

# QFD Jurásico

## Integrando el Despliegue de la Función de Calidad de Productos y Servicios

**Andrew Bolt**

Gerente del Programa  
MD Robotics, Canada

**Glenn H. Mazur**

Japan Business Consultants, Ltd.,  
QFD Institute, Universidad de Michigan

Onceavo Symposium en Despliegue de la Función de Calidad  
Novi, Michigan, Estados Unidos  
Junio de 1999

Traducido al español por Verónica González Bosch  
Asociación Latinoamericana de QFD 2002, <http://www.qfdlat.com>

Primera Edición: 26-Ago-2002, del original en inglés *Jurassic QFD Integrating  
Service and Product Quality Function Deployment*

**La empresa Japan Business Consultants, Ltd.,  
valora la difusión de las ideas.**

Con ese espíritu, se concedió a la Asociación Latinoamericana de QFD el permiso para hacer una traducción de este artículo. Se pueden hacer reproducciones de este artículo como unidad completa (no extractos). Todas las copias hechas deberán incluir una nota de derechos de autor como la siguiente:

**Copyright © 1999 by QFD Institute, Andrew Bolt, and Glenn Mazur  
All Rights Reserved**

Japan Business Consultants, Ltd. 1140 Morehead Ct. Ann Arbor, MI 48103 USA  
+1(734)995-0847 Fax:+1(734)995-3810 Email: glenn@mazur.com

# QFD Jurásico

## Integrando el Despliegue de la Función de Calidad de Productos y Servicios

**Andrew Bolt**, Gerente del Programa, MD Robotics, Canada y **Glenn H. Mazur**, Japan Business Consultants, Ltd., QFD Institute, Universidad de Michigan

### Resumen

El Despliegue de la Función de Calidad (*Quality Function Deployment, QFD*) es un sistema único para el desarrollo de nuevos productos que se enfoca en asegurar que la calidad inicial del producto o servicio será adecuada para satisfacer al cliente. En la *turbo-economía* de hoy día, los métodos de diseño tradicionales basados en pruebas extensas de conceptos y mercados e iteraciones múltiples toman demasiado tiempo e incrementan el riesgo de que imitaciones de nuestros productos lleguen al mercado primero. Los mejores esfuerzos, motivados por requerimientos internos, aumentan el riesgo de fallar al no identificar necesidades importantes de los clientes. Las herramientas y métodos descritos en este artículo muestran cómo puede minimizarse este riesgo a través de una planeación adecuada. Asimismo, este artículo mostrará cómo el QFD puede adaptarse a un proyecto específico, en este caso para el diseño de un producto tangible, un dinosaurio *animatrónico* que será utilizado en una operación de servicio (atracción en un parque de diversiones).

### Palabras clave

*Animatrónico*, diseño industrial, QFD, servicio, parque de diversiones.

### 1. Perfil de la compañía MD Robotics

MD Robotics, anteriormente conocida como la División de Spar Space Systems de Spar Aerospace, Ltd., es un proveedor canadiense de la NASA con la reputación bien establecida de manufacturar la robótica espacial más futurista del mundo. Su habilidad en robótica de movimientos de precisión los hizo el proveedor seleccionado para recrear una de las criaturas de la naturaleza más fascinantes y magnificas que han existido, el dinosaurio. MD Robotics, en cooperación con la empresa Universal City Development Partners (UCDP) de Orlando, Florida, diseñaron y construyeron tres dinosaurios animados robóticamente estado del arte, el primero de los cuales fue entregado en febrero de 1999.

La experiencia de MD Robotics fue desarrollada inicialmente a través del desarrollo de un *Canadarm* para naves espaciales, utilizado para manipular carga hacia dentro y fuera de el puerto para carga de las naves. A pesar de que no tenían experiencia previa con atracciones para parques de diversiones ni con "dinosaurios

robot”, aceptaron el reto de combinar su talento con el de la empresa Universal Creative and Hall Train Studios para crear “animales salvados de la extinción, altamente realistas, de gran escala y que parecieran estar vivos<sup>1</sup>”.

Andrew Bolt, el Gerente del Programa, reunió a un equipo multidisciplinario integrado por él mismo, algunos ingenieros clave con experiencia y conocimientos de mecánica, hidráulica, controles, programación y diseño eléctrico de MD Robotics, el artista-paleontólogo Hall Train y el cliente. Bolt consideró que el QFD sería una herramienta clave para traducir los requerimientos vagos y basados en la imaginación que había en los cuadros de animación (*story boards*) de los animadores a las especificaciones detalladas necesarias para calcular exactitud los presupuestos, diseños y fabricación de las criaturas. En conjunto con Glenn Mazur, experto en QFD de Japan Business Consultants en Ann Arbor, Michigan, se desarrolló y ejecutó un modelo único de QFD en solamente tres semanas.

## 2. ¿Por qué QFD?

El Despliegue de la Función de Calidad (*Quality Function Deployment, QFD*) es un sistema único para el desarrollo de nuevos productos que se enfoca en asegurar que la calidad inicial del producto o servicio será adecuada para satisfacer al cliente. En la *turbo-economía* de hoy día, los métodos de diseño tradicionales basados en pruebas extensas de conceptos y mercados e iteraciones múltiples toman demasiado tiempo e incrementan el riesgo de que imitaciones de nuestros productos lleguen al mercado primero. Los mejores esfuerzos, motivados por requerimientos internos, aumentan el riesgo de fallar al no identificar necesidades importantes de los clientes. Las herramientas y métodos pueden reducir este riesgo a través de un sistema de planeación robusto, metódico y estructurado. Por otra parte, el QFD puede ser adaptado para un proyecto específico, así se trate de un producto, servicio, programa computacional o como en este caso, una combinación de los tres. QFD es el único sistema de calidad completo que se enfoca específicamente en satisfacer a nuestro cliente y en este caso, a los clientes de nuestros clientes (los visitantes del parque de diversiones). El QFD se concentra en maximizar la satisfacción del cliente (calidad positiva) y eliminar la insatisfacción (calidad negativa). El QFD difiere de los métodos tradicionales de calidad que se enfocan en cero defectos; después de todo, *que nada esté mal no significa que todo esté bien*. El QFD se enfoca en brindar valor positivo a través de buscar identificar tanto las necesidades explícitas como las no explícitas y traducirlas en acciones y diseños, que serán comunicados a través de cada área en la cadena de valor hasta llegar al cliente final (el visitante del parque de diversiones). Adicionalmente, el QFD permite a los clientes asignar prioridad a sus requerimientos y comparar nuestros productos con los de los competidores. Entonces, el QFD nos lleva a optimizar aquellos aspectos de nuestros productos y

---

<sup>1</sup> “Spar brings prehistoric creature to life.” Canada NewsWire press release, March 10, 1999. <http://www.newswire.ca/releases/March1999/10/c3114.html>

servicios que nos darán la mayor ventaja competitiva. Ninguna empresa se puede dar el lujo de desperdiciar sus recursos limitados, sean estos financieros, de tiempo o humanos, en cosas que el cliente no aprecia o en dónde se es ya el líder indiscutible.

## **2.1 Historia del QFD**

El Despliegue de la Función de Calidad inició hace treinta años en Japón como un sistema de calidad enfocado en proporcionar productos y servicios que satisficieran a los clientes. Para brindar valor a los clientes de forma eficiente, es necesario escuchar la "voz" del cliente durante el proceso de desarrollo del producto o servicio. El finado Dr. Shingeru Mizuno, el Dr. Yoji Akao y otros expertos en calidad en Japón desarrollaron las técnicas y herramientas del QFD y las organizaron en un sistema completo para asegurar la calidad y satisfacción del cliente en los nuevos productos y servicios [Mizuno y Akao, 1994, Akao, 1990].

En 1983, un grupo de empresas estadounidenses líderes descubrió este poderoso sistema y lo han estado utilizando a través de equipos interdisciplinarios e ingeniería concurrente para mejorar sus productos, así como para mejorar el proceso mismo de diseño y desarrollo [Akao, 1983, King, 1987]. Las organizaciones de servicio también han encontrado utilidad en aplicar QFD. Uno de los autores, Mazur, utilizó el QFD en 1985 para desarrollar su empresa de traducción del japonés, Japan Business Consultants y logró incrementar sus utilidades en 285% el primer año, 150% el segundo y 215% el tercero [Mazur, 1993]. QFD fue parte importante del éxito de Florida Power and Light, que fue la primer empresa no japonesa que logró obtener el Premio Deming en 1990 [Webb, 1990], así como del éxito de AT&T Power Systems que logró el Premio Deming en 1994. El QFD ha sido aplicado con éxito también en el sector salud desde 1991 en el Centro Médico de la Universidad de Michigan [Gaucher and Coffey 1993, Ehrlich 1994], Baptist Health System [Gibson 1994, 1995], así como otras instituciones líderes. Algunas aplicaciones interesantes en servicios incluyen el desarrollo de un curso de Calidad Total en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Michigan [Mazur 1996a] y la aplicación a la satisfacción de los empleados y calidad de vida en el trabajo en AGT Telus [Harries et al 1995], así como en empresas medianas y pequeñas [Mazur 1994]. La integración del QFD de productos y de servicios fue resultado del estudio hecho por Host Marrito para mejorar el servicio de desayunos en los aeropuertos de los Estados Unidos [Lampa and Mazur 1996, Mazur 1996b]. Se han atribuido al QFD beneficios tales como la promoción de equipos interdisciplinarios, mejoramiento de la comunicación interna entre departamentos y la traducción de los requerimientos del cliente al lenguaje de las organizaciones. El entender los requerimientos del cliente parece ser uno de los eslabones más débiles en el diseño de productos y servicios. En una encuesta de 203 proyectos en 123 empresas industriales, se evaluaron 13 actividades típicas del proceso de desarrollo de nuevos productos en términos de qué porcentaje de los proyectos

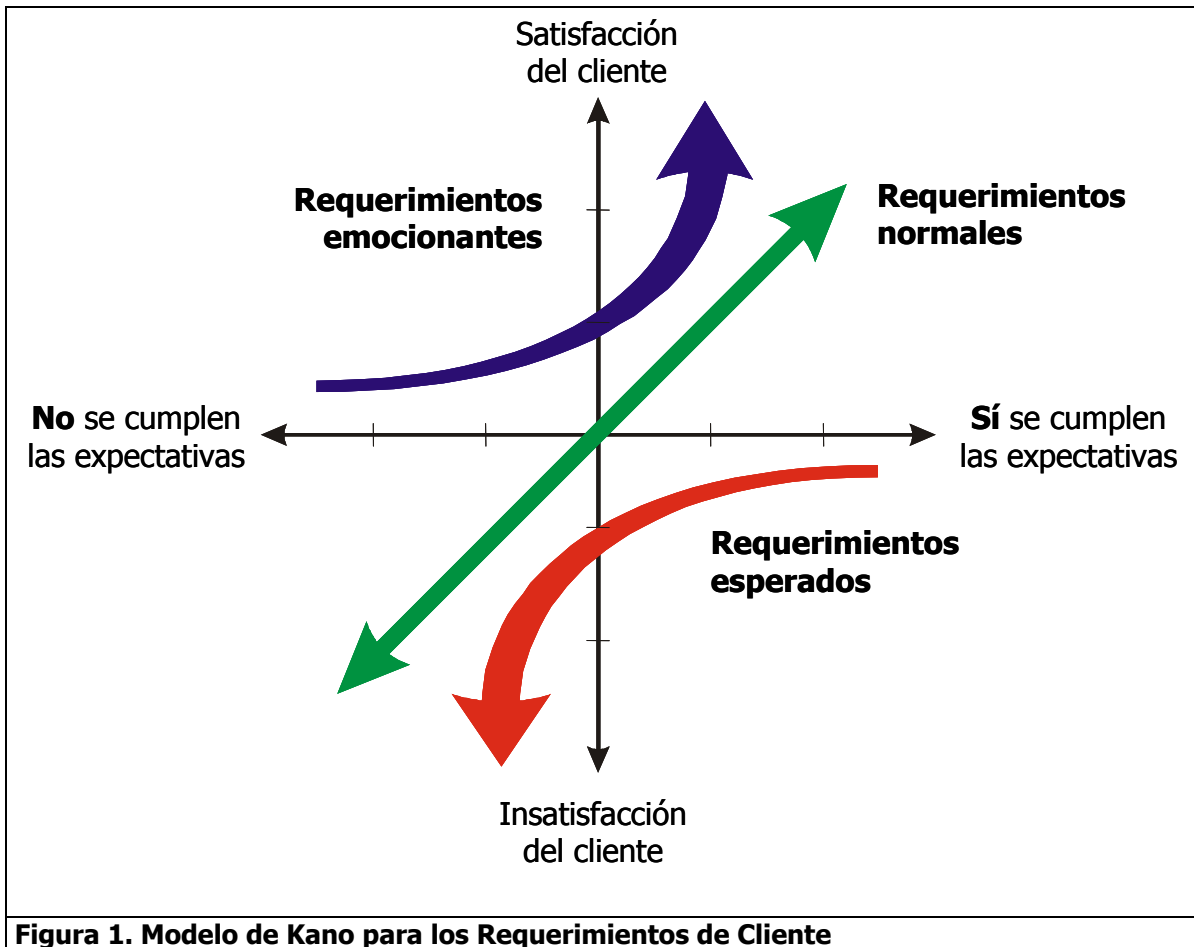
realmente habían realizado cada una de estas 13 actividades. Se evaluó también en una escala de diez puntos qué tan bien habían realizado esta actividad. La actividad menos realizada (sólo 25.4% de los proyectos la realizaron) fue la investigación de mercado detallada sobre las necesidades de los clientes y cuando sí se hizo, la calidad del trabajo fue calificada con 5.74 de 10 puntos [Cooper 1993]. Muchos desarrolladores de productos justifican esto señalando que los requerimientos del cliente son a menudo muy vagos, no se mencionan, cambian durante el proyecto y aun cuando se cumplen, frecuentemente no son lo que el cliente quiere comprar. En QFD se utilizan varias herramientas para clarificar los requerimientos vagos, descubrir los ocultos, prevenir cambios o malas interpretaciones, a través de analizar los "beneficios raíz" [Mazur 1997, Rings et al. 1998]. Algo que concretizó el desarrollo de estas herramientas fue un estudio hecho en Japón en 1984 que demostró que había diferentes tipos de requerimientos que requerían a su vez de diferentes perspectivas para entenderlos [Kano et al., 1984].

## 2.2 Requerimientos de Kano

Existen tres tipos de requerimientos de cliente que se deben considerar para entender cómo es que cumplir o exceder sus expectativas afecta la satisfacción (Figura 1).

Los **Requerimientos Normales** son típicamente los que obtenemos cuando preguntamos a los clientes qué es lo que ellos quieren. Estos requerimientos satisfacen (o insatisfacen) en proporción a su presencia (o ausencia) en el producto o servicio. La entrega rápida es un buen ejemplo. Entre más rápido (o más despacio) sea la entrega, más le gustará (o disgustará) al cliente.

Los **Requerimientos Esperados** son aquellos tan básicos que el cliente no los mencionará, hasta que fallamos en cumplirlos. Son las expectativas básicas sin las cuales el producto o servicio puede dejar de ser valioso; su ausencia es muy insatisfactoria. Por otra parte, el cumplimiento de estos requerimientos generalmente pasa desapercibido por la mayoría de los clientes. Por ejemplo, si el café se sirve caliente, los clientes difícilmente lo notarán. Pero si está frío o muy caliente, la insatisfacción ocurre. Los requerimientos esperados *deben* ser cumplidos.



Los **Requerimientos Emocionantes** son difíciles de descubrir. Van más allá de las expectativas del cliente. Su ausencia no insatisface; su presencia emociona. Por ejemplo, si se sirve champaña y caviar en un vuelo normal entre Detroit y Chicago, eso sería emocionante. Si no ocurre, los clientes difícilmente se quejarán. Estas son el tipo de cosas que sorprenden y emocionan a los clientes y los hacen volver. Como los clientes no son capaces de verbalizar estos requerimientos, es responsabilidad de las organizaciones el explorar los problemas de los clientes y las oportunidades que hay para descubrir estos requerimientos no explícitos.

El Modelo de Kano es dinámico, ya que lo que hoy nos emociona mañana es esperado. Esto significa que una vez que se introduce una característica emocionante, ésta rápidamente será imitada por la competencia y los clientes la esperarán de todos los proveedores. Un ejemplo podría ser la pizza entregada en 30 minutos a domicilio. Sin embargo, los requerimientos esperados se pueden volver emocionantes después de una falla real o potencial. Un ejemplo puede ser cuando los pasajeros aplauden después de que un piloto aterriza un avión de forma segura durante una tormenta.

El Modelo de Kano tiene una dimensión adicional relacionada con el segmento de mercado y el mercado meta que se está considerando. Por ejemplo, la champaña y caviar que son emocionantes en un vuelo doméstico pueden ser esperadas en un vuelo del *Concorde* entre Londres y Nueva York. Saber a qué segmento de mercado estamos dirigiéndonos es clave para entender estos requerimientos.

Entonces, eliminar problemas resuelve los requerimientos esperados. Existe poca satisfacción o ventaja competitiva cuando nada sale mal. Inversamente, se puede lograr un gran valor al descubrir y cubrir requerimientos emocionantes antes que la competencia. El QFD nos ayuda a asegurar que los requerimientos esperados no se dejen de considerar, al tiempo que señala oportunidades para cubrir requerimientos emocionantes.

En resumen, Kano encontró que las necesidades emocionantes, que son las más relacionadas con agregar valor, son invisibles tanto para el cliente como para el proveedor. Además, éstas cambian con el tiempo, tecnología, segmento de mercado, etc. Entender estos requerimientos se logra mejor cuando el equipo de QFD va al *gemba* (donde el cliente interactúa con el servicio) para observar, escuchar y registrar los problemas que el cliente experimenta y las oportunidades que les gustaría aprovechar. Ir al *gemba* puede resultar difícil para aquellos que están acostumbrados a ver las cosas desde una perspectiva interna; tenderán a ver más los problemas y soluciones de los procesos que las necesidades de los clientes. Las herramientas del QFD ayudan al equipo a ver el mundo desde el punto de vista del cliente.

### **3. Encuentro con el Triceratops en la Isla de la Aventura de Universal Studios en Florida**

La película Parque Jurásico incluía el encuentro con una Triceratops enferma yaciendo sobre su costado. En la atracción del parque de diversiones, un veterinario atendía a una "Sarah", enferma pero de pie, que parece reconocer a los visitantes de su corral en donde está siendo atendida. La Triceratops de 24 pies de altura se ve, siente, actúa e incluso huele como un animal real, incluyendo su respiración, parpadeo, dilatación de pupilas, estornudos, estremecimientos, babeo y excreciones. Los visitantes nunca están a más de seis pies de distancia durante la visita e incluso pueden acariciarla.

Con estos encuentros como antecedente, la meta general era lograr una criatura más creíble y vívida que todos sus antecesores. El estado del arte era en aquél entonces la exhibición DinoAlive en el museo de Osaka, Japón, basado en sistemas hidráulicos para dar a las criaturas movimientos suaves y rápidos. La criatura fue diseñada por la empresa Vickers Inc. de Troy, Michigan [Horgan, Gottschalk] quienes establecieron un estándar muy alto en cuanto a realismo en el movimiento y apariencia. Por ejemplo, el Tiranosaurio Rex de 40 pies de altura podía moverse

de una posición de descanso a estar completamente erguido en solamente 1½ segundos. La atracción de Parque Jurásico en Hollywood mostraba también el nivel en el que estaba la industria en Junio de 1996. Los animales eran razonablemente reales, pero no eran convincentes, sobre todo si se tenía el tiempo para detenerse a examinarlos detalladamente. Había también una gran preocupación en cuanto a su confiabilidad. Se establecieron por tanto, requerimientos muy estrictos para lograr que los encuentros cercanos, tales como acariciar a la criatura, fueran suficientemente convincentes.

### **3.1 El Modelo de QFD**

Como método de diseño, no existe un “molde preestablecido” para aplicar QFD a todos los casos. Un proyecto que valga la pena hacer merece que el QFD se adapte a las necesidades de la compañía, el equipo, los clientes y los clientes de los clientes. El QFD se utilizó en la etapa conceptual para unir la brecha entre el artista y el ingeniero, lográndose que el proceso realmente se adaptara al ambiente altamente demandante y de cambios rápidos en que se realizó el programa.

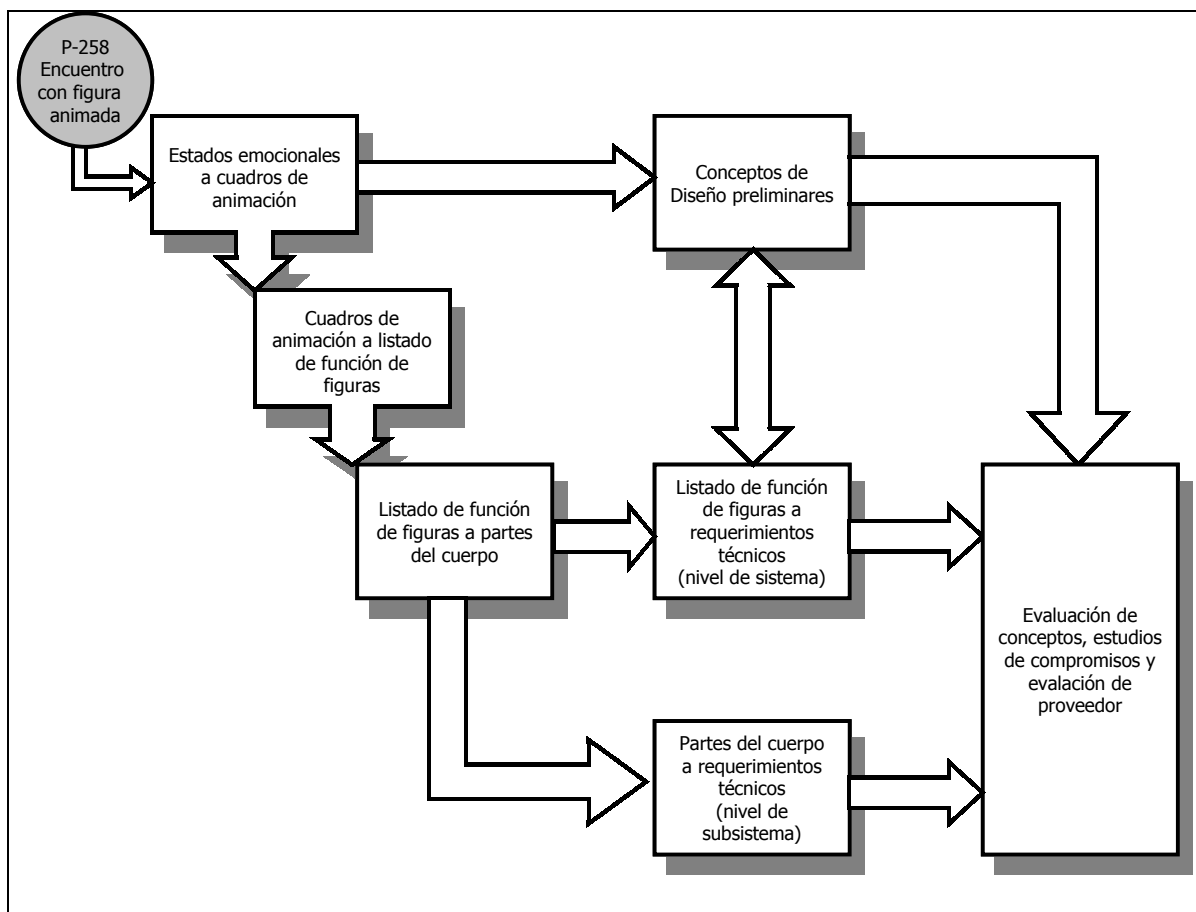
El documento de Alcance del Trabajo de diseño conceptual que se usó como guía para el estudio de QFD especificaba que el resultado debía incluir especificaciones tales como grados de libertad de movimiento, velocidad máxima, rango de movimiento, características de la piel, etc. Estos debían corresponder a varios escenarios que los animadores bosquejaron en alrededor de 60 cuadros de animación (*story boards*) que incluían actividades tales como estornudar, jugar, mover las patas, etc. Dado el presupuesto en tiempo y costo, el equipo de MD Robotics quería concentrar su esfuerzo inicial en los aspectos más importantes del dinosaurio. El alcance del trabajo, sin embargo, no indicaba que alguna actividad de los cuadros de animación fuese más importante que el resto; todas eran igualmente importantes. Otro problema era el hecho de que para una empresa fabricante de componentes aeroespaciales y militares, el traducir el requerimiento de “estornudar” en un diseño animatrónico no era algo que sus ingenieros hubieran hecho anteriormente.

Después de una introducción inicial al QFD, la tarea de Mazur consistió en adaptar el proceso de QFD para cumplir con estas necesidades. Bolt dirigió la revisión del documento de Alcance del Trabajo y surgieron tres elementos:

1. Lograr un claro entendimiento de la experiencia y beneficios que Universal quería lograr.
2. Trasladar estos beneficios a requerimientos de ingeniería

### 3. Traducir los requerimientos de ingeniería a diseños conceptuales efectivos en costo

Para clarificar los requerimientos del cliente, se inició un Análisis de la Voz del Cliente del documento de Alcance del Trabajo. La Voz del Cliente (Tabla 1) se usó primero para dividir en aseveraciones singulares los detalles del documento de Alcance del Trabajo y luego para parafrasearlas de acuerdo con el contexto. La Tabla de Voz del Cliente (Tabla 2) se usó luego para clasificar las aseveraciones como beneficios vs. características y luego para detallar las características en categorías adicionales que se convirtieron después en los ejes de matrices subsecuentes. Un diagrama de flujo de despliegue se muestra en la Figura 2.



**Figura 2. Diagrama de Flujo de QFD para el Encuentro con el Triceratops**

## 3.2 Análisis de la Voz del Cliente

La Tabla de Voz del Cliente (VOCT1) se utiliza generalmente para clarificar requerimientos del cliente complejos, particularmente en el contexto de uso del producto o servicio. El contexto se describe fácilmente a través del 5W1H (por sus

siglas en inglés; quién lo usa, para qué lo usa, cuándo lo usa, por qué lo usa, dónde lo usa y cómo lo usa). Un extracto del VOCT1 para los requerimientos del producto final se muestra en la Tabla 1. La Voz del Cliente establece que “tiene reacciones de animal hacia los visitantes”, quienes se describen como familias con hijos en edad de educación básica que visitan el corral de Encuentros con el Triceratops después de vivir la emoción de las atracciones de acción del parque de diversiones. La información parafraseada reduce el requerimiento complejo a términos singulares para resolver conflictos contextuales. Simplificando, esta atracción no debe quedar por debajo de la emoción de las atracciones de acción del parque y debe mantener el interés de los niños, en el rango de tan jóvenes como para emocionarse con ver un dinosaurio “vivo” hasta los adolescentes jóvenes emocionados de ver algo tan vívido en términos tanto de apariencia como de comportamiento. La información parafraseada comienza el proceso de analizar la voz del cliente a más nivel de detalle.

**Tabla 1. Tabla de Voz del Cliente (Tabla de Contexto del Cliente; parcial)**

Voz del Cliente desde enfoque de trabajo	Contexto de Uso (5W1H)		Información Recopilada
La proximidad cercana visitante-dinosaurio propone movimientos fluidos, programas no cíclicos, ruido moderado, piel realista, olores típicos del animal y reacciones típicas del animal hacia los visitantes	Quién: Qué: Cuándo: Dónde:  Por qué: Cómo:	Familias con niños escolar Entretenimiento Después de las atracciones de velocidad Un área de corrales de animales atrás del <i>Discovery Center</i> en la Isla Nublar, hogar del Parque Jurásico. Sorprender a los niños. A los visitantes se les permitirá una interacción limitada y supervisada (contacto cercano y algunos contactos directos con partes del cuerpo específicas) con los dinosaurios.	Movimientos suaves. Movimientos silenciosos. Apariencia realista. Olores realistas. Reacciones realistas con los visitantes. Reacción al contacto. Movimientos no repetitivos. Experiencia uno a uno personal. Como un zoológico. Interacción con visitantes. Parece vivo. Parece alerta.

La Tabla de Voz del Cliente 2 (VOCT2) clasifica esta información parafraseada en función de que describa una característica del producto o el beneficio al cliente que la característica debe brindar. Las características del producto se dividen luego en métricos de desempeño, funciones, confiabilidad, seguridad, tecnologías, materiales, componentes, etc. En este caso, para el diseño conceptual las categorías fueron cuadros de animación (story boards), movimientos del cuerpo, requerimientos técnicos y conceptos (ver Tabla 2). Estas Tablas de Voz del Cliente sirvieron para estructurar y analizar tanto los requerimientos conocidos como los ocultos del producto final.

**Tabla 2. Tabla de Voz del Cliente 2 (Tabla de Voz del Cliente; parcial)**

<b>Beneficio</b>	<b>Cuadros de animación</b>	<b>Movimiento del cuerpo</b>	<b>Requerimientos técnicos</b>	<b>Concepto</b>
Se ve real	Variable, para que las visitas sean diferentes	No repetitivo	Resistente al medio ambiente	Controles no visibles

El Análisis de la Voz del Cliente en QFD también provee las herramientas y métodos para moverse a través de toda la cadena de valor al cliente y puede traducir y ligar los requerimientos del usuario final (visitante) con el operador de la atracción, mantenimiento, instaladores, administradores del parque de diversiones y animadores. Un método para lograr esto se llama "ir al *gemba*" (*gemba* es el lugar dónde el producto se pone en uso). Se tenían las características y beneficios del producto final, pero ¿qué de los beneficios para el cliente? Como ningún cliente había visto nunca un dinosaurio en movimiento, su interpretación de "realista" estaba limitada a su imaginación personal basada en ilustraciones, caricaturas u otros robots. Era fácil ver que los *gembas* de operadores, mantenimiento, instaladores, administradores y animadores podía visitarse yendo a algún parque de diversiones existente, pero ¿cómo ir al *gemba* del dinosaurio?

Como proveedor de la industria espacial, los ingenieros de MD Robotics eran expertos en simulación de ambientes. Es conocido que se utilizan albercas y caídas desde gran altura para simular la microgravedad del espacio y que estos recursos se utilizan con frecuencia por los proveedores de la industria aeroespacial durante la etapa de diseño. Para simular el Encuentro con el Triceratops, el equipo visitó un zoológico infantil (dónde se puede acariciar y estar en contacto cercano con los animalitos) en Toronto, donde pudieron observar a los niños y sus encuentros con animales vivos. Esto les ayudó a entender mejor cuales eran las expectativas e interacciones con las que los niños estarían familiarizados. Lo que aprendieron es que el público general busca las cualidades antropomórficas de los animales; en otras palabras, atribuyen estados emocionales humanos a las acciones de los animales. El otro punto que notaron fue que con la llegada de la Era de la Información, la gente y en particular los niños, saben increíblemente mucho sobre el tema de los dinosaurios.

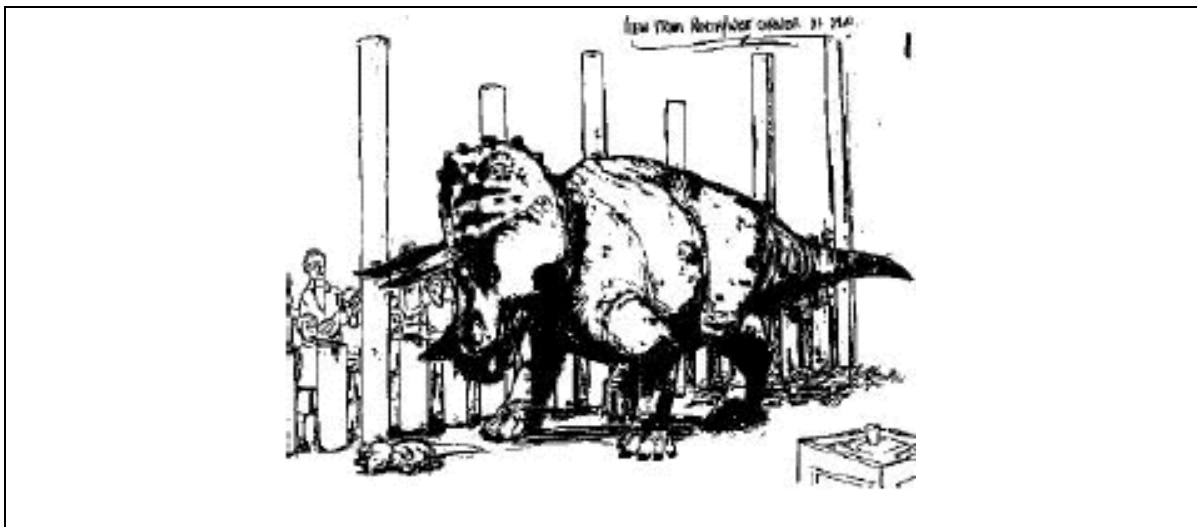
Para tener un animal convincente, la postura, movimiento y apariencia deberían ser correctos con respecto al conocimiento paleontológico vigente. De este *gemba*, los estados emocionales detectados fueron estructurados a través de un Diagrama de Afinidad y un Diagrama de Jerarquías (ver Tabla 3). Estos estados emocionales se presentaron a los animadores para su priorización, en base a la contribución de cada estado emocional con el hecho de hacer la atracción popular y divertida. Una dicotomía interesante surgió porque los animadores dieron prioridad a un efecto de imagen natural, que tendía a enfatizar los movimientos de cuerpo generales asociados con la vista a distancia, mientras que los visitantes del

zoológico querían más contacto con la cabeza que enfatizaba los submecanismos de la cabeza como lengua, fosas nasales, etc. Mazur recomendó usar puntos de venta en la Casa de Calidad para enfatizar los estados emocionales que estaban más orientados al contacto con el visitante.

**Tabla 3. Jerarquía de Estados Emocionales (parcial)**

Tranquilo	Aburrido
	Adormilado
	Tímido
Agitado	Agresivo
	Estresado
	Perplejo
	Sorprendido
	Asustado
	Nervioso
	Defensivo
Activo	Ruidoso
	Curioso
	Juguetón
	Contento

El medio principal que los animadores usaron para transmitir los requerimientos creativos al equipo de MD Robotics fueron los cuadros de animación (*story boards*). Se muestra un ejemplo de estos en la Figura 3.



**Figura 3. Ejemplo de un Cuadro de Animación**  
 ©Storyboards por Hall Train (Agosto 1996)

### 3.3 Despliegue de Emociones

Los estados emocionales priorizados tanto por los animadores de Hall Train y los visitantes del zoológico infantil se utilizaron entonces para priorizar también los 65 cuadros de animación (*story boards*) de los animadores, para poder determinar que posturas y posiciones más fuertemente se correlacionaban con los estados emocionales más importantes. Usando este proceso, se formó una matriz de estados emocionales vs. cuadros de animación. Esto permitió al equipo de diseño “sentir” qué tan importante era cada cuadro de animación para el espectáculo. La Tabla 4 presenta esta matriz.

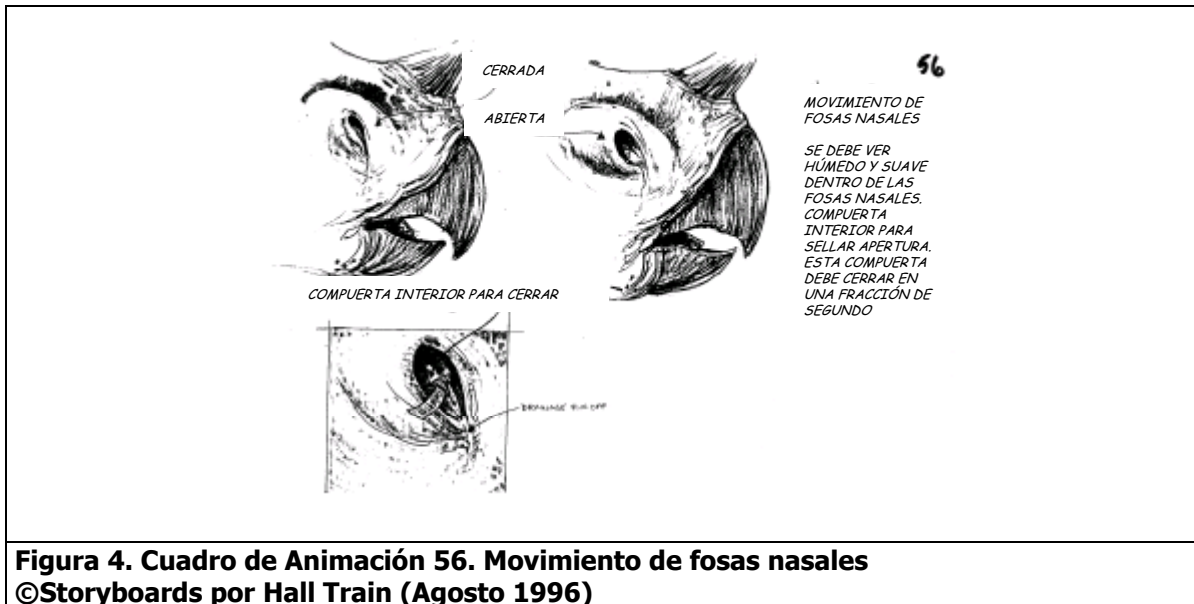
**Tabla 4. Estados Emocionales vs. Cuadros de Animación (parcial)**

Cuadro de animaciones #	7	8	52 54 55	53	56	59 60 29 58	61	62 63	8 64 65		
Estados Emocionales	postura defensiva	enojado/agresivo	respuesta visual	parpadeo	movimiento fosas/res	movimiento piel/flexión	temperatura piel	respiración 1/2		posiciones y vistas	<b>IMPORTANCIA</b>
Relajado	9	9	9	9	9	9		9			2
Perplejo			9	9	9	9		3			3
Sorprendido			9	9	9	9		3			3
Jugueteón			9	9	9	9		3			3
Contento			9	9	9	9		3			4
Peso absoluto	83	69	339	351	327	351	0	201			
Peso Punto Ventas	1	1	1.2	1.5	1.5	1	1	1.2			
<b>Peso Cuadro animaciones</b>	<b>1.5</b>	<b>1.2</b>	<b>7.2</b>	<b>9.3</b>	<b>8.6</b>	<b>6.2</b>	<b>0.0</b>	<b>4.2</b>			

En esta matriz, los estados emocionales se evaluaron en una escala de 1-5, siendo 5 más importante. El grado de correlación entre cada movimiento del cuerpo y estado emocional se indicaron en las casillas de intersección de la matriz, usando los valores de 1 para algo de correlación, 3 para correlación promedio y 9 para correlación fuerte. El peso del estado emocional se multiplicó luego por el valor de correlación en cada celda y los resultados se sumaron columna por columna (peso absoluto). Esto nos dice qué movimiento del cuerpo tiene la mayor y más fuerte contribución general a los estados emocionales más importantes.

Como se mencionó anteriormente, había una dicotomía entre animadores y visitantes del zoológico infantil que se observaron, por lo que se añadió como

factor un "punto de venta", para añadir más importancia al contacto con la cabeza en los cuadros de animación. En QFD, los "puntos de venta" son multiplicadores que enfatizan los requerimientos emocionantes de los clientes (1.0: no emocionante, 1.2: emocionante, 1.5 muy emocionante). Los pesos absolutos se multiplicaron por los "puntos de venta" y se normalizaron a un porcentaje para obtener los pesos de los cuadros de animación. Por ejemplo, que el triceratops mueva las fosas nasales es crucial para transmitir el sentimiento de que está contento o sorprendido (Figura 4).



### 3.4 Despliegue del Cuerpo

El proceso del QFD se utilizó entonces para llevar esto a un nivel posterior, obteniendo la relación entre los cuadros de animación y los movimientos del cuerpo, y luego de los movimientos del cuerpo a las partes del cuerpo en detalle. El principal beneficio de hacer esto fue el ver la relevancia que tenían las partes del cuerpo para los estados emocionales. Como los estados emocionales ya habían sido ponderados, esto nos aseguró que se invertiría el tiempo en los componentes físicos más relevantes del dinosaurio. Los movimientos del cuerpo se estructuraron a través de un Diagrama de Afinidad y un Diagrama de Jerarquías (Tabla 5) y posteriormente se integraron en una matriz con los cuadros de animación ponderados.

**Tabla 5. Jerarquía de Movimiento del Cuerpo (parcial)**

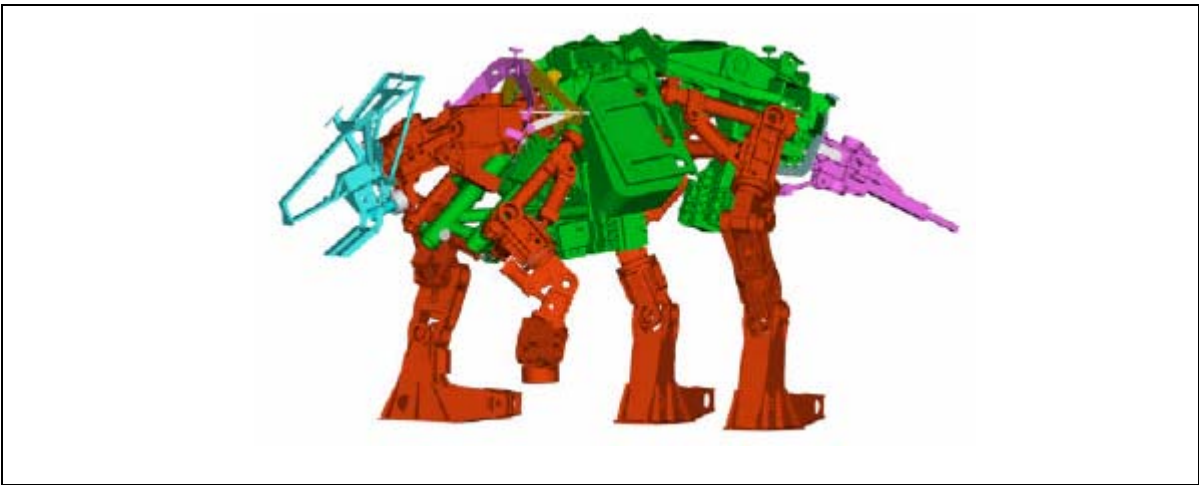
Músculo	Piel	Estremecer
		Contraer
	Ancas	Cambio de temperatura
Tensas / relajadas		
Combar / Expandir		
Apéndices	Dedos delanteros	Extender
		Contraer
	Cuello	Estirar
Girar		
Partes faciales	Fosas nasales	Brillar
		Olfatear / Inhalar
		Resoplar
		Rociar
	Ojos	Humedecer
		Mover

**Tabla 6. Matriz de Cuadros de Animación vs. Movimientos del Cuerpo (parcial)**

Movimientos Corporales							
Cuadros de Animación		pata frontal izquierda 3 pisadas	pata frontal izquierda contracción	giro pierna frontal izquierda	articulación de la piel		Peso cuadros de animación
7	postura agresiva	3	3	3			1.5
8	enojo / agresión	9	9	9			1.2
42	pasos hacia atrás	9	9	9			4.2
49	movimiento tráquea						2.3
50	movimientos lengua						4.2
51/57	movimiento quijada 1						5.2
52/54/55	respuesta visual						7.2
53	parpadeo						9.3
56	brillo fosas nasales/olisqueo						8.6
59/60/29/58	contracción piel/flexiones	2					6.2
62/63	respiración 1/2						4.2
al 6/18/48/64/65	poses y vistas						0.0
	Peso absoluto	397.4	397.4	397.4	0.0		
	Peso Movimientos Corporales	2.93	2.93	2.93	0.00		

La matriz de cuadros de animación vs. movimientos del cuerpo (Tabla 6) muestra la correlación entre cada movimiento del cuerpo con los temas de los cuadro de animación y posteriormente pondera los movimientos del cuerpo usando el mismo proceso que en la Tabla 4. La primera fila indica por ejemplo que “mover la pata derecha delantera 3 veces” tiene una contribución promedio en el rol de “postura defensiva”. En la Tabla 6, los movimientos del cuerpo se reacomodaron en orden descendente de importancia.

Los movimientos del cuerpo fueron entonces desplegados a partes específicas del cuerpo, indicadas en la Estructura Primaria del Triceratops (Figura 5). La matriz de movimientos del cuerpo a partes del cuerpo trasladó los movimientos del cuerpo a ponderación de las partes del cuerpo (Tabla 7). Esto nos indicaría, entre otras cosas, qué tan grande es el rol que tiene la estructura de la base de la cabeza en la función de movimiento del cuerpo del movimiento de la cabeza.



**Figura 5. Estructura Primaria del Triceratops**

**Tabla 7. Matriz de Cuadros de Animación vs. Movimientos del Cuerpo (parcial)**

Partes Cuerpo	ensamble cabeza											cuello			
	estructura base cabeza	mecanismo ojo	mecanismo lengua	mecanismo fosas nasales	mecanismo boca	mecanismo respiración	mecanismo músculo mandíbula	mecanismo músculo cachete	mecanismo vuelo músculo	mecanismo músculo oreja	coraza cabeza y piel	mecanismo cuello	músculo superior cuello	músculo inferior cuello	coraza cuello y piel
Movimientos del Cuerpo															
pata delantera izquierda 3 pisadas															
pata delantera izquierda contracción															
pata delantera izquierda posa en el suelo															
pata delantera derecha 3 pisadas															

### 3.5 Despliegue de Requerimientos de Ingeniería

Los requerimientos de ingeniería que dirigirían las especificaciones de diseño fueron entonces desarrolladas y estructuradas en un Diagrama de Jerarquías (Tabla 8).

**Tabla 8. Jerarquía de Requerimientos de Ingeniería (parcial)**

Mecanismos estáticos	Balance estático	
	Masa	
	Cargas de reacción	Geometría Cargas de soporte
Cinemática	Ángulo de movimiento de articulación	
Sistema de diseño y arquitectura	Aceleración de articulación	Ritmo de flujo neumático

Tanto los movimientos del cuerpo ponderados como las partes del cuerpo ponderadas se desplegaron a través de matrices para determinar cuáles requerimientos de ingeniería requerían de las especificaciones más demandantes. Estas matrices no se presentan en este artículo. Además, se crearon matrices para identificar y prevenir modos de falla potenciales. Posteriormente estos formatos ayudaron a simplificar algunos sistemas y componentes, dando como resultado un menor costo, diseño más rápido y mayor confiabilidad. La apertura en mayo de 1999 de la atracción nueva de "Encuentro con el Triceratops" en el Parque Jurásico de Universal Studios alentó al *U.S. News & Report* a escribir "estas tres criaturas gruñen, e incluso se orinan. Pregunte al "cuidador" si puede acariciarlo. Él o ella decidirán..."<sup>2</sup> (Figura 6).

<sup>2</sup> Sección Viajes. "Triceratops Encounter", US News and World Report, May 10, 1999 p.71



**Figura 6. Prototipo de "Sarah" siendo revisado por el cliente**

#### **4. Conclusión**

El Despliegue de la Función de Calidad (QFD) se ha utilizado en organizaciones conscientes de la importancia de la calidad alrededor del mundo por más de 30 años. Su adaptabilidad a casi cualquier proyecto de desarrollo de productos le ha dado al QFD la reputación de ser un enfoque metodológico para asegurar la satisfacción de los clientes con la calidad de los nuevos productos o servicios.

Ha habido una gran migración del QFD desde que Akao lo presentó la metodología en los 60's. Durante los primeros diez años, el QFD se enfocó en los despliegues internos dentro de las operaciones de la compañía para asegurar que los requerimientos de calidad fueran comunicados acertadamente a través del despliegue a todas las etapas del proceso de producción. En la segunda década de su aplicación, el QFD incorporó análisis externos de los requerimientos del cliente basados en examinar el uso real que daban los clientes a los productos. En su tercer década, se ve al QFD en la fase inicial de la conceptualización de productos [Rings et al. 1998]. Por otra parte, el QFD se está usando actualmente en la integración de aspectos del hardware, software, servicios y procesos que es común hoy en día en la mayoría de los productos.

MR Robotics a continuado aplicando el QFD a otros productos en sus líneas de negocio tradicionales con gran éxito. A diferencia de los dinosaurios, se espera que su aplicación del QFD continúe evolucionando para asegurar que su focalización en los aspectos importantes para el cliente no se extinga nunca.

## Sobre los Autores

**Andrew Bolt** ha trabajado en la industria aeroespacial durante 15 años, inicialmente como consultor de Spar Aerospace y luego como miembro del equipo gerencial. Ha dirigido el diseño de la nueva generación de brazos robóticos para estaciones espaciales. Fue también responsable del diseño y fabricación de una base móvil en la que el brazo de la estación espacial se guarda y realiza tareas de mantenimiento. Andrew dirigió la división de ingeniería mecánica y fue asistente ejecutivo de la dirección de operaciones en Spar Aerospace. Aquí fue donde entró en contacto con el QFD. El programa de "Encuentro con el Triceratops" fue una aplicación excelente de este proceso. Esto combinó los intereses de Andrew en la ingeniería, los procesos y la escultura. Andrew Bolt dirigió ese programa de inicio a fin y ahora está administrando el desarrollo estratégico de robots para parques de diversiones desde la nueva empresa MD Space and Advanced Robotics Company. Puede ser contactado en el teléfono +1 905-790-2800 x4095, fax +1 905-790-4430, correo electrónico: [abolt@spar.ca](mailto:abolt@spar.ca) or [abolt@mdrobotics.ca](mailto:abolt@mdrobotics.ca)

**Glenn Mazur** ha sido la "voz" de QFD desde que la metodología llegó a los Estados Unidos. Ha trabajado durante muchas horas con los creadores del QFD, los Doctores Shigeru Mizuno y Yoji Akao, desde sus primeras visitas a los Estados Unidos. Es uno de los pioneros en la aplicación de QFD y Triz a la industria de servicios. Actualmente tiene los siguientes cargos: Presidente de Japan Business Consultants, Ltd., Director Ejecutivo del QFD Institute, Director Ejecutivo del Consejo Internacional de QFD, Presidente del Simposium de QFD en Norteamérica, Profesor Adjunto de TQM en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Michigan. Recibió el Premio Akao a la Excelencia en QFD en 1998 y es uno de los dos instructores en QFD para Black Belts en Estados Unidos. Puede ser contactado telefónicamente al +1 734-995-0847, fax +1-734-995-3810 y correo electrónico: [glenn@mazur.com](mailto:glenn@mazur.com) e internet: <http://www.mazur.com>

## Bibliografía

Akao, Yoji, ed. 1990a. *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design*. Translated by Glenn Mazur. Cambridge, MA: Productivity Press. ISBN 0-915299-41-0

Akao, Yoji. 1983. *Company-Wide QC and Quality Deployment*. Chicago, IL: The Cambridge Corporation.

Cooper, Robert G. 1993. *Winning at New Products, 2nd Edition*. Reading, MA: Addison-Wesley. ISBN 0-201-56381-9

Ehrlich, Deborah. 1994. "Health Care: Tailoring a Service Industry." *Transactions from the Fourth Symposium on Quality Function Deployment*. Ann Arbor, MI: QFD Institute. ISBN 1-889477-04-4

Gaucher, Ellen and Richard Coffey. 1993. *Total Quality in Health Care : From Theory to Practice*. The Jossey-Bass Health Series. ISBN: 1555425348

Gibson, Jeff. 1995. "Happy Feet Part II: Return of the Princeton Foot Clinic." *Transactions from the Seventh Symposium on Quality Function Deployment*. Ann Arbor, MI: QFD Institute. ISBN 1-889477-05-2

Gibson, Jeff. 1994. "Health Care Services: Princeton Foot Clinic." *Transactions from the Fourth Symposium on Quality Function Deployment*. Ann Arbor, MI: QFD Institute. . ISBN 1-889477-04-4

Gottschalk, M. "Dino-Adventure." *Design News*. August 16, 1993. Pp. 52-58.

Harries, Bruce and Matthew Baerveldt. 1995. "QFD for Quality of Work Life." *Transactions from the Seventh Symposium on Quality Function Deployment*. Ann Arbor, MI:QFD Institute.

Horgan, M. "Hydraulics returns dinosaurs from extinction." *Hydraulics & Pneumatics*. July 1993. pp. 27-28.

Kano, Noriaki, Nobuhiko Seraku, Fumio Takahashi, and Shinichi Tsuji. 1984. "Attractive Quality and Must-Be Quality." [Translated by Glenn Mazur]. *Hinshitsu* 14, no. 2. (February): 39-48.

King, Bob. 1987, 1989. *Better Designs in Half the Time: Implementing QFD Quality Function Deployment in America*. Methuen, MA: GOAL/QPC.

Lampa, Steve and Glenn Mazur. 1996. "Bagel Sales Double at Host Marriott Using Quality Function Deployment." *Transactions from the Eighth Symposium on Quality Function Deployment/ International Symposium on QFD '96*, Ann Arbor, MI:QFD Institute. ISBN 1-889477-08-7

Mazur, Glenn. 1997. "Voice of Customer Analysis: A Modern System of Front-End QFD Tools, with Case Studies." *Proceedings of ASQC's 51st Annual Quality Congress*. Milwaukee, WI: ASQC.

Mazur, Glenn. 1996a. "The Application of Quality Function Deployment (QFD) to Design a Course in Total Quality Management (TQM) at The University of Michigan College of Engineering." *Proceedings of International Conference on Quality - 1996 Yokohama*. JUSE. October 15-18, 1996.

Mazur, Glenn. 1996b. "Doubling Sales with Quality Function Deployment." *Proceedings of the ASQC's Fifth Annual Service Quality Conference*. Milwaukee, WI: ASQC.

Mazur, Glenn. 1994. "QFD for Small Business: A Shortcut through the 'Maze of Matrices'." *Transactions from the Sixth Symposium on Quality Function Deployment*, Ann Arbor, MI:QFD Institute. ISBN 1-889477-06-0

Mazur, Glenn. 1993. "QFD for Service Industries: From Voice of Customer to Task Deployment," *Transactions from the Fifth Symposium on Quality Function Deployment*, Ann Arbor, MI:QFD Institute, June, 1993. ISBN 1-889477-05-2

Mizuno, Shigeru and Yoji Akao, ed. 1994. *Quality Function Deployment: The Customer-Driven Approach to Quality Planning and Deployment*. Translated by Glenn Mazur. Tokyo:Asian Productivity Organization. ISBN 92-833-1122-1

Rings, Cathy, Brian Barton, and Glenn Mazur, 1998. "Consumer Encounters of the Third Kind: Improving Idea Development and Concept Optimization." *Transactions from the Tenth Symposium on Quality Function Deployment*, Ann Arbor, MI:QFD Institute, June, 1998. ISBN 1-889477-10-9

Webb, Joseph L. and W. C. Hayes. 1990. "Quality Function Deployment at FPL." *Transactions from the Second Symposium on Quality Function Deployment*, Ann Arbor, MI:QFD Institute. ISBN 1-889477-02-8