

PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS COSTES DE LA CALIDAD EN EL DISEÑO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN (CCDPC).

Dzul, L. A.^(p); Gracia, S.

Abstract

It is considered necessary the development of tools that would allow the quality management in the processes design. The approaches 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. This paper describes the methodological components for measuring and tracking quality costs in design of construction projects (QCDPC), based on the Process Cost Model (PCM) and on the Projects Design Methodology of the Technical University of Catalonia (MDP-UPC). The application of a quality cost model in the project design it is an alternative for to manage continual improvement from the beginning of the project in a context where the number of publications on quality costs is limited.

Keywords: Quality, Quality costs, Processes, Design, Construction projects.

Resumen

Es necesario el desarrollo de herramientas que permitan gestionar la calidad en los procesos de diseño de los proyectos de construcción. Los modelos planteados hasta el momento, para dar seguimiento a los costes de la calidad en proyectos de construcción, no toman en cuenta los costes de la calidad en los procesos de diseño. Este trabajo describe los componentes metodológicos para el seguimiento y control de los costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción (CCDPC), basado en la Metodología de Diseño de proyectos de la Universidad Politécnica de Cataluña (MDP-UPC) y en el modelo de costes de la calidad por procesos (PCM). La aplicación de un modelo de costes de la calidad en el diseño de proyectos es una alternativa para gestionar la mejora continua desde las fases iniciales de un proyecto, en un contexto donde el número de publicaciones sobre este tema es limitado.

Palabras clave: Calidad, Costes de la Calidad, Procesos, Diseño, Proyectos de Construcción.

1. Introducción

La calidad es, sin duda, un factor clave para lograr el éxito organizacional; desde las ultimas dos décadas, esta ha recibido mucha atención en la industria de la construcción. Existen diversos enfoques para la gestión de la calidad, la norma ISO 9000 se considera que ha sido y seguirá siendo el sistema de gestión de la calidad más aceptado en la industria de la construcción alrededor del mundo [1]. Esta norma esta en línea con los conceptos de **mejora continua** bajo un **enfoque de procesos**, con el objetivo último de aproximarse al concepto TQM (*Total Quality Management*). De esta manera, es necesaria la medición y evaluación de dichos sistemas de calidad; el seguimiento y control de los **costes de la calidad** se considera como la principal herramienta para la medición de dichos de sistemas [2]. Un conocimiento adecuado y detallado de los costes de la calidad, proporciona una herramienta de vital importancia en un proceso de mejora continua [3], [4], [5], [6].

A través de la medición de los costes de la calidad, la gerencia de una empresa se puede alertar del impacto potencial de la mala calidad sobre la situación financiera. Los costes de la calidad en la industria de la construcción, son relativamente altos, en relación a los costes totales del proyecto [7] y debido a la complejidad de los procesos en esta industria, la medición y seguimiento de los mismos, resulta ser una tarea difícil [8]. El coste de la calidad se define como el coste incurrido para ayudar al empleado a que haga bien el trabajo todas las veces y los costes para determinar si la producción es aceptable, más cualquier costo en que incurre la empresa y el cliente porque la producción no cumplió las especificaciones o las expectativas del cliente. En el caso de la industria de la construcción, se afirma que dichos costes están en un rango del 8 al 15% de los costes de la construcción total [8], [9].

Generalmente no existe un plan definido de aseguramiento de la calidad en el diseño de proyectos de construcción, así como no existe una selección correcta de los consultores de diseño, reflejándose en la ocurrencia de cambios frecuentes durante ese proceso [10], [11], [12]. De igual manera, no se cuenta con una metodología que permita conducir de manera sistemática los procesos de diseño del proyecto, sobre todo en la fase del 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. Abdul-Rahman [13] propuso la medición de los costes de la calidad en todos los niveles del proyecto; Hall y Tomkins [14] resaltó la poca consideración que se tenía de los costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción, por parte de los estudios previos propuestos; Tang et al. [1], [15] 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.

2. Objetivos y metodología

Este trabajo tiene como objetivo proponer una metodología, que permita el seguimiento y control de los Costes de la Calidad en el Diseño de Proyectos de Construcción (CCDPC); en base a la Metodología de Diseño de proyectos de la Universidad Politécnica de Cataluña (MDP-UPC), con un enfoque de procesos delimitado por el Modelo de Costes de la Calidad por Procesos (PCM). La metodología se basó en una planificación y estudio del estado del arte en el campo, identificando los problemas presentes en las soluciones propuestas por otros autores, estableciendo los requisitos de la investigación. La siguiente etapa se centró en el inicio de proponer la gestión de los costes de la calidad en el diseño de proyectos, una vez que se establecieron las limitaciones existentes. Se realizó una revisión exhaustiva de la MDP-UPC y el modelo PCM; para posteriormente, determinar los componentes de la propuesta metodológica CCDPC, en base a las conclusiones obtenidas con anterioridad.

3. Estado del Arte

3.1. Sistemas de costes de la calidad en proyectos de construcción.

El modelo tradicional PEF (prevención, evaluación y fallos) de costes de la calidad, ha sido el modelo genérico más empleado en sistemas desarrollados para controlar dichos costes en proyectos de construcción [4]. 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. Dzul y Gracia [6] analizaron los sistemas de gestión de costes de la calidad para proyectos de construcción, desarrollados hasta ese momento; dicho trabajo reveló que no existían estudios sobre aplicaciones

metodológicas de costes de la calidad en el diseño de proyectos, específicamente en proyectos de construcción. Ya que se hacía referencia a los procesos de diseño, principalmente como causa o generadores de fallos solamente.

4. Metodología para dar seguimiento y controlar los Costes de la Calidad en el Diseño de Proyectos de Construcción (CCDPC).

4.1. Antecedentes

Dzul y Gracia [6], propusieron las bases teóricas para dar continuidad a los trabajos anteriores, partiendo de la necesidad de medición de la calidad en el diseño dentro de la industria de la construcción; etapa del proyecto, que reclama el desarrollo de metodologías y herramientas de gestión de la calidad, que permitan potenciar recursos. Las bases teóricas propuestas para conformar la metodología CCDPC fueron, el modelo de costes de la calidad por procesos PCM como la mejor alternativa para la industria de la construcción [8]. El modelo PCM ha sido desarrollado por la *British Standards Institution* [16] en su norma BS 6143 Parte 1. El modelo PCM, puede ser generado para cualquier proceso dentro de una organización y usado para identificar y controlar, los costes de un proceso, en un aspecto particular. 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 (figura 1). Los costes de la calidad serían la suma de los COC y los CONC. 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.

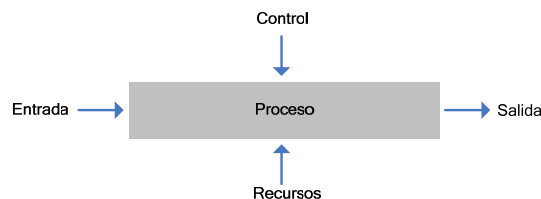


Figura 1. Modelo de proceso básico del PCM.

El otro elemento propuesto para desarrollar la metodología CCDPC, es la MDP-UPC, enfoque sistemático de diseño básico de proyectos, sobre la cual se aplicara el modelo PCM. 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, abarcando los campos de las aplicaciones y la teoría [17]. La metodología se basa en desarrollar 9 fases (ejercicios-procesos), estructurados como una serie de apartados específicos, que deben ser completados por los proyectistas que diseñan el proyecto. Las ocho primeras fases corresponden a la resolución de determinados aspectos que permiten precisar el conflicto y determinar el problema que se quiere resolver; la fase restante es una presentación visual de la solución concreta que se propone (figura 2).

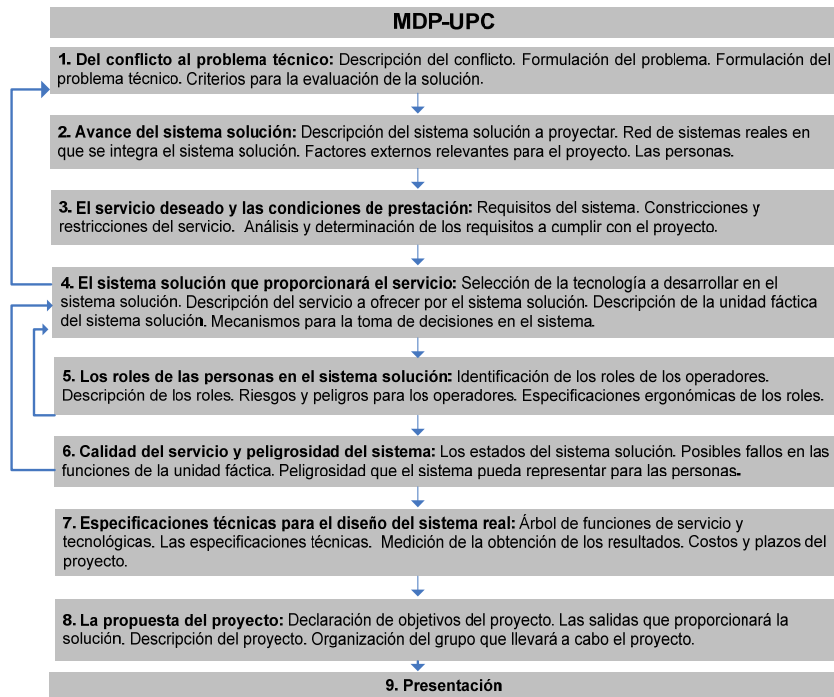


Figura 2. Fases-procesos de la MDP-UPC

4.2. Metodología propuesta: CCDPC.

Para desarrollar la metodología CCDPC, es necesario la identificar los procesos sobre la cual se aplicara el modelo PCM. En este caso, una vez identificado cada una de las 9 fases de la metodología de diseño, 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 de cada una de las fases de la MDP-UPC, que facilitará la identificación de todas las actividades claves y propietarios del proceso dentro de los límites del mismo. Debido a la extensión de la metodología, en este artículo solamente se desarrollara la primera fase de la MDP-UPC, del conflicto al problema técnico (figura 3).

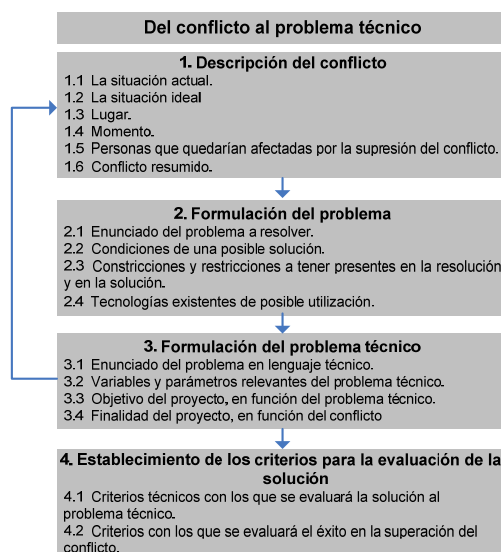


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso del conflicto al problema técnico (fase 1) de la MDP-UPC.

Tomando en cuenta el diagrama de flujo del proceso, es necesario definir las entradas, salidas, controles y recursos apropiados para cada fase. 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 1.

Nombre de la fase o proceso	
Del conflicto al problema técnico (fase 1/MDP-UPC)	
Identificación de entradas y proveedores	
Entradas	Proveedores
Conflicto – problema. Información recolectada	Cliente Proyectista
Identificación de salidas y clientes	
Salidas	Cientes
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 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 1. Entradas, salidas, controles y recursos para la fase 1 de la MDP-UPC

De esta manera, a partir de los datos recopilados en la tabla 1, se podría establecer gráficamente el modelo PCM para esta fase, 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 fase 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 una de las 9 fases, pueden ser identificados y establecidos como un COC o un CONC. Los costes de la calidad serían la suma de los COC y los CONC, tal como lo establece el modelo PCM; una aproximación hipotética para la fase 1 de la MDP-UPC, podría ser realizada en un formato tal como se muestra en la tabla 2.

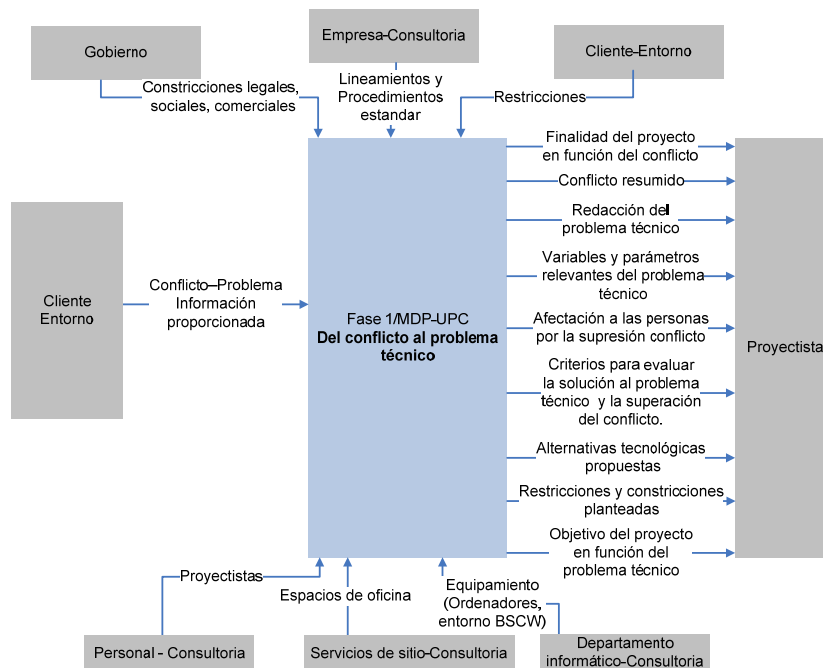


Figura 4. Modelo PCM del proceso del conflicto al problema técnico de la MDP-UPC.

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)	€/d	T(€)	tr(d)	€/d	T(€)
	Reuniones:						
1.V1.1	Reunión proyector-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	160	1	50	50
	sub-total			480			130
	Evaluación y prevención:						
1.V1.4	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			
	Otros:						
1.V1.5	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					€/d= Coste por día		
tr(d)= Tiempo en días, de reutilización del concepto					T(€) = Coste total		

Tabla 2. Costes para actividades claves de la fase (basado en [6], [18], [19], [10], [20])

Una vez calculado el coste total de cada fase (COC+CONC) de la MDP-UPC, se podría presentar un reporte de los costes de la calidad del diseño (tabla 3). La figura 5, es un grafico radial en el que se identifican las fases de la metodología y la relación entre los COC, los CONC y el total. Esta información es más amplia que solo afirmar que el CONC representa el 10% del coste total del diseño, como cantidad absoluta, tal como se maneja en diversas publicaciones.

Reporte de los COC y CONC del proceso de diseño por fase						
Proceso: Diseño básico del Proyecto XXX (fases de la MDP-UPC/)						
Propietario del proceso: Consultoría					Fecha: xx/yy/zz	
Ejercicios	COC (€)	COC /Total (%)	CONC €	CONC/Total (%)	Total (€)	Total (%)
Fase-1	1065	83.53	210	16.47	1275	13.17
Fase -2	580	85.29	100	14.71	680	7.02
Fase -3	925	90.24	100	9.76	1025	10.59
Fase -4	1120	91.80	100	8.20	1220	12.60
Fase -5	875	94.59	50	5.41	925	9.56
Fase -6	875	94.59	50	5.41	925	9.56
Fase -7	1535	89.50	180	10.50	1715	17.72
Fase -8	1340	88.16	180	11.84	1520	15.70
Fase -9	370	93.67	25	6.33	395	4.08
Total Diseño	8685	90.00	995	10.00	9680	100.00
Elaborado por: xxx			Firma:			
Aprobado por: zzz			COC: Coste de conformidad		CONC: Coste de no conformidad	

Tabla 3. Reporte del coste del proceso por fases (basado en [6], [18], [19], [10], [20])

De igual manera, a partir de la tabla 3, se podría elaborar un gráfico que complementara la información recopilada, relacionando el porcentaje de CONC en cada fase (figura 6); de esta manera, se podría observar la tendencia de los CONC durante el proceso de diseño y poder tomar decisiones de mejora durante la realización. Ya que en ocasiones, lo conveniente sería una disminución de los CONC, buscando una pendiente horizontal de tendencia de los mismos. Así como un excesivo COC puede sugerir la necesidad de un rediseño del proceso.

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 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 las fases 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 [8], [16].

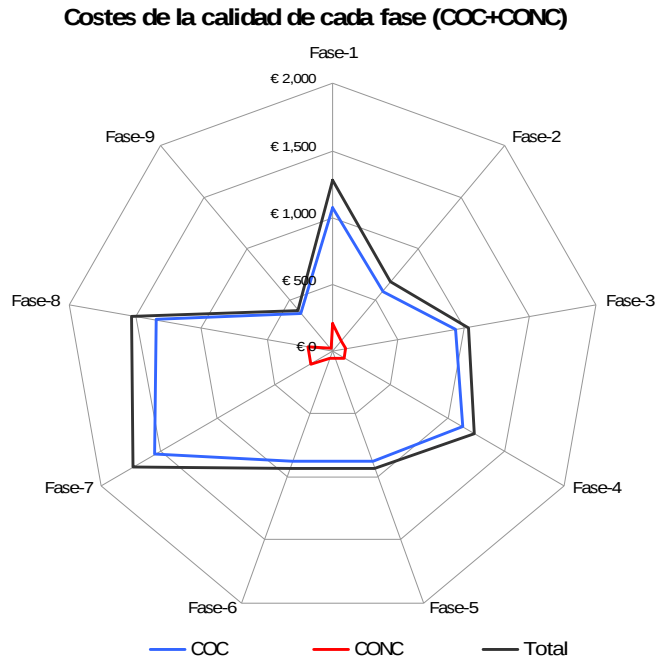


Figura 5. Costes de la calidad de cada fase (COC + CONC)

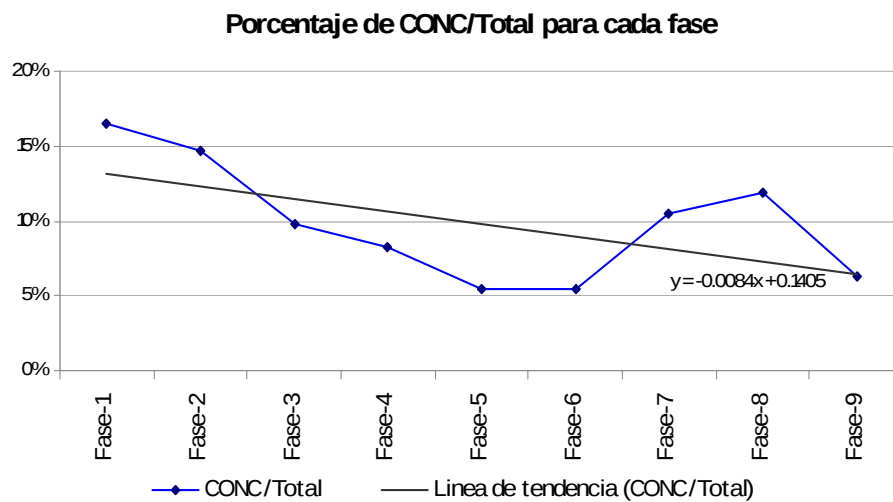


Figura 6. Porcentaje de CONC para fase, mostrando su línea de tendencia

Un programa de actividades de mejora de la calidad debería ser planeada, en base a la información contenida en los reportes de costes de la calidad y establecer prioridades. El propietario del proceso debería considerar ciclos iterativos de mejora, empleando personas determinadas o equipos, para controlar los cambios de costes [16]; es necesario que el propietario del proceso este involucrado en el equipo de mejora [8]. 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. 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 figura 7 presenta un diagrama de flujo de la metodología CCDPC 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, desde la etapa de diseño en el contexto general del proyecto.

Reporte de coste del proceso de diseño									
Proceso: Diseño básico del Proyecto XXX (Fases de de la MDP-UPC)									
Propietario del proceso: Consultoría								Fecha: xx/yy/zz	
Procesos de conformidad	Coste			Responsable	Procesos de no conformidad	Coste			Responsable
	R	E	€			R	E	€	
Reuniones - Ingeniero proyectista - Asistente proyectista	*		7875	Consultaría	Reuniones - Retrasos - Errores debidos a información incorrecta. - Cambios iniciados por el cliente - Corrección de fallos del diseñador.	*		785	Consultaría
Evaluación y prevención. - Ingeniero supervisor - Capacitador	*		860	Consultaría	Evaluación y prevención. - Errores y retrasos por re-evaluaciones -	*		250	Consultaría
Otros - Equipo y material de referencia. - Espacios de reunión	*		1815	Consultaría	Otros - Retrasos por equipo no funcional -		*	110	Consultaría
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 [6], [18], [19], [10], [20])

5. Conclusiones

Existe interés profesional y académico en el desarrollo de sistemas de costes de la calidad para proyectos de construcción, 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. De esta manera, este trabajo destaca la necesidad de 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, bajo un enfoque sistemático y analítico. Es necesario 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 de los mismos 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. Los autores de este trabajo, consideran este tema como una línea por desarrollar e investigar, con el objetivo de proveer herramientas y técnicas de gestión de la calidad para la industria de la construcción.

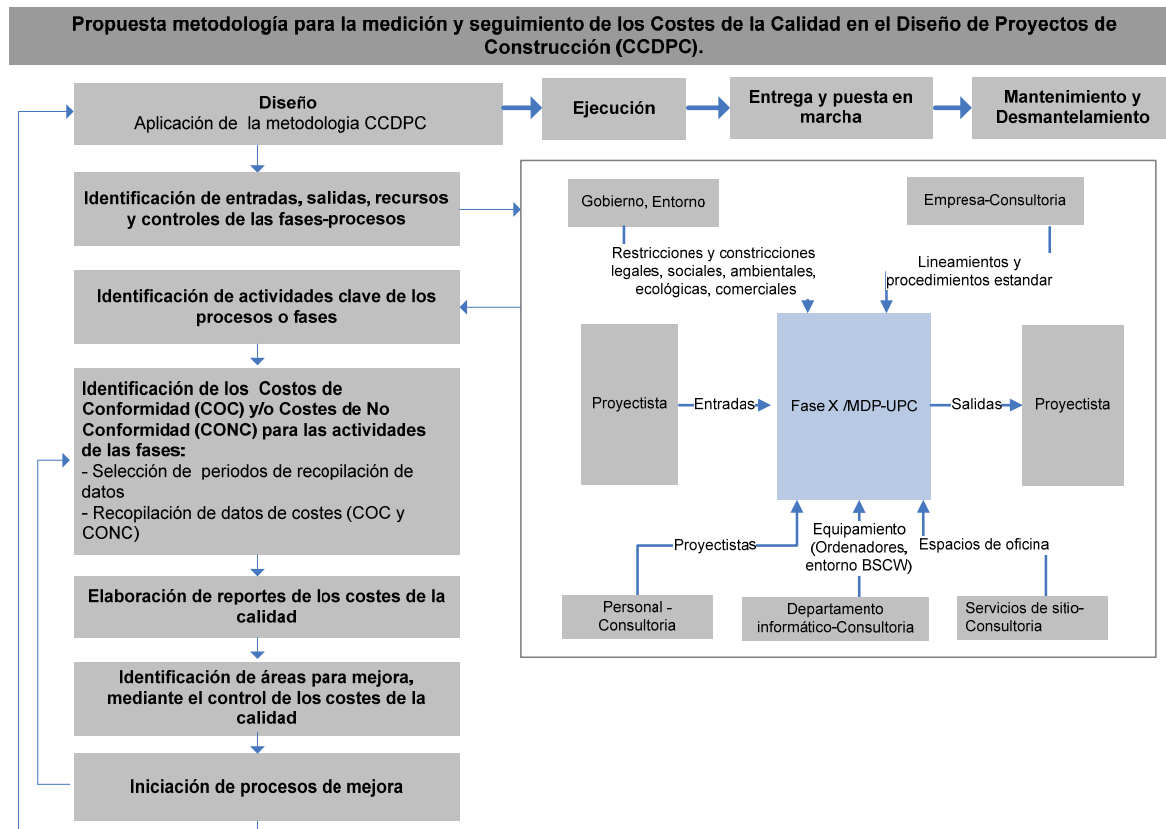


Figura 7. Diagrama de flujo de la propuesta metodología para la medición y seguimiento de los costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción (CCDPC).

Referencias

- [1] Tang S., Aoieong R. and Ahmed S., "The use of Process Cost Model (PCM) for measuring quality costs of construction projects: model testing", *Construction Management and Economics*, Vol. 22(3), 2004, pp. 263-275.

- [2] Juran J. M. y Gryna F. M., *"Manual de control de calidad. Vol. 1"*, Mcgraw-Hill, México, 1996.
- [3] Dzul L. A., "Los costes de la calidad en empresas constructoras", *Tesis de Maestría. Departamento de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México*, México, D.F, 2004.
- [4] Gracia S. y Dzul L. A. "Modelo PEF de costes de la calidad como herramienta de gestión en empresas constructoras: una visión actual", *Revista Ingeniería de Construcción*, Vol. 22 (1), 2007, pp.43-56.
- [5] Dzul L. A. y Gracia S., "The quality costs in design of construction projects: a processes approach", *Proceedings of the XI International Congress on Project Engineering 2007*, Lugo, 2007, pp. 2170-2181.
- [6] Dzul L. A. y Gracia S., "Los costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción: un enfoque de procesos", *DYNA*, 83(1), 2008, pp. 411-422.
- [7] Love, P. and Irani Z., "A project management quality cost information system for the construction industry", *Information and Management*, Vol. 40, 2003, pp. 649-661.
- [8] Aoieong R., Tang S. L. and Ahmed S. "A process approach in measuring quality costs of construction projects: model development", *Construction Management and Economics*, Vol. 20(2), 2002, pp. 179-192.
- [9] Low S. P. and Yeo H. K. C., "A construction quality costs quantifying system for the building industry", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 15(3), 1998, pp. 329-349.
- [10] Chuang, Ch.-Ch. and Tsai, Ch.-Ch., "A fuzzy neural approach for diagnosing PCM executing problem", *Proceedings of the 2005 Systems and Information Engineering Design Symposium*, 2005, p.171-176.
- [11] Ezeldin S. and Abu-Ghazala H., "Quality Management System for Design Consultants: Development and Application on Projects in the Middle East", *Journal of management in engineering*, Vol. 23(2), 2007, pp.75-87.
- [12] Wang, Ch.-H., Tsai, Ch.-Ch. and Cheng, Y.-Y., "Knowledge-based diagnosis model for PCM executing problems in public construction", *Construction Management and Economics*, Vol. 25(2), 2007, pp. 129-142.
- [13] Abdul-Rahman H., "The cost of non-conformance during a highway project: a case study", *Construction Management and Economics*, Vol. 13, 1995. pp. 23-32.
- [14] Hall M. and Tomkins C., "A cost of quality analysis of a building project: towards a complete methodology for design and build". *Construction Management and Economics*, Vol. 19, 2001, pp. 727-740.
- [15] Tang S., Ahmed S, Aoieong R. and Poon S., "Construction Quality Management", Hong Kong University Press, China, 2005.
- [16] BSI, "Guide to the Economics of Quality: Process Cost Model, BS 6143: Part 1", *British Standards Institution*, 1992, London.
- [17] Blasco J., Estay C., Cisteró J. y García A., "Docencia de proyectos con un enfoque cooperativo y un entorno colaborativo presencial y virtual: resultados de nuestra experiencia y sugerencias futuras", *Ponencia presentada en: VI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, Barcelona, España, 2002.
- [18] Love P., Mandal P. and Li H., "Determining the causal structure of rework influences in construction", *Construction Management and Economics*, Vol. 17(4), 1999, pp. 505-515.

[19] Love P., Mandal P., Smith J. and Li H. "Modelling the dynamics of design error induced rework in construction", *Construction Management and Economics*, Vol. 18, 2000, pp. 567-574.

[20] Newton L. y Christian J., "Impact of quality on building costs", *Journal of Infrastructure Systems*, Vol. 12(4), 2006, pp. 199-206.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Luis Alonso Dzul López.
Investigador en el Departamento de Proyectos de Ingeniería
E.T.S.E.I.B., Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)
Av. Diagonal, 647, planta 10, C.P. 08028
Barcelona, España.
Tel: (+34) 93 4017167
Fax: (+34) 93 334 0255.
E-Mail: luis.alonso.dzul@upc.edu