según su grado de abstracción. Esta multiplicidad no es caprichosa. El gran número de los RC responde a las variadas dimensiones de la calidad^{vii} y la cantidad de las CT es consecuencia de la creciente complejidad tecnológica de los productos modernos.

Matriz de la calidad			P r i o r i d a d					Evaluación por el cliente			
			Grado de estanqueidad del blister	Nº de veces que aparecen comprimidos foráneos	Nº de lotes contaminados microbiológicamente	Grado de legibilidad fecha de vencimiento/lote	Nº de veces que aparecen blisters en estuche equivocado	B	A	(-)	(+)
Consistencia con lo declarado en los entes de Salud Pública y con el bienestar de la población	Específico de la enfermedad para la cual dice tener acción terapéutica	Presenta sólo los comprimidos declarados	5	⊙							
		El granel se encuentra empacado en el packaging correcto	5		(VI)		⊙				
Las características organolépticas de la especialidad medicinal reafirman su eficacia terapéutica	Integridad de las características apreciables del medicamento	Aspecto higiénico	3		△						
		Sin deterioro alguno	2	○		△	△				
	Las características visibles del envase confirman los atributos del medicamento	Fecha de vencimiento / lote legible	4				⊙				
		Asegura inviolabilidad	3	△							
Valor objetivo de la característica técnica y sus unidades (IV)			100%	0 vez	0 lote	50 cm	0 vez				
Evaluación técnica de dos competidores (V)			A	100%	0	0	45 cm	0			
			B	99%	1	1	49 cm	1			
Ponderación total de cada característica técnica (VII)			9	45	5	38	45				

Figura 1. Matriz de la calidad de un envase para un producto farmacéutico.

Dado que no todas las CT contribuyen a conformar un RC dado, debe indicarse la relación entre las distintas combinaciones de RC y CT; esta relación se muestra en los cruces de las filas y columnas de la matriz, con símbolos que reflejan la intensidad del vínculo. Una adecuada comprensión de las relaciones entre RC y CT facilita el balance entre las

demandas de los clientes con el potencial tecnológico de la empresa; este balance ejerce un impacto, finalmente, en la ecuación económica.

La matriz de la calidad contiene otros elementos importantes:

- Una columna con la prioridad que los clientes asignan a cada RC
- Una columna que compara, para cada RC, a los productos de "nuestra empresa" con los de la competencia, según la evaluación del cliente
- Una fila que pondera numéricamente la importancia de cada CT con respecto a las demás
- Una evaluación técnica comparativa de las CT de "nuestro producto" con las CT de uno o varios productos de la competencia
- Un valor objetivo fijado para cada CT
- Un panel triangular que indica la correlación existente entre las distintas CT.

Antes de presentar un ejemplo completo de matriz de la calidad en la sección siguiente, examinemos los beneficios de trabajar con ella.

Herramienta efectiva del marketing. En primer lugar, los RC son una síntesis de los principales componentes de la voz del cliente y una eficaz ayuda para comprender mejor las necesidades de los mercados; esto permite realizar acciones de marketing más efectivas. El proceso de construcción de la dimensión RC de la matriz ayuda a comprender mejor a los clientes actuales y potenciales, así como sus expectativas y exigencias.

Ventajas competitivas y fomento de la innovación. En segundo lugar, la clarificación de las CT no solo facilita el diseño de productos que respondan a los RC, sino que puede facilitar la detección de ventajas competitivas que merezcan ser explotadas y llevar a descubrir las falencias de los productos propios. En el mismo orden de ideas, con matrices de calidad más generales, el método fomenta la innovación en el diseño.

Mejor comunicación interfuncional. En tercer lugar, al poner en un solo gráfico a las CT más relevantes, la matriz facilita la comunicación interfuncional; para los ingenieros, la matriz resume información que de otra forma permanecería fragmentaria, y permite captar de un golpe de vista un sinnúmero de relaciones entre variables, a veces interrelacionadas, cuyo manejo es responsabilidad de distintas áreas. La matriz ofrece una apreciación balanceada de todas las relaciones que hacen al diseño del producto; "pone las cartas sobre la mesa", e indica a cada sector—marketing, ingeniería, gerencia general, etc.—qué debe hacer, y abre la posibilidad de un debate técnico sobre alternativas y prioridades.

Los conflictos interfuncionales se presentan con frecuencia en la toma de decisiones. Tomemos el caso del sector de acondicionamiento de un laboratorio farmacéutico. Si bien el *management* corporativo promueve permanentemente la formación de redes entre los diferentes sectores del laboratorio, en el sector de acondicionamiento confluyen intereses dispares que, si bien buscan como finalidad última la máxima calidad del medicamento, pueden ser contraproducentes en términos de los costos de fabricación. Por ejemplo, para dar cumplimiento a una exigencia de los organismos públicos de control, el departamento

médico podría estar interesado en ampliar la explicación de los efectos colaterales que causa un medicamento; si esto requiere aumentar el tamaño del prospecto, se producirá un conflicto con el sector de acondicionamiento: en efecto, la operación de plegado de un prospecto mayor durante el estuchado se hace más dificultosa y afecta a la productividad de la línea. Como segundo ejemplo, el departamento de marketing podría estar interesado en incluir un dispositivo dosificador de un jarabe, pero este dispositivo no permite la automatización del *packaging* y exige una mayor utilización de mano de obra, en contra de los intereses del sector de acondicionamiento. La matriz de la calidad puede contribuir a evitar, mitigar o resolver este tipo de conflictos.

Determinación de las prioridades de mejora continua. En cuarto lugar, con la matriz de la calidad se identifican rápidamente las prioridades de la mejora continua. Se llega a ver, sin mayor esfuerzo, qué variables determinan la calidad de un producto o servicio. Además, sobre la base de las ponderaciones de las CT, las áreas responsables pueden identificar la eventual falta de balance entre ellas, como sería el caso si en un envase con óptimo grado de estanqueidad se presentaran instrucciones difíciles de leer para el paciente.

Análisis de costos y beneficios. Finalmente, el detenido análisis de los costos y beneficios que brinda el estudio de la relación entre RC y CT (así como el uso de otras matrices derivadas) permite mejorar el rendimiento económico y financiero de la firma^{viii}.

IV. UN EJEMPLO: DISEÑO DE UN ENVASE FARMACÉUTICO

El concepto de la matriz de la calidad, el núcleo del QFD, se comprende rápidamente con un ejemplo. Consideremos más detenidamente la Figura 1. Se trata de la matriz de la calidad del envase de un producto farmacéutico^{ix}. El diseño de envases (*packaging*) es una tarea interdisciplinaria en la cual el uso de métodos sistemáticos no está muy desarrollado. En este campo es necesario satisfacer exigencias contradictorias de distintas áreas funcionales de la empresa y de los clientes externos, todos los cuales se benefician con canales adecuados para transmitir sus deseos y necesidades^x. Por claridad presentamos una versión simplificada, pues la matriz completa tiene muchos otros componentes. Enumeremos en primer lugar sus partes principales:

- Los RC se indican en la dimensión vertical (I) y están jerarquizados en tres columnas (nivel 1, nivel 2 y nivel 3).
- La prioridad asignada a cada RC se escribe en una columna situada a la derecha de los RC (II). Esta prioridad se obtuvo por consenso entre el personal técnico del laboratorio y un grupo de pacientes.
- Las CT se muestran en la porción mayor de la dimensión horizontal (III). Cuando las CT tienen una estructura compleja pueden jerarquizarse en distintos niveles^{xi}.
- El valor objetivo que se quiere lograr para cada una de las CT se indica en una fila (IV) debajo de los RC, con sus correspondientes unidades.
- La evaluación técnica de dos envases (el propio y el de un competidor) se traza inmediatamente debajo del valor objetivo (V).
- El grado de correlación entre las CT y los RC conforma el panel rectangular de la figura (VI), que aclara el grado de interacción entre ambos tipos de variables.

- La ponderación numérica de las CT constituye la última fila de la matriz de la calidad (VII).
- La evaluación de cada RC del envase propio realizada por los clientes se muestra en la columna del extremo derecho (VIII), al igual que la de un envase de la competencia.
- Finalmente, el panel triangular de la parte superior de la figura (IX) indica la correlación entre las CT.

Veamos con mayor detalle cada componente.

Los RC (I). Los RC constituyen un árbol jerárquico de tres niveles. El nivel 1 presenta el mayor nivel de abstracción de los requerimientos de los clientes. Sus dos componentes indican en conjunto que el medicamento y su envase guardan consistencia con lo declarado a los entes de salud pública y con el bienestar de la gente y que, además, el envase preserva las características organolépticas del producto, para asegurar su eficacia. De modo análogo, el nivel 2 expande o detalla el significado de las proposiciones del nivel 1. Por ejemplo, la integridad de las características del medicamento y su aspecto visible son los elementos que reafirman la eficacia terapéutica del producto. Finalmente, en el nivel 3, se refleja literalmente lo que el paciente manifiesta, es decir, la voz del cliente: por ejemplo, el componente del nivel 2 "Las características visibles del envase confirman atributos del medicamento" equivale en el nivel 3 a "Fecha de vencimiento y lote legible" y a "(El envase) asegura inviolabilidad". Es importante mantener la voz del cliente en su estado original, evitando que departamentos específicos de la firma, como marketing o ingeniería, la traduzcan a su propio vocabulario; esta traducción, de no ser fidedigna, introduciría errores y la búsqueda de satisfacción del cliente a través de características del producto que no importan a los clientes^{xii}.

Esta estructura de tres niveles proviene del diagrama de afinidad de la Figura 2. El diagrama fue construido agrupando por su parecido las voces de los clientes reflejadas en las expresiones precedidas por un asterisco. A los fines de mantener la matriz dentro de límites acotados, el equipo técnico seleccionó, dentro de las voces de los clientes, aquellas más relevantes (indicadas por la letra S a la derecha de la expresión), las resumió y les dio títulos integradores, y trasladó el resultado a la dimensión vertical de la matriz, estableciendo así una jerarquía de tres niveles^{xiii}. Por ejemplo, las expresiones de los clientes "Sin deterioro alguno", "Aspecto higiénico" y "Que no tenga olor o sabor a plástico" se condensaron de modo más abstracto en el título "Integridad de las características...". Este título da lugar a una categoría de nivel 2. Por otra parte, la combinación del mismo rótulo con otro de igual nivel, a saber, "Las características visibles..." se resume en el nivel 1 como "Las características organolépticas...". El número de niveles varía según la aplicación. Algunos autores^{xiv} mencionan hasta ocho niveles, utilizados en estudios específicos.

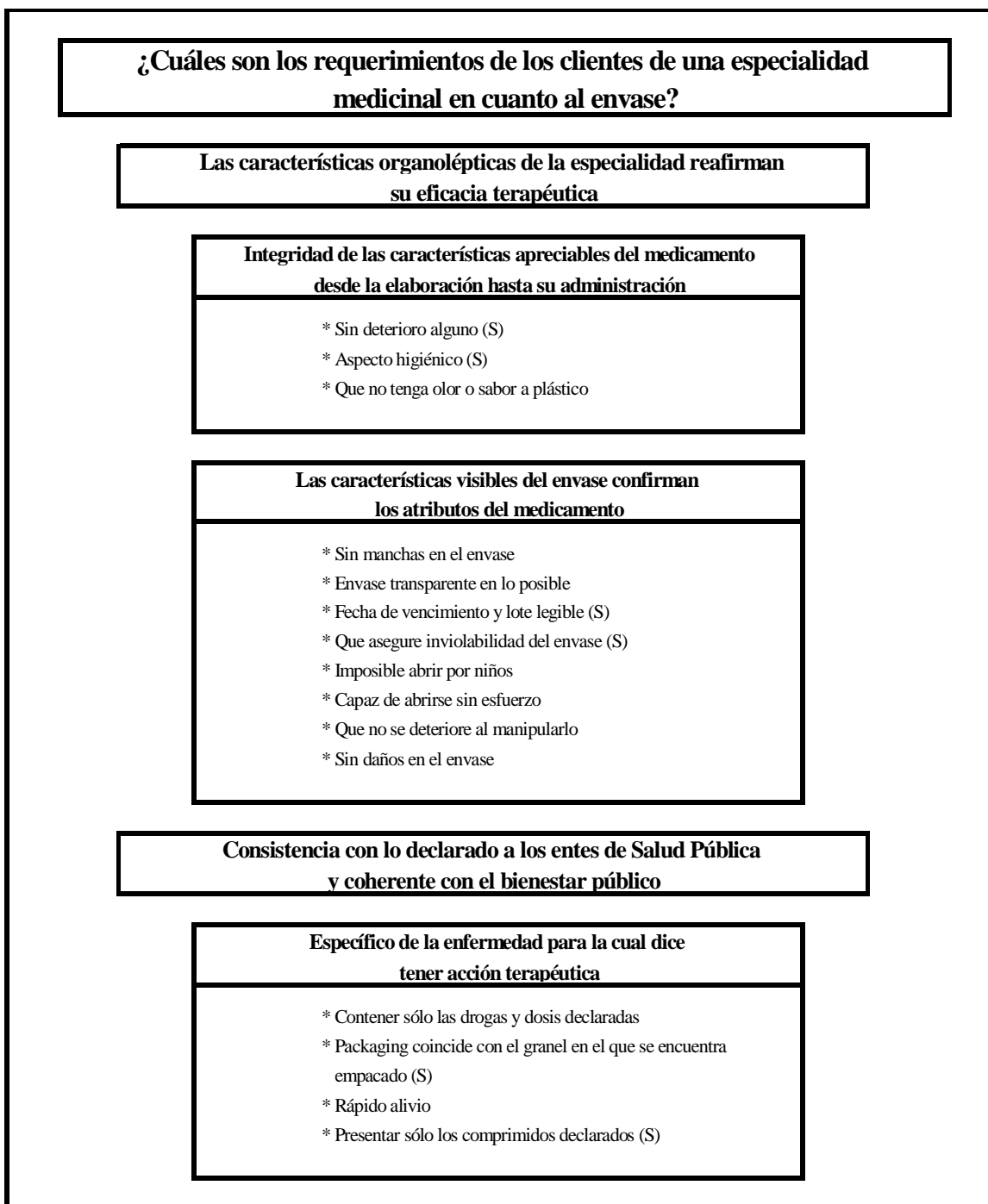


Figura 2. Diagrama de afinidad para identificar los requerimientos de los clientes.

Los RC suelen ser muy numerosos. En general se trabaja con listas de 30 a 50 requerimientos, aunque existen aplicaciones de 100 ó más. Estas listas de RC provienen de grupos de enfoque en los cuales se anotan los comentarios de los clientes; o bien de entrevistas cualitativas con preguntas abiertas; o de encuestas con preguntas abiertas u otras técnicas menos estructuradas, como permitir al público que examine un prototipo mientras

algunos miembros del equipo de diseño toman nota de los comentarios de la gente. Griffin et al. (1993) sostienen que entrevistas con unos 20 ó 30 clientes serían suficientes para identificar el 90% o más de las necesidades en un segmento relativamente homogéneo. No todos los RC corresponden al usuario final: existen, en efecto, otras partes que tienen su voz en este ejercicio, como las autoridades regulatorias, los visitantes médicos, o los farmacéuticos y otros intermediarios.

La prioridad del RC (II). No todos los RC son igualmente importantes a los ojos de los clientes. Por otra parte, por razones técnicas, económicas o de otro tipo no todas las prioridades podrían satisfacerse. Por lo tanto, es importante que el equipo de diseño conozca las prioridades que establecen los clientes. Para ello se utilizan encuestas y medios de investigación que no sólo atienden a las prioridades que manifiestan verbalmente los clientes sino también las que se derivan de la observación de su comportamiento. En nuestro caso, los técnicos y clientes utilizaron un *ranking* del 1 al 5, donde el 5 indica la mayor prioridad y el 1 la menor, pero se podrían utilizar formas alternativas de dar prioridad a los requerimientos, como el método de Kano^{xv}. La prioridad es uno de los factores que contribuyen, como veremos más adelante, al cálculo de la ponderación total de cada CT (la intensidad de la relación entre RC y CT es el otro).

Las CT (III). Las características técnicas, o características de ingeniería, también pueden constituir un árbol jerárquico, aunque en nuestro ejemplo exhiban solo un nivel. Como norma general, el árbol debe construirse a partir del conocimiento de los ingenieros, que preferiblemente deben buscar métricas con sentido para el cliente final, y no sólo para los técnicos. Se suelen realizar *brainstormings* a fin de encontrar métricas significativas y profundizar su interpretación; también puede utilizarse un diagrama de afinidad que recoja los conocimientos de los técnicos; en nuestro caso, dada la sólida estructura de las disciplinas asociadas con la producción de especialidades medicinales, no se utilizó un diagrama de afinidad, sino que las características técnicas se establecieron sobre la base de la farmacia industrial^{xvi}. Esta estructura de características está muy asociada con las métricas que se utilizan para medir el grado de cumplimiento de los distintos RC; su elección lleva implícita la posibilidad de medir, dado que no es fácil sobrestimar la importancia de las métricas en todo el proceso de diseño o mejoramiento de la calidad de un producto.

Las CT pueden afectar a un solo RC (por ejemplo, el número de veces que aparecen comprimidos foráneos) o a varios (grado de estanqueidad del blister). Durante la confección de la matriz de la calidad debe verificarse que para cada CT exista siempre por lo menos un cruce con un RC, pues de lo contrario no habría razón para incluir la CT en la matriz. Análogamente, cada RC debe estar correlacionado con una o varias CT, porque si no, no se contemplaría, desde el punto de vista de la ingeniería, la voz del cliente. También se debe evitar la redundancia de métricas cuando éstas no agregan nueva información. Por ejemplo, en la Figura 3, el RC 2 solamente está considerado por CT débiles y el RC 4 no está considerado por ninguna CT. Por otra parte, la CT D no responde a ningún RC (es innecesaria) y la CT E responde al mismo que la CT B (es redundante).

		Características técnicas				
		A	B	C	D	E
Reque- rimientos de los clientes	1	○				
	2		△	△		△
	3	○		○		
	4					

↑ CT innecesaria ↑ CT redundante

← RC con consideración débil
 ← RC no considerado

Figura 3. Matriz de calidad con filas y columnas no consideradas adecuadamente. Fuente: Adaptado de Shiba et al. (1992).

El valor objetivo (IV). Cada CT debe ser medida con las unidades adecuadas y comparada con un valor objetivo al cual tiendan los esfuerzos de la organización. Estos valores son medidas ideales que deberían ofrecerse en un nuevo producto o en un producto mejorado. Las unidades deben indicarse en la matriz de la calidad. Los expertos recomiendan apuntar a valores específicos que satisfagan o superen las expectativas de los clientes, antes que indicar gamas de tolerancia; pues si se admite toda una gama de tolerancias, los técnicos buscarán quizá el extremo menos costoso, y no necesariamente el valor que mejor satisfaga a un cliente promedio.

La evaluación técnica (V). Es importante comparar cuantitativamente las CT de los productos propios con las de otros productos alternativos del mercado. En la Figura 1 se han proporcionado algunos valores numéricos de comparación. También suelen usarse gráficos y escalas numéricas, que facilitan la interpretación de los datos.

El grado de correlación entre las CT y los RC (VI). El panel rectangular conformado por las intersecciones entre las filas de los RC y las columnas de las CT indica la correlación entre los requerimientos de los clientes (el "qué") y las características técnicas capaces de satisfacerlas (el "cómo"). Esta correlación expresa cuán bien cada voz del cliente es considerada por una CT determinada, o, en otras palabras, cuánto afecta a cada RC una CT específica. Es usual utilizar los símbolos y ponderaciones asociadas de la Tabla 1, aunque también se emplean otros símbolos y colores. (El problema del color es la dificultad de interpretar las fotocopias en blanco y negro.) Para establecer una correlación se trabaja sobre el consenso de los equipos técnicos y sobre datos estadísticos derivados de encuestas o diseños experimentales.

Grado de correlación entre RC y CT	Símbolo utilizado	Valor numérico asignado
Muy correlacionados	⊙	9
Correlacionados	○	3
Poco correlacionados	△	1
Sin correlación	Blanco	0

Tabla 1. Símbolos utilizados en la matriz de la calidad.

La ponderación total de las CT (VII). La ponderación de la Tabla 1 hace referencia solamente a una celda del panel; es decir, a una correlación específica entre un RC y una CT. A los fines de tener una idea más completa de la contribución relativa de cada CT para satisfacer a los distintos RC, es necesario evaluar, por una parte, la prioridad que el cliente otorga a cada RC y, por otra, la correlación entre este RC y la CT considerada. La última fila de la matriz de la calidad muestra la ponderación total correspondiente a cada CT.

El valor de la ponderación total de una CT se calcula multiplicando la prioridad dada por los clientes a cada RC por la ponderación (obtenida en la Tabla 1) correspondiente a cada uno de los símbolos de la columna de la CT de interés y sumando el resultado de todas las multiplicaciones realizadas sobre esa columna. Por ejemplo, la ponderación total de la CT "Grado de legibilidad fecha de vencimiento y lote" es el resultado del cálculo:

$$2 \times 1 + 4 \times 9 = 38$$

De modo análogo se calculan las restantes ponderaciones totales de la última fila. Esta información orienta de inmediato a los técnicos hacia las CT que deben ser consideradas con prioridad (aunque no con exclusividad), ya sea porque son críticas para un número pequeño de RC, o porque son relevantes para un gran número de RC, o cualquier otra combinación que produzca un resultado de ponderación total relativamente elevado. Un valor de ponderación total alto sugiere la necesidad de dirigir las actividades de diseño o desarrollo tecnológico en un sentido compatible con la alta ponderación.

La evaluación de los RC (VIII). La columna del extremo derecho compara la evaluación que los clientes hacen de cada RC de "nuestro producto" con los RC de los productos de la competencia. Esto puede lograrse con distintos tipos de escala y, en este caso, utilizamos una escala simbólica de cuatro puntos que abarca la gama desde el (--) hasta el (++) . Cuando es posible, estas evaluaciones deben basarse en encuestas estadísticamente sólidas, dado que permiten indagar sobre el grado en que los RC permitirán a la compañía competir mejor.

La evaluación correcta tiene varios subproductos: en primer lugar, la detección de oportunidades de mejora; si de cotejar nuestro producto con los de los competidores surgen deficiencias en nuestra oferta, es posible investigar el origen de la percepción del cliente y corregir las carencias de nuestro producto; en segundo lugar, si sobre la base de la identificación de potenciales segmentos de mercado, se detectan diferencias en la

evaluación de los clientes, es posible *customizar* la oferta para atender a los diversos segmentos. Finalmente, el sector VIII constituye un mapa perceptual, que juega un papel importante tanto en la gestión del marketing como en la de la calidad; en efecto, el mapa perceptual permite identificar el posicionamiento estratégico de un producto; constituye además, una herramienta que permite vincular planes estratégicos tipo *hoshin*^{xvii} con productos específicos.

En general, un producto bien evaluado por los clientes será un buen producto por sus características técnicas. Sin embargo, podría ocurrir que un producto pobremente evaluado por los clientes fuera objetivamente un buen producto: en este caso estaríamos ante un problema de imagen del producto o de la marca, o ante un error de medición, y la gerencia de marketing debería trabajar para cerrar la brecha entre la realidad y la percepción. Alternativamente, podría ocurrir que un producto bien evaluado por los clientes no exhibiera CT excelentes: aquí la gerencia de ingeniería debería ajustar los parámetros y, por su parte, la función de marketing debería continuar trabajando para mantener la imagen del producto y de la marca.

Correlación entre las CT (IX). Finalmente, el panel triangular de la parte superior de la figura indica la correlación entre las CT. En el diseño de nuevos productos, es importante conocer el efecto que un incremento o mejora en una CT tiene sobre las demás; ignorar estas interacciones podría llevar a que, en aras de lograr una mejora en una CT se alteraran negativamente otras CT importantes. Esta información es crítica, y es fundamental para la aplicación del ingenio técnico, capaz de satisfacer objetivos en conflicto. Esta es la finalidad del panel triangular; el signo más significa una correlación positiva (ambas CT se mueven en el mismo sentido) mientras que el signo menos indica una correlación negativa (las CT se mueven en sentido contrario).

Examinemos estas correlaciones en la Figura 1. En primer lugar, está la correlación negativa entre el grado de estanqueidad del blister y el número de lotes contaminados microbiológicamente. La hermeticidad o estanqueidad es una característica de calidad fundamental para inferir que el granel se mantendrá en óptimas condiciones de conservación hasta el momento de su administración, pues lo protegerá de la humedad relativa ambiente, que para muchas sustancias es nociva. Entre los factores por tener en cuenta están la presión que se le da a la *folia* plástica termoformada y la presión de embutido durante la operación de termosellado, que luego dará origen al blister. Esta presión debe ser tal que produzca hermeticidad; pero, si supera cierto umbral, la presión puede perforar el blister y, si es menor que un nivel mínimo, puede afectar a su estanqueidad y someter a la formulación a la contaminación microbiológica. En segundo lugar, hay una correlación negativa entre el grado de estanqueidad y la legibilidad. Si bien la estanqueidad se incrementa por la presión de termosellado, un exceso de presión puede degradar la legibilidad de la fecha de vencimiento y lote, al mellarse los cuños de codificado. Finalmente, existe una correlación positiva entre la probabilidad de que aparezcan comprimidos foráneos y la probabilidad de que se presenten blisters en estuches equivocados. Esta correlación se debe a la acción de una tercera variable, que debe fortalecerse: el grado de cumplimiento de las Normas de Buenas Prácticas de Manufactura (o GMP, por sus siglas inglesas).

V. PASOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE LA CALIDAD

La matriz de la calidad es una herramienta de síntesis e integración conceptual, que resume y organiza claramente los RC y las CT y los plasma en una única figura, junto a otras variables que facilitan el diseño de un producto. Idealmente, para que el contenido de esas variables sea más relevante, la matriz de la calidad debe incorporar la experiencia de la organización. Por ello, la matriz suele construirse trabajando en un grupo en el cual estén representadas todas las funciones importantes para el diseño y fabricación del producto. Para trabajar mejor, tal grupo debería tener menos de 10 personas (además de los clientes cuya voz queremos oír). Los pasos de construcción de la matriz son los siguientes.

- 1. Obtenga los datos para los RC**, es decir, la dimensión vertical de la matriz. Esta dimensión expresa en forma jerárquica los atributos que los clientes consideran importantes. Dado que en general se cuenta con un sinnúmero de datos, es necesario agruparlos por categorías. Los datos se obtienen de diversas fuentes: encuestas, resultados de quejas de los clientes, investigación de mercado, entrevistas individuales y grupales; es importante notar que en el nivel 3 (en nuestro ejemplo) de los RC se hable en el lenguaje del cliente, sin que su voz sea reinterpretada por los técnicos, que podrían introducir sus propios sesgos. Griffin et al. (1992) concluyen en un estudio que las entrevistas individuales son muy eficientes, y que con un número de entrevistas situado entre 10 y 20 se puede lograr el 80% de los RC; en otro estudio de los mismos autores (Griffin et al., 1993) se llega a la conclusión de que 30 entrevistas proveyeron el 90% de los RC.
- 2. Agrupe los datos de los clientes.** Existe más de un método para clasificar los datos de los clientes. En el ejemplo de la Figura 1 se utilizó el diagrama de afinidad de la Figura 2, pero las voces de los clientes pueden agruparse sobre la base de categorías standard, como, por ejemplo, la clasificación de Garvin de las dimensiones de la calidad.
- 3. Asigne prioridades a los RC.** Esta asignación es clave para orientar al industrial en cuanto a qué aspectos del diseño rendirán mejores frutos según la percepción del cliente, y así se invertirían más recursos para satisfacer las voces de cliente más importantes. Las prioridades se pueden obtener con encuestas que empleen escalas numéricas, como las de este trabajo, o con otros instrumentos, como el método de Kano.
- 4. Haga una lista de las CT.** Concéntrese en aquéllas que sean necesarias para facilitar el seguimiento de los RC. Siga procedimientos similares a los del punto 1.
- 5. Agrupe las CT en un diagrama jerárquico.** Trabaje con un diagrama de afinidad o, en casos excepcionales, en donde trate con productos o procesos conocidos y estructurados, aplique un esquema jerárquico ya existente.
- 6. Establezca las relaciones entre ambas dimensiones, RC y CT.** Utilice los símbolos indicados en la Tabla 1. La intensidad de la relación entre CT y RC aclara si una característica de laboratorio o de ingeniería contribuye a satisfacer a un RC dado. Por ejemplo, de la Figura 1 se desprende que, dada la fuerte relación entre “Presenta sólo

los comprimidos declarados” y “No. de veces que aparecen comprimidos foráneos”, la segunda garantiza la satisfacción del primero.

7. **Determine las relaciones entre las CT.** Esta determinación, que corresponde al panel triangular de la Figura 1, es necesaria porque podrían presentarse algunas características técnicas que entraran en conflicto con otras, como vimos en la sección IV. Permite también una perspectiva más integral del producto.
8. **Ingrese la evaluación de su producto en el mercado.** En el extremo derecho de la tabla, precise las evaluaciones de mercado de su producto con respecto a cada RC comparado con otros de la competencia. En este punto es posible ponderar las evaluaciones de mercado en función de la prioridad asignada a cada RC en el punto 3 anterior, es decir, dando más peso a los RC que los clientes consideran más importantes.
9. **Desarrolle medidas objetivas para cada CT.** Este desarrollo es un trabajo para los técnicos, que debe ser seguido por la comparación de cada medida con las de los productos de la competencia.
10. **Establezca objetivos para cada CT.** Compare estos objetivos con productos de los competidores, posibilidades técnicas, exigencias de los clientes, etc.
11. **Seleccione las CT a las cuales habrá de prestar atención más urgente.** Tome como base la importancia que el cliente les asigna, las características más atractivas del producto, el grado de dificultad u otros criterios. La fila de ponderación total (Figura 1) es un buen elemento de criterio técnico.

VI. EL QFD: UNA CASCADA DE MATRICES

Despliegue de la calidad y QFD en sentido estricto. La matriz de la calidad es la primera, la más usada y tal vez la más importante de una familia de matrices conocidas en conjunto como *Quality Function Deployment* (despliegue de la función de calidad). Este nombre ha dado lugar a diversas interpretaciones: Thomas F. Wallace (1992)^{xviii} considera que Quality Function Deployment es una mala traducción del japonés, y que el nombre correcto de la herramienta debió ser "desarrollo de las características de los productos".

Cuando vamos a alguna de las fuentes originales de la metodología^{xix} descubrimos que Quality Function Deployment es "un término genérico que combina Quality Deployment (QD) y Quality Function Deployment en su sentido más estricto, introducido para el desarrollo de nuevos productos y para las actividades de aseguramiento de la calidad de las actividades de los fabricantes" (Futami, ca. 2001, pág. 1). El QD consiste en convertir los requerimientos de los usuarios en características técnicas, para determinar el diseño de calidad de los productos finales y para desplegarlas sistemáticamente hacia los ítem de control de la calidad de los componentes y procesos; el QD se materializa a través de matrices como la que hemos presentado en secciones anteriores. El QFD en sentido estricto, por otra parte, es el despliegue sistemático de las funciones operativas necesarias para lograr los estándares de calidad; este despliegue incluye los ítem de control de cada

función operativa. El QFD, en otras palabras, se concentra en los procesos de la organización para asegurar que todas las operaciones y tareas realizadas por el personal contribuyen a la calidad^{xx}. Un sistema integral de QFD se representa en la Figura 4.

Larry R. Smith^{xxi}, por su parte, afirma que "despliegue" significa una actividad de extensión o ampliación, que se produciría en dos sentidos: (1) La atención que la investigación de mercado tradicional presta a los requerimientos de los clientes se amplía en el QFD, a fin de incluir la traducción de estos requerimientos al lenguaje de los técnicos de diseño. (2) La matriz de la calidad, también llamada *House of Quality* (por su forma general de una casa coronada por un techo a dos aguas) es la primera de varias matrices de la familia QFD. De esta primera matriz se derivan otras, que la van llevando a niveles cada vez más específicos de trabajo, de modo que la voz del cliente se despliega hacia las distintas funciones de la firma, tales como I+D, aseguramiento de la calidad, manufactura, y otras.

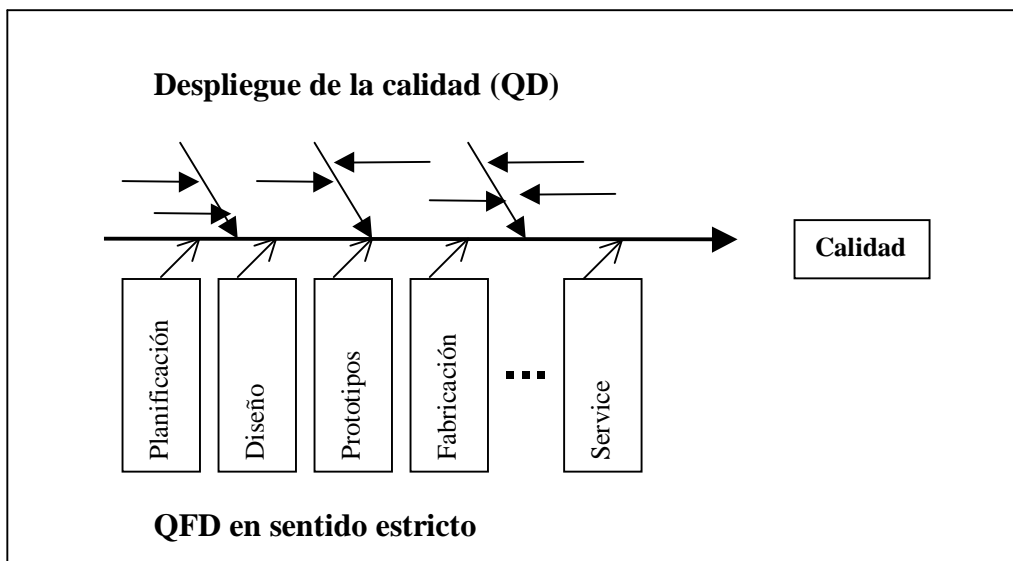


Figura 4. Sistema integral de QFD o definición amplia del QFD. Fuente: Adaptado de Mazur (1993) y Akao et al. (1998).

Como resultado del despliegue se producen varias matrices, que no son sino una forma clara de establecer relaciones entre entidades deseadas, por una parte, y herramientas técnicas, corporeizadas en métricas, por la otra, que nos indican el grado de satisfacción de los deseos o necesidades; las cuatro matrices más importantes se esquematizan en la Figura 5 y son las siguientes^{xxii}:

1. **La matriz de la calidad** (ya presentada como Figura 1), que relaciona los RC (el "qué" espera el cliente) con las CT (el "cómo" voy a satisfacerlo), asignando a cada CT una importancia relativa y un valor objetivo.
2. **La matriz de producto-proceso** (Figura 6), que toma las CT (transformadas ahora en el "qué" debo hacer) de la matriz de la calidad y las analiza en términos de los procesos

que intervienen para satisfacer las CT (el "cómo" analizaré las CT en su relación con los procesos productivos y las métricas que garantizarán su cumplimiento).

3. **La matriz de proceso-subproceso** (Figura 7), que establece las relaciones entre los procesos (el "qué" procesos considero) con los subprocesos que los integran y las métricas que aseguran la calidad (el "cómo" sabré operativamente si los procesos responden a las exigencias globales del producto).
4. **La matriz funcional** (Figura 8), que relaciona los requerimientos operativos de los subprocesos (el "qué") con las actividades funcionales concretas para cumplir en última instancia con las exigencias de los clientes (el "cómo").

Se observa en la Figura 5 que el despliegue de las matrices es una forma de llevar la voz del cliente hasta el análisis de detalle funcional. Sin duda, el trabajar con un marco de cuatro matrices, en lugar de una sola, hace más complejo el proceso de desarrollo inicial, pero rinde frutos en el resultado final.

En la Figura 6 se muestra la matriz de producto-proceso. Las filas de esta matriz son las características técnicas (columnas) de la Figura 1. Se han incluido las cinco CT, pero en algunos casos, cuando el número de CT es muy grande, se suelen elegir sólo las más importantes, según algún criterio especificado^{xxiii}. Las columnas de la matriz son básicamente las mismas CT, pero se identifica la relación entre los procesos productivos (blisteado y estuchado) y las CT. Los cruces entre filas y columnas indican la relación entre las CT del producto y los atributos de calidad a nivel de cada proceso. En esta matriz las relaciones son unívocas, pero podría ocurrir que una CT tuviera relación con más de un proceso.

Con frecuencia los procesos se dividen en subprocesos a los fines del diseño y posterior operación. La Figura 7 muestra la relación entre los procesos de blisteado y estuchado, introducidos en la Figura 6, y los subprocesos que los integran. Esta relación se da a través de las CT del proceso. En la mayoría de los casos una CT de un proceso corresponde a una CT de un subproceso. Sin embargo, puede ocurrir en algunos casos que una CT de un proceso esté asociada con más de un subproceso: por ejemplo, el grado de higiene está vinculado con los subprocesos de termoformado y de carga del granel. El subproceso de termoformado tiene como CT la calidad microbiológica del aire comprimido, mientras que el proceso de carga del granel tiene dos CT asociadas: calidad microbiológica de la operación de llenado y posibilidad de hallar comprimidos foráneos; la primera CT está vinculada con la CT de proceso "grado de higiene".

Finalmente, en la Figura 8, se presenta la matriz funcional, que relaciona las CT de los subprocesos con las especificaciones de las funciones operativas. Estas especificaciones serán utilizadas por los técnicos encargados de diseñar un sistema que satisfaga las necesidades del cliente, que se desplegaron gradualmente según las Figuras 1, 6, 7 y 8.

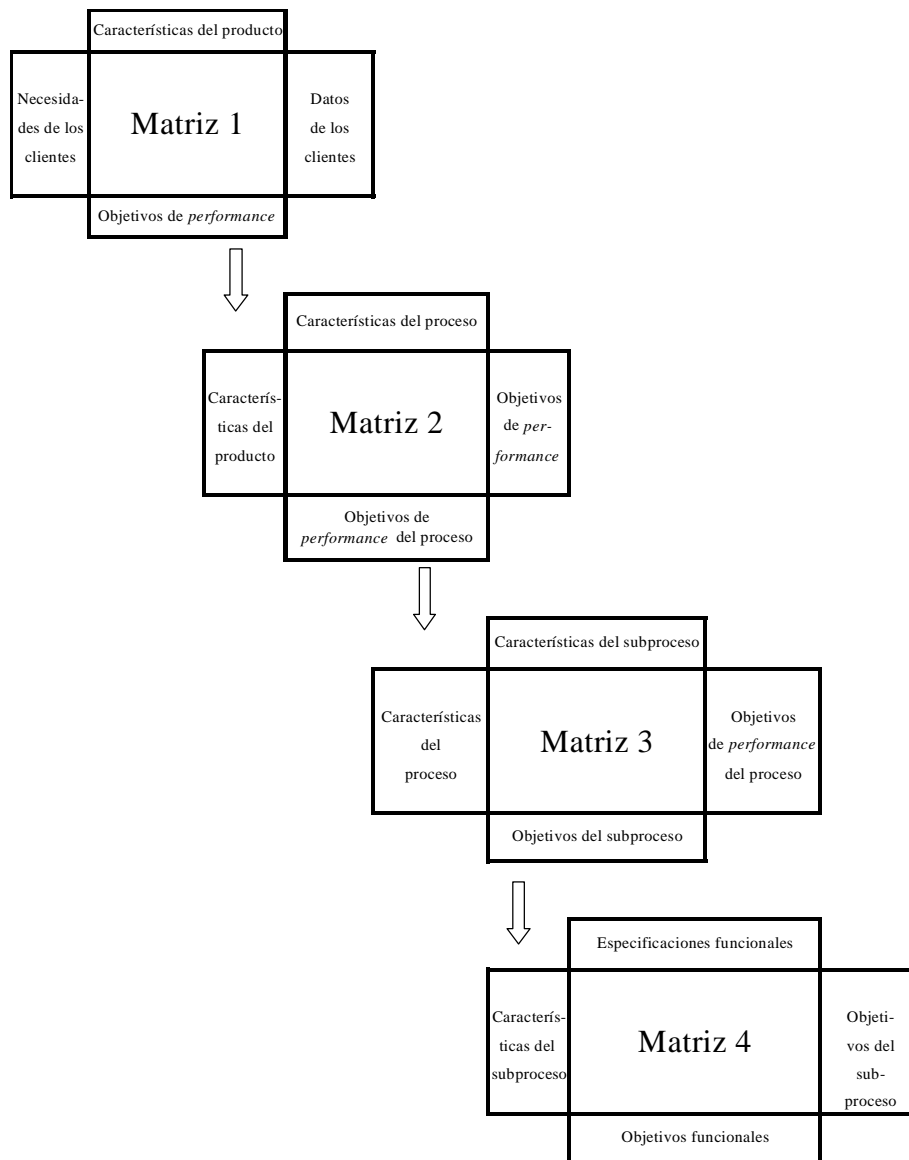


Figura 5. QFD. Matriz 1: *House of Quality*; Matriz 2: Matriz de producto-proceso; Matriz 3: Matriz de proceso-subproceso; Matriz 4: Matriz de subproceso-función.

Matriz de producto-proceso						
	Grado de higiene de lotes dpv microbiológico (*)		Grado de identificación comprimidos foráneos		Grado de hermeticidad	
					Grado de identificación estuches foráneos	
						Grado de legibilidad
Proceso		Blisteado			Estuchado	
Nº de lotes contaminados microbiológicamente	○					
Nº de veces que aparecen comprimidos foráneos		○				
Grado de estanqueidad del blister				○		
Nº de veces que aparecen estuches equivocados					○	
Grado de legibilidad de la fecha de vencimiento y el lote						○

Figura 6. Matriz de producto-proceso. (*) dpv = "desde el punto de vista".

Matriz de proceso-subproceso		Calidad microbiológica del aire comprimido	Calidad microbiológica de la operación de llenado	Posibilidad de hallar comprimidos foráneos	Grado de termosellabilidad	Posibilidad de hallar estuches foráneos	Tipo de grabado leyendas
Subproceso		Termoformado	Carga del granel	Termosellado	Carga de estuches	Codificado	
Proceso	Blisteado	Grado de higiene dpv microbiológico (*)	○	○			
		Grado de identificación comprimidos foráneos			○		
		Grado de hermeticidad				○	
	Estuchado	Grado de identificación estuches foráneos					○
		Grado de legibilidad					

Figura 7. Matriz de proceso-subproceso. (*) dpv = "desde el punto de vista".

Enfoque general para la construcción del QFD. ¿Cómo se construyen las matrices de la cascada? A partir de los requerimientos del paciente (Figura1) y de las planillas con los reclamos de calidad obtenidos del mercado de farmacias y droguerías, el personal de línea (*shop floor*) del laboratorio identifica mediante el diagrama de flujo de proceso, en qué etapas del proceso y del consecuente subproceso se puede tener más impacto sobre lo que pide el cliente. Con ese subproceso individualizado se realiza una sesión de *brainstorming* con el personal operativo y se identifican los potenciales parámetros operativos de mayor incidencia en esa etapa de subproceso clave (factores críticos de performance).

Matriz de subproceso-función			Recuento microbiológico en aire comprimido	Plan de recambio de filtros en aire comprimido	N° de señalizaciones en estuches	Tipo de señalizaciones en estuche	Grado de carga laca de termosellado	Tipo de dispositivos de detección	Grado de capacitación del personal operativo	Tipología de cuños de codificado	Uso de indumentaria apropiada	N° de colores en iguales productos de diferente potencia
			Blisteado	Termoformado	Calidad microbiológica del aire comprimido	○	○					
Carga del granel	Calidad microbiológica de la operación de llenado								○		○	
	Probabilidad de hallar comprimidos foráneos								○			○
Termosellado	Grado de termosellabilidad						○					
Codificado	Tipo de grabado leyendas								○			
Estuchado	Carga de estuches	Probabilidad de hallar estuches foráneos			○	○		○				
	Codificado	Tipo de grabado leyendas								○		

Figura 8. Matriz de subproceso-función.

Por ejemplo, en el subproceso de termoformado determinamos que la calidad microbiológica del aire comprimido es esencial para cumplir con el grado de higiene que se necesita durante el blisteado para satisfacer la voz del cliente relativa al aspecto higiénico del producto. ¿Qué factores influyen, entonces, en la calidad del aire? El equipo técnico del laboratorio elabora la siguiente lista de relaciones, que se integrarán en el QFD.

- Frecuencia de inspección de filtros → Activa un plan de inspección de filtros
- Grado de saturación de línea de aire → Existencia en línea de filtros coalescentes
- Uso y mantenimientos de la línea de aire comprimido → Entrenamiento del Personal

Así, el despliegue en cascada culmina en la Figura 8, la matriz funcional. Ahora bien, ¿cuál es el contexto de desarrollo del QFD?

El contexto de desarrollo. La Figura 9 es un diagrama de flujo de la actividad de acondicionamiento en el cual desagregamos los procesos y subprocesos, destacando las etapas operativas con el símbolo "□" y las etapas de decisión con el símbolo "¿?". Hay dos bloques netamente diferenciados: el izquierdo representa etapas que se realizan independientemente del armado y puesta a punto de la línea de acondicionamiento; el derecho, las actividades dentro de la línea de acondicionamiento. La flecha muestra la dirección general del flujo de trabajo. El bloque de actividades independientes no transforma el producto que se procesa, pero agrega valor al asegurar la calidad del producto terminado.

El bloque de actividades de la línea de acondicionamiento abarca el acondicionamiento primario (blisteadado) y el secundario (estuchado). Sus etapas son críticas para plasmar las características de calidad que tendrá el producto final y que, en última instancia, permitirá satisfacer los requerimientos del paciente.

Cada etapa operativa, si bien se representa en la figura como una entidad única, está compuesta por (a) etapas de transformación (que aporta una parte del valor agregado de la operación) y (b) una interfase de verificación intrínseca a la etapa (que aporta el valor agregado restante, ya que en la industria farmacéutica las actividades de verificación son extremadamente importantes). Tomemos como ejemplo la carga del granel a la tolva de la blisterera. Dentro de esta operación netamente motriz (requiere realizar un esfuerzo muscular por parte del operario) hay un conjunto de verificaciones intrínsecas, tales como:

- ¿Estamos agregando el granel correcto?
- ¿Estamos utilizando la indumentaria adecuada para cargar el granel?
- ¿Estamos cargando el granel en la blisterera correcta?
- ¿Estamos agregando la cantidad de granel adecuada?

Esta serie de preguntas nos orienta en la construcción del QFD, pues da origen a las características técnicas del subproceso o función. Existen también etapas de verificación extrínseca, que permiten constatar que los dispositivos de control funcionan correctamente y que, además, las máquinas como un todo marchan bien.

En conjunto, las cuatro matrices en cascada permiten un seguimiento detallado del efecto que cada función ejerce finalmente en el requerimiento del cliente^{xxiv}. Por ejemplo, leyendo las matrices desde la última hacia la primera observamos lo siguiente:

- La función del tipo de señalización en los estuches es aumentar la probabilidad de hallar estuches foráneos en el subproceso de carga de los estuches (Figura 8).
- La probabilidad de hallar estuches foráneos durante el subproceso de carga de los estuches, por su parte, depende del grado de identificación de los estuches foráneos durante el proceso de estuchado (Figura 7).
- El grado de identificación de los estuches foráneos durante el proceso de estuchado afecta al número de veces en una unidad de tiempo que aparecen estuches equivocados, que es una de las características técnicas de la calidad del producto final (Figura 6).

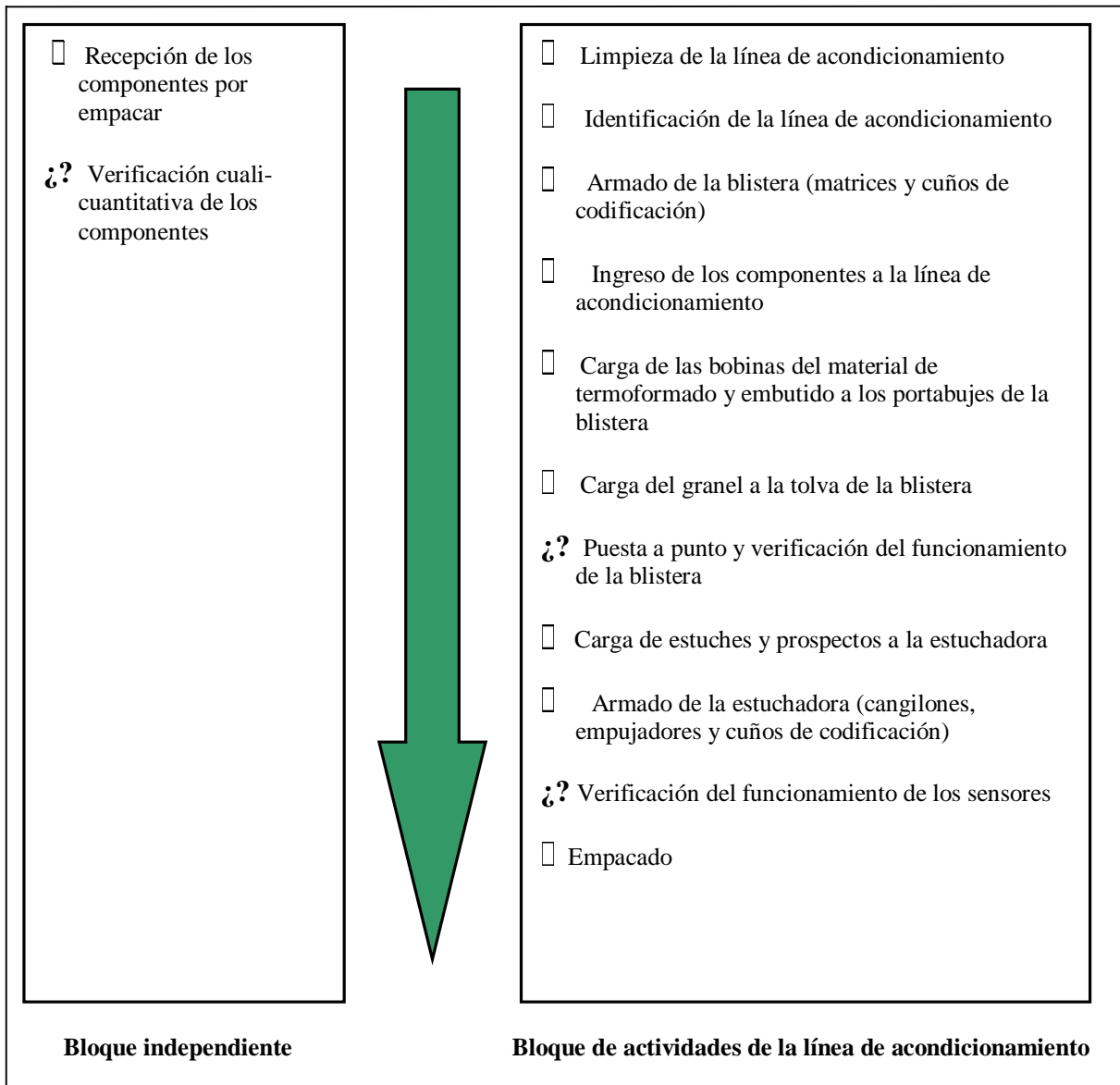


Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de acondicionamiento.

- Finalmente, el número de veces que aparecen estuches equivocados es una característica técnica altamente correlacionada con la voz del cliente que demanda que el granel se encuentre empacado en el *packaging* correcto. A su vez, esta voz del cliente contribuye, en niveles superiores de abstracción, a que el producto sea específico de la enfermedad para la cual se lo utiliza, en consonancia con lo declarado a los organismos de control oficiales y con el bienestar de la población (Figura 1).

El razonamiento anterior puede extenderse a todas las funciones detalladas en la matriz de subproceso-función. Así, el QFD sirve como una lista de verificación muy completa para

confirmar si, al redactar manuales y procedimientos operativos de un sector u operación, se han tenido en cuenta, cualitativa y cuantitativamente, todos los factores que ejercen mayor influencia sobre la calidad del producto. Asimismo, el QFD sirve como base para la redacción de futuros documentos operativos y en los programas de mejoramiento continuo. En particular, el QFD brinda mayor solidez a las etapas de definición y análisis de un proyecto de mejora, dado que la identificación y el análisis de los factores críticos para los resultados son piezas clave de estos proyectos.

VII. RECOMENDACIONES DE USO

Los gerentes deben ser conscientes de las ventajas y limitaciones del QFD, que comienza generalmente con la matriz de la calidad. En esta sección consideramos algunas recomendaciones para la efectiva confección y uso de estas herramientas^{xxv}.

Evalúe si su empresa está madura para trabajar con el QFD. El QFD es, en general, una herramienta útil. Sin embargo, puede producir frustraciones si la empresa no está madura para introducir su uso. Madurez, en este contexto, significa haber adoptado prácticas de la gestión de calidad total, como las siguientes:

- Se cuenta con el compromiso de la alta dirección.
- La empresa pone al cliente, con sus necesidades y expectativas, en el primer plano de sus acciones.
- El trabajo en equipo es una práctica aceptada generalmente en la empresa.
- Se conocen las herramientas fundamentales de la calidad, incluyendo algunas de las "nuevas herramientas", como el diagrama en árbol y el diagrama de afinidad.

Elimine la preocupación por el carácter cualitativo del QFD. Los técnicos con formación estadística tienden a desconfiar del enfoque del QFD, que se construye con muestras pequeñas; razonan que una muestra de tamaño 30, similar a las utilizadas en estos trabajos, da una "gran error", cercano al 20%. Es importante entonces persuadirlos acerca de que la clave no es el tamaño de la muestra de clientes que habla de sus requerimientos, sino la profundidad de la investigación realizada con esos pocos clientes. Existen ejemplos clásicos como el del automóvil Lexus, que se desarrolló respondiendo a necesidades obtenidas observando de cerca a un número relativamente pequeño de potenciales clientes.

Utilice las palabras exactas de los clientes. Existe entre los técnicos una tendencia a traducir el lenguaje del cliente a su propia jerga. En este proceso corren el riesgo de introducir conceptos técnicos que no necesariamente reflejan las necesidades o deseos de los clientes.

Mantenga la simplicidad. Si no se es selectivo en la construcción de la matriz, el número de sus elementos crece de manera descontrolada, dando lugar a pérdidas de tiempo que no se compensan con los beneficios del método en términos de diseño, costo y coordinación. No se recomienda construir matrices de más de 50 elementos por 50 elementos. (Esto de por sí ya implica pensar en 2500 interacciones posibles entre RC y CT, además de las interacciones entre las CT del panel triangular.)

Involucre a gente de diversos sectores, coordinada por un facilitador. La matriz de la calidad facilita la comunicación interfuncional. Por lo tanto, es conveniente aprovechar esta ventaja incluyendo en la construcción de la matriz a gente de diversos sectores, selectivamente (como para que el equipo no supere las 10 personas). Es fundamental designar a un facilitador con experiencia en el trabajo en equipo; no es imprescindible que éste sea un técnico.

Comience con proyectos simples y no se eternice en ellos. Es conveniente introducir la práctica de la matriz de la calidad con proyectos de alcance limitado, como por ejemplo la mejora de un producto ya existente, a fin de ir acumulando experiencia sin correr riesgos mayores de fracaso. La duración de cada proyecto debería limitarse a dos o tres meses, con dos o tres reuniones semanales de unas dos horas cada una como máximo; en cada reunión se asignarían tareas para que los miembros del equipo las realizaran individualmente.

Trabaje artesanalmente. A pesar de la existencia de programas de computación para el desarrollo de la matriz de la calidad, es aconsejable utilizar el papel y el lápiz en las primeras etapas de su construcción. Los expertos alegan que el uso del papel fomenta la interacción grupal y facilita la obtención del consenso en la selección de las variables; también permite mayor flexibilidad en el uso de las herramientas.

No se limite a seguir una receta: sea creativo. John Tukey, un científico de los laboratorios Bell que desarrolló el análisis exploratorio de datos, recomienda probar muchos enfoques al abordar un problema (aunque al final no funcionen) como parte del aprendizaje. El QFD se caracteriza por su flexibilidad y por la facilidad con que se adapta a las circunstancias cambiantes de la empresa y su entorno. Por lo tanto, no se preocupe si, para construir sus matrices, debe alejarse un poco de las instrucciones de los libros. Sea creativo y juzgue los resultados por su utilidad y no por la ciega adhesión a un método creado por otros en otras circunstancias. Es posible, por ejemplo, añadir una columna a la derecha de la columna de prioridades en la matriz de la calidad, para indicar la clasificación de Kano, si se conoce; o bien, una columna a la derecha de la matriz que registre los comentarios más ilustrativos de los clientes o de los supervisores de ventas, o el grado de dificultad que los técnicos asignan por su experiencia al logro de diversos objetivos, o consideraciones de costos.

Sea realista: No espere milagros. La mejora derivada del uso del QFD es gradual, acumulativa, y no suele ser inmediata en términos de ventajas competitivas; por el contrario, aunque los resultados no sean espectaculares, en la gran mayoría de las aplicaciones, la organización aprende sobre los requerimientos de los clientes, mejora su comunicación interna y desarrolla un lenguaje común que acorta los procesos de decisión.

Las aplicaciones del QFD no son simples. Wiebe (1998), por ejemplo, sostiene que la aplicación puede ser lenta y tediosa, con información difícil de encontrar. Hales (1995 a y b) se refiere a problemas culturales que dificultan los proyectos. En aplicaciones menos convencionales del QFD, como la de Crowe et al. (1996) se dice que "desarrollar una estrategia de manufactura utilizando el QFD no es una tarea fácil" (página 47). Martins et al (2001) estudiaron el uso del QFD en el Reino Unido, mediante una encuesta postal con 69

cuestionarios válidamente contestados, de los cuales 28% pertenecían a usuarios del QFD. Los problemas de "gestión del comportamiento" fueron los más comúnmente citados, relegando a un segundo plano las dificultades técnicas. La obtención de la voz del cliente y el tiempo que debe invertirse en el desarrollo de la matriz fueron citados como problemas frecuentes. Estos resultados coinciden en general con los relatados en la literatura especializada (aunque en ella se considera que el tiempo de desarrollo es un problema menor).

Franceschini et al. (1998) destacan los siguientes problemas que dificultan las aplicaciones del QFD: Barreras culturales al trabajo en equipo, falta de herramientas "amigables" para reducir el tiempo de entrenamiento necesario y crecimiento en el tamaño de los proyectos de diseño. Para ayudar a resolver los problemas vinculados con el tamaño de las aplicaciones, proponen metodologías para simplificar el análisis de la información de la matriz de la calidad.

Contemple la cultura de su empresa. Hales (1995 a y b), al escribir sobre su experiencia con empresas de EE.UU., advierte sobre la contradicción entre el valor intrínseco del QFD para mejorar la satisfacción del cliente y el poco efecto que la metodología tiene sobre la forma en que las empresas realizan sus tareas de planificación en el largo plazo. A juicio de Hales, las diferencias culturales entre los valores de los empleados norteamericanos y los valores que exige el QFD explican el fenómeno. Entre los primeros, el autor incorpora los siguientes: independencia, tendencia emprendedora, creatividad, impaciencia y determinación; entre los segundos: orientación al equipo, sistematización, apertura mental, paciencia y comunicación. Como consecuencia del análisis, recomienda adaptar el QFD a un nuevo entorno cultural sin perder de vista sus principios fundamentales. Para este fin recomienda acciones como las siguientes:

- Controlar el tiempo total de reuniones del proyecto QFD y reducirlo.
- Promover un proceso de QFD que permita maximizar el tiempo de proyecto dedicado a resolver temas de interés más personal.
- Proveer suficiente *feedback* para que los participantes sientan que están logrando hitos.
- Facilitar la comunicación efectiva entre todas las áreas funcionales.
- Facilitar el diálogo de los participantes con clientes reales.
- Promover un proyecto de QFD que garantice que todos los clientes afectados por el producto en su ciclo de vida tengan oportunidad de contribuir a su diseño.

No deje que su equipo de desarrollo del QFD se aisle del entorno. Griffin et al. (1992) comparan el QFD con los procesos tradicionales de desarrollo de productos utilizados en los Estados Unidos. El objetivo del trabajo es descubrir cuán efectivo es el QFD para promover la comunicación entre los integrantes de un equipo, pues existe evidencia científica que asocia la comunicación entre funciones y la comunicación intrafuncional con la creación de nuevos productos. Los autores comparan dos equipos de una misma organización que desarrollan componentes de complejidad técnica similar. Concluyen que el QFD parece llevar a la formación de grupos más integrados y cooperativos, pero tal vez

más dados a "mirar hacia adentro". Esta última observación debe ser mejor estudiada, pero, mientras tanto, los gerentes deberían prestarle atención.

VIII. APLICACIONES Y NUEVOS DESARROLLOS

El QFD se ha aplicado en un sinnúmero de industrias. En esta sección ilustramos algunas aplicaciones, tradicionales y nuevas, así como nuevos desarrollos metodológicos.

VIII.1. APLICACIONES TRADICIONALES

VIII.1.1. Diseño de bienes

Veamos algunos ejemplos. Mehta (1994) presenta la aplicación del QFD que los fabricantes de chips electrónicos como Intel realizan en el diseño de sus productos. El diseño comienza con visitas muy activas a clientes clave, que participan a lo largo de todo el proceso, hasta que el producto termina su ciclo de desarrollo. "El resultado de este enfoque—nos dice el autor—es un producto que los clientes realmente quieren, comparado con el que ellos supuestamente necesitan". Schoenbauer (1995) describe la importancia de los FPD (*flat panel display*) en el mundo electrónico de hoy y presenta la aplicación que 3M realizó para traducir, mediante el QFD, los requerimientos de los clientes para los conectores de los paneles; estos requerimientos están relacionados con características eléctricas, condiciones ambientales, condiciones mecánicas y características de aplicación y diseño. Roberts (1996) describe el diseño de un actuador lineal compacto para sillas de ruedas, equipos de oficinas multiposición y otras aplicaciones, realizado por la firma SKF Linear Motion & Precision Technologies.

En un terreno de diseño algo más *soft*, Park et al. (2002) aplican un enfoque de QFD para recolectar la voz de clientes y algunos criterios de diseño provistos por expertos en la web pertenecientes a empresas comerciales de internet. El objetivo es mejorar la relación entre la voz del cliente y las características del diseño de las páginas web para transacciones de venta minorista. El QFD suministra datos útiles para el diseño, que luego son estudiados más a fondo con un diseño experimental.

VIII.1.2. Industrias de servicios

Si bien se considera que las aplicaciones de las técnicas de calidad en las industrias de servicio son más complicadas que en las industrias productoras de bienes físicos, también en las primeras se trabaja con planes y diseños que deben ser claramente establecidos. Ohfuji et al. (1988), en un trabajo pionero, describieron las aplicaciones del QDF en el diseño de servicios como negocios minoristas, una escuela de natación, y la librería Yaesu Book Center, ubicada en el centro de Tokio. Un aspecto destacable de este último estudio es que los clientes demandan en una librería funciones propias de un servicio, antes que las funciones básicas de un lugar en que simplemente están disponibles los libros. En este sentido, el producto que el cliente quiere comprar (el libro) no se corresponde automáticamente con el componente del sistema que regula la calidad (la librería).

Ermer (1998) describe brevemente la metodología del QFD y destaca sus beneficios en el diseño de servicios: La posibilidad de dedicarse proactivamente a satisfacer los requerimientos de los clientes, la posibilidad de utilizar la información de un QFD en proyectos futuros (con el potencial para la mejora continua que esto implica), y el valor de la herramienta en la planificación del proceso de diseño. El autor utiliza tres matrices en cascada: (1) Matriz 1, deseos de los clientes contra medidas del servicio; (2) Matriz 2, medidas del servicio contra características de diseño del servicio; y (3) Matriz 3, características de diseño del servicio contra técnicas de gestión cotidiana.

Ramaswamy (1996) aplica el QFD (desplegado en varias matrices) en el diseño de servicios, junto a otras técnicas como el diseño experimental, que integra en una metodología general de diseño. Shaffer et al. (1995) aplican el QFD para mejorar el diseño de actividades de entrenamiento de enfermeros; durante el proceso de creación de diversos módulos de capacitación se incorporan las opiniones de todas las partes involucradas en el entrenamiento.

VIII.2. NUEVAS APLICACIONES

En años recientes se ha multiplicado el número de nuevos desarrollos en el campo del QFD. Por una parte, se observan aplicaciones de la metodología básica en nuevas funciones, distintas del desarrollo de productos y servicios, como la planificación empresarial. Por otra parte, la metodología se está haciendo más refinada, con el uso de nuevas herramientas matemáticas. Examinemos estos desarrollos.

VIII.2.1. Aplicación a la planificación estratégica en las operaciones de manufactura

La flexibilidad del QFD se manifiesta en la variedad de sus aplicaciones. Crowe et al. (1996) presentan en detalle la aplicación de la metodología en la planificación estratégica; comienzan contrastando el diseño estratégico con el diseño de un producto a lo largo de varias dimensiones: datos de entrada, productos de salida, número de fases del proceso, naturaleza de la información, escalas de evaluación, tipo de personal que participa y, finalmente, riesgo del proyecto. A continuación, desarrollan una metodología para la planificación estratégica en la manufactura, consistente en seis pasos:

1. Definición del ambiente del negocio (segmentos de mercado, criterios para obtener pedidos, análisis de los competidores, etc.).
2. Formulación de las estrategias funcionales (aquí comienza el verdadero proceso QFD), sobre la base de la estrategia general del negocio.
3. Formulación de las prioridades de manufactura.
4. Formulación de los planes de acción.
5. Formulación detallada de las tareas.
6. *Feedback* y revisión.

Los autores enumeran las siguientes ventajas de la metodología: es sistemática, asigna claramente la prioridad de los planes y políticas, mantiene la consistencia entre las funciones de la firma, se funda en el trabajo en equipo y en la producción de documentos útiles, que permiten realizar evaluaciones y análisis de sensibilidad. A pesar de estos puntos

positivos, el método exige un gran esfuerzo de aprendizaje y los autores destacan la necesidad de robustecerlo. En la última parte del trabajo, aplican paso a paso la metodología al caso de un fabricante de piezas metálicas como rodamientos y engranajes para la industria automotriz.

VIII.2.2. Aplicaciones en la planificación de programas y en PYME

Cuando se trata de aplicar métodos sistemáticos para planificar productos, servicios o procesos de planificación, no hay razones para dejar de lado a los proyectos pequeños dentro de las grandes empresas. Maddux et al. (1991), por ejemplo, sostienen que el QFD puede ser un instrumento de planificación estratégica cuando se lo aplica al diseño de un programa o actividad.

Tampoco hay motivos para excluir a las pequeñas y medianas empresas. Ferrell et al. (1994) aplican el QFD en la planificación de una PYME dedicada a la tasación, dada la facilidad con que el QFD permite traducir las necesidades de los clientes a acciones concretas para satisfacerlas. En particular, los autores aplican el método a un negocio de tasación que se especializa en propiedades comerciales.

Las PYME manufactureras son tratadas por Barad et al. (2001), que aplican la metodología del QFD en un enfoque de contingencia para fijar las prioridades de mejoramiento empresarial. Las necesidades de mejora se propagan desde el nivel estratégico, abstracto, al nivel de la acción, concreto, utilizando dos matrices del tipo utilizado en el QFD. Los autores prueban la metodología a través de una encuesta a 21 empresas de dos industrias: metales y plásticos. Después de determinar que las necesidades más urgentes están vinculadas con los retrasos en las entregas (falta de capacidad instalada, poca fiabilidad de los proveedores, etc.) y con factores humanos (como falta de motivación y poca habilidad), utilizan el QFD para vincular funcionalmente las necesidades de mejoramiento con las acciones de mejora^{xxvi}.

VIII.2.3. Aplicaciones a la organización

Woods (1993) considera a los empleados como clientes de una empresa y aplica el QFD en aspectos de la planificación de los recursos humanos; más específicamente, utiliza el QFD para poner en sintonía las expectativas de los empleados con los recursos de la empresa. El autor construye *Houses of Quality* con las expectativas como una dimensión de la matriz (voz del cliente) y los recursos desplegados como la otra dimensión. Presenta tres matrices complementarias: (1) Oportunidad y crecimiento en la carrera, (2) Compensación y (3) Reconocimiento, e identifica al QFD como una herramienta adecuada para mantener visibles las expectativas de los grupos interesados a lo largo del proceso de recursos humanos.

VIII.2.4. Aplicaciones en la educación

Gradualmente van apareciendo aplicaciones del QFD en el mundo de la educación. Chen et al. (1993) describen una aplicación a un plan estratégico en el área educativa. Curriculum Review (1994) presenta un caso de la comunidad de Lebanon, Ohio, EE.UU., que participó

en el diseño de una nueva escuela primaria realizado con un planeamiento con QFD liderado por los arquitectos. Se utilizaron grupos de enfoque y encuestas postales y telefónicas. Los valores sociales de la comunidad se tradujeron en características del diseño de las nuevas instalaciones: por ejemplo, la preocupación de las familias por el medio ambiente tomó cuerpo en la instalación de un centro de reciclado.

Owlia et al. (1998) presentan un modelo de QFD en el cual las opiniones de tres grupos de clientes (estudiantes, personal y empleadores) se utilizan en la planificación de un departamento de ingeniería. Los resultados del despliegue orientaron una estrategia para dar prioridad a los distintos procesos de calidad en el departamento. Se identificaron siete procesos que afectan a la calidad: (1) Diseño de los programas de estudio, (2) Ejecución y gestión de los programas de estudio, (3) Evaluación de los estudiantes, (4) Servicios de apoyo para los programas de estudio, (5) Orientación y apoyo a los estudiantes, (6) Admisiones y (7) Reclutamiento, evaluación y desarrollo del personal. Estos procesos ocupan, en nuestra terminología, el lugar de las métricas para verificar que la voz del cliente es efectivamente tenida en cuenta. La voz del cliente se refiere a recursos académicos, competencia del personal académico, actitudes del personal hacia los estudiantes, relevancia, alcance y aplicabilidad de los contenidos.

VIII.2.5. Aplicaciones en entes públicos y preocupación por el entorno

También se han multiplicado las aplicaciones del QFD en el sector público. Presentamos dos ejemplos. Selen et al. (2001) aplican el QFD para el diseño de un destacamento de policía en Bélgica. Sohn et al. (2002) emplean el QFD como una de las herramientas de un proyecto para mejorar la calidad de vida de los soldados en los cuarteles del Ejército de la República de Corea.

La preocupación social por el medio ambiente también ha encontrado eco en las aplicaciones del QFD y ha motivado mejoras metodológicas. Zhang et al. (1999) destacan una deficiencia del QFD: no tiene un mecanismo explícito para incluir la evaluación del impacto ambiental durante el proceso de desarrollo o mejora de un producto. Para ayudar a superar esta deficiencia, introducen el GQFD-II (Green QFD-II; la sigla GQFD se reserva para el aporte de Cristofari et al. (1996)^{xxvii}). El GQFD-II integra el costeo del ciclo de vida (CCV) y la evaluación del ciclo de vida (ECV)^{xxviii} en las matrices del QFD y despliega, además de los requerimientos del cliente, los requerimientos de costos y los requerimientos ambientales a lo largo del proceso de desarrollo del producto.

VIII.3. ENFOQUES CON LA TEORÍA DE LOS CONJUNTOS FUZZY

La teoría de los conjuntos *fuzzy* fue desarrollada en la década de 1960 para tratar con observaciones subjetivas e imprecisas, o con situaciones en las cuales no existen límites claros entre diversas clases de objetos: por ejemplo, ¿cómo distinguir entre un atributo de calidad "importante" de uno "muy importante"? En años recientes esta teoría se ha aplicado en el diseño con QFD para evaluar variables subjetivas. A continuación se resumen algunas contribuciones de la teoría de los conjuntos *fuzzy* a las aplicaciones del QFD.

Khoo et al. (1996) desarrollan un enfoque con el cual tratan de superar la ambigüedad y multiplicidad de significados de las variables lingüísticas. Para ello aplican teoría de la posibilidad y aritmética *fuzzy* y la ilustran con una aplicación al diseño de un sistema de manufactura flexible. Chan et al. (1999), en un artículo didáctico ilustrado con un ejemplo de diseño de la puerta de un automóvil (basado en Hauser et al. 1988), presentan a un análisis de QFD como el resultado de cuatro fases, a saber: (1) Traducción de las necesidades del cliente a las métricas técnicas (*House of Quality*); (2) Traducción de métricas técnicas importantes a características de piezas; (3) Traducción de características de piezas importantes a operaciones de proceso; y (4) Traducción de operaciones de proceso clave a requerimientos de producción diarios. En particular, los autores tratan con los cuatro primeros pasos del diseño de la casa de la calidad: (a) Determinación de las necesidades de los clientes; (b) Categorización (*rating*) de las necesidades por su importancia relativa; (c) Análisis competitivo del posicionamiento del producto en cuanto a su capacidad para satisfacer las necesidades, comparándolo con productos de la competencia; y (d) Categorización de importancia final, que combina los resultados de los pasos (b) y (c) anteriores. Aplican métodos *fuzzy* al paso b, pues las evaluaciones lingüísticas de los clientes, caracterizadas por la vaguedad e imprecisión, se reflejan mejor con números *fuzzy* que con valores numéricos. En el paso (c), los autores utilizan la entropía (como concepto de la teoría de la información) para medir la cantidad de información contenida en una distribución de probabilidad discreta; el concepto central en este paso está relacionado con que, ante varios productos alternativos, cada uno con varios atributos, la forma de asignar importancia a los atributos es que uno de ellos debe recibir mayor prioridad si todos los atributos alternativos son menos diversos, es decir, un atributo debe recibir la máxima prioridad si todas las alternativas tienen entre ellas el mismo rendimiento.

Fung et al. (2002) presentan una metodología para la optimización de los recursos de diseño en la planificación con el QFD. Para ello emplean programación *fuzzy* no lineal. Wang (1999) considera a la planificación con el QFD como un problema de decisión multicriterio y propone un enfoque *fuzzy* para asignar prioridades a los requerimientos de diseño. El método es ilustrado con una aplicación vinculada con el diseño de un automóvil. Vanegas et al. (2001), después de resumir trabajos sobre el uso de conjuntos *fuzzy* en QDF y enfoques sistemáticos para determinar prioridades de las características de ingeniería, propone un método para determinar los valores objetivo óptimos en un QFD que utiliza números *fuzzy* para representar la naturaleza imprecisa de los juicios y definir mejor las relaciones entre los requerimientos del cliente y las características de ingeniería. Aplican el método en el diseño de una puerta de automóvil.

IX. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Este documento de trabajo presenta el QFD como herramienta de diseño de nuevos productos y servicios y, además, como una herramienta integradora de las diversas funciones de la firma. Después de una introducción histórica abordamos el concepto de matriz de la calidad como núcleo del QFD y destacamos su utilidad: es una herramienta efectiva del marketing que permite clarificar las características técnicas y facilitar la detección de ventajas y desventajas competitivas y, a través de ella, innovar; mejora la comunicación interfuncional, establece prioridades para la mejora continua y ayuda al

análisis de costos y beneficios. A través de un ejemplo original del diseño de un envase farmacéutico explicamos en detalle los nueve componentes de la matriz y describimos el método para construirla.

A continuación expandimos la matriz de la calidad, que se multiplica en una cascada de cuatro matrices: (1) matriz de la calidad, (2) matriz de producto-proceso, (3) matriz de proceso-subproceso y (4) matriz de subproceso-función. Estas extensiones invitan a indagar en el concepto del QFD según diversos autores. En particular, destacamos la perspectiva de los fundadores, que distinguen entre despliegue de la calidad y despliegue de la función de calidad en sentido estricto. Mientras que el despliegue de la calidad atiende al desarrollo del producto en sí, el QFD en sentido estricto se preocupa por la interacción entre las distintas funciones de la empresa. Ambos despliegues son clave para transformar la voz del cliente en elementos operativos.

Los pasos de construcción de una matriz de la calidad están estandarizados y pueden aplicarse sin mayor dificultad. Sin embargo, el gerente debe ser consciente de las ventajas y limitaciones de la metodología. Es importante mantener la simplicidad en las aplicaciones del QFD—así como en las aplicaciones de mejoramiento organizacional en general—y superar las preocupaciones por el carácter cualitativo de la matriz. Es importante mantener la flexibilidad y ser creativo en la aplicación, al mismo tiempo que se respeta la voz "exacta" del cliente. Trabajar artesanalmente, tomar contacto directo con los datos y la realidad y respetar la cultura de la empresa en la cual se aplica el QFD son también claves del éxito.

La flexibilidad del QFD permite ampliar su gama de aplicaciones a la planificación—después de todo, el QFD no es sino una especie de árbol que se va bifurcando en diversas ramas, y esta bifurcación sucesiva, en combinación con la cascada de matrices, permite cambios en el nivel de análisis de los problemas. Se han realizado aplicaciones al estudio de los proyectos, de la estrategia empresarial de grandes y pequeñas empresas, y a problemas del sector público y la educación. También se han desarrollado enfoques del QFD que contemplan la preocupación social por el medio ambiente.

El mayor salto metodológico surge de la aplicación de la teoría de conjuntos *fuzzy*, que permite tratar con observaciones imprecisas, como las que constituyen la voz del cliente. Estas aplicaciones, en nuestra opinión, a pesar de su importante valor intelectual, deberán esperar en nuestro medio hasta que se desarrolle un ámbito adecuado de aplicación. Por el momento, y refiriéndonos a la mayoría de las empresas, es imprescindible consolidar el terreno de las aplicaciones más sencillas, en consonancia con las enseñanzas de la gestión de calidad total. Solo entonces las organizaciones podrán sacar provecho de métodos más refinados.

BIBLIOGRAFÍA

Akao, Yoji (1997). "QFD: Past, Present, and Future". International Symposium on QFD '97. Linköping, Sweden.

Akao, Yoji (Ed.) (1988). Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design. Productivity Press, Portland, OR.

Akao, Yoji (Ed.) (1991). Hoshin Kanri: Policy Deployment for Successful TQM. Productivity Press, Portland, OR.

Akao, Yoji and Glenn H. Mazur (1998). "Using QFD to Assure QS-9000 Compliance". International Symposium on QFD '98, Sydney.

Barad, Miryam and Denis Gien (2001). "Linking improvement models to manufacturing strategies—a methodology for SMEs and other enterprises", *International Journal of Production Research*, Vol. 39, No. 12, pp. 2675-2695.

Chan, L. K., H. P. Kao, A. Ng and M. L. Wu (1999). "Rating the importance of customer needs in quality function deployment by fuzzy and entropy methods", *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 11, pp. 2499-2518.

Chen, C.L. and S.F. Bullington (1993). "Development of a strategic plan for an academic department through the use of quality function deployment", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 25, Nos. 1-4, 1993, pp. 49-52.

Cristofari, M., A. Deshmukh, y B. Wang (1996). "Green quality function deployment", *Proceedings of the 4th International Conference on Environmentally Conscious Design and Manufacturing*, July 23-25, Cleveland, Ohio, pp. 297-304.

Crowe, Thomas J. and Chao-Chun Cheng (1996). "Using quality function deployment in manufacturing strategic planning", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, No. 4, pp. 35-48.

Curriculum Review (1994). "Take Three Steps for a QFD Designed School", Vol. 33, Issue 8, April.

de la Iglesia, Juan Carlos, Fernando Martín y Enrique Yacuzzi (1997). "El método de Kano en el diseño de productos y servicios", InterPharma, abril (Primera parte, páginas 32-38) y diciembre (Segunda parte, páginas 24-30).

Ermer, Donald S. and Kniper, Mark K. (1998). "Delighting the Customer: Quality Function Deployment for Quality Service", *Total Quality Management*, July, Vol. 9, Issue 4-5.

Ferrell, Susan F. y William G. Ferrell (1994). "Using Quality Function Deployment in Business Planning at a Small Appraisal Firm", *The Appraisal Journal*, July, pp. 382-390.

Franceschini, Fiorenzo & Sergio Rossetto (1998). "Quality function deployment: How to improve its use", *Total Quality Management*, Vol 9, No. 6, pp. 491-500.

Fung, R.Y.K., J. Tang, Y. Tu and D. Wang (2002). "Product design resources optimization using a non-linear fuzzy quality function deployment model", *International Journal of Production Research*, Vol. 40, No. 3, pp. 585-599.

Futami, Ryoji (ca. 2001). "Quality Function Deployment", *The Quality Management Program for Latin America (LAQM)*, The Association for Overseas Technical Scholarship, Kansai Kenshu Center, Japón.

Garvin, David A. (1988). *Managing Quality*, Free Press, New York.

Goodman, Alfred y Louis Gilman (1990). *Las bases farmacológicas de la terapéutica*, séptima edición.

Griffin, Abbie and John R. Hauser (1992). "Patterns of communication among marketing, engineering and manufacturing—a comparison between two new product teams", *Management Science*, Vol. 38, No. 3, March, pp. 360-373.

Griffin, Abbie and John R. Hauser (1993). "The voice of the customer", *Marketing Science*, Vol. 12, No. 1, Winter, pp. 1-27.

Hales, Robert F. (1995 a). "Using QFD to Adapt QDF to your Culture", *Journal for Quality & Participation*, Vol. 18, Issue 6, Oct./Nov.

Hales, Robert (1995 b). "Adapting Quality Function Deployment to the U.S. Culture", *IIE Solutions*, October, pp. 15-18.

Hauser, John R. and Don Clausing (1988). "The House of Quality", *Harvard Business Review*, May-June, pp. 63-73.

Kinni, Theodore B. (1993). "What's QFD?: Quality Function Deployment quietly celebrates its first decade in the U.S.", *Industry Week*, November 1, pp. 31-34.

Khoo, L.P. y N.C. Ho (1996). "Framework of a fuzzy quality function deployment system", *International Journal of Production Research*, Vol. 34, No. 2, pp. 299-311.

Lachman, León y Herbert Liberman (1976). *Teoría y práctica de la farmacia industrial*, segunda edición. Ediciones Lea and Febiger, Philadelphia.

Maddux, G.A., R.W. Amos and A.R. Wyskida, (1991). "Organizations can apply quality function deployment as a strategic planning tool", *Industrial Engineering*, September, pp. 33-37.

Martín, Fernando y Enrique Yacuzzi (1997). "Matrices de calidad y diseño de nuevos productos", *Inter-Pharma*, Año IV, Número 10, Octubre, pp. 20-34.

Martins, Alieksiei, & Elaine M. Aspinwall (2001). "Quality function deployment: an empirical study in the UK", *Total Quality Management*, Vol. 12, No. 5, pp. 575-588.

Mazur, Glenn H. (1993). "QFD for Service Industries: From Voice of Customer to Task Deployment", *The Fifth Symposium on Quality Function Deployment*, Novi, Michigan, June.

Mehta, Pranav (1994). "Designed chip embeds user concerns", *Electronic Engineering Times*, Jan. 24, Issue 781.

Mizuno, Shigeru y Akao Yoji (1978). *Quality Function Deployment*. JUSE, Tokyo.

Oakland, John S. (1993). *Total Quality Management: The route to improving performance*, second edition. Butterworth-Heinemann, Oxford.

Ohfuji, Tadoshi, Teiichiro Noda y Junji Ogino (1988). "Quality Function Deployment for the Service Industry", en Akao (1988), pp. 299-328.

Owlia, Mohammad S. & Elaine M. Aspinwall (1998). "Application of Quality Function Deployment for the Improvement in an Engineering Department", *European Journal of Engineering Education*, Vol. 23, No. 1, pp. 105' 115.

Park, Hee-Sok & Seung J. Noh (2002). "Enhancement of web design quality through the QFD approach", *Total Quality Management*, Vol. 13, No. 3, pp. 393-401.

Ramaswamy, Rohit (1996). *Design and Management of Service Processes: Keeping Customers for Life*. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA.

Rao, Ashok et al. (1996). *Total Quality Management: A Cross Functional Perspective*. John Wiley and Sons, New York.

Roberts, Chris (1996). "Customer input helps define new actuator", *Design Engineering*, June, Supplement.

Schmenner, Roger W. (1993). *Production Operations Management: From the Inside Out*, fifth edition. Macmillan Publishing Company, New York.

Schoenbauer, Dave (1995). "Flat panels brighten under hot seals", *Electronic Engineering Times*, Oct. 9, Issue 869.

Selen, Willem J. & Jos Schepeers (2001). "Design of quality service systems in the public sector: use of quality function deployment in police services", *Total Quality Management*, Vol. 12, No. 5, pp. 677-687.

Shaffer, Mary K. y Isobel L. Pfeiffer (1995). "A Blueprint for Training", *Training & Development*, March, pp. 31-33.

Shiba, Shoji, Alan Graham y David Walden (1992). *A New American TQM: Four Practical Revolutions in Management*. Productivity Press, Portland, OR.

Smith, Larry R. (1991). "QFD and Its Applications in Concurrent Engineering", *Proceedings, Designed Productivity International Conference*. February 6-9, Honolulu.

Sohn, So Young & Hyoung Ki So (2002). "Quality improvement of barrack life in the Republic of Korea army", *Total Quality Management*, Vol. 13, No. 3, pp. 323-334.

Tan, K. C. & X. X. Shen (2000). "Integrating Kano's model in the planning matrix of quality function deployment", *Total Quality Management*, Vol. 11, No. 8, pp. 1141-1151.

Tukey, John W. (1977). *Exploratory Data Analysis*. Addison Wesley.

Vanegas, L. V. y A. W. Labib (2001). "A Fuzzy Quality Function Deployment (FQFD) model for deriving optimum targets", *International Journal of Production Research*, Vol. 39, No. 1, pp. 99-120.

Wallace, Thomas F. (1992). *Customer-Driven Strategy: Winning Through Operational Excellence*. Oliver Wight Publications, Essex Junction, VT.

Wang, J. (1999). "Fuzzy outranking approach to prioritize design requirements in quality function deployment", *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 4, pp. 899-916.

Wiebe, Henry A. (1998). "Quality Function Deployment: A Tool for Packaging Design", *Packaging Technology & Engineering*, Vol. 7, Issue 9, September.

Woods, Robert C. (1993). "Managing to Meet Employee Expectations: Quality Improvement Tools Narrow the Gap Between Employee Expectations and Company Resources", *Human Resource Planning*, Vol. 16, No. 4, pp. 13-28.

Yacuzzi, Enrique (1996). "La gestión hoshin: Un marco para la calidad", *Interpharma*, diciembre, pp. 40-46.

Yacuzzi, Enrique y Fernando Martín (2002). "Aplicación del método de Kano en el diseño de un producto farmacéutico", *Serie Documento de Trabajo* No. 224, Universidad del CEMA, septiembre.

Zhang, Y., H. P. Wang y C. Zhang (1999). "Green QFD-II: a life cycle approach for environmentally conscious manufacturing by integrating LCA and LCC into QFD matrices", *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 5, pp. 1075-1091.

NOTAS

-
- ⁱ Akao (1997) ubica el nacimiento del concepto en 1966, al concluir un período (1960-1965) de transición del control estadístico de la calidad al control total de la calidad.
- ⁱⁱ Akao (1997), página 1.
- ⁱⁱⁱ Ver Martins et al (2001, pág. 586).
- ^{iv} Los mismos autores indican que "es todavía incierto si estos "efectos colaterales" deberían ser considerados como los beneficios principales, ya sea porque la implementación estaba en sus etapas iniciales o porque (los efectos colaterales) realmente superan a los relacionados con el producto. Además, estos beneficios pueden correlacionarse con los ganados por la implementación de otras iniciativas de calidad o de gestión" (op. cit. pág. 586).
- ^v El concepto de QFD se presenta, por ejemplo, en Mizuno et al. (1978), Oakland (1993), y Schmenner (1993, pp. 109 y siguientes).
- ^{vi} En este artículo utilizamos por brevedad la palabra "producto" para referirnos a "productos y servicios", en general.
- ^{vii} Ver Garvin (1988) para una descripción detallada de las dimensiones de la calidad.
- ^{viii} Esto es así porque con este estudio se reduce la probabilidad de introducir características de diseño caras y que no agregan valor a los ojos de los clientes ni en términos de seguridad, protección del medio ambiente u otros criterios obligatorios.
- ^{ix} Esta matriz puede considerarse como un subconjunto de otra matriz más general, que incluya otras dimensiones del diseño de un producto farmacéutico. Ver por ejemplo la matriz presentada en Martín et al. (1997).
- ^x Las aplicaciones del QFD al packaging no son tan abundantes como en otros terrenos, aunque existen algunas referencias. Por ejemplo, Wiebe (1998) presenta una aplicación del QFD al packaging de piezas de motores diesel en la cual hace hincapié en la importancia del QFD para traducir a términos técnicos las necesidades de múltiples partes interesadas.
- ^{xi} Ver, por ejemplo, Martín et al. (1997), en donde se establecen dos niveles.
- ^{xii} Existen técnicas estructuradas que facilitan la traducción, cuando, a partir de la voz literal del cliente, no se puede avanzar en la operacionalización de las voces. Ver Shiba et al. (1992, páginas 207 y siguientes).
- ^{xiii} La lista de RC suele ser larga. Por razones de claridad hemos omitido otros requerimientos que podrían pedirse desde el mercado para presentaciones en blister, como los siguientes: Blister opaco (para protección de la luz), blister troquelado para poder transportar una cantidad menor que la del blister entero (por ejemplo, para una cartera), blister con alguna leyenda en la cara posterior (para muestras médicas), blister con alguna leyenda en la cara anterior (principalmente para el seguimiento de los días de toma) y blister con segrenado (dibujo) negativo en lugar del positivo o puntual (para mejorar el aspecto del producto).
- ^{xiv} Hauser y Clausing (1988) comentan el caso de Toyota, en donde se utilizaron ocho niveles para bajar desde el concepto de automóvil completo al de chasis, en un estudio para mejorar su prevención de la corrosión, que pasó de ser de una de los peores del mundo a ser una de las mejores.
- ^{xv} Sobre el método de Kano ver, por ejemplo, de la Iglesia et al. (1997) y Yacuzzi et al. (2002). El trabajo de Tan et al. (2000) integra el método de Kano con el QFD para comprender mejor las necesidades de los clientes e ilustra su método con un ejemplo.

-
- ^{xvi} Ver, por ejemplo, Lachman et al. (1976) y Goodman et al. (1990).
- ^{xvii} Ver, por ejemplo, Akao (1991) y Yacuzzi (1996).
- ^{xviii} Citado en Rao et al. (1996).
- ^{xix} Por ejemplo, Futami (ca. 2001).
- ^{xx} Estos conceptos se desarrollan en Mazur (1993) y Akao et al. (1998).
- ^{xxi} Citado en Rao et al. (1996).
- ^{xxii} Existen otras formas de realizar el despliegue, aunque esta resulta bastante general. Ver, por ejemplo, Kinni (1993) y Chan et al. (1999).
- ^{xxiii} Ver Ramaswamy (1996), pp. 159 y siguientes.
- ^{xxiv} Las matrices pueden completarse con información sobre los objetivos de calidad correspondientes a cada etapa del despliegue, como se esquematiza en la Figura 5.
- ^{xxv} Esta sección se basa en parte en Rao (1996) y los autores allí citados. Aunque estos autores hacen hincapié en la matriz de la calidad, sus recomendaciones son generales.
- ^{xxvi} El análisis de *clusters* también se utiliza en el trabajo, en paralelo con el QFD.
- ^{xxvii} Citado por Zhang et al. (1999).
- ^{xxviii} La evaluación del ciclo de vida (ECV) es un proceso objetivo para evaluar las cargas medioambientales asociadas con un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando la energía y los materiales utilizados y los residuos liberados al medio, y para evaluar y poner en práctica mejoras ambientales.