

# LOS COSTES DE LA CALIDAD EN EL DISEÑO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN: UN ENFOQUE DE PROCESOS

**THE QUALITY COSTS IN DESIGN OF CONSTRUCTION PROJECTS:  
A PROCESSES APPROACH**



**Luis Alonso  
Dzul López**  
Ingeniero Civil  
Universidad  
Politécnica de  
Cataluña



**Santos Gracia  
Villar**  
Doctor  
Ingeniero  
Industrial  
Universidad  
Politécnica de  
Cataluña

Recibido: 27/11/07

Aceptado: 14/01/08

## RESUMEN

Los costes de la calidad representan una herramienta eficaz que permite medir la mejora continua en un programa de gestión de la calidad. Se realizó una revisión bibliográfica y discusión de los modelos planteados para dar seguimiento a los costes de la calidad en proyectos de construcción (QPMS, QPTS, QCM, CQCQS, QCPCM y PROMQACS). Se observó que dichos enfoques, no toman en cuenta los costes de la calidad dentro de los procesos de diseño. Así, se propone un enfoque para dar seguimiento a los costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción (CCDPC), basado en el modelo de costes de la calidad por procesos (PCM), partiendo de la base teórica

de la Metodología de Diseño de proyectos de la Universidad Politécnica de Cataluña (MDP-UPC), en un contexto donde el número de publicaciones sobre este tema es limitado.

**Palabras Clave:** Costes de la Calidad, Procesos, Modelos, Proyectos de construcción.

## ABSTRACT

*The quality costs are an effective tool to measure the continual improvement in a quality management program. It was made a bibliographical revision and discussion of present publications on the generic models of quality costs and the applied ones to construction projects (QPMS, QPTS, QCM, CQCQS, QCPCM and PROMQACS). It was observed that the ap-*

*proaches developed and applied in construction projects it is made from that construction started on site, and they do not take into account the failures and quality management costs within the processes of design. Thereby, this work proposes an approach for measuring and tracking quality costs in design of construction projects (QCDCP), based on the Process Cost Model (PCM) and on the Projects Design Methodology of the Technical University of Catalonia (MDP-UPC), in a context where the number of publications on quality costs is limited.*

**Key words:** Quality Costs, Processes, Models, Construction Projects.

## 1. INTRODUCCIÓN

La calidad en una empresa representa ciertos gastos, que no se refieren únicamente a los gastos del departamento de calidad, si es que lo tiene; estos gastos son los que se refieren a la corrección de fallas, de ve-

rificación de los procesos, de medidas que se tienen que tomar para obtener un mejor producto; estos costes se les llama **costes de la calidad**. Un conocimiento adecuado y detallado de los modelos genéricos de costes de la calidad proporciona una herramienta de vital importancia en un proceso de mejora continua hacia la calidad en una empresa (Gracia y Dzul, 2007). La necesidad de desarrollo de herramientas que permitan

dos en un rango del 5 al 25% de la producción anual de una organización (Love e Irani, 2003). En el caso de la industria de la construcción, se afirma que dichos costes están entre el 8 y el 15% de los costes de la construcción total (Low y Yeo, 1998), de igual manera se han registrado cifras medias del 12.4% del coste del proyecto (Aoieong et al, 2002).

Por otra parte, trabajos recientes (Chuang y Tsai, 2005; Wang et. Al.,

## En países como Estados Unidos de América el coste directo de reprocesos ha sido estimado en más de un 12% de los costes del proyecto

medir el éxito de la gestión de la calidad en proyectos de construcción se justifica debido a que los costes de la calidad en la industria de construcción, en su totalidad, son relativamente altos, en relación a los costes totales del proyecto (Love e Irani, 2003). Aoieong et al. (2002), afirmó que debido a la complejidad de los procesos de la construcción, la medición y seguimiento de los costes de calidad es a menudo una tarea difícil; por lo que, solamente existen algunas publicaciones en relación a cómo los costes de la calidad dentro de la industria de la construcción pueden ser calculados.

Low y Yeo (1998), describieron la importancia de los costes de la calidad en la industria de la construcción en relación a el alcance que pueden llegar a tener: en países como **Estados Unidos de América** el coste directo de reprocesos ha sido estimado en más de un 12% de los costes del proyecto, los costes de la calidad han sido estima-

dos en un rango del 5 al 25% de la producción anual de una organización (Love e Irani, 2003). En el caso de la industria de la construcción, se afirma que dichos costes están entre el 8 y el 15% de los costes de la construcción total (Low y Yeo, 1998), de igual manera se han registrado cifras medias del 12.4% del coste del proyecto (Aoieong et al, 2002). Por otra parte, trabajos recientes (Chuang y Tsai, 2005; Wang et. Al., 2007; Ezeldin y Abu-Ghazala, 2007) proporcionan un acercamiento a un contexto actual y real de las prácticas en los procesos de diseño de proyectos de construcción: generalmente no existe un plan definido de aseguramiento de la calidad en esta etapa, existe una selección incorrecta de los consultores y ocurren cambios frecuentes durante el diseño, así como la ocurrencia de cambios frecuentes durante el proceso. A pesar de que existe una similitud en las etapas de diseño, no existe una metodología que permita conducir de manera sistemática los procesos de diseño del proyecto, sobre todo en la fase conceptual y preliminar (diseño básico). Se han propuesto diversas aplicaciones de modelos genéricos de costes de la calidad para el seguimiento y control de los costes de la calidad en proyectos de construcción, derivándose en diversos sistemas cuyo enfoque se centra en la ejecución del proyecto.

El objetivo de este trabajo es proponer los componentes metodológicos, para el seguimiento y control de los Costes de la Calidad en el Diseño de Proyectos de Construcción (CCDPC) a partir de la base teórica de la Metodología de Diseño de proyectos de la **Universidad Politécnica de Cataluña** (MDP-UPC), bajo un enfoque de procesos delimitado por el Modelo de Costes de la Calidad por Procesos (PCM), desarrollado en la norma **British Standard 6143** parte 1; obteniendo una herramienta de planificación de la calidad dentro de una línea de mejora continua en proyectos de construcción, que toma en consideración las necesidades actuales, así como metodologías validadas y en continua mejora.

### 2. SISTEMAS DE COSTES DE LA CALIDAD EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN. REVISIÓN DE MODELOS

En los últimos años se han planteado revisiones a los modelos genéricos de costes de la calidad (Hwang y Aspinwall, 1996; Schiffauerova y Thomson 2006). Gracia y Dzul (2007) presentaron cronológicamente los estudios realizados en este tema, basado en el trabajo de Schiffauerova y Thomson (2006), agregando un modelo propuesto por Weheba y Elshennawy (2004), encontrado en su revisión; permitiendo visualizar de manera más práctica el modelo genérico de costes de la calidad más estudiado y desarrollado en la industria en general. Este es el modelo tradicional PEF: costes de prevención, costes de evaluación y costes de fallos (internos y externos). Los costes de prevención son los destinados a las actividades encargadas de asegurar la calidad del producto o servicio y los costes de evaluación aquellos destinados a medir el nivel de la calidad conseguido en el proceso; por otra parte los costes de fallos son aquellos derivados por la falta de calidad en productos o servicios antes de (internos) o después de ser entregados (externos) al cliente.

Los casos documentados sobre costes de la calidad corresponden a

ciertos sectores industriales solamente (telecomunicaciones, tecnología de la informática, electrónica, software, servicios financieros, industria del acero e incluso el sector aeroespacial); resaltando la falta de datos sobre industrias importantes en la economía, tal es el caso de la industria de la construcción. En esta investigación, se encontraron y analizaron los sistemas de gestión de costes de la calidad para proyectos de construcción, desarrollados hasta ahora. La tabla 1 muestra un resumen de ellos.

ción de los modelos de costes de la calidad probados y propuestos, se realiza a partir de la fase de ejecución del proyecto. Se hacen referencia a los procesos de diseño, principalmente como causa o generadores de fallos. Reforzando la idea planteada anteriormente, **Abdul-Rahman** (1995) propuso la medición de los costes de la calidad en todos los niveles del proyecto. **Hall y Tomkins** (2001) resaltó la poca consideración que se tenía de los costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción, por parte de los estu-

metodológicas de costes de la calidad en el diseño de proyectos, específicamente en proyectos de construcción. Los elementos a abordar y definir para desarrollar una metodología que permita medir y dar seguimiento a los costes de la calidad en los procesos de diseño son: el modelo de costes de la calidad PCM, cuya referencia se tiene por **Aoieong et al.** (2002) en la industria de la construcción, como una adecuada aplicación para la medición y seguimiento de costes de la calidad en proyectos de construcción; así como la MDP-UPC, sobre la cual se aplicara el modelo PCM.

El modelo de costes de la calidad PCM ha sido desarrollado por la **British Standards Institution** (BSI, 1992) en su norma BS 6143 Parte 1 (BS 6143-1:1992 - *Guide to the economics of quality. Process cost model*). El modelo PCM, puede ser generado para cualquier proceso dentro de una organización; dicho modelo puede ser usado para identificar y controlar los costes de un proceso, en un aspecto particular de la organización. Cada elemento de coste individual debe estar identificado como un Coste de Conformidad (COC) o un Coste de no Conformidad (CONC), así como la fuente de los datos registrados. Basándose en las actividades identificadas, es necesario definir las entradas, salidas, controles y recursos apropiados para cada proceso. El modelo de proceso básico debería ser preparado esencialmente como se muestra en la figura 1.

Autor	Sistemas de gestión de costes de la calidad en proyectos de construcción	Referencias
CII Quality Management Task Force-1987	<b>QPM</b> (Quality Performance Management System)	<b>Abdul-Rahman, 1995; Willis y Willis, 1996; Aoieong et al., 2002; Love e Irani, 2003.</b>
K. Davis-1987	<b>QPTS</b> (Quality Performance Tracking System)	<b>Davis et al., 1989; Abdul-Rahman, 1995; Aoieong et al., 2002; Love e Irani, 2003.</b>
Abdul-Rahman-1993	<b>QCM</b> (Quality Cost Matrix)	<b>Abdul-Rahman, 1993; Abdul-Rahman, 1995; Abdul-Rahman, 1996; Hall, M. y Tomkins, C., 2001. Aoieong et al., 2002; Love e Irani, 2003.</b>
Low y Yeo-1998	<b>CQCQS</b> (Construction Quality Cost Quantifying System)	<b>Low y Yeo, 1998; Aoieong et al., 2002; Love e Irani, 2003.</b>
Aoieong et al.-2002	<b>QCPCM</b> (Quality Costs- Process Costs Model)	<b>Aoieong et al., 2002; Tang et al., 2004.</b>
Love e Irani-2003	<b>PROMQACS</b> (Project Management Quality Cost System)	<b>Love y Li, 2000; Love e Irani, 2003; Love y Sohal, 2003; Hall y Tomkins, C., 2001.</b>
Otros enfoques	Metodología basada en la adecuación del modelo PEF, de acuerdo a las características de la industria. Puntualizando en el estudio de los costes de fallos.  Propuesta de metodología basada en el modelo PEF y el enfoque de Barber et al., 2000. Puntualizando en el estudio de los costes de prevención y evaluación.	<b>Barber et al., 2000; Hall, M. y Tomkins, C., 2001.</b>  <b>Hall, M. y Tomkins, C., 2001.</b>

Tabla 1. Sistemas de gestión de costes de la calidad en proyectos de construcción

### 3. DISCUSIÓN DE LOS MODELOS PLANTEADOS

Existen diversas publicaciones de aplicaciones de dichos modelos (**Abdul-Rahman, 1995; Abdul-Rahman, 1996; Willis y Willis, 1996; Hall, M. y Tomkins, C., 2001; Tang et al., 2004; Love, P.E.D. y Li, H., 2000; Love, P. E. D. y Sohal, A. S., 2003; Barber et al., 2000**). Los modelos de gestión de costes de la calidad revisados con anterioridad, denotan un aspecto común, referente a la fase de aplicación de los mismos: la aplica-

ción de los modelos de costes de la calidad probados y propuestos; **Tang et al.** (2004) propuso por primera vez, como trabajo de futuro desarrollo, la medición de los costes de la calidad en los procesos de diseño en proyectos de construcción.

### 4. MARCO TEÓRICO DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA: COSTES DE LA CALIDAD EN EL DISEÑO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN (CCDPC)

La investigación reveló que no existen estudios sobre aplicaciones

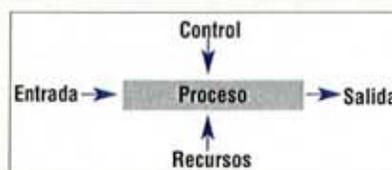


Figura 1. Modelo de proceso básico del PCM.

El objetivo básico de este modelo es una política de mejora continua de la calidad en los procesos clave de la organización, localizando las áreas de la organización para las innovaciones.



Para ello, se debe planificar un programa de mejora donde la unidad de análisis es cada una de las actividades a realizar y donde se clasifican las actividades en aquellas que añaden y las que no añaden valor al producto.

**4.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PROYECTOS**

El Departamento de Proyectos de Ingeniería de la **Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial (ETSEIB) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)** ha desarrollado y aplicado la metodología MDP-UPC. El impulsor de esta metodología orientada a la docencia de proyectos fue **Jaume Blasco** quien, a través de un esfuerzo conceptual, integró elementos de diversas ciencias dentro de una exposición coherente con la elaboración de proyectos. Sus aportaciones abarcan los campos de las aplicaciones y la teoría. Una de las

cualidades de esta metodología es que es adecuada al diseño de todo ti-

tual que permite tanto el trabajo a distancia como guardar registros de

## El modelo PCM, puede ser generado para cualquier proceso dentro de una organización

po de proyectos y aplicable a casos concretos. Una de las principales características de la MDP-UPC es que combina de forma innovadora una base teórica con fuertes fundamentos metodológicos que la validan, un trabajo colaborativo estructurado de tal modo que permite asimilar los conceptos teóricos y una plataforma de trabajo consistente en un entorno vir-

la fase creativa del proyecto. El entorno virtual se aporta mediante el programa BSCW (*Basic Support for Cooperative Working*).

La metodología de enseñanza se basa en desarrollar 9 ejercicios prácticos, los cuales están estructurados como una serie de apartados (o tareas específicas del ejercicio) que deben ser completados por los proyec-

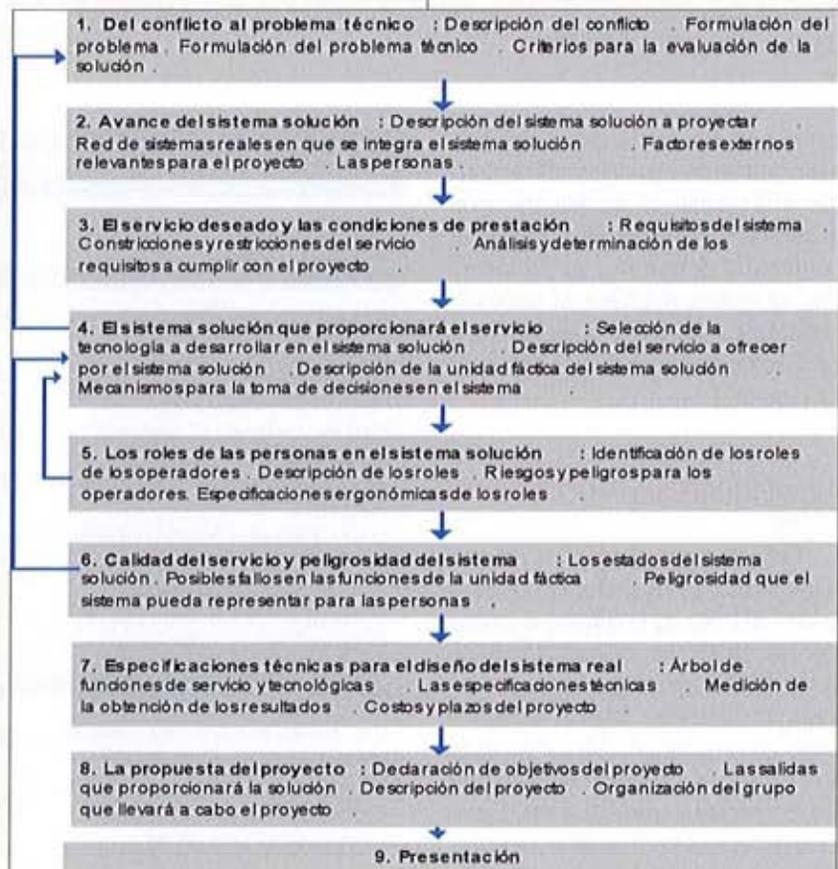


Figura 2. Procesos de la MDP-UPC

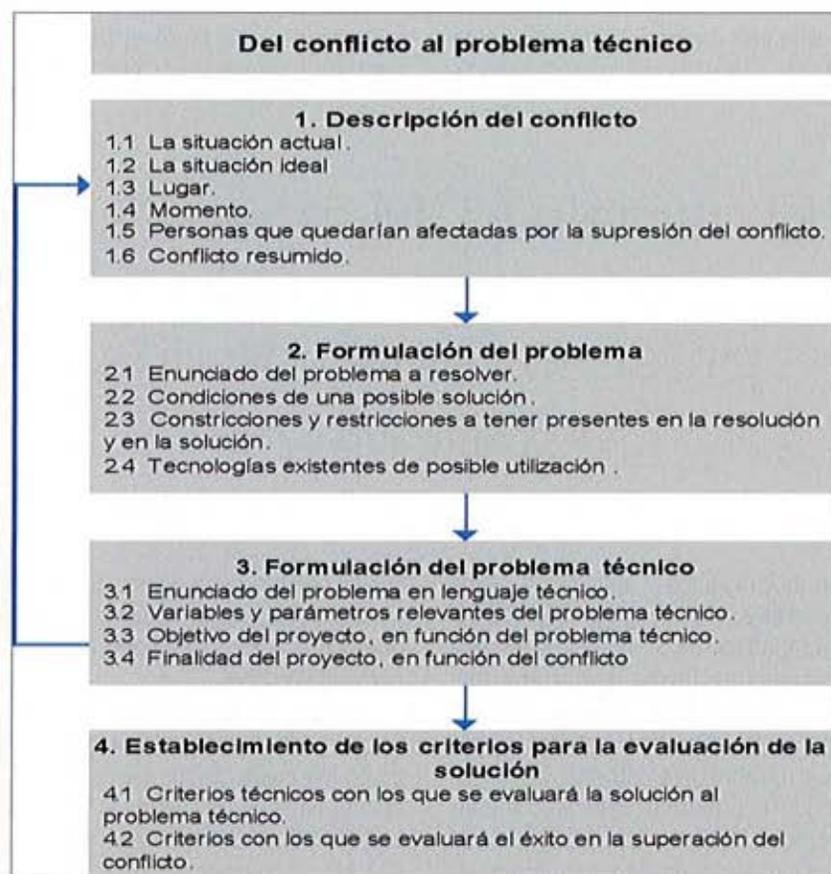


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso del conflicto al problema técnico (ejercicio 1) de la MDP-UPC.

tistas que diseñan el proyecto. Los ocho primeros ejercicios corresponden a la resolución de determinados aspectos que permiten precisar el conflicto y determinar el problema que se quiere resolver; el ejercicio restante es una presentación visual de la solución concreta que se propone (figura 2)

**4.2. METODOLOGÍA PROPUESTA: CCDPC**

Para aplicar el modelo PCM, es necesaria la identificación de los procesos de diseños de la MDP-UPC. Una vez identificado un proceso particular, en este caso, cada uno de los 9 ejercicios, deberán definirse sus límites correctamente, de manera que todas las actividades claves sean incluidas para la investigación. De esta manera, sería necesario el diagrama de flujo del proceso que facilitará la identificación de todas las actividades claves y propietarios del proceso dentro de los límites del mismo. La figura 3 presenta el diagrama de flujo co-

rrespondiente al primer proceso de la MDP-UPC (del conflicto al problema técnico).

Tomando en cuenta el diagrama de flujo del proceso, es necesario definir las entradas, salidas, controles y recursos apropiados para cada proceso. Las salidas del proceso deberían ser identificadas y cada salida debería ser reconocida como va a uno o más procesos. Las entradas de un proceso también deben ser identificadas, tales como los materiales, datos, etc.; de igual manera que los controles y recursos. Los resultados se pueden plantear, tal como se muestra en la tabla 2.

De esta manera, a partir de los datos recopilados en la tabla anterior, se podría establecer gráficamente el modelo PCM para este proceso, tal como se muestra en la figura 4. Otro aspecto fundamental de la metodología CCDPC propuesta, es la determinación de los costes de la calidad para cada proceso de la MDP-UPC, una vez que el modelo PCM ha sido aplicado. Todos los elementos de coste asociados a las actividades claves de cada proceso (9 ejercicios), pueden ser identificados y establecidos como un COC o un CONC; una aproxima-

Nombre del proceso	
Obtención de la redacción del problema técnico (ejercicio 1/MDP-UPC)	
Identificación de entradas y proveedores	
Entradas	Proveedores
Conflicto – problema. Información recolectada	Cliente Proyectista
Identificación de salidas y clientes	
Salidas	Clientes
Finalidad del proyecto en función del conflicto. Conflicto resumido. Redacción del problema técnico. Variables y parámetros relevantes del problema técnico. Afectación a las personas por la supresión del conflicto. Criterios para evaluar la solución al problema técnico y la superación del conflicto. Alternativas tecnológicas propuestas. Restricciones y constricciones planteadas. Objetivo del proyecto en función del problema técnico.	Proyectista
Identificación de controles, recursos /fuente	
Controles	Recursos y fuente
Constricciones legales, sociales, comerciales – Gobierno. Lineamientos y procedimientos estándar – Empresa/consultoría. Restricciones – Cliente/Entorno.	Proyectistas- Personal/Consultoría Espacios de oficina para reuniones – Servicios de sitio/Consultoría. Equipamiento (ordenadores con entorno BSCW) – Departamento informático-Consultoría.

Tabla 2. Entradas, salidas, controles y recursos para el proceso del ejercicio 1 de la MDP-UPC

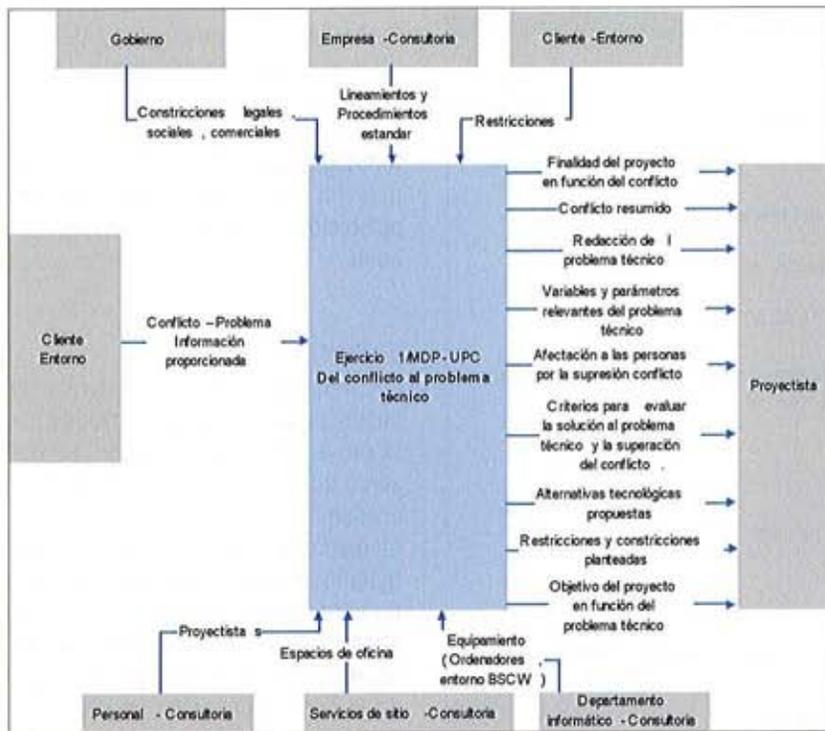


Figura 4. Modelo PCM del proceso del conflicto al problema técnico de la MDP-UPC.

ción hipotética para el primer proceso de la MDP-UPC, podría ser realizada en un formato tal como se muestra en la tabla 3. Los costes de la calidad serían la suma de los COC y los CONC.

La organización debería adoptar un formato uniforme para el reporte total de los costes del diseño; dicho reporte debería contener una lista completa de los elementos de los

El propietario del proceso debería considerar ciclos iterativos de mejora, empleando personas determinadas o equipos

COC y los CONC, especificando si se usan costes reales o estimados y los medios de cálculo para cada elemento de coste. Una aproximación hipotética de un reporte del coste de los procesos de diseño de la MDP-UPC, podría ser el que se muestra a continuación; debiendo contener una lista completa de los elementos de los COC y de los CONC (tabla 4). Es necesario incluir en el reporte, el propietario del proceso o responsable, de una particular actividad clave (Aoieng et al.; 2002).

tética de un reporte del coste de los procesos de diseño de la MDP-UPC, podría ser el que se muestra a continuación; debiendo contener una lista completa de los elementos de los COC y de los CONC (tabla 4). Es necesario incluir en el reporte, el propietario del proceso o responsable, de una particular actividad clave (Aoieng et al.; 2002).

Un programa de actividades de mejora de la calidad debería ser planeada, en base a la información contenida en los reportes de costes con el PCM y establecer prioridades. El propietario del proceso debería considerar ciclos iterativos de mejora, empleando personas determinadas o equipos, para controlar los cambios de costes (BSI, 1992); es necesario que el propietario del proceso este involucrado en el equipo de mejora (Aoieng et al., 2002). Considerando el balance inicial de los COC y CONC, se pueden tomar decisiones, sobre si el diseño del proceso o la eliminación de rediseños, es la primera prioridad. La comparación con periodos previos puede realizarse y así, identificarse las áreas de mejora. Un excesivo COC

Identificación de costes para actividades claves							
Código	Actividad clave	Costes del proceso del conflicto al problema técnico (obtención de la redacción del problema técnico)					
		Coste de conformidad			Coste de no conformidad		
		t(d)	E/d	T(€)	tr(d)	E/d	T(€)
	Reuniones:						
1.V1.1	Reunión proyectador-cliente-promotor						
	Ingeniero proyectista	1	80	80			
	Asistente proyectista	1	50	50	1	80	80
	sub-total			130			80
1.V1.2	Recopilación e investigación de información objetiva						
	Asistente proyectista	3	50	150	1	50	50
	sub-total			150			50
1.V1.3	Reunión equipo de proyectistas						
	Ingeniero proyectista A	2	80	160			
	Ingeniero proyectista B	2	80	160	1	80	80
	Asistente proyectista	2	50	100	1	50	50
	sub-total			480			130
1.V1.4	Evaluación y prevención:						
	Evaluación de procesos						
	Ingeniero supervisor	0.5	80	40			
	sub-total			40			
1.V1.5	Capacitación-proyectista						
	Ingeniero proyectista	2	80	160			
	sub-total			160			
1.V1.5	Otros:						
	Equipamiento y servicios						
	Espacio de reunión	3	20	60			
	Equipo y material de referencia	3	15	45			
	sub-total			105			
	Total			1065			210
	t(d) = Tiempo en días, de utilización del concepto				E/d = Coste por día		
	tr(d) = Tiempo en días, de reutilización del concepto				T(€) = Coste total		

Tabla 3. Identificación de costes para actividades claves del proceso (basado en Love et al., 1999; Love et al., 2000; Chuang y Tsai, 2005; Newton y Christian, 2006)

Reporte de coste del proceso de diseño									
Proceso: Diseño básico del Proyecto XXX (procesos de la MDP-UPC 9 ejercicios)									
Propietario del proceso: Consultoría									
Procesos de conformidad	Coste			Responsable	Procesos de no conformidad	Coste			Responsable
	R	E	€			R	E	€	
Reuniones - Ingeniero proyectista - Asistente proyectista -	*		7875	Consultoría	Reuniones - Retrasos - Errores debidos a información incorrecta. - Cambios iniciados por el cliente - Corrección de fallas del diseñador	*		785	Consultoría
Evaluación y prevención. - Ingeniero supervisor - Capacitador -	*		860	Consultoría	Evaluación y prevención. - Errores y retrasos por re-evaluaciones -	*		250	Consultoría
Otros - Equipo y material de referencia. - Espacios de reunión -	*		1815	Consultoría	Otros - Retrasos por equipo no funcional -	*		110	Consultoría
Total del coste de conformidad del proceso			10555		Total del coste de no conformidad del proceso			1145	
Elaborado por: xxx				Firma:					
Aprobado por: zzz				R-Real E-Estimado					

Tabla 4. Reporte del coste del proceso (basado en Davis et al., 1989; Burati et al., 1992; BSI, 1992; Aoieong et al., 2002; Tang et al., 2004)

puede sugerir la necesidad de un rediseño del proceso. Después de que la mejora se ha realizado, el balance puede cambiar y mover la atención a

otro aspecto; este proceso puede continuar, al menos hasta que otras áreas del balance muestren más alcance de mejoras y ganancias. La fi-

gura 5, presenta un diagrama de flujo de la metodología propuesta, la implementación del PCM en cada uno de los procesos de diseño de la metodología MDP-UPC; en esa figura se muestra las etapas a seguir en la implantación del modelo de manera general.

### 5. CONCLUSIONES

Se ha presentado los sistemas de costes de la calidad desarrollados para proyectos de construcción. Se observó que existe interés profesional y académico en el desarrollo de estos modelos, pudiéndose encontrar información teórica y práctica. De igual manera, se puede encontrar datos publicados sobre el empleo de modelos de costes de la calidad, destacando la poca información en relación a la industria de la construcción.

Los sistemas de costes de la calidad desarrollados para proyectos de construcción se aplican a partir de la fase de ejecución del proyecto; el diseño se considera solamente como una causa de fallo. Actualmente, se pueden destacar la falta de un enfoque sistemático en los procesos del diseño, que permita conducirlos de manera eficientemente, sobre todo en la fase del diseño básico.

Es necesario una herramienta que permita medir la calidad en los procesos de diseño y de esta manera gestionar la mejora continua. Es decir, la aplicación de un modelo de costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción, proporcionaría una herramienta para la solución de problemas actuales en el diseño de proyectos, tal como se ha demostrado en la presente investigación. Con este trabajo, se busca establecer referencias en el tratamiento de los costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción; así como en el desarrollo de futuras aplicaciones de la metodología CCDPC propuesta en este trabajo.

Un sistema de costes de la calidad no puede resolver por sí mismo los problemas de calidad u optimizar el sistema de gestión de calidad. De esta manera, un sistema de control

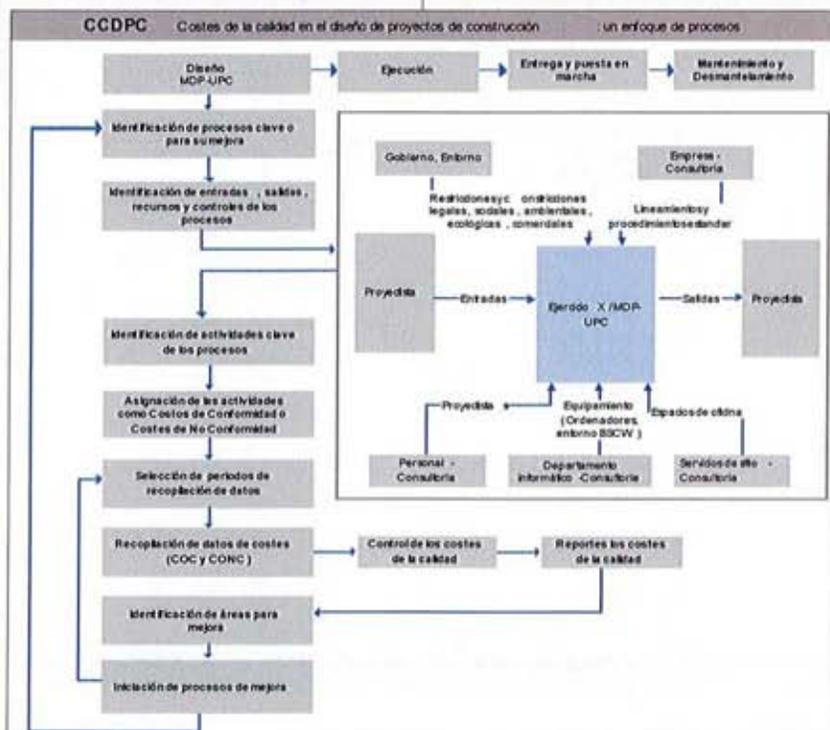


Figura 4. Diagrama de flujo de implementación de la metodología propuesta CCDPC.

de costes de calidad debería ir acompañado de un proceso de mejora eficaz que reduzca los errores que se están cometiendo tanto en las áreas administrativas como en las de producción. Finalmente se destaca el considerar que existen otros factores, tales como el tamaño de la empresa, el contexto en el que se desarrolla, sus propias actividades que condicionan la aplicación de uno u otro modelo de costes de calidad. En opinión de los autores de este trabajo, se considera que este tema representa una línea por desarrollar e investigar, con el objetivo de proveer herramientas y técnicas de gestión para la industria de la construcción.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ABDUL-RAHMAN, H., "Capturing the cost of quality failures in civil engineering". *International Journal of Quality and Reliability Management*, 1993, vol. 10, núm. 3, p. 20-32.
- ABDUL-RAHMAN, H., "The cost of non-conformance during a highway project: a case study". *Construction Management and Economics*, 1995, vol. 13, p. 23-32.
- ABDUL-RAHMAN, H., THOMPSON, P. y WHYTE, I. "Capturing the costs of non-conformance on constructions sites (an application of the quality costs matrix)". *International Journal of Quality and Reliability Management*, 1996, vol. 13, núm 1, p. 48-60.
- AOIEONG, Raymond, TANG, S. L. y AHMED, Syed. "A process approach in measuring quality costs of construction projects: model development". *Construction Management and Economics*, 2002, vol. 20, núm. 2, p. 179-192.
- BARBER, Patrick, GRAVES, Andrew, HALL, Mark, SHEATH, Darryl y TOMKINS, Cyril. "Quality failure costs in civil engineering projects". *International Journal of Quality and Reliability Management*, 2000, vol. 17, p. 479-492.
- BSI. British Standards Institution. "Guide to the Economics of Quality: Process Cost Model, BS 6143: Part 1", 1992, London.
- BURATI, J., FARRINGTON, J. y LEDBETTER, W. "Causes of quality deviations in design and construction". *Journal of Construction Engineering and Management*, 1992, vol. 118, núm. 1, p. 34-49.
- CHUANG, Chin-Chang y TSAI, Chia-Chang. "A fuzzy neural approach for diagnosing PCM executing problem", *Proceedings of the 2005 Systems and Information Engineering Design Symposium*, p.171-176.
- DAVIS, Kent, LEDBETTER, W.B., BURATI, James. "Measuring design and construction quality costs". *Journal of Construction Engineering and Management*, 1989, vol. 115, p. 389-400.
- EZELDIN, Samer y ABU-GHAZALA, Hisham. "Quality Management System for Design Consultants: Development and Application on Projects in the Middle East". *Journal of management in engineering*, 2007, vol. 23, núm. 2, p.75-87.
- GRACIA, Santos y DZUL, Luis. "Modelo PEF de costos de la calidad como herramienta de gestión en empresas constructoras: una visión actual". *Revista Ingeniería de Construcción*, 2007, vol. 22, núm 1, p. 43-56.
- HALL, Mark y TOMKINS, Cyril. "A cost of quality analysis of a building project: towards a complete methodology for design and build". *Construction Management and Economics*, 2001, vol. 19, 727-740.
- HWANG, G. y ASPINWALL, E. "Quality cost models and their application: a review". *Total Quality Management*, 1996, vol. 7, núm. 3, p. 267-281.
- LOVE, Peter. E. e IRANI, Zahir. "A project management quality cost information system for the construction industry". *Information and Management*, 2003, vol. 40, p. 649-661.
- LOVE, Peter. E. y LI, Heng. "Quantifying the causes and costs of rework in construction". *Construction Management and Economics*, 2000, vol. 18, p. 479-490.
- LOVE, Peter. E., MANDAL, P. y LI, H. "Determining the causal structure of rework influences in construction". *Construction Management and Economics*, 1999, vol. 17, num. 4, p.505-15.
- LOVE, Peter. E., MANDAL, P., SMITH, J y LI, H. "Modelling the dynamics of design error induced rework in construction". *Construction Management and Economics*, 2000, vol. 18, p. 567-574
- LOVE, Peter. E. y SOHAL, Amrik. S. "Capturing rework costs in projects". *Managerial Auditing Journal*, 2003, vol. 18, núm. 4, p. 329-339.
- LOW, Sui P. y YEO, Henson K. "A construction quality costs quantifying system for the building industry". *International Journal of Quality and Reliability Management*, 1998, vol. 15, núm 3, p. 329-349.
- NEWTON, L. y CHRISTIAN, J. "Impact of quality on building costs". *Journal of Infrastructure Systems*, 2006, vol. 12, núm. 4, p. 199-206.
- SCHIFFAUEROVA, Andrea y THOMSON, Vince. "A review of research on cost of quality models and best practices". *International Journal of Quality and Reliability Management*, 1989, vol. 23, núm. 6, p.647-669.
- TANG, S., AOIEONG, Raymond y AHMED, Syed. "The use of Process Cost Model (PCM) for measuring quality costs of construction projects: model testing". *Construction Management and Economics*, 2004, vol. 22, núm. 3, p. 263-275.
- WANG, Ching-Hwang, TSAI, Chia-Chang y CHENG, Yi-Yen. "Knowledge-based diagnosis model for PCM executing problems in public construction". *Construction Management and Economics*, 2007, vol. 25, núm. 2, p. 129-142.
- WEHEBA, Gamal y ELSHENAWAY, Ahmad. "A revised model for the cost of quality". *Journal of Quality and Reliability Management*, 2004, vol. 21, núm. 3, p. 291-308.
- WILLIS, Hillman y WILLIS, William. "A quality performance management system for industrial construction engineering projects". *International Journal of Quality and Reliability Management*, 1996, vol. 13, núm. 9, p. 38-48. ■