

Efecto de las técnicas de ingeniería de la calidad en el diseño de productos¹

Effect of the engineering techniques of quality in product designing²

Efeito das técnicas de engenharia da qualidade no desenho de produtos³

Amparo Zapata-Gómez⁴

SICI: 0123-2126(201307)17:2<409:ETICDP>2.0.TX;2-4

¹ Fecha de recepción: 5 de julio de 2012. Fecha de aceptación: 15 de abril de 2013. Este artículo se deriva de un proyecto de investigación del Doctorado de Ingeniería Industrial, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Colombia.

² Received: July 5, 2012. Accepted: April 15, 2013. This article is derived from a PhD research project of Industrial Engineering, of Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.

³ Data de recebimento: 5 de julho de 2012. Data de aceitação: 15 de abril de 2013. Este artigo é derivado de um projeto de pesquisa do Doutorado de Engenharia Industrial, da Universidade Nacional da Colômbia, sede Manizales, Colômbia.

⁴ Ingeniera industrial, especialista en Calidad, magíster en Medio Ambiente y Desarrollo y candidata al Ph. D. en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. Profesora asociada del Departamento de Ingeniería Industrial, investigadora del Grupo de Innovación y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Colombia. Correo electrónico: azapatago@unal.edu.co.

Resumen

La presente contribución expone los resultados de una investigación que explora los efectos en el diseño de productos a partir de la aplicación de algunas técnicas de la ingeniería de la calidad. Mediante el análisis estadístico se obtuvieron resultados que revelan que las herramientas, como el diseño concurrente, el despliegue de la función calidad, el análisis de valor, el control estadístico de proceso y el análisis de modo de efecto de falla, están positivamente correlacionadas con el buen desempeño en la innovación de productos, donde se confirma el papel determinante que ha tenido la calidad y presumiblemente seguirá teniendo en la dinámica del diseño de productos.

Palabras clave

Análisis de modo de efecto de fallas, análisis de valor, control estadístico de proceso, diseño concurrente, despliegue de la función calidad.

Abstract

This contribution presents the results of a study that explores the effects in product design from the application of certain techniques of quality engineering. Through statistical analysis we obtained results that reveal that tools such as concurrent design, the quality function deployment, value analysis, statistical process control and analysis of failure mode effect, are positively correlated with the good performance in product innovation, which confirms the decisive role that quality has had and presumably will continue to have in the dynamics of product design.

Keywords

Analysis of failure mode effect, value analysis, statistical process control, concurrent design, quality function deployment.

Resumo

A presente contribuição expõe os resultados da pesquisa que especula os efeitos no design de produtos a partir da aplicação de algumas técnicas da engenharia da qualidade. Mediante análise estatística obtiveram-se resultados que revelaram que ferramentas, como o design concorrente, o desdobramento da função qualidade, a análise de valor, o controle estatístico de processo e a análise de modo e efeito de falha, estão positivamente correlacionadas com o bom desempenho na inovação de produtos, onde se confirma o papel determinante que a qualidade tem e presumivelmente continuará tendo na dinâmica do design de produtos.

Palavras-chave

Análise de modo e efeito de falha, análise de valor, controle estatístico de processo, design concorrente, desdobramento da função qualidade.

1. Introducción

La presente investigación tiene como objetivo exponer los efectos de la implementación de las técnicas de ingeniería de calidad aplicadas al diseño de productos. Esta se realizó a partir del interés de la autora por lograr un mayor impacto en el desarrollo de las técnicas en la industria de Manizales (Caldas), pues el tema no ha sido muy aplicado hasta ahora, y por tanto no existen evidencias ni mayores referencias bibliográficas sobre este. A través del tiempo han surgido técnicas de ingeniería de la calidad que se aplican, pero con una baja orientación hacia el diseño de productos, por ser este un proceso complejo; por otro lado, la exploración empírica que une la calidad y el diseño es escasa, lo cual es una de las razones para considerarla importante.

Las técnicas de ingeniería de calidad en el diseño de productos, desde lo local hasta un enfoque global, llevan a los estudios de Clausing (1990), Lin (1990), Nelson y Winter (1992), Hammer y Champy (1993), Towner (1994), Kackar (1995), Box (1996), Wu (1997), Ross (1998), Arthur (1999), Simón (1999), Loasby (1999), Hodgson (1999), entre otros. Uno de los elementos de mayor impacto en el diseño de productos se relaciona con la implementación de las técnicas de calidad, que además de la innovación, impulsan el desarrollo económico, como lo afirman más recientemente Baldwin (2000), Clark (2002), y Baldwin y Clark (2000). Para Fine (2000), Metcalfe (2001) y David (2001), el diseño implica la concepción de nuevos productos e integración de conocimientos que contribuyen a establecer las bases de una estructura productiva y estrategias para sobrevivir.

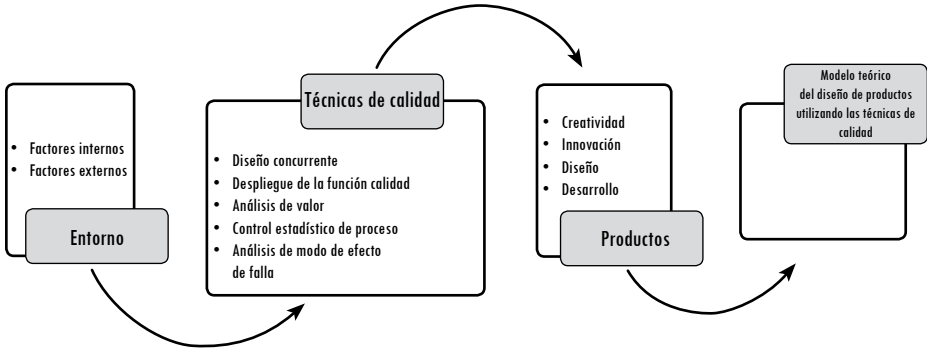
Por lo tanto, la *ingeniería de la calidad* es el conjunto de actividades para diseñar, mejorar y optimizar procesos, productos y servicios, disminuyendo el tiempo de ciclo, la variabilidad y los costos, con el objetivo de ofrecer lo mejor al mercado. Seguidamente, Torres *et al.* (2007, p. 160) señala: “[el] diseño como actividad creadora, se establece como parte del proceso innovador que debe cumplir los objetivos como generar beneficios en el posicionamiento de un producto en el

mercado, incrementos en las ventas, mejoras en la eficiencia o beneficios concretos para el empresario o el usuario”. Adicionalmente, Sánchez *et al.* (2006, p. 49) establece que: “es fundamental involucrar en el proceso de diseño técnicas que faciliten el trabajo en equipo y orienten a los diseñadores a obtener los mejores productos desde las fases iniciales de su desarrollo”.

2. Método

Con base en los conceptos de los autores mencionados, en la figura 1 se presenta el modelo teórico del desarrollo de nuevos productos, que incluye el uso de técnicas de calidad orientadas al diseño, considerando los factores que conlleva utilizarlas, como los requerimientos de los clientes, los cambios en las necesidades, los cambios en las condiciones del entorno, las nuevas funciones, el mejoramiento de la confiabilidad, la reducción de costos, la reducción de la cantidad de material, el cambio del tipo de material, la eliminación de componentes redundantes, el uso de tecnología de bajo costo, la reducción de los requerimientos, la reducción del tiempo de mantenimiento, el mejoramiento de los componentes, las regulaciones y estándares, el cambio en las regulaciones o estándares de la industria o gobierno, la introducción al mercado de mejores productos y las partes obsoletas. Teniendo en cuenta esta dinámica, se propone el uso de un proceso analítico para jerarquizar los requerimientos para el diseño de los productos.

Figura 1. Modelo teórico del diseño de productos utilizando las técnicas de calidad



Fuente: adaptado de Fowler (2000), Olaya *et al.* (2005), Montgomery (2005), Imai (2006), Kinna (2007).

La autora de esta investigación sugiere que se empleen técnicas que contribuyan al diseño del producto, como el diseño concurrente (DC), el despliegue de la función calidad (QFD), el análisis de valor (AV), el control estadístico de proceso (SPC) y el análisis de modo de efecto de falla (AMEF), entre otras. A con-

tinuación se presenta el desarrollo de cada una de las técnicas de la ingeniería de la calidad para sustentar el objeto de estudio.

2.1. *Diseño concurrente (DC)*

Para Kinna (2007, p. 98), el *diseño concurrente* (DC) es “una metodología en la cual el diseño del producto y el proceso de fabricación están interrelacionados, se realizan todas las actividades de diseño al mismo tiempo, de manera paralela”. Plantea los siguientes factores como requisito exitoso para el diseño, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Factores del diseño concurrente para el diseño de productos

Factores	Diseño concurrente
Cliente	Orientación hacia la práctica de escuchar la voz del cliente.
Proceso	Mejora del proceso mediante la planificación del diseño, del proceso y del producto.
Integración interna/externa	Combinación del diseño, la fabricación y la comercialización, mediante los requisitos del cliente y las especificaciones para el proveedor.
Gestión	Mejora de la organización, mediante las actividades de diseño, administración y producción de un bien.
Producción	Mejora de los medios de fabricación del producto, mediante la programación y el control.
Seguridad	Garantiza la seguridad en los procesos, el medio ambiente y el hombre, mediante disposiciones y normativas.
Comunicación	Efectividad del proceso, mediante un plan idóneo de comunicación.

Fuente: adaptado de Kinna (2007).

La tabla 1 plantea que los objetivos del DC deben ser aplicados de manera sistemática en la organización; si una empresa los implementa, influye en el diseño de los productos. Por lo tanto, es acertado proponer la relación entre esta técnica y el diseño para la primera hipótesis, *H1*: “Las empresas del sector industrial de Manizales que han implementado el DC diseñan sus productos más rápidamente”.

2.2. *Despliegue de la función calidad (QFD)*

En Olaya *et al.* (2005, p. 31), el *despliegue de la función calidad* (QFD) se define como: “la conversión de las demandas del consumidor en características de calidad y el desarrollo de una calidad de diseño para el producto terminado, mediante el despliegue sistemático de relaciones entre demandas y características, comenzando con la calidad de cada componente funcional y extendiendo el despliegue de la

calidad a cada parte del proceso”. En la tabla 2 se relacionan los factores que se deben tener en cuenta para el éxito de la técnica y la satisfacción del cliente.

Tabla 2. Factores de QFD para el diseño de productos

Factores	QFD
Requisitos del cliente	Necesidades y expectativas manifestadas por el cliente.
Requisitos técnicos	Características relevantes y medibles del producto.
Planeación del diseño	Traducción de las especificaciones de diseño del producto.
Planeación del proceso	Traducción de las especificaciones de parámetros de proceso.
Planeación del producto	Traducción de los especificadores de características de calidad del producto.

Fuente: adaptado de Olaya *et al.* (2005).

La tabla 2 presenta los factores del QFD para evaluar las correlaciones entre los requisitos y los procesos de planeación del diseño con el fin de cumplirle al cliente y aumentar la productividad. Sobre la base de esta formulación se plantea la segunda hipótesis, *H2*: “Las empresas del sector industrial de Manizales que han implementado el QFD diseñan sus productos más rápidamente”.

2.3. Análisis de valor (AV)

Para Fowler (2000, p. 42), el *análisis de valor* (AV) es “una metodología que permite simplificar los procesos y productos, implica la integración de ella en la tarea, y debe convertirse en una práctica para todos los departamentos”. La tabla 3 muestra los factores tenidos en cuenta para el proceso de diseño.

Tabla 3. Factores del análisis de valor para el diseño de productos

Factores	Análisis de valor
Incremento de las utilidades	Grado de satisfacción del fabricante que le causa la oferta de los productos elaborados y entregados a los clientes.
Mejora de la calidad	Actividades recurrentes de la gestión del día a día para aumentar la satisfacción del cliente.
Productividad	Relación entre insumos y recursos utilizados para la producción.
Rentabilidad	Resultado de la gestión empresarial y el proceso productivo.
Calidad del trabajo	Satisfacción de los colaboradores en su puesto de trabajo.
Innovación	Creación o modificación de un producto y su introducción comercial.

Fuente: adaptado de Fowler (2000).

Según la tabla 3, el objetivo está orientado a lograr un rendimiento equivalente o superior a un menor costo manteniendo la calidad del diseño; así se sustenta el planteamiento de la tercera hipótesis, *H3*: “Las empresas del sector industrial de Manizales que han implementado el AV diseñan sus productos más rápidamente”.

2.4. Control estadístico del proceso (SPC)

Para Montgomery (2005, p. 88), el *control estadístico del proceso* (SPC) “es una técnica estadística que se utiliza para detectar la variación y las causas para emprender acciones que eviten la fabricación de productos defectuosos”. Una vez alcanzado el SPC se podrá estudiar el proceso de producción con el objetivo de mejorar la calidad del diseño, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Factores de control estadístico del proceso para el diseño de productos

Factores	Control estadístico del proceso
Definición del proceso	Definición de las variables para controlar mano de obra, equipo, materiales, métodos, medio ambiente, entre otros.
Realización del proceso	Proceso estandarizado orientado hacia el control y mejora de las operaciones del proceso mismo.
Control del proceso	Control de los parámetros del proceso y características de los productos y del estado del proceso.

Fuente: adaptado de Montgomery (2005).

La tabla 4 plantea como objetivo que todos los factores sean trabajados en el orden planteado, que se considere el desglose de actividades, la secuencia del proceso y la planificación operativa, dando lugar al planteamiento de la cuarta hipótesis, *H4*: “Las empresas del sector industrial de Manizales que han implementado el SPC diseñan sus productos más rápidamente”.

2.5. Análisis de modo de efecto de falla (AMEF)

Imai (2006, p. 75) define el *análisis de modo de efecto de falla* (AMEF) como una: “técnica de prevención, utilizada para detectar por anticipado los posibles modos de falla, con el fin de establecer los controles adecuados que eviten la ocurrencia de defectos, para analizar componentes de diseños de productos y modos de falla asociados con la funcionalidad de un componente, causados por el diseño”. La tabla 5 indica los factores por ser tenidos en cuenta que contribuyen al diseño.

Tabla 5. Factores del análisis de modo de falla para el diseño de productos

Factores	Análisis del modo de efecto de falla
Número de partes	Nivel óptimo de partes del producto para fabricación o ensamble.
Minimizar la cantidad de número de partes	Menos variaciones de partes similares, de partes y planos de ensamble, de ensambles complicados, de partes que deben cumplir con las características requeridas.
Diseño robusto	Menos sensibilidad a la variación de los componentes.
Eliminar los ajustes	Eliminar los componentes ajustables con altos índices de falla.
Ensamble	Las partes se aseguran solas y no es necesario forzar las partes al ensamblar.
Procesos repetitivos	Para controlar fácilmente la calidad de las partes.
Partes de las operaciones	En el proceso, menos daños y degradación de las partes.
Eficiencia	Pruebas adecuadas, menos equivocaciones de productos.

Fuente: adaptado de Imai (2006).

La tabla 5 sugiere como objetivo considerar qué se espera del diseño, qué quiere y necesita el cliente, y cuáles son los requerimientos de producción, el flujo que seguirá el producto por diseñar, el proceso de producción y la determinación de las áreas más sensibles a posibles fallas. Con este argumento se plantea la hipótesis cinco, H_5 : “Las empresas del sector industrial de Manizales que han implementado el AMEF diseñan sus productos más rápidamente”.

3. Metodología

El diseño metodológico y los resultados son parte de las actividades investigativas realizadas en los sectores industriales de Manizales en el 2010, así:

- Construcción del instrumento: contiene los factores de cada técnica de la calidad, la medida de valoración en una escala Likert. Se validó mediante la aplicación al 10% de las empresas de la muestra, las respuestas determinaron qué ítems fueron útiles y cuáles redundantes por las reiteradas y superfluas contestaciones.
- Cálculo de la muestra: se tuvo en cuenta el *Código Industrial Internacional Uniforme* (CIU), se definieron los subsectores de alimentos, bebidas y café; químicos, plásticos y cauchos, y metalmecánico, según la tabla 6. Para el cálculo de la muestra se aplicó la ecuación 1:

$$n = \frac{\sum_h^l = 1NPQ}{N_{H_2}^{B^2} + \frac{1}{n} \sum_h^l = 1NPQ} \quad (1)$$

Donde: población (N) = 86 empresas en cuatro subsectores. Porcentaje de error (E) = 10%. Niveles de confianza (Z) = 95%, $Z = 1,96$. Varianza = 0,25. Por lo tanto: $n = 67$ empresas.

Tabla 6. Número de empresas por subsector industrial

Subsector	Características	N (Dada)	n (Calculada)
Alimentos, bebidas, café	Sector importante dentro del ámbito local, contribuye a los principales indicadores económicos como la producción, el empleo, la remuneración y la inversión.	31	25
Textiles y confecciones	Sector caracterizado por su mercadeo tradicional, con escasas alianzas con empresas logísticas, mentalidad individualista y poca asociatividad.	7	5
Químicos	Sector de bienes intermedios consumidos por otros sectores industriales, de alto grado de interdependencia, en términos de tecnología y de flujos de producción.	3	2
Plásticos y cauchos	Sector caracterizado por la significativa mejora de los precios energéticos en el mercado internacional, por el Tratado de Libre Comercio y el ALCA.	7	5
Metalmecánica	Sector caracterizado por el cierre de empresas, concordatos, recorte de personal, austeridad en el gasto y disminución en las inversiones sociales.	37	30
Otras	Contribuyente a la productividad industrial.	1	0
Total		86	67

Fuente: Presentación propia de los autores.

- A partir de datos de la Cámara de Comercio de Manizales (2010), se establece:
- Variables del estudio: se contó con datos relativos a las empresas seleccionadas por su experiencia en la ingeniería de la calidad. A priori no se estableció ninguna selección, para observar si a través del análisis de correlación existía alguna asociación estadística entre las variables de calidad o si, por el contrario, era difícil establecer dicha asociación.
 - Selección de expertos, trabajo de campo y análisis de la información: fueron elegidos por sus conocimientos sobre el tema, por la pluralidad en sus planteamientos, por su desempeño en el área de la investigación, por sus referencias empresariales. Los resultados fueron socializados en un proceso de retroalimentación (panel) en el que participaron los empresarios para conocer a profundidad la temática, sus potenciales desarrollos y sus efectos.

4. Resultados

Se presenta la consistencia de la muestra para revisar el análisis de varianza y examinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre las respuestas y la consistencia interna, con el fin de evaluar en qué medida los argumentos planteados son coherentes entre sí y pueden ser empleados para dichas categorías, como se presenta en las tablas 7 y 8.

Tabla 7. Consistencia de la muestra

Variables		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
DC	Intergrupos	1,22	1	7,4	3,0	0,90
	Intragrupos	1,25	32	1,7		
	Total	1,32	31			
QFD	Intergrupos	1,23	1	2,5	3,0	0,87
	Intragrupos	1,33	32	3,2		
	Total	1,22	31			
AV	Intergrupos	1,32	1	4,3	2,9	0,87
	Intragrupos	1,22	32	2,9		
	Total	1,40	31			
SPC	Intergrupos	1,23	1	5,3	3,0	0,92
	Intragrupos	1,34	32	3,3		
	Total	1,32	31			
AMEF	Intergrupos	1,22	1	3,3	3,0	0,88
	Intragrupos	1,22	32	1,7		
	Total	1,32	31			

Fuente: presentación propia de los autores.

Tabla 8. Consistencia interna*

Categoría	Coefficiente	Variable	Coefficiente
DC	0,98	Cliente	0,89
		Proceso	0,78
		Integración interna/externa	0,67
		Gestión	0,87
		Producción	0,87
		Seguridad	0,82
		Comunicación	0,70
QFD	0,87	Requisitos del cliente	0,87
		Requisitos técnicos	0,89
		Planeación del diseño	0,68
		Planeación del proceso	0,88

Categoría	Coficiente	Variable	Coficiente
AV	0,98	Incremento de utilidades	0,66
		Mejora de la calidad	0,66
		Productividad	0,65
		Rentabilidad	0,88
		Calidad del trabajo	0,78
		Innovación	0,98
SPC	0,70	Definición del proceso	0,78
		Realización el proceso	0,86
		Control del proceso	0,60
AMEF	0,88	Número de partes	0,65
		Minimizar la cantidad de número de partes	0,67
		Diseño robusto	0,69
		Eliminar los ajustes	0,70
		Ensamble	0,88
		Procesos repetitivos	0,69
		Partes de las operaciones	0,75
		Eficiencia	0,87

Fuente: presentación propia de los autores.

*Determinante = 0,004.

Como lo plantea Hernández (2009, p. 45): “si la confiabilidad es de 0,60 es media o regular, si es superior a 0,75 es aceptable, y si es mayor a 0,90 es elevada”. Según lo anterior, los coeficientes validan la consistencia interna, donde la categoría más baja fue SPC y las más confiables, DC y AV. En la matriz de correlaciones en la tabla 9 se puede deducir por el determinante, que es bajo, que existe correlación entre ellas, lo que podría interpretarse como una señal no solo de asociación, sino de complementariedad entre las categorías y cierto grado de dependencia entre ellas, que se corrobora con el análisis de independencia χ^2 .

Tabla 9. Correlaciones

Técnicas	DC	QFD	AV	SPC	AMEF
DC	1	0,017	0,043	0,152	-0,384
QFD	0,209	1	0,158	0,406	-0,217
AV	0,185	0,152	1	0,488	-0,121
SPC	0,233	-0,384	-0,217	1	0,258
AMEF	0,268	-0,468	0,259	0,016	1

Fuente: presentación propia de los autores.

El coeficiente de correlación de Pearson mide la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas, X y Y ; está definido por la ecuación 2:

$$r = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \cdot \sigma_Y} \quad (2)$$

Donde Y es diseño de productos; X , técnica de ingeniería de la calidad (DC, QFD, AV, SPC y AMEF). La tabla 10 muestra la correlación, la deducción y el resultado de cada una de las hipótesis planteadas.

Tabla 10. Resultados obtenidos

Hipótesis	Técnica	C. Correlación (r)	Nivel (p)	Deducción	Resultado
H1	DC	0,9	0,01	PS*-fuerte	Aceptada
H2	QFD	0,50	0,05	PS-moderada	Aceptada
H3	AV	0,13	0,05	PS-débil	Aceptada
H4	SPC	0,14	0,05	PS-débil	Aceptada
H5	AMEF	0,36	0,01	PS-moderada	Aceptada

Fuente: presentación propia de los autores.

*PS: positivamente significativa.

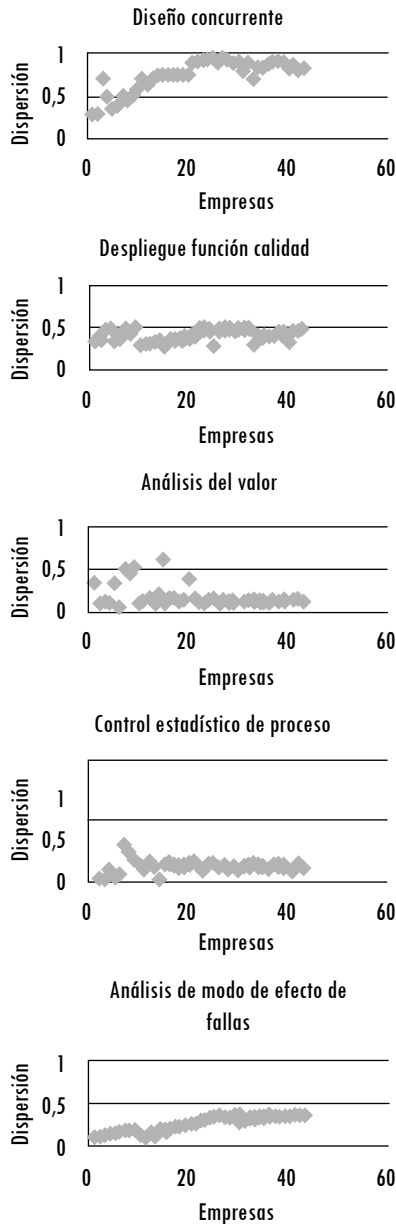
Los coeficientes varían entre 0,13 (significativa débil) y 0,90 (significativa fuerte), con niveles entre 0,01 y 0,05. La correlación muestra que las hipótesis que se probaron fueron positivas y aceptadas. Se concluye que existe una relación directa entre las variables, lo cual significa que las variables comparten información que interviene en la variabilidad e implica que las empresas con estas técnicas de la calidad deberían fomentar el diseño. Los diagramas de dispersión y correlación para las variables del estudio se muestran en la figura 2.

La correlación entre el DC y el diseño es de 0,9. La correlación es positivamente significativa al nivel de 0,01. Por lo tanto, H1 es aceptada; esto significa que las empresas que lo han implementado tienden a diseñar más fácilmente. La alta correlación es razonable, pues se establece sobre los parámetros de calidad.

La correlación entre QFD y el diseño es de 0,5. Es positivamente significativa al nivel de 0,05. Por lo tanto, H2 es aceptada, esto significa que las empresas que la han implementado tienden a diseñar más fácilmente. Las correlaciones más altas se explican por la necesidad de incrementar la satisfacción del cliente.

El AV está relacionado en 0,13 y un nivel de 0,05. H3 también es aceptada, esto significa que las empresas que lo han implementado diseñan fácilmente. Esta técnica relaciona el diseño con la mejora de la calidad, la productividad y la calidad del trabajo.

Figura 2. Dispersión y correlación de las técnicas de ingeniería de la calidad



Fuente: presentación propia de los autores.

El SPC es significativamente correlacionado con el diseño con $r = 0,14, p < 0,01$. Así, H4 es aceptada, esto significa que las empresas que lo han implementado

diseñan fácilmente. El AMEF también es significativamente correlacionado con el diseño con $r = 0,360$, $p < 0,01$. Así, H5 es aceptada, esto significa que las empresas que la han implementado diseñan más fácilmente.

5. Conclusiones

Esta investigación analiza la aplicación de las técnicas de calidad en el proceso de diseño de productos como un mecanismo para la mejora. Los resultados permiten concluir que estas representan un elemento indispensable para comprender los procesos de diseño y la manera como las empresas administran sus recursos. La buena selección de las técnicas de ingeniería de calidad depende del grado de complejidad de cada una de ellas, de los procesos, de la competencia y compromiso del personal, de la gestión y los recursos, entre otros. Igualmente, la puesta en marcha también puede depender de factores externos, como las exigencias del cliente, el mercadeo y la competencia.

A la par, los resultados obtenidos en la investigación muestran que las empresas que han aplicado varias técnicas de ingeniería de la calidad tienen una más clara percepción de la importancia de estas, usan herramientas explícitas, definidas y consistentes, confían más en decisiones estratégicas y usan simultáneamente más métodos.

Existe una relación entre la concepción de un nuevo producto, las técnicas de calidad en ambientes específicos y una determinada configuración de organización industrial, como lo plantean Baldwin y Clark (2000). Implica, además, la concepción de nuevas estrategias organizacionales de las empresas para sobrevivir, como lo refieren Hammer y Champy (1993), Towner (1994), Loasby (1999), Fine (2000); en el contexto de la economía, según Nelson y Winter (1992), Arthur (1999), Hodgson (1997), Metcalfe (2001) y David (2001).

Es preciso señalar dos limitaciones en el estudio. La primera, si bien se logró el tamaño de muestra para los objetivos del proyecto, puede considerarse pequeño desde el punto de vista estadístico; segundo, las técnicas de calidad y el diseño de productos de por sí son un tema bastante amplio, su configuración implica la consideración de un gran conjunto de variables, cada una de las cuales se presta para realizar sendos proyectos de investigación. Se recomienda abordar algunos de los resultados expuestos y otros de la revisión teórica para futuras investigaciones.

De acuerdo con los resultados, DC tiene efectos positivos, ya que se ejerce un mayor control y seguimiento sobre el diseño de productos y la mejora de las operaciones orientadas hacia la satisfacción de los clientes, contribuye a dismi-

nir el plazo de entrega, de las quejas, de los errores y defectos, tanto de los productos como de los procesos, y a aumentar la repetición de los pedidos y las compras por el volumen de clientes satisfechos. La determinación de los factores de cliente, proceso, integración, gestión, producción, seguridad y comunicación contribuyen considerablemente en el diseño.

QFD tiene efectos positivos, ya que aporta a la rebaja de los costos, de los errores y defectos del plazo de entrega, así como al aumento de la seguridad de las operaciones. La satisfacción de los clientes aumenta, además potencia una mayor repetición de sus compras y disminución de las quejas realizadas. Esta técnica provoca una mejora de la imagen corporativa, y por ello en muchos casos se utiliza como herramienta publicitaria. La determinación de los factores de cliente, proceso, integración, gestión, producción, seguridad y comunicación contribuyen considerablemente en el diseño.

AV no tiene consecuencias importantes sobre los resultados económicos, lo que no afecta el balance financiero de las empresas, al no estar reflejadas en su facturación y rentabilidad. La relación de estos factores parece ser muy baja por la existencia de otras técnicas o modelos empresariales; además, podría deberse a la calidad de la información en términos de las utilidades y rentabilidad, considerada como confidencial por parte de los empresarios.

SPC contribuye a mejorar su nivel de calidad mediante la disminución de la variabilidad, el uso de técnicas más confiables y productivas. Al aumentar el control de las operaciones y de los materiales, se reducen los defectuosos y también se mejora la calidad de los productos garantizando clientes satisfechos y empresas exitosas. Esto sugiere que SPC es una técnica efectiva para el diseño, explicada por la definición, realización y control de procesos.

AMEF contribuye y fortalece la calidad hacia el cliente, por el cumplimiento de los estándares en los diseños de los productos. La técnica relaciona las categorías de prevención con el diseño; además, sus factores de número de partes y minimización de estos, la eliminación de los ajustes y de los procesos repetitivos, la optimización de los ensambles y de las operaciones en el proceso en la búsqueda de la eficiencia, contribuyen a la organización, y sus efectos son directos y positivos.

Referencias

- LANGOIS R. *The vanishing band: the modular revolution in American business*, London: Routledge, 1999, vol. 18, núm. 2, pp. 12-17.
- BALDWIN, C. y CLARK, K. *Design rules*. Cambridge, MA: MIT Press, 2000
- BOX, G. Performance criteria and transformation. *Technometrics*. 1996, vol. 30, núm. 1, pp.11-23.

- CÁMARA DE COMERCIO DE MANIZALES. *Código industrial internacional uniforme (CIU)*, *Boletín empresarial*. 2010, p. 24-587.
- CLARK, R. Applying cognitive strategies to instructional design. *Performance Improvement*. 2005, vol. 41, núm. 7, pp. 8-14
- CLAUSING, D. La calidad en el diseño del producto. *Harvard-Deusto Business Review*. 1990, vol. 43, núm. 1, pp. 27-40.
- DAVID, P. *Evolution and path dependence in economic ideas: past and present*. New York: Edward Elgar, 2001.
- FINE H. *El Nuevo ciclo empresarial: ventajas competitivas*. Barcelona: Paidós, 2000.
- FOWLER, T. Value analysis in design. *Journal of Product Innovation Management*. 2000, vol. 1, núm. 17, pp. 24-70.
- HAMMER, M. y CHAMPY, J. *Reengineering the corporation*. New York: Harper Collins Publishers, 1993.
- HERNÁNDEZ, N. *Ecuaciones lineales*. Barcelona: MacGraw Hill, 2009.
- HODGSON, G. *Economics and Institutions: A Manifesto for a Modern Institutional Economics*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1999.
- IMAI, M. *Kaizen: The key to Japan's competitive Success*. New York: McGraw-Hill, 2006.
- KACKAR, R. Off line quality control, parameter design and the Taguchi methods. *Journal of Quality Technology*. 1995, vol. 17, num. 4, pp. 17-61.
- KINNA, R. Team working and concurrent engineering: A success story. *World Class Design to Manufacture*. 2007, vol. 2, núm. 3, pp 5-99.
- LIN, L. Concurrent design of machined products: A multivariate decision approach. *IEEE Transactions on systems, man and cybernetics*. 1990, vol. 30, núm. 2, pp. 252-265. ISSN 0018-9350.
- LOASBY, B. *Choice, complexity and ignorance*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- METCALFE, C. Evolutionary approaches to population thinking and the problem of growth and development. En Dopfer, K. (ed), *Evolutionary Economics: Program and Scope*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- MONTGOMERY, D. Control estadístico de la Calidad. *Industrial Distribución*. 2005, vol. 12, núm. 2, pp. 30-104.
- NELSON, R y WINTER; S. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge MA: Harvard University Press, 1992.
- OLAYA, E.; CORTÉS, C. y DUARTE O. *Despliegue de la función calidad (QFD): beneficios y limitaciones detectados en su aplicación al diseño de prótesis mioeléctrica de mano*. *Ingeniería e Investigación*. 2005, vol. 15, núm. 57, pp. 30-38. ISSN 0120-5609
- ROSS, R. *Government and the private sector: who should do what?* Nueva York: Crane Russak & Co., 1998.
- SÁNCHEZ, C.; LOAIZA, J. y CORTÉS, C. Diseño y construcción de prototipo de pinza y rotador para prótesis mioeléctrica de mano. *Ingeniería e Investigación*. 2006, vol. 26, núm. 3, pp. 5-11.

- SIMÓN, G. Por qué el diseño es indispensable para las empresas. *Gestión de Negocios*. 1999, vol. 4, núm. 6, 19-49.
- TORRES, L.; CASTELLANOS, O. y FÚQUENE, A. Evaluación de la innovación tecnológica de las Mipymes colombianas: Bases conceptuales, metodología de evaluación y caracterización de las empresas innovadoras. *Ingeniería e Investigación*. 2007, vol. 27, núm. 1, pp. 158-167.
- TOWNER, S. Four Ways to Accelerate New Product Development. *Long Range Planning*. 1994, vol. 27, núm. 2, pp. 57-65.
- WU, P. A concurrent engineering approach to design for assembly. *Concurrent Engineering*. 1999, vol. 7, núm. 2, pp. 231-243.

