

**DOCUMENT DE TREBALL**

**XREAP2014-03**

**LA IMPORTANCIA DEL CONTROL DE LOS  
COSTES DE LA NO-CALIDAD EN LA  
EMPRESA**

Antonio R. Cristóbal Cebolla  
Anna M. Gil-Lafuente (RFA-IREA, XREAP)  
José M. Merigó Lindahl (RFA-IREA, XREAP)

# LA IMPORTANCIA DEL CONTROL DE LOS COSTES DE LA NO-CALIDAD EN LA EMPRESA

Antonio R. Cristóbal Cebolla  
Ldo. en Ciencias Económicas y Empresariales  
Departamento de Economía y Organización de Empresas  
Av. Diagonal 690 08034 Barcelona España  
arcristobalc@telefonica.net T- 34 93 402 19 62

Anna M. Gil-Lafuente  
Dra. en Ciencias Económica y Empresariales  
Departamento de Economía y Organización de Empresas  
Av. Diagonal 690 08034 Barcelona España  
amgil@ub.edu T- 34 93 402 19 62

José M. Merigó Lindahl  
Dr. en Ciencias Económicas y Empresariales  
Manchester Business School, University of Manchester  
Booth Street West M156PB Manchester UK  
jmerigo@ub.edu T- 34 93 402 19 62

## ***Resumen***

Una gran parte de las empresas de todo el mundo, y especialmente las PYMES occidentales, están perdiendo mucho dinero, y como consecuencia de ello gran parte de su competitividad potencial, debido a que los costes totales de calidad en que incurren, son inaceptablemente elevados. En la mayoría de los casos no existe modelo coherente alguno para gestionar dichos costes, y en otros, los modelos aplicados se utilizan de forma parcial, rutinaria y con escaso convencimiento. El resultado de ello, como cabría esperar, es obviamente decepcionante.

Evidentemente hay también empresas, generalmente las de gran tamaño (líderes del mercado y multinacionales), conocedoras de la gran importancia que para la disminución de sus costes supone disponer de un sistema adecuado de gestión de los costes de calidad. Invierten sistemáticamente en ello, obteniendo resultados satisfactorios, tanto en sus cuentas de resultados como en el nivel de motivación de sus empleados. Éstos, conscientes del interés de la Dirección por mejorar la calidad de sus productos y servicios, se sienten de alguna manera partícipes de ese proyecto, entendiendo que, en definitiva, el éxito de la empresa es también el suyo propio.

Hemos analizado las causas de esta situación, utilizando las experiencias plasmadas en numerosos estudios llevados a cabo por expertos internacionales. Una vez localizados, acotados y definidos los aspectos débiles de los procedimientos aplicados en la actualidad, hemos diseñado un par de nuevos modelos de gestión de los costes totales de calidad, que tienen la virtud de haber eliminado aquellas etapas que, en la práctica, se han mostrado ineficaces, e incorporando otras, que han resultado ser muy útiles en diversos campos de la gestión de la calidad.

El primero de los modelos, el más simple, puede ser utilizado para gestionar presupuestos de costes de calidad sencillos, mientras que el segundo contempla la posibilidad de lograr una mayor exactitud en las cifras de las previsiones, al tiempo que introduce alguna situación de incertidumbre.

***Palabras clave:*** Presupuesto, Gestión, Modelos, Fallos, Mejora.

## ***Abstract***

A huge part of the companies of the world and mainly small and medium occidental ones are losing a lot of money and consequently a great part of its potential competitiveness, due to the high total quality costs they incur that are unacceptably high. In most cases there is not any consistent pattern model for dealing with these costs and in other cases, the applied models are only partially and routinely used and with weak conviction. The result as expected is obviously disappointing.

Evidently there are also companies usually of larger size, (market-leading, multinational, and so on), that are fully aware of the great importance of having an adequate quality cost management system to reduce costs. That's why they systematically invest in it with positive results both in their income statements and in the motivation of its employees. They are aware of how important for management is to improve the quality of their products and services. Then employees feel that in some way they are members of this project understanding the success of the company is also theirs.

We have analyzed the causes of this situation using the experiences reflected in a wide range of studies carried out by international experts. Once located defined and delimited the weak aspects of the currently applied models, we have designed a pair of new models of quality cost management that eliminate proved ineffective processes. Instead, we have incorporated others that have been proved useful in various fields of quality management.

The first model can be used to manage simple quality costs budgets while the second one is able to achieve greater accuracy in the forecasts figures and also adds up some uncertainty environment.

***Keywords:*** Budget, Management, Models, Mistakes, Improvement.

**JEL Classification:** L15, M11

## **INTRODUCCIÓN**

A lo largo de las últimas cinco o seis décadas, hemos oído y leído a numerosos “gurús” y expertos en la gestión empresarial, principalmente estadounidenses, asegurar que los costes de calidad en que incurren las empresas, especialmente las industriales, alcanzan cifras inaceptables. En todos los casos se mencionan dos dígitos, bien sobre el valor de la producción, o sobre el coste de las ventas (Juran, 1962; Crosby, 1979; 1983; Deming, 1992; Schneiderman, 1986; 1988; Harrington, 1976; Feigenbaum, 1956; 1957; Campanella & Corcoran, 1983; Amat, 1995; 2005; Beckford, 2009; Hoyle, 2009).

Muchos autores han enunciado su propia definición de costes de calidad: “Los costes de calidad son la suma de los costes que desaparecerían si no hubieran defectos” (Juran, 1962). “Son los costes de la no conformidad” (Crosby, 1983). “Es la diferencia entre los costes de calidad actuales y los ideales” (Campanella & Corcoran 1983). “Es el total de recursos utilizados para asegurar que la calidad se ajusta a los estándares” Bohand &

Horney, 1991). “Son los gastos incurridos para estabilizar y controlar la calidad de los productos fabricados” (Groocok, 1977), entre otros muchos. Todas ellas son acertadas. Tienen el mismo denominador común, y con ligeros matices vienen a mostrar distintas caras de la misma realidad.

El término “costes de calidad” apareció por vez primera en la década de los años 30 (Crocket, 1935; Miner, 1933), pero hasta los años 50 no hubo procedimiento concreto alguno, tal vez porque solo tomaban en consideración una parte, esencial aunque a todas luces insuficiente, del conjunto potencial de fuentes de costes de calidad: el desecho, las reparaciones, y el coste del departamento de calidad. El primer intento para sistematizar los costes de calidad fue la creación del “Modelo PEF”, (Prevención, Evaluación y Fallos) (Feigenbaum, 1956; 1961; Masser, 1957; Gracia & Dzul, 2007), que fue adoptado después, por los principales especialistas mundiales en estos temas (Juran & Grina, 1988; Gibson et al., 1991). Este modelo fue casi universalmente aceptado, (Feigenbaum, 1974), aunque matizado posteriormente (Schniderman, 1988). Lo analizaremos posteriormente en detalle, mostrando el diagrama correspondiente.

Existen otros modelos, mucho menos utilizados, algunos muy parecidos al PEF (Kirkpatrick, 1970; Besterfield, 1979; Caplen, 1982; Robertson, 1971). Los hay, también, con enfoques distintos (Krzikowski, 1963; Kohl, 1976; Campanella & Corcoran, 1983; Hockett, 1985; Zatzick et al. 2012). Otros, de aplicación muy concreta, fueron diseñados para empresas de automoción Veen (1974). Finalmente cabe mencionar a otros, más teóricos que prácticos, y de escasa difusión (Harrington, 1976; Thoday, 1976).

Como veremos más adelante, los resultados en materia de costes de calidad, que se obtienen en la mayoría de las empresas, en el mejor de los casos podríamos catalogarlos de discretos, y como consecuencia de ello, escasamente motivantes. Las razones son varias, pero podríamos resumirlas en las siguientes:

- Interés relativo de la Dirección General.
- Responsabilidad concentrada en el Director de Calidad.
- Inhibición del Equipo Directivo.
- Formación insuficiente en temas de calidad
- Dudas generalizadas sobre la eficacia del modelo

Nuestra propuesta se basa también en el modelo PEF. Sin embargo, teniendo en cuenta los pobres resultados que se obtienen en las empresas y basándonos en la relación de puntos débiles detectados en la gestión de las mismas, hemos diseñado un procedimiento alternativo de gestión, cuyos elementos clave, son los siguientes:

- Liderazgo permanente del Director General.
- Responsabilidad compartida.
- Participación del Equipo Directivo.
- Creación del Equipo Gestor.
- Formación y entrenamiento en calidad.
- Diseño y control meticuloso del presupuesto de calidad.
- Aplicación, en su caso, de medidas correctivas.

Creemos que los modelos de gestión de costes de calidad que proponemos, poseen, como mínimo, las siguientes ventajas comparativas:

- Fuerte liderazgo del máximo responsable.
- Participación generalizada en la mejora de los costes de calidad.
- Mejor formación específica de la plantilla.
- Vocación de continuidad del modelo.
- Reducción sistemática de los costes de calidad.

No nos atrevemos a calificar de inconveniente el tiempo requerido para llevar a cabo estas actividades, por la indudable contraprestación que supone. Cada empresa deberá valorar pros y contras.

Hemos estructurado esta publicación de la forma siguiente: en la sección A) describimos los costes de la calidad y de la no calidad. La sección B) aporta algunas cifras y datos reales sobre el estado de la cuestión. En la sección C) mostramos las representaciones gráficas de los modelos clásico y actualizado. En la sección D) enunciarnos nuestros modelos propuestos, y finalmente en la sección E) desarrollamos un par de ejemplos virtuales prácticos.

## **LOS COSTES DE CALIDAD EN LA EMPRESA**

### **A) Costes de la Calidad y de la No-Calidad**

Si bien es verdad que la palabra “costes” contiene evidentes connotaciones negativas, lo cierto es que su conocimiento constituye una excelente fuente de información, para aplicar medidas correctivas. Alcanzar un posible ahorro en costes tiene un efecto impactante para la Alta Dirección, al permitirle obtener recursos, que podrían ser reinvertidos posteriormente en actividades relativas a la mejora de la calidad, entre otras aplicaciones.

En España se empieza a hablar seriamente de los Costes de Calidad, hacia los años setenta, pero en los noventa cobran una especial relevancia: (Amat, 1995; 2005; Jiménez, 1994; Fuentes, 1998; Fernández, 1993; Climent, 2003, entre otros muchos).

El estudio de los costes de calidad ha sido “ignorado” por los autores de Contabilidad de Costes, hasta hace poco más de dos décadas. Hoy en día, si exceptuamos a las empresas multinacionales y a las de mayor tamaño, los informes sobre costes de calidad son poco habituales en España e incluso en el extranjero. En un 91% de las empresas españolas, no se ha implantado aún un sistema completo de costes de calidad Amat (1995).

Poner en marcha un programa de mejora de la calidad, implica necesariamente la asunción de nuevos costes, que tienen como destino la reducción o la eliminación de otros ya existentes. Por ello, cuando nos referimos a los costes totales de la calidad, hemos de diferenciar, claramente, dos tipos de costes: Los costes de la calidad y los costes de la no-calidad.

Veamos un cuadro de dichos costes, utilizado por la mayoría de los expertos en temas de calidad, desde hace

cinco o seis décadas.

## Clasificación de los Costes Totales de la Calidad (C.T.C.)

Se denomina Costes Totales de la Calidad, al conjunto de todos aquellos costes, susceptibles de ser contabilizados, que tienen relación con la calidad del proceso o del producto. Dicho de otra forma, es la suma de los costes relativos a los fallos de calidad internos y externos, y de los costes correspondientes a las acciones realizadas para tratar de evitarlos: prevención y evaluación. (Schneiderman, 1986; 1988; Amat, 2005; Juran, 1974; Feigenbaum, 1961).

Veamos un cuadro descriptivo de ellos:

<b>COSTES TOTALES CALIDAD</b>	<b>COSTES CALIDAD</b>	<b>COSTES PREVENCIÓN</b>	
		<b>COSTES EVALUACIÓN</b>	
	<b>COSTES NO CALIDAD</b>	<b>FALLOS INTERNOS</b>	<b>COSTES TANGIBLES</b>
		<b>FALLOS EXTERNOS</b>	<b>COSTES INTANGIBLES</b>

### Costes de Calidad

Llamamos de esta forma a los costes incurridos para disminuir el impacto económico de los errores. Son costes necesarios, ya que sin ellos no sería posible emprender acciones, capaces de erradicar o disminuir los fallos. Se dividen en dos grupos: Costes de Prevención y Costes de Evaluación.

#### Costes de Prevención

Son todos aquellos relacionados con la implantación de medidas correctivas, dirigidas a impedir la generación de defectos. Por ejemplo, redacción de procedimientos, estudios para la mejora de máquinas y procesos, formación, motivación del personal, proyectos de mejora continua, etc.

#### Costes de Evaluación

Denominamos así a los costes realizados para determinar el nivel de calidad de todo o parte del proceso o del producto. Se incluyen los relacionados con las mediciones, inspecciones, verificaciones y otras actividades de control de la calidad, así como estudios estadísticos sobre fallos, inspecciones y controles, realizados por agentes externos, auditorías de proceso o de producto, costes de certificación y de homologación, etc.

#### Costes de la No-Calidad

Son costes generados por la calidad deficiente, la cual se detecta en la propia empresa o en el domicilio del

cliente. En el primer caso es descubierta por la propia empresa, antes de suministrar el producto o servicio al cliente, mientras que en el segundo, ya ha sido suministrado, lo cual encarece y complica la solución. A veces de forma extraordinaria.

### **Costes de los Fallos Internos**

Se denominan de esta forma a los costes incurridos al haberse producido productos o servicios con errores, mermas, desechos, reparaciones de productos o servicios, averías de máquinas, utilización de materia prima defectuosa, exceso de insumos, reinspecciones, baja productividad de algunos empleados como consecuencia de aprendizajes o desmotivaciones, etc.. De todo ello, el cliente no tiene constancia. Son pérdidas internas.

### **Coste de los Fallos Externos**

Son los que se producen cuando el producto o servicio defectuoso es advertido por el cliente, quien, inicialmente, sufre las consecuencias de que el elemento adquirido no satisfaga totalmente las condiciones pactadas. Suelen ser elevados o muy elevados, llegando en algunos casos a tener consecuencias dramáticas para la empresa. Pueden citarse entre ellos, devoluciones con o sin indemnizaciones adicionales, transportes por devoluciones o reenvíos, pérdidas de clientes, disminución de pedidos, rebajas de precios por pérdidas de prestigio, retiradas masivas de series de productos defectuosos del mercado, aumento de gastos publicitarios para recuperar el buen nombre, procesos judiciales etc..

Un lamentable ejemplo de fallos externos fue el llamado “mal de las vacas locas”, (encefalopatía espongiiforme bobina), que tuvo lugar en el año 2000 en el Reino Unido, en particular, y en gran parte de Europa, en general. Si se hubieran tomado medidas preventivas adecuadas, (costes de prevención), las vacas no se hubieran alimentado con piensos inadecuados, con lo que se habría evitado la pérdida de vidas humanas y enormes gastos económicos.

### **Costes Tangibles**

Se trata de aquellos costes susceptibles de ser medidos, que se calculan de forma objetiva, y que generalmente van acompañados de un desembolso concreto. Nos referimos por ejemplo a costes de mano de obra o de materia prima, en los que se incurre, como consecuencia del fallo producido.

### **Costes Intangibles**

También se les llama “costes escondidos”, debido a que no pueden calcularse objetivamente. Para asignarles una cifra deben ser estimados o valuados, mediante criterios subjetivos. Los más comunes son los correspondientes a pérdidas de imagen de la empresa, debido a la detección de graves defectos. A veces, la estimación de pérdidas de ventas se realiza mediante encuestas, cuya fiabilidad es discutible. Otro coste intangible típico es el generado por la desmotivación de la plantilla. Obviamos relacionar listas de defectos típicos de cada uno de los grupos mencionados, porque nos ocuparía innecesariamente varias páginas, y porque suelen estar disponibles en cualquier manual.

## **B) Algunos datos sobre la gestión de los costes de la no-calidad**

En referencia a los Estados Unidos de América, la cifra de costes de calidad, alcanzaría el 10% sobre el valor de las ventas, (Juran, 1974), aunque en realidad podría ser mucho más, si las empresas controlaran todos los costes de calidad. Sin embargo, en la mayoría de casos no es así. Las cifras varían sustancialmente entre los diferentes autores que han investigado sobre ello. Considerando un promedio entre Europa y Estados Unidos, (Amat, 2005), podría llegar al 40%.

Una experiencia estadounidense, (Sower et al., 2007): Se propusieron determinar las causas por las cuales tan sólo menos de la mitad de las organizaciones norteamericanas, controlaban sistemáticamente los costes de la calidad.

El dato, y la voluntad de investigar, se derivaban de estudios empíricos previos, muy desalentadores.

Seleccionaron al azar una muestra de 3200 empresas, miembros de la “Quality Management Division”, de la “American Society for Quality” (ASQ), y les propusieron, por carta o por e-mail, participar en dicho estudio, con el fin de determinar las razones del escaso interés mostrado por gran parte de ellas, en el control de los costes de la calidad. Con ánimo de resumir, las causas más comunes e importantes fueron las siguientes:

- Falta de interés y apoyo por parte del Equipo Directivo.
- Insuficiente conocimiento técnico sobre los principios de la calidad, por parte de los estamentos superiores de la empresa.
- Inexistencia de un buen programa informático de contabilidad.
- Escepticismo generalizado, ante la supuesta eficacia de los programas de control de los costes de la calidad.

Persuadidos de que los resultados del estudio eran consistentes con otros realizados anteriormente, (Chase, 1998; Wheldon & Ross, 1998; Viger & Anandarajan, 1999; Gupta & Campbell, 1995; Pursglobe & Dale, 1995), los presentaron en el “57th Annual Quality Congress”, de la ASQ, en Mayo del 2003.

Una encuesta realizada en la Comunidad Valenciana, (Climent, 2003), enviada a 1445 empresas, de dicha comunidad, todas ellas certificadas ISO-9000, arrojó el siguiente sorprendente resultado:

- Respuestas recibidas: 182 (12,6%)
- La mayoría de ellas no empieza a obtener ahorros hasta el 4º año.
- La mitad de ellas había disminuido los costes de calidad en un 5,53%, en promedio.
- Un 37% aseguraban que, en lugar de disminuir, sus costes habían aumentado en un 2,77%, en promedio.

Respecto a la pregunta “¿Qué tipo de costes calculan?”, las respuestas fueron:

- Fallos internos:..... 43%
- Fallos externos:..... 36%
- Prevención:..... 25%

- Evaluación:..... 22%
- Los cuatro:.....13%
- Intangibles:..... 9%
- Todos ellos:..... 5%

Es decir, solamente un 5% de las empresas “más sensibilizadas”, aplican de forma completa el “Modelo Clásico de Gestión de Costes Totales de la Calidad”. Ello, a pesar de que la adopción de la certificación ISO-9000 es voluntaria, y se basa en la esperanza de mejorar los costes de calidad, y que sus clientes lo sepan, (Beckford, 2009; Hoyle, 2009). Al no encontrar razones de peso, que permitan intuir que tal situación sea privativa de la Comunidad Valenciana, parece razonable pensar que, estas cifras puedan ser, en mayor o menor medida, extrapoladas al resto de Comunidades Autónomas (CC AA), de España.

Deducimos de ello que, los costes de calidad, aún siendo cuantiosos, no se gestionan de forma adecuada, y con la firmeza requerida. Esto es:

- De forma sistemática.
- Con un enfoque riguroso.
- En un entorno global.

Las razones, según el estudio, parecen ser varias:

- Escasa participación de directivos y jefes, de áreas de responsabilidad distintas a la Gestión de la Calidad.
- Insuficiente liderazgo del responsable de la Gestión de la Calidad.
- Débil planificación estratégica de la función de la Calidad.
- Bajo nivel de formación del personal relacionado con la Calidad.
- Prioridad secundaria dentro de los objetivos de la empresa.
- Intermitente interés de la Dirección General.

Nos parece suficientemente aclaratorio lo relacionado hasta este punto, para explicar el “estado de la cuestión”, en un tema de tanta trascendencia económica para las empresas, como éste. Es un pez que se muerde la cola. Si los resultados de la reducción de los costes de la no-calidad no son buenos, cunde el escepticismo y el desinterés, lo cual provoca que, en el siguiente ejercicio, aparezcan de nuevo pobres resultados y que se asiente en la organización un cierto conformismo persistente, ante un sistema que se manifiesta escasamente eficaz.

En esta investigación nos proponemos presentar una nueva estrategia, diseñada para revitalizar el sistema de gestión de los costes de calidad, recogiendo las experiencias de los autores antes mencionados, además de las propias. Se trata de establecer una metodología global, que elimine los viejos errores, sustituyéndolos por procedimientos que han demostrado sobradamente su eficacia, y que sean capaces de involucrar e ilusionar al personal.

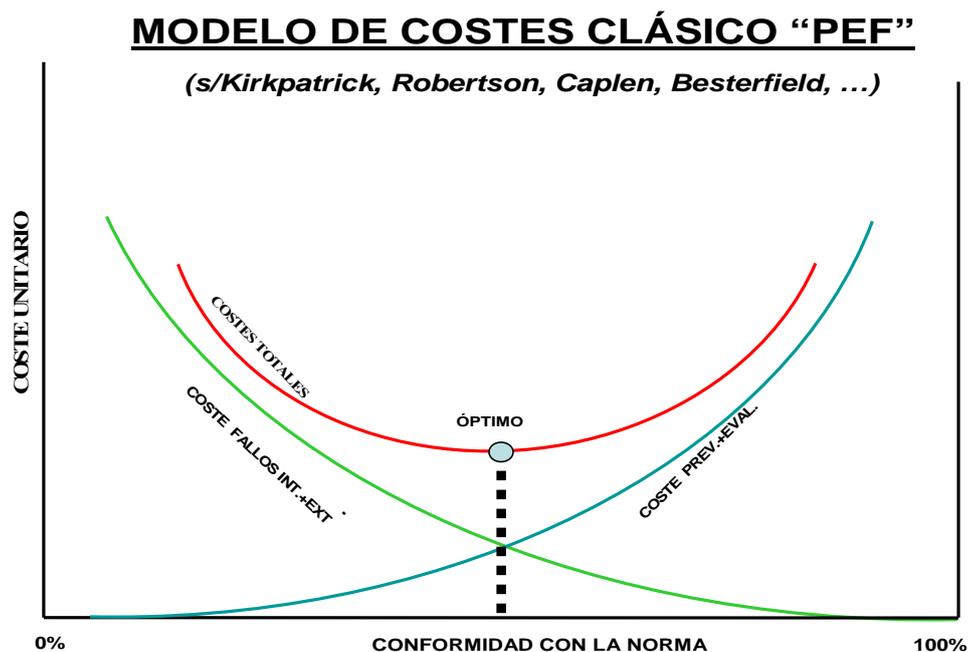
Llegados a este punto, nos parece oportuno adelantar un aspecto de vital importancia, que consiste en desterrar la creencia, ampliamente extendida, de que la calidad es un asunto que compete exclusivamente al responsable de la gestión de la calidad. Por el contrario, debe quedar claro que, todo el personal de la organización, en mayor o

menor medida, habría de ser responsable del éxito o fracaso de la calidad obtenida.

## C) Representación gráfica de los modelos “Clásico” y “Actualizado”

### C1) El modelo de costes “Clásico”

En el esquema, podemos observar el conocido modelo de costes clásico, “PEF”, en idioma español, o “PAF” en terminología anglosajona, (Mitra, 2012; Hassen, 2012; Kirkpatrick, 1970; Robertson, 1971; Caplen, 1982; Besterfield, 1979), que utiliza la E de “Evaluación, en lugar de la A de “Appraisal”. Considera que puede reducirse, de forma notable, la generación de productos defectuosos mediante inversiones en Evaluación y Prevención, con el inconveniente de que, éstas, crecerían de forma exponencial a medida que nos acercáramos al nivel de cero defectos. Es decir, el modelo muestra que, llegando a un cierto nivel de perfección, los costes incurridos en Prevención y Evaluación, serían mayores que los ahorros conseguidos en la reducción de defectos. De todas formas, no debemos olvidar que nos estamos refiriendo a un modelo teórico, aunque de amplia generalización.



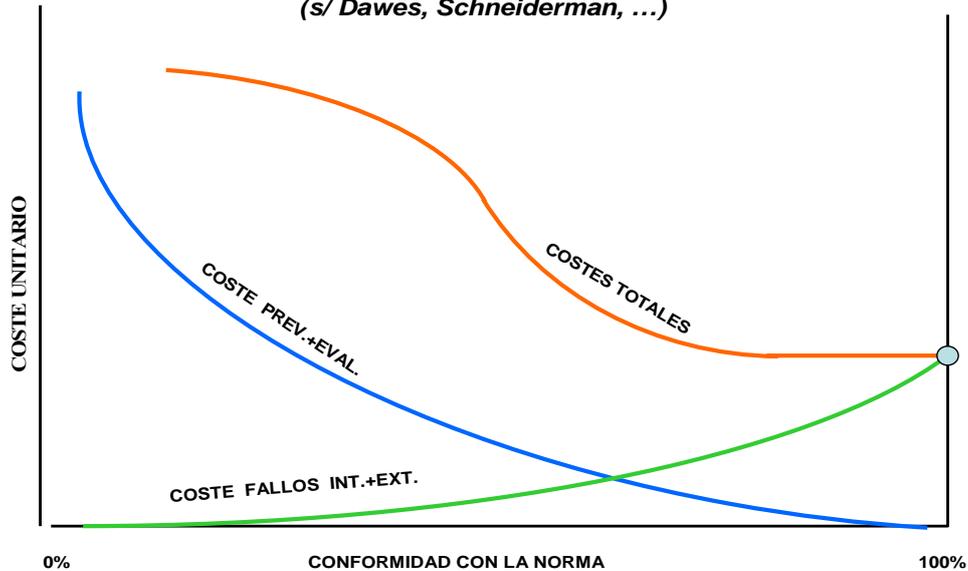
### C2) El modelo de costes “Actualizado”

El modelo clásico ha sido, no sin razón, puesto en duda. Según aseguran los seguidores de la modificación del modelo original, (Schneiderman, 1986; Dawes, 1989), las nuevas tecnologías han permitido reducir los fallos intrínsecos de materiales y productos, y la robotización y la automatización, han conducido a una significativa reducción de los errores humanos, hasta el punto que, la inspección automática ha hecho posible lograr la

“Calidad Total” del producto, (100%), con costes finitos, estando todavía la función de Costes Totales, en su rama descendente.

## **MODELO DE COSTES ACTUALIZADO "PEF"**

(s/ Dawes, Schneiderman, ...)



### **D) Propuesta de nuevos modelos de gestión**

Entre otros, destacan tres grupos de personas, que poseen responsabilidades diferenciadas, aunque complementarias, y que son elementos clave para el buen funcionamiento del modelo. Nos referimos a :

- El Director General
- El Equipo de Dirección
- El Equipo Gestor

#### **El Director General (D.G.)**

Si se ha llegado a este punto, parece evidente que el máximo responsable de la unidad habrá recibido ya algún tipo de información, sobre la idoneidad de este modelo para mejorar los costes de calidad, de tal manera que está plenamente decidido a implantarlo, y a ser exigente en su aplicación.

El D.G. tiene la misión de ser el alma, el motor y el catalizador de todo el proceso. Debe estar profundamente convencido de que todas las personas de la organización tienen un papel específico que cumplir, para el buen funcionamiento del modelo, y que, además, no dudará en hacerlo cumplir. Ha de esforzarse en motivar a su personal. Que todos perciban que él es el primer convencido de que el nuevo sistema adoptado es muy importante para la salud económica de la empresa.

El personal ha de ser consciente de que la máxima autoridad de la empresa los necesita a todos, y que confía en ellos. Debe ejercer, también en este ámbito, el liderazgo que se le supone, y además hacerlo de forma permanente.

La buena voluntad y el deseo de hacerlo bien, es casi siempre evidente, al menos al principio, pero con el transcurso del tiempo, los asuntos cotidianos urgentes, a los que debe hacer frente, provocan que decaiga un tanto su atención. El problema reside en que el personal lo suele percibir. Se dice que *“lo urgente desplaza a lo importante”*. Si esto ocurre de forma puntual, no es alarmante, pero si es frecuente se corre el riesgo de que el personal lo note y se desmotive: *“no debía ser tan importante como decían”*. Lo malo de esta situación es que, tratar de motivar de nuevo, a personas que hemos desilusionado, es tarea difícil.

El D.G. ha de tener completamente asumida la necesidad de implantar y mantener un:

- Alto control de la disciplina operativa.
- Clima de participación generalizada.
- Pacto que implique compromiso mutuo.
- Diseño y control sistemático de todas las operaciones.
- Espíritu participativo para potenciar las sinergias grupales.

Antes de embarcarse en una larga y difícil travesía como ésta, es conveniente que el D.G. se asegure de que, tanto él como su equipo, van a ser colectivamente capaces de mantener firme el timón, hasta que el barco llegue a puerto, en cada uno, y han de ser muchos, de los ejercicios futuros. Si no es así, es mejor no iniciarla. Los arranques titubeantes o a medio gas, comportan más pérdidas que beneficios y desmotivan al personal. Por el contrario, si el modelo se aplica razonablemente bien, al cabo de cierto tiempo se inicia una dinámica de buenos resultados, que compensa con creces el tiempo y el dinero invertido.

### **El Equipo de Dirección (E.D.)**

El E.D. suele estar compuesto por el D.G. y los directores de los principales departamentos de la empresa. Ha de estar informado, entrenado e involucrado en el proyecto, aunque su grado de participación directa varíe entre unos y otros. Deben saber que todos ellos, en mayor o menor medida, pueden y deben colaborar, en solucionar problemas, allanar obstáculos, y facilitar y potenciar la consecución de los objetivos planificados.

Una forma de hacerlo es que el D.G. convoque una reunión del E.D., que él preside, con o sin la presencia de un posible experto o facilitador que, al menos, a lo largo del primer ejercicio, guiaría y supervisaría la implantación de este modelo. Contratar a un especialista es obviamente opcional. Optar por esta solución, pudiera ser debido a que se considere que, en el seno de la empresa no existe nadie lo suficientemente preparado para realizar correctamente esta función, o bien porque se presupone que la presencia de un técnico externo pudiera ser muy adecuado, para dotar al plan de una cierta dosis de seriedad, solemnidad y determinación. O por las dos razones.

Si se decidiera contratar a un experto, su presencia o no en esta primera reunión, tendría pros y contras. A favor está el hecho de que los argumentos del D.G. se verían reforzados por los del experto, que podría citar ejemplos de la aplicación del modelo en otras empresas. Pero por otra parte, su ausencia les permitiría hablar con mayor libertad, debatiendo, sin la presencia de terceras personas, la problemática de la empresa y de la posibilidad de adoptar un nuevo modelo para mejorar la gestión de los costes de calidad.

La formación específica del D.G. y del E.D., que son imprescindibles, tendría lugar posteriormente, una vez conseguido el consenso necesario. Es conveniente puntualizar que, en general, dicho consenso suele ser más

aparente que real. Es muy común que en los E.D. hayan personas poco interesadas, por expresarlo suavemente, en la introducción de nuevas actividades. Se sienten cómodos con la situación existente y desconfían de los cambios. Algunos piensan que “su poder” podría verse mermado, y además, siempre han tenido claro, aunque no lo reconozcan públicamente que, los temas relativos a la Calidad, no pertenecen a su área de responsabilidad.

Es de vital importancia que el D.G. sea plenamente consciente de este hecho. No en vano él es el máximo responsable de la empresa, y se supone que debe conocer muy bien a su equipo. Convencer a todos los miembros del E.D., de la necesidad de compartir el esfuerzo y la responsabilidad, es clave para el buen funcionamiento del modelo.

Lo habitual es que los miembros del E.D. acepten de buen grado la propuesta, e incluso que se manifiesten interesados en su aplicación. Pero no hay que confiarse. Una cosa es manifestarse a favor y otra bien distinta es que realmente lo estén. En muchos de estos equipos existen miembros escépticos, cuando no contrarios, a cualquier cambio que se les plantee.

El D.G., probablemente conocedor de cada miembro de su equipo, deberá estar muy al tanto de esta situación, con objeto de persuadir a cada uno de ellos, de su parte de responsabilidad en el plan. Y no solamente eso, también deberá supervisar muy de cerca y con frecuencia, el desarrollo de los acontecimientos, para aplicar las medidas correctivas más adecuadas, en caso necesario. El proceso será desarrollado, secuencialmente, a lo largo de las páginas que siguen.

## **El Equipo Gestor (E.G.)**

El E.G. está formado por un grupo de técnicos de la empresa, elegidos por el E.D., en función de sus méritos y experiencia, que será más o menos numeroso, en función del tamaño de la misma: Producción, Ingeniería, Desarrollo, Métodos y Tiempos, Administración, RR HH, etc., y el director o responsable del depto. de calidad. Estas personas conocen en detalle la organización y, unos más que otros, el proceso productivo. Su misión será la siguiente:

- A la vista de la información existente sobre los costes de calidad, o en su defecto, (en el primer ejercicio), sobre los fallos de calidad más repetitivos, o situaciones anómalas que afecten a la calidad del producto o servicio, etc., diseñarán en equipo, un conjunto de acciones o proyectos de mejora destinados a aliviar o eliminar tales problemas.
- Estimar colectivamente, y de la forma más precisa posible, el coste de cada una de tales acciones.
- De la misma forma, determinar el ahorro que supondrá, en los capítulos de fallos internos y externos, la aplicación de los proyectos mencionados.

Serán convocados a una reunión, en la que estarán presentes el D.G., el E.D. y el experto coordinador del plan. El D.G. tomará la palabra y explicará el motivo de la reunión, la misión del E.D., y del E.G., del que ya forman parte. Se les explicará que han sido elegidos por el E.D., el cual ha tenido en cuenta sus características profesionales y humanas. En el fondo se trata de un reconocimiento por parte de la Dirección de la empresa, de los méritos individuales de las personas que van a formar parte del E.G., razón por la cual es poco probable que alguno de ellos rechace el nombramiento. Por el contrario, es de esperar que acojan la decisión con orgullo, a

pesar de que en su fuero interno, alguno de ellos no tan seguro de si mismo como aparentemente lo está la Dirección, prefiriese no haber sido elegido.

Cabe la duda determinar, hasta qué punto sería conveniente que, algún miembro del E.D., que destaque por sus méritos técnicos, pudiera formar parte del E.G.. Ésta es una decisión a considerar, al tener que coexistir en un mismo grupo, personas de distinta cualificación profesional, que podría eventualmente coartar la libertad de discrepancia de algunos miembros, en situaciones concretas.

El personal de Producción y de los departamentos auxiliares, deben ser puntualmente informados de lo que se pretende hacer, con el fin de que se sientan partícipes del proyecto, y puedan colaborar en él. El E.D., o algunos de sus miembros, especialmente el Director de Calidad, habrían de liderar la información y a ser posible, también la formación correspondiente.

El E.G. necesitará formación específica y completa sobre el funcionamiento de este modelo, así como también, una visión general sobre “Círculos de Calidad” y “Equipos de Mejora”. Por su parte, los miembros de los equipos que se creen para abordar y solucionar los proyectos de mejora, seleccionados en su momento por el E.G., habrán de ser formados en estas técnicas también, pero mucho más en detalle.

Los cursos de formación existentes en el mercado, son de contenido y complejidad muy variable. Los más habituales enseñan a los participantes la filosofía de la mejora, así como un conjunto de instrumentos estadísticos sencillos denominados “Seven Tools” (Foster, 2001; Galgano, 1995; Ishikawa, 1985; Tague, 2004) . Si se profundiza algo más, se pueden aplicar los llamados “The New Seven Tools” (Ryan, 2012; Andrés-Reig, 1992).

En empresas de mayor tamaño, se suelen formar a algunos técnicos en “Programas de Mejora Seis Sigma” (Schroeder et al., 2008; Magrab et al., 2010; Pande et al., 2000; Breyflogle, 1999; McFadden, 1993), en los que pueden obtener la calificación de “*Green Belt*”, e incluso de “*Black Belt*”. Jack Wells, expresidente y C.E.O. de la multinacional “General Electric Company”, (Pande et al., 2000), invirtió cuantiosos millones de dólares en este programa, en sus empresas, con notable éxito. Otras muchas también lo han hecho.

## **Elaboración del presupuesto**

El primer ejercicio es sin duda el más difícil de realizar, especialmente si en la empresa no está ya implantando un sistema de costes de calidad. En los dos modelos que proponemos, (lo veremos mediante sendos ejemplos

prácticos), el E.G. realizará un presupuesto para el ejercicio siguiente, basado en los resultados pormenorizados del ejercicio anterior. Si se careciera de ellos, el E.G. habría de poner en marcha, sin demora, la contabilización de los costes: Evaluación, Prevención, Fallos Internos y Fallos Externos, durante un ejercicio, que suele ser de Enero a Diciembre, aunque no siempre.

A fin de simplificar la descripción de nuestra propuesta, supondremos que dicha contabilización ya existe y que está a disposición de E.G.. En este supuesto, las fases serían las siguientes:

- Analizar en profundidad cada uno de los componentes de los C.T.C., eliminando o corrigiendo errores o excepciones evidentes.

- Diseñar mecanismos, o proyectos de mejora, que incidan directamente sobre los problemas crónicos más significativos. Es conveniente que sean bastantes, aunque luego, algunos se realizarán o no, en función de los recursos económicos y humanos disponibles.
- Estimar, de la manera más ajustada posible, el coste de cada uno de los proyectos seleccionados, así como la mejora económica individual, prevista para cada uno de ellos.
- Ordenar, de forma creciente, los proyectos acordados, teniendo en cuenta aspectos tales como:
  - . Ahorro anual.
  - . Coste estimado.
  - . Plazo de respuesta, (tiempo requerido para obtener resultados)
  - . Disponibilidad de recursos humanos adecuados.
  - . Otros

El más atractivo ocuparía la posición uno, en solitario, con su coste y ahorro correspondientes. La posición dos sería para el proyecto elegido en segundo lugar, sumando a las cifras del mismo, las del proyecto anterior. Del mismo modo, en la posición tres tendríamos la cifra conjunta de los proyectos de la posición dos, más las del elegido en tercer lugar. Y así sucesivamente. Lo aclararemos, posteriormente, con un ejemplo práctico.

- Plasmar en un cuadro, el plan de trabajo final.
- Determinar la mejor opción, en función de los costes y ahorros previstos, de la disponibilidad de recursos humanos y de la cuantía financiera disponible.

## **Datos de partida del Presupuesto**

Supongamos que la empresa virtual que consideramos, ha contabilizado a lo largo del “período cero”, las cifras que se resumen en la siguiente tabla, y que su composición, minuciosa y detallada, que por razones prácticas de simplicidad, no se detallan en este estudio, se hallan en poder del E.G..

Al propio tiempo, se entrega al E.G. el coste total de la producción del período cero. Este dato servirá para calcular los costes relativos de cada uno de los componentes de la Calidad Total, respecto al coste de la producción. La utilidad de estas cifras es importante, a efectos de comparación con otros ejercicios, y más concretamente para establecer tendencias.

**Coste Producción Período Cero: 27.000.000 u.m.**

**Coste Total Calidad Período Cero: 5.700.000 u.m. (21,1%)**

CLASE DE COSTE	PERIODO CERO	
	COSTE	%
<b>EVALUACIÓN</b>	300.000	5,26
<b>PREVENCIÓN</b>	400.000	7,02
<b>FALLOS INTERNOS</b>	3.000.000	52,63
<b>FALLOS EXTERNOS</b>	2.000.000	35,09
<b>COSTE TOTAL</b>	5.700.000	100

### **Análisis de los componentes de los C.T.C.**

En la tabla anterior vemos el resumen de los C.T.C. del ejercicio cero, que ha recibido el E.G.. Además, ha recibido también una relación pormenorizada de cada uno de los componentes de los cuatro centros de costes: Evaluación, Prevención, Fallos Internos y Fallos Externos. Pueden comprobar, entre otras cosas, en qué partidas de Evaluación y Prevención se han gastado dinero y cuánto. También, las frecuencias con que se repiten los fallos, en qué días de la semana, o meses del año, si ocurren por la mañana o por la tarde, si tienen lugar en alguna máquina concreta o en varias. En resumen, deben analizar en profundidad, por qué se producen los fallos, cuándo, dónde, por quién, etc.. Sólo de esta forma podrán diseñar medidas adecuadas para corregir eficientemente los defectos.

En la actualidad, este tipo de análisis, cuando se hace, es realizado por el responsable de la Gestión de la Calidad. Éste es uno de los problemas de la situación actual. El resto de directivos no se sienten involucrados en el proceso de mejora, en cambio, haciéndolo el E.G., la situación debería cambiar.

### **Diseño de proyectos de mejora**

A la vista del resultado del análisis realizado por el E.G., y una vez el grupo ha determinado las causas más probables de los fallos, se trata de diseñar, colectivamente, un conjunto de posibles soluciones o proyectos de mejora, destinado a aliviar la situación. Es de vital importancia advertir que, en la medida de lo posible, aunque no siempre lo es, las soluciones propuestas habrían de ser de tipo “irreversible”, (Juran, 1974). De esta forma, el fruto de lo conseguido en un ejercicio, podría ser recogido durante muchos más.

### **E ) Solución mediante los modelos 1 y 2**

## E1) Solución mediante el modelo 1

El planteamiento y resolución del modelo 1 está diseñado para los casos más habituales, los de menor complejidad, los más simples. Se aplican matemáticas elementales, por lo que el tiempo requerido para la determinación del “óptimo teórico”, es más corto que el necesario para resolver el modelo 2, que veremos posteriormente.

### Coste y beneficio estimados

Se trata de que el E.G. estime, de la manera más adecuada posible, el coste de cada uno de los proyectos seleccionados, así como el beneficio previsto. Supongamos que lo haya hecho y que estos sean los resultados:

### COSTES DE EVALUACIÓN

CLAVE	PROYECTO	COSTE	BENEFICIO
EF-1	Creación de una plaza de Auditor de Producto Final.	15.000	50.000
EF-2	Creación de otra plaza de Auditor de Producto Final.	15.000	50.000
EA-1	Creación y arranque de un equipo de auditores de Producto Final (tiempo parcial).	40.000	95.000
EE-1	Adquisición programa estadístico Calidad.	5.000	15.000

## COSTES DE PREVENCIÓN

CLAVE	PROYECTO	COSTE	BENEFICIO
PD-1	Desarrollo de un dispositivo "Poka-Yoke" para eliminar el defecto "Alfa".	20.000	150.000
PD-2	Desarrollo de un dispositivo "Poka-Yoke" para eliminar el defecto "Beta".	25.000	160.000
PC-1	Realización de un curso de formación en Prevención de defectos para el 50% del personal de Producción, Ingeniería y deptos.de apoyo.	60.000	200.000
PC-2	Realización de un segundo curso de formación en Prevención de defectos para el restante 50% del personal de Prod., Ingeniería y deptos. de apoyo.	60.000	20.000
PE-1	Creación de 2 "Círculos de Calidad" para reducir "Fallos Internos" y "Fallos Externos".	40.000	110.000
PE-2	Creación de otros 2 "Círculos de Calidad" para reducir "Fallos Internos" y "Fallos Externos".	40.000	110.000
PA-1	Realizar "Contratos de Calidad" con el 50% de proveedores clave de materia prima y componentes.	40.000	80.000
PA-2	Realizar "Contratos de Calidad" con el restante 50% de proveedores clave de materia prima y componentes.	40.000	70.000
PP-1	Creación equipo para el análisis de devoluciones y reclamaciones.	65.000	80.000
PP-2	Formación de un especialista para comprender las necesidades de los clientes y traducirlos al lenguaje técnico propio (modelo KANO).	45.000	75.000

### Ordenar los proyectos de forma creciente y acumulativa

Tal como hemos indicado anteriormente, los proyectos se agrupan de forma acumulativa, sumando costes y beneficios. En primer lugar se elige el más idóneo, y se van añadiendo los demás, uno a uno, según se valore el coste, el beneficio, o la facilidad y rapidez de aplicación.

A efectos de simplificación, (en la práctica no será así), hemos supuesto que, las medidas correctivas generarán la mitad del beneficio en "Fallos Internos", y la otra mitad en "Fallos Externos". En el mundo real, sin embargo, el E.G. asignará las cifras que considere, a cada uno de ellos. El cuadro resultante podría tener la forma siguiente:

## ORDEN DE PREFERENCIAS

CLAVE	VALORES INDIVIDUALES		TOTAL ACUMULADO		ORIGEN DE LOS BENEFICIOS	
	COSTE	BENEFICIO	COSTE	BENEFICIO	FALLOS INT.	FALLOS EXT.
PD-1 (1º)	20.000	150.000	20.000	150.000	75.000	75.000
PD-2 (2º)	25.000	160.000	45.000	310.000	155.000	155.000
PC-1 (3º)	60.000	200.000	105.000	510.000	255.000	255.000
PE-1 (4º)	40.000	110.000	145.000	620.000	310.000	310.000
EF-1 (5º)	15.000	50.000	160.000	670.000	335.000	335.000
PA-1 (6º)	40.000	80.000	200.000	750.000	375.000	375.000
PC-2 (7º)	60.000	200.000	260.000	950.000	475.000	475.000
PP-1 (8º)	65.000	80.000	325.000	1.030.000	515.000	515.000
EF-2 (9º)	15.000	50.000	340.000	1.080.000	540.000	540.000
PA-2 (10º)	40.000	70.000	380.000	1.150.000	575.000	575.000
EA-1 (11º)	40.000	95.000	420.000	1.245.000	622.500	622.500
PE-2 (12º)	40.000	110.000	460.000	1.355.000	677.500	677.500
EE-1 (13º)	5.000	15.000	465.000	1.370.000	685.000	685.000
PP-2 (14º)	45.000	75.000	510.000	1.445.000	722.500	722.500
<b>TOTAL</b>	<b>510.000</b>	<b>1.445.000</b>				

### Plan de trabajo final

Como ya se ha mencionado anteriormente, las cifras utilizadas son de carácter virtual. En este sentido, y a falta de datos reales, nos ha parecido adecuado “mantener” en el período uno, los costes de Evaluación y Prevención del período cero, independientemente del coste de los proyectos que el E.G. haya diseñado para el período uno, que obviamente, los incrementará. Estos costes del período cero, podrían haber sido diseñados, por ejemplo, para cubrir actividades tales como:

- Costes fijos del departamento de Gestión de la Calidad.
- Investigación de mercados.
- Formación en calidad.
- Análisis de fallos.
- Auditorías.
- Revisiones.
- Reuniones de calidad.
- Sistema de Sugerencias.
- Cualquier proyecto de mejora destinado a solucionar algún problema concreto de calidad.
- Etc., etc..

En una empresa real habría sido fácil determinar dichas actividades y su importe, al ser éste un dato contable.

Otro de los datos necesarios para calcular resultados y analizar tendencias, es el “Coste de la Producción” del período uno. Por la misma razón anterior, hemos decidido mantener la misma cifra del período cero, aunque obviamente podría ser cualquier otra.

Por último hemos de señalar que, en el quehacer real de las empresas, los proyectos de mejora que se abordan, suelen requerir duraciones muy dispares, de tal manera que algunos se pueden solucionar en pocas semanas o

meses, mientras que otros, más complejos, pueden requerir más de un ejercicio. En este último caso, es evidente

que las cifras de los cuadros de coste, deben ser periodificadas, en función de la duración de las mejoras esperadas. Veamos a continuación, el cuadro resultante:

TIPO COSTE	PERÍODO CERO	OPCIONES ACUMULADAS PERIODO UNO													
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º
CT EVALUA.	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	315.000	315.000	315.000	315.000	330.000	330.000	370.000	370.000	375.000	375.000
CT PREVENC.	400.000	420.000	445.000	505.000	545.000	545.000	585.000	645.000	710.000	710.000	750.000	750.000	790.000	790.000	835.000
EV + PRE TOTAL	700.000	720.000	745.000	805.000	845.000	860.000	900.000	960.000	1.025.000	1.040.000	1.080.000	1.120.000	1.160.000	1.165.000	1.210.000
FALLOS INTERN.	3.000.000	2.925.000	2.845.000	2.745.000	2.690.000	2.665.000	2.625.000	2.525.000	2.485.000	2.460.000	2.425.000	2.377.000	2.322.500	2.315.000	2.277.500
FALLOS EXTER.	2.000.000	1.925.000	1.845.000	1.745.000	1.690.000	1.665.000	1.625.000	1.525.000	1.485.000	1.460.000	1.425.000	1.377.000	1.322.500	1.315.000	1.277.500
IN + EST TOTAL	5.700.000	5.570.000	5.435.000	5.295.000	5.225.000	5.190.000	5.150.000	5.010.000	4.995.000	4.960.000	4.930.000	4.875.000	4.805.000	4.795.000	4.765.000
% SOBRE COSTE PRODUC.	21,1	20,6	20,1	19,6	19,3	19,2	19,1	18,6	18,5	18,4	18,3	18,1	17,8	17,7	17,6

### Determinación de la mejor opción

Llegados a este punto y a la vista de la tabla que mostramos más abajo, hemos de decidir la opción más favorable, en función de los distintos ahorros potenciales de cada una, basadas en las mejoras de calidad asociadas a cada opción, y en la mayor o menor viabilidad de aplicación de cada proyecto, y sobretodo del límite de la cuantía financiera disponible. Veamos una tabla muy resumida de las posibilidades:

Período	Inversión (Ev.+Pre.)	Coste Fallos (Int.+Ext.)	Desembolso Total	% sobre valor Producción
0	700K	5.000K	5.700K	21,10%
5	860K	4.330K	5.190K	19,20%
6	900K	4.250K	5.150K	19,10%
7	960K	4.050K	5.010K	18,60%
8	1.025K	3.970K	4.995K	18,50%
9	1.040K	3.920K	4.960K	18,40%

- Una de las evidencias que observamos es que, a mayor inversión en Calidad (Evaluación y Prevención), menor es el desembolso total. Dicho de otra forma, que las mejoras potencialmente obtenidas son

superiores al coste de las medidas correctivas aplicadas, lo cual es natural, ya que si no fuese así, no valdría la pena invertir en Calidad.

- Si la D.G. optara por **no sobrepasar, digamos, las 1.000K u.m. de inversión**, es evidente que la **mejor opción**, desde el punto de vista de la financiación, sería **la siete**, con un **desembolso de 960K u.m.** En este supuesto, los costes de la calidad del **período uno** serían el **18,6%** sobre el coste de la producción, mientras que las del **período cero** fueron el **21,1%**.

## **E2) Solución mediante el modelo 2**

El modelo 2 pretende ofrecer una panorámica mas amplia, más completa y de mayor precisión, en las valoraciones de costes y beneficios de los proyectos de mejora. Mientras en el modelo 1 el E.G. se limitaba a estimar las cifras por consenso, ahora iremos un paso más allá, dotando al E.G. de un instrumento de valoración más preciso, más elaborado, que le permitirá concretar las estimaciones, ahora “valuaciones”, de forma más fiable. Nos referimos a la aplicación de la “Teoría de la incertidumbre”, (Gil-Aluja, 1999; 2002), y más concretamente al instrumento de valoración “Número Borroso Triangular” (N.B.T.), cuya aplicación práctica desarrollaremos a continuación.

En el modelo 2, el E.G. habrá de valorar en forma de N.B.T.'s, el coste de cada una de las acciones y proyectos de mejora, así como el impacto en los capítulos de fallos externos e internos, para lo que necesitará formación específica.

Cuando se utilice este modelo, el E.G. habrá de seguir la sistemática del “Método Delphi, (Landeta, 1999; Scott, 2001; Gil-Aluja, 2002). Es comprensible, sin embargo, que no sea imprescindible aplicarla de forma estricta. Con objeto de ahorrar tiempo, es en la práctica suficiente, con adaptarla a las características y disponibilidades de la empresa.

No es éste el lugar para describir la metodología del método Delphi. No es necesario, puesto que está en la mente del lector, y además podremos apreciar su funcionamiento práctico, a medida que desarrollemos el proceso de valoración de los proyectos de mejora.

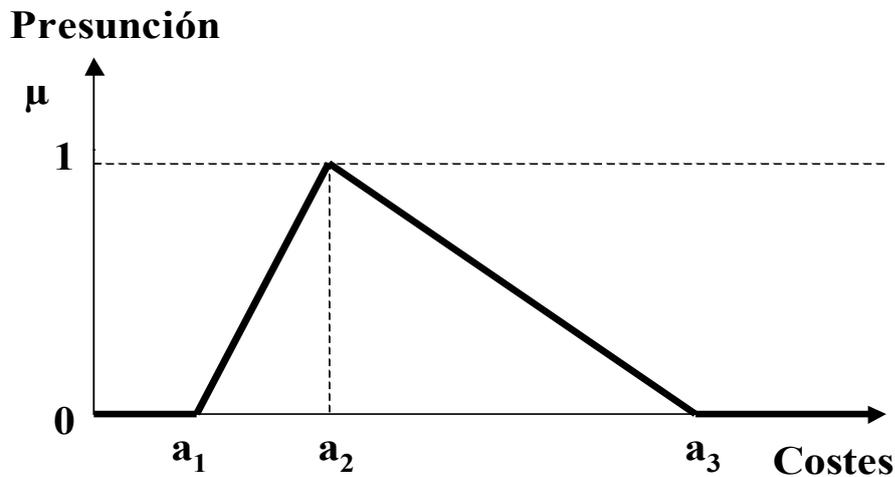
### **El Número Borroso Triangular (N.B.T.)**

El N.B.T. es un número incierto, que puede ser representado de varias formas, entre ellas:

- Por la “Función Característica de Pertenencia”.
- Por el “Intervalo de Confianza”.
- En “Forma Ternaria”.

Elegimos, por su idoneidad, esta última. La Forma Ternaria queda definida por tres cifras límite. La cota inferior es un número por debajo del cual, el nivel de ocurrencia es cero. La intermedia indica un máximo de presunción u ocurrencia, y es la que, con mayor probabilidad, pensamos que va a suceder. La tercera es aquella, por encima de la cual, creemos que el grado de ocurrencia es cero. La presunción, ( $\mu$ ), oscila entre 0 y 1. Cuanto más alto es

el nivel de presunción, más se acerca esta cifra a la unidad, y lógicamente, cuanto menor es la presunción, más se aproxima a cero. El N.B.T. se representa mediante un triángulo, tal como muestra la siguiente figura:



En la adición de NBT's, se suman los extremos inferiores entre sí, ( $\Sigma a_1$ ), y de la misma manera se procede con los de máxima presunción, ( $\Sigma a_2$ ), y con los extremos superiores, ( $\Sigma a_3$ ).

### La valuación de los proyectos de mejora

La valuación de costes y beneficios ha de ser realizada en grupo, Como ya se ha establecido lo llevará a cabo el E.G.. Si lo hiciera una sola persona, es probable que se le escaparan detalles, y además se perdería el “efecto sinergia” propio del trabajo en grupo, incurriendo en errores de apreciación. Veamos cómo actúa el E.G.:

Supongamos que está compuesto por siete miembros, quienes, tras el debate sobre las características del proyecto, empiezan a presentar su meditado punto de vista sobre el coste y el beneficio del mismo, y lo hacen en forma de N.B.T's..

El método Delphi prevé dar a conocer, a cada miembro del grupo, las valuaciones de sus compañeros, preservando siempre el anonimato, con el fin de que reconsideren la suya propia, antes de iniciar una segunda ronda, en la que puedan modificar su estimación anterior, si lo creyeran conveniente. Así mismo, podrían repetirlo una tercera y una cuarta vez, aunque nosotros pensamos que tal reiteración no es ni aconsejable ni necesaria, atendiendo a razones prácticas. El tiempo disponible es limitado, ya que los miembros del E.G. han de ocuparse de su función principal, por la que fueron contratados.

Podríamos pues dar por aceptable la tabla de resultados obtenida en la segunda ronda, (sin perjuicio de que opcionalmente pudieran hacer una tercera), elevándola a la categoría de definitiva, puesto que refleja la opinión de siete técnicos de la organización, supuestamente conocedores del proyecto analizado.

Técnico	Cota inferior	Máxima presunción	Cota superior
1º	6.500	7.000	7.450
2º	7.000	(7850)	(8600)
3º	6.800	7.200	7.500
4º	(6400)	(6950)	(7400)
5º	6.900	7.400	7.800
6º	(7100)	7.800	8.300
7º	7.000	7.700	8.200
<b>Promedio</b>	<b>6.814</b>	<b>7.414</b>	<b>7.893</b>

Una práctica muy extendida en este tipo de actividades, consiste en suprimir los valores extremos (el más alto y el más bajo), de cada una de las tres cotas, con objeto de eliminar estimaciones atípicas, y obtener promedios más homogéneos. En la tabla superior, hemos indicado en rojo y entre paréntesis, dichos valores extremos, aunque los promedios han sido calculados sin eliminarlos. En la tabla siguiente, por el contrario, ya se han suprimido.

Valuación mejorada	Cota inferior	Máxima presunción	Cota superior
A	6.500	7.000	7.450
B	7.000	7.200	7.500
C	6.800	7.400	7.800
D	6.900	7.800	8.300
E	7.000	7.700	8.200
<b>Promedio</b>	<b>6.840</b>	<b>7.420</b>	<b>7.850</b>

Comparando los promedios de ambas tablas, no encontramos diferencias sustanciales. La razón es que las cifras utilizadas como ejemplo, tal vez no reflejen las frecuentemente amplias discrepancias que se dan en la práctica, que en ocasiones pueden llegar a ser sorprendentemente elevadas. Es en estos casos, cuando nuestra propuesta de ajuste de valuaciones puede ser más útil.

### **Coste y beneficio estimados de los proyectos**

Nos ha parecido adecuado mantener el mismo ejemplo del modelo 1, aunque adaptándolo a la sistemática diseñada para el modelo 2. En este sentido, el E.G. valorará, de la forma más precisa posible, el coste y el beneficio potenciales de cada proyecto. Lo mostrado en los cuadros siguientes podría ser el resultado de ello. (Obsérvese que la estimación de cada proyecto está definida por tres cifras. Es la configuración del N.B.T.)

## COSTES DE EVALUACIÓN

CLAVE	COSTE	BENEFICIO
EF-1	14.500 - 15.100 - 16.000	46.000 - 49.000 - 52.000
EF-2	14.400 - 15.000 - 15.800	46.000 - 49.000 - 54.000
EA-1	36.000 - 42.000 - 45.000	85.555 - 92.000 - 96.000
EE-1	4.500 - 4.800 - 5.300	12.000 - 14.000 - 17.000

## COSTES DE PREVENCIÓN

CLAVE	COSTE	BENEFICIO
PD-1	17.000 - 18.000 - 20.000	157.000 - 160.000 - 165.000
PD-2	22.000 - 23.000 - 25.500	168.000 - 170.000 - 175.000
PC-1	55.000 - 58.000 - 62.000	216.000 - 220.000 - 230.000
PC-2	54.000 - 57.000 - 61.000	216.000 - 220.000 - 230.000
PE-1	36.000 - 39.000 - 41.500	111.000 - 113.000 - 116.000
PE-2	36.000 - 38.000 - 41.000	111.000 - 113.000 - 116.000
PA-1	38.000 - 40.000 - 41.000	78.000 - 82.000 - 87.000
PA-2	38.000 - 39.000 - 41.000	70.000 - 75.000 - 78.000
PP-1	62.000 - 64.000 - 67.000	77.000 - 81.000 - 85.000
PP-2	42.000 - 45.000 - 47.000	74.000 - 77.000 - 79.000

### Ordenar los proyectos de forma creciente y acumulativa

Tal como hemos procedido en el modelo 1, los proyectos se relacionarán también de forma acumulativa, sumando costes y beneficios.

## ORDEN DE PREFERENCIAS

CLAVE	TOTAL INDIVIDUAL		TOTAL ACUMULADO		ORIGEN DE LOS BENEFICIOS	
	COSTE	BENEFICIO	COSTE	BENEFICIO	FALLOS INT.	FALLOS EXT.
PD-1 (1º)	17.000	157.000	17.000	157.000	78.500	78.500
	18.000	160.000	18.000	160.000	80.000	80.000
	20.000	165.000	20.000	165.000	82.500	82.500
PD-2 (2º)	22.000	168.000	39.000	325.000	162.500	162.500
	23.000	170.000	41.000	330.000	165.000	165.000
	25.500	175.000	45.500	340.000	170.000	170.000
PC-1 (3º)	55.000	216.000	94.000	541.000	270.500	270.500
	58.000	220.000	99.000	550.000	275.000	275.000
	62.000	230.000	107.500	570.000	285.000	285.000
PE-1 (4º)	36.000	111.000	130.000	652.000	326.000	326.000
	39.000	113.000	138.000	663.000	331.500	331.500
	41.500	116.000	149.000	686.000	343.000	343.000
EF-1 (5º)	14.500	46.000	144.500	698.000	349.000	349.000
	15.100	49.000	153.500	712.000	356.000	356.000
	16.000	52.000	165.000	738.000	369.000	369.000
PA-1 (6º)	38.000	78.000	182.500	776.000	388.000	388.000
	40.000	82.000	193.500	794.000	397.000	397.000
	41.000	87.000	206.000	825.000	412.500	412.500
PC-2 (7º)	54.000	216.000	236.500	992.000	496.000	496.000
	57.000	220.000	250.500	1.014.000	507.000	507.000
	61.000	230.000	267.000	1.055.000	527.500	527.500
PP-1 (8º)	62.000	77.000	298.500	1.069.000	534.500	534.500
	64.000	81.000	314.500	1.095.000	547.500	547.500
	67.000	85.000	334.000	1.140.000	570.000	570.000
EF-2 (9º)	14.400	46.000	312.900	1.115.000	557.500	557.500
	15.000	49.000	329.500	1.144.000	572.000	572.000
	15.800	54.000	349.800	1.194.000	597.000	597.000
PA-2 (10º)	38.000	70.000	350.900	1.185.000	592.500	592.500
	39.000	75.000	368.500	1.219.000	609.500	609.500
	41.000	78.000	390.800	1.272.000	636.000	636.000
EA-1 (11º)	36.000	85.000	386.000	1.270.000	635.000	635.000
	42.000	92.000	410.500	1.311.000	655.500	655.500
	45.000	96.000	435.800	1.368.000	684.000	684.000
PE-2 (12º)	36.000	111.000	422.000	1.381.000	690.500	690.500
	38.000	113.000	448.500	1.424.000	712.000	712.000
	41.000	116.000	476.800	1.484.000	742.000	742.000
EE-1 (13º)	4.500	12.000	426.500	1.393.000	696.500	696.500
	4.800	14.000	453.300	1.438.000	719.000	719.000
	5.300	17.000	482.100	1.501.000	750.500	750.500
PP-2 (14º)	42.000	74.000	468.500	1.467.000	733.500	733.500
	45.000	77.000	498.300	1.515.000	757.500	757.500
	47.000	79.000	529.100	1.580.000	790.000	790.000
<b>TOTAL</b>	468.500	1.467.000				
	498.300	1.515.000				
	529.100	1.580.000				

### Plan de trabajo final

Aplicamos de forma idéntica lo establecido en el modelo 1, y consecuentemente determinamos el nuevo cuadro definitivo.

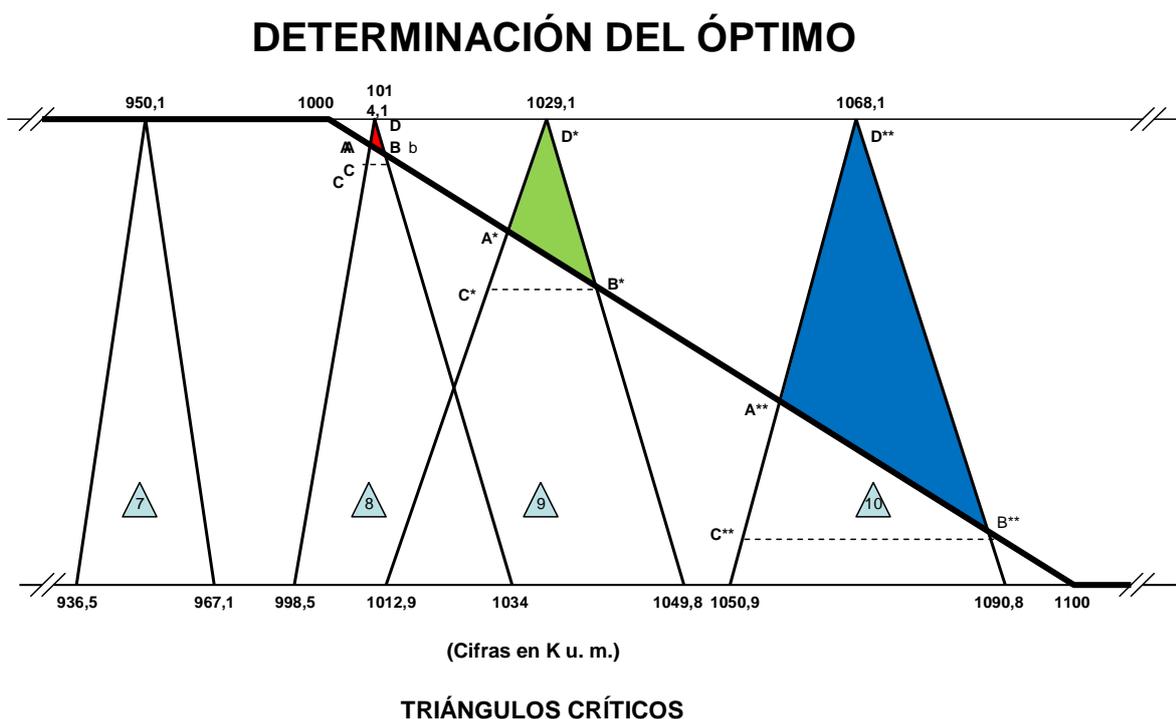
TIPO COSTE	PERÍODO CERO	OPCIONES ACUMULADAS PERÍODO UNO													
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º
EVALUA.	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	314.500	314.500	314.500	314.500	328.900	328.900	364.400	364.400	368.900	368.900
		300.000	300.000	300.000	300.000	315.100	315.100	315.100	315.100	330.100	330.100	372.100	372.100	376.900	376.900
		300.000	300.000	300.000	300.000	316.000	316.000	316.000	316.000	331.800	331.800	376.800	376.800	382.100	382.100
PREVENC.	400.000	417.000	439.000	494.000	530.000	530.000	568.000	622.000	684.000	684.000	722.000	722.000	758.000	758.000	800.000
		418.000	441.000	499.000	538.000	538.000	578.000	635.000	699.000	699.000	738.000	738.000	776.000	776.000	821.000
		420.000	445.500	507.500	549.000	549.000	590.000	651.000	718.000	718.000	759.000	759.000	800.000	800.000	847.000
EV + PRE TOTAL	700.000	717.000	739.000	794.000	830.000	844.500	882.500	936.500	998.500	1.012.900	1.050.900	1.086.400	1.122.400	1.126.900	1.168.900
		718.000	741.000	799.000	838.000	853.100	893.100	950.100	1.014.100	1.029.100	1.068.100	1.110.100	1.148.100	1.152.900	1.197.900
		720.000	745.000	807.500	849.000	865.000	906.000	967.000	1.034.000	1.049.800	1.090.800	1.135.800	1.176.800	1.182.100	1.229.100
FALLOS INTERN.	3.000.000	2.921.500	2.837.500	2.729.500	2.674.000	2.651.000	2.612.000	2.504.000	2.465.500	2.442.500	2.407.500	2.365.500	2.309.500	2.303.500	2.266.500
		2.920.000	2.835.000	2.725.000	2.668.500	2.644.000	2.603.000	2.493.000	2.452.500	2.428.000	2.390.500	2.344.500	2.288.000	2.281.000	2.242.500
		2.917.500	2.830.000	2.715.000	2.657.000	2.631.000	2.587.500	2.472.500	2.430.000	2.403.000	2.364.000	2.316.000	2.258.000	2.249.500	2.210.000
FALLOS EXTERN.	2.000.000	1.921.500	1.837.500	1.729.500	1.674.000	1.651.000	1.612.000	1.504.000	1.465.500	1.442.500	1.407.500	1.365.500	1.309.500	1.303.500	1.266.500
		1.920.000	1.835.000	1.725.000	1.668.500	1.644.000	1.603.000	1.493.000	1.452.500	1.428.000	1.390.500	1.344.500	1.288.000	1.281.000	1.242.500
		1.917.500	1.830.000	1.715.000	1.657.000	1.631.000	1.587.500	1.472.500	1.430.000	1.403.000	1.364.000	1.316.000	1.258.000	1.249.500	1.210.000
COSTE TOTAL	5.700.000	5.560.000	5.414.000	5.253.000	5.178.000	5.146.500	5.106.500	4.944.500	4.929.500	4.897.900	4.865.900	4.816.400	4.741.400	4.733.900	4.701.900
		5.558.000	5.411.000	5.249.000	5.175.000	5.141.100	5.099.000	4.936.100	4.919.100	4.885.100	4.849.100	4.799.100	4.724.100	4.714.900	4.682.900
		5.555.000	5.405.000	5.237.500	5.163.000	5.127.000	5.081.000	4.912.000	4.894.000	4.885.800	4.818.800	4.767.800	4.692.800	4.681.100	4.649.100
% SOBRE COSTE PRODUC.	21,1	20,59	20,05	19,46	19,18	19,06	18,91	18,31	18,26	18,14	18,02	17,84	17,56	17,41	
		20,58	20,04	19,44	19,17	19,04	18,89	18,28	18,22	18,09	17,96	17,77	17,5	17,46	17,34
		20,57	20,02	19,4	19,12	18,99	18,82	18,29	18,13	17,94	17,84	17,66	17,38	17,33	17,22

## Determinación de la mejor opción

Al igual que en el modelo 1, también aquí deberemos elegir la opción más favorable, en función de los distintos ahorros potenciales de cada una, de la viabilidad de cada proyecto y del volumen financiero disponible.

Pero supongamos también que la D.G. tiene previsto recibir unos ingresos, cuya cuantía exacta desconoce, (esto es frecuente en la industria) (Smith, 2012), aunque sabe que oscilará entre 1.000.000 y 1.100.000 u.m., y ha decidido invertirlos en mejorar los costes de calidad. Por consiguiente, la opción límite de los proyectos quedará determinada por ese rango potencial de inversión.

En la figura siguiente, puede contemplarse una representación gráfica de los tres triángulos críticos, comprendidos en el margen de inversión permitido por el D.G..



Ahora se trata de determinar cual es la opción que reúne las dos condiciones básicas: la más alta posible y que cumpla con el límite de financiación establecido. Obviamente sólo puede ser una de las tres: La ocho, nueve o diez. Habremos de realizar los cálculos adecuados

### **Cálculo de la opción óptima**

Siguiendo a Gil-Aluja (2002), recordaremos que, entre dos puntos pasa una línea recta. La ecuación de la recta que pasa por dos puntos es la siguiente:

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) \quad (1)$$

#### **Viabilidad de la opción 8**

Determinaremos la **ecuación de la recta del lado izquierdo del triángulo 8**. Los puntos extremos de esta recta son:

$$\begin{aligned} (x_1, y_1) &= (998.500 ; 0) \\ (x_2, y_2) &= (1.014.100 ; 1) \end{aligned} \quad \text{Sustituyendo en la ecuación (1):}$$

$$y - 0 = \frac{1 - 0}{1.014.100 - 998.500} (x - 998.500); \text{ y operando: } y = \frac{x - 998.500}{15.600} \quad (2)$$

Ahora calcularemos la **ecuación de la recta del lado derecho del triángulo 8**.

$$\begin{aligned} (x_1, y_1) &= (1.014.100 ; 1) \\ (x_2, y_2) &= (1.034.000 ; 0) \end{aligned} \quad \text{sustituyendo en la ecuación (1):}$$

$$y - 1 = \frac{-1}{1.034.000 - 1.014.000} (x - 1.014.100); \text{ y operando } y = \frac{1.034.000 - x}{19.900} \quad (3)$$

Veamos ahora la **ecuación de la recta de limitación financiera**, cuyos puntos extremos son:

$$\begin{aligned} (x_1, y_1) &= (1.000.000 ; 1) \\ (x_2, y_2) &= (1.100.000 ; 0) \end{aligned} \quad \text{sustituyendo en la ecuación (1):}$$

$$y - 1 = \frac{-1}{1.100.000 - 1.000.000} (x - 1.000.000); \text{ y operando: } y = \frac{1.100.000 - x}{100.000} \quad (4)$$

#### **Obtención del punto A:**

Igualaremos las "y" de las ecuaciones (2) y (4), ya que A queda definido por el cruce entre ambas. Es decir:

$$\frac{x - 998.500}{15.600} = \frac{1.100.000 - x}{100.000} ; \text{ Resolviendo } x = 1.012.197$$

$$\text{y sustituyendo en (4); } y = \frac{1.100.000 - 1.012.197}{100.000} ; y = 0,87$$

### Obtención del punto B:

Igualamos las ecuaciones ( 3 ) y ( 4 ):

$$\frac{1.100.000 - x}{100.000} = \frac{1.034.000 - x}{19.900} ; \text{ de donde } x = 1.017.603$$

La “y” se puede hallar sustituyendo el valor de “x” en cualquiera de las ecuaciones (3) ó (4):

$$y = \frac{1.034.000 - x}{19.900} \quad \text{Si } x = 1.017.603 \quad y = 0,82$$

$$y = \frac{1.100.000 - x}{100.000} \quad \text{Si } x = 1.017.000 \quad y = 0,82$$

Ahora, desde el punto B trazamos una recta paralela al eje de abscisas y obtenemos el punto “C”. La “y” será la misma que la del punto B, o sea:  $y = 0,82$

Para hallar la “x” sustituiremos el valor de “y” en la ecuación de la recta del lado izquierdo del triángulo 8. Es decir, en la ecuación (2):

$$y = \frac{x - 998.500}{15.600} \quad \text{Si } y = 0,82 \quad x = 1.011.292$$

En resumen:

	<u>x</u>	<u>y</u>
A	1.012.197	0,87
B	1.017.603	0,82
C	1.011.292	0,82

### Área del triángulo ABC:

$$A_{ABC} = \frac{(1.017.603 - 1.011.292) \cdot (0,87 - 0,82)}{2} = 157,8 \text{ u}^2$$

### Área del triángulo BCD:

$$A_{BCD} = \frac{(1.017.603 - 1.011.292) \cdot (1 - 0,82)}{2} = 568 \text{ u}^2$$

La diferencia entre BCD y ABC, es:  $ABD = 568 - 157,8 = 410,2 \text{ u}^2$

Por tanto el **área del triángulo 8** es:

$$T_8 = \frac{(1.034.000 - 998.500) \bullet 1}{2} = 17.750 \text{ u}^2$$

Índice de falta de cobertura:  $I_{FC8} = \frac{410,2}{17.750} = 0,023$

Por lo que el **Índice de Cobertura** será:  $I_{C8} = 1 - 0,023 = 0,977$

Esta cifra es lo suficientemente elevada como para admitir que, como mínimo, la opción 8 de los proyectos tiene asegurada la financiación. Veamos ahora qué ocurre con la opción 9.

### **Viabilidad de la opción 9:**

#### **Ecuación de la recta del lado izquierdo del triángulo 9:**

$$y - 0 = \frac{1 - 0}{1.029.100 - 1.012.900} (x - 1.012.900); \text{ de donde: } y = \frac{x - 1.012.900}{16.200} \quad (5)$$

#### **Ecuación de la recta del lado derecho del triángulo 9:**

$$y - 1 = \frac{-1}{1.049.800 - 1.029.100} (x - 1.029.100); \text{ de donde } y = \frac{1.049.800 - x}{20.700} \quad (6)$$

Obviamente, la recta de limitación financiera del triángulo 9, es la misma que la del triángulo 8.

#### **Obtención del punto A\*:**

Igualamos las ecuaciones (5) y (4):

$$\frac{x - 1.012.900}{16.200} = \frac{1.100.000 - x}{100.000}; \text{ y resolviendo } x = 1.025.043$$

y sustituyendo, por ejemplo en (4):  $y = 0,75$

#### **Obtención del punto B\*:**

Igualamos las ecuaciones (4) y (6):

$$\frac{1.100.000 - x}{100.000} = \frac{1.049.800 - x}{20.700}; \text{ y operando } x = 1.036.696$$

Sustituyendo en cualquiera de las dos ecuaciones:  $y = 0,64$

Desde el punto B\*, trazamos una recta paralela al eje de abscisas, obteniendo el punto C\*. Lógicamente, éste, tiene la misma ordenada que B\*, es decir:  $y = 0,64$

Para determinar  $x_{C^*}$ , sustituimos el valor de “y” en la ecuación de la recta del lado izquierdo del triángulo 9; es decir, en la ecuación (5):

$$y_{C^*} = \frac{x - 1.012.900}{16.200}; \text{ pero } y_{C^*} = 1.023.268, \text{ por tanto, } x_{C^*} = 1.023.268$$

**Área del triángulo B\*C\*D\*:**

$$A_{B^*C^*D^*} = \frac{(1.036.696 - 1.023.268) \cdot (1 - 0,64)}{2} = 2.417,04 \text{ u}^2$$

**Área del triángulo A\*B\*C\*:**

$$A_{A^*B^*C^*} = \frac{(1.036.696 - 1.023.268) \cdot (0,75 - 0,64)}{2} = 738,54 \text{ u}^2$$

La diferencia entre las áreas de los triángulos B\*C\*D\* y A\*B\*C\* nos da el triángulo A\*B\*D\*:

$$A_{A^*B^*D^*} = 2.417,04 - 738,54 = 1.678,05 \text{ u}^2$$

**Área del triángulo 9:**  $A_9 = \frac{(1.049.800 - 1.012.900) \cdot 1}{2} = 18.450 \text{ u}^2$

Índice de falta de cobertura:  $I_{FC9} = \frac{1.678,05}{18.450} = 0,091$

El **Índice de Cobertura** será:

$$I_{C9} = 1 - 0,091 = 0,909$$

Esta cifra es también bastante elevada. Podríamos aceptar pues, la opción 9, como cubierta. exploremos ahora la opción 10.

**Viabilidad de la opción 10:**

**Ecuación de la recta del lado izquierdo del triángulo 10:**

$$y - 0 = \frac{1 - 0}{1.068.100 - 1.050.900} (x - 1.050.900); \text{ de donde } y = \frac{x - 1.050.900}{17.200} \quad (7)$$

**Ecuación de la recta del lado derecho del triángulo 10:**

$$y - 1 = \frac{-1}{1.090.800 - 1.068.100} (x - 1.068.100); \text{ de donde } y = \frac{1.090.800 - x}{22.700} \quad (8)$$

**Ecuación de la recta de limitación financiera:**

Evidentemente es la misma que en los dos triángulos anteriores. Es decir:  $y = \frac{1.100.000 - x}{100.000}$

**Obtención del punto A\*\*:**

Igualamos las ecuaciones (7) y (4):

$$\frac{x - 1.050.900}{17.200} = \frac{1.100.000 - x}{100.000}; \text{ de donde } x = 1.058.106$$

Sustituyendo el valor de "x" en (4):  $y = \frac{1.100.000 - 1.058.106}{100.000}; \quad y = 0,42$

**Obtención del punto B\*\*:**

Igualamos las ecuaciones (4) y (8):

$$\frac{1.100.000 - x}{100.000} = \frac{1.090.800 - x}{22.700}; \text{ de donde } x = 1.088.098$$

Sustituyendo el valor de "x" en (4):  $y = \frac{1.100.000 - 1.088.098}{100.000} \quad y = 0,12$

Ahora, desde el punto B\*\* trazamos una recta paralela al eje de abscisas, obteniendo el punto C\*\*. La "y" será la misma que la del punto B\*\*; es decir:

$$y_{C^{**}} = 0,12$$

Para hallar la correspondiente "x", sustituiremos el valor de "y" en la ecuación de la recta del lado izquierdo del triángulo 10; o sea, en la ecuación (7):

$$0,12 = \frac{x - 1.050.000}{17.200}; \text{ de donde } x_{C^{**}} = 1.052.964$$

**Área del triángulo B\*\*C\*\*D\*\*:**

$$A_{B^{**}C^{**}D^{**}} = \frac{(1.088.098 - 1.052.964) \cdot (1 - 0,12)}{2} = 15.459 \text{ u}^2$$

Área del triángulo A\*\*B\*\*C\*\*:

$$A_{A**B**C**} = \frac{(1.088.098 - 1.052.964) \cdot (0,42 - 0,12)}{2} = 5.270 \text{ u}^2$$

La diferencia entre los triángulos B\*\*C\*\*D\*\* y A\*\*B\*\*C\*\*, nos da el triángulo:

$$A_{A**B**D**} = 15.459 - 5.270 = 10.189 \text{ u}^2$$

Área del triángulo 10:

$$A_{10} = \frac{(1.090.810 - 1.050.900) \cdot 1}{2} = 19.955 \text{ u}^2$$

Índice de falta de cobertura:

$$I_{FC10} = \frac{10.189}{19.955} = 0,511$$

Índice de cobertura:

$$I_{C10} = 1 - 0,051 = 0,49$$

Es evidente que la opción 10 **NO** ofrece las garantías estadísticas suficientes para abordar el conjunto de proyectos que engloba. Por consiguiente, **RECHAZAMOS** esta opción, y **adoptamos definitivamente la número 9**, que es la óptima.

## Conclusiones

Hemos presentado una nueva forma de gestión de los costes de calidad, basada en el ampliamente utilizado modelo PEF. La novedad tiene menos que ver con el modelo en sí, que con la introducción de notables cambios organizativos basados en la distribución de funciones y responsabilidades, que habrán de ser compartidas, en lugar de atribuir las casi exclusivamente al Director de Calidad. La necesaria formación en calidad, aplicada a la mayor parte de la plantilla de la empresa, y especialmente al Equipo Gestor, es otro de los aspectos clave del modelo, como también lo es el imprescindible liderazgo real del número uno de la empresa. La mayor involucración requerida del Equipo Directivo, en temas relativos a la calidad, es de vital importancia para poder mostrar a la plantilla, una imagen sólida y decidida de la cúpula directiva.

Estamos plenamente convencidos de que, si la Gestión de Costes de Calidad se lleva a cabo tal como la hemos planteado, la reducción de costes en este campo, habrá de ser sustancial, motivadora, y continuada en el tiempo.

No creemos que las pinceladas de la “Teoría de la Incertidumbre” que hemos introducido, sea una barrera infranqueable para el Equipo Gestor. La ventaja es que, su utilización, proporciona al modelo una panorámica más rica y amplia, para hacer frente a situaciones inciertas concretas, que se dan con frecuencia en el ámbito de la problemática empresarial. Un programa informático no excesivamente complejo, podría realizar todos los cálculos, que en el ejemplo presentado, se han realizado a mano.

Tampoco nos parece complicado utilizar el método Delphi, para evaluar los proyectos de mejora, puesto que un par de iteraciones serían suficientes para determinar las cifras finales. Unos sencillos ejercicios teóricos, impartidos por un experto, serían suficientes para proporcionar al Equipo Gestor el nivel práctico necesario.

En futuras investigaciones, y tal como se ha puesto de manifiesto en algunas encuestas, sería oportuno y adecuado, diseñar programas informáticos de contabilidad de costes de calidad, que permitiera a las empresas, y más concretamente al Equipo Gestor, disponer en cualquier momento, de datos contables fiables y suficientes, mediante cifras, gráficos y tablas, que mostraran resultados estadísticos históricos, objetivos, puntos débiles y tendencias. Esto, facilitaría extraordinariamente su labor, al tiempo que mejoraría la toma de decisiones.

Tal como se ha mencionado anteriormente, también sería útil desarrollar algún programa informático para determinar “la mejor opción”, cuando se adopte el modelo 2.

Los mencionados programas informáticos podrían ser utilizados por muchas empresas y durante un cierto número de años, sin tener que modificar su configuración, o hacerlo con muy pocos ajustes. La amortización de su coste de desarrollo, supondría que el precio final fuera, probablemente, asequible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amat, O. (1995, 20 de mayo). Los costes de calidad en la empresa. *Diario Cinco Días*, p. 1-2.
- Amat, O. (2005). *Costes de calidad y de no calidad*. Barcelona: Gestión 2000.com.
- Andrés-Reig, J.F. (1992). *Las siete nuevas herramientas de planificación y gestión de la calidad*. Madrid: Asociación Española para la calidad.
- Beckford, J.L.W. (2009). *Quality: A Critical Introduction*. New York: Routledge.
- Besterfield, D.H. (1979). *Quality control*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Bohan, G.P. & Horney, N.F. (1991). Pinpointing the real costs of quality in a service company. *National Productivity Review*, 10 (3), 309-317.
- Breyfogle, F.W. (1999). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. New York: Wiley-Interscience.
- Campanella, J. & Corcoran, F.J. (1983). Principles of Quality Costs. *Quality Progress*, 16 (4), 16-22.
- Caplen, R.H. (1982). *A practical Approach to Quality Control*. London: Business Books.
- Chase, N. (1998). Accounting for quality: counting costs, reaping, rewards. *Quality*, 37 (10), 38-42.
- Climent, S. (2003). Los costes de calidad en las empresas certificadas, según la norma ISO-9000, en la Comunidad Valenciana. Tesis doctoral en la Universidad de Valencia, Departamento de Estadística, Valencia.
- Crocket, H.G. (1935). Quality, but just enough, *Factory Management and Maintenance*, 93, 245-246.
- Crosby, P.B., (1979). *Quality is free*. New York: McGraw-Hill.
- Crosby, P.B., (1983). Don't be defensive about the cost of quality. *Quality Progress*, April, 38-39.
- Dawes, E.W. and Campanella, J. (1989). Quality costs. New concepts and methods. *Milwaukee: ASQC, Quality Press*, 2, p. 440.
- Deming, W.E. (1992). Productivity and Competitive Position. *Quality*. Los Ángeles: Quality Enhancement Seminars.

- Feigenbaum, A.V. (1956). Total Quality Control. *Harvard Business Review*, 34, 93-101.
- Feigenbaum, A.V. (1957). The challenge of total quality control. *Industrial Quality Control*, 13 (11), 22-23.
- Feigenbaum, A.V. (1961). *Total Quality Control*. (1ª ed.). New York: McGraw-Hill.
- Feigenbaum, A.V. (1974). *Total Quality Control*. New York: McGraw-Hill.
- Fernández, A. (1993). *Nuevas técnicas en contabilidad de gestión. Análisis, medida y control de los costes de calidad*. Madrid: Ed. AECA.
- Foster, T. (2001). Managing Quality: Integrating the Supply Chain. *The tools of quality. Prentice Hall, Pearson Education*. Chapter 10.
- Fuentes, P. (1998). Los costes de la calidad: un Reto para la Gestión. *ESIC-Market Revista Internacional de Economía y Empresa*, 99, 149-158.
- Galgano, A. (1985). *Los 7 instrumentos de la Calidad Total. Coopers & Lybrand & Galgano*. Madrid: Ed. Diaz de Santos.
- Gibson, P.R.; Hoang, K. & Teoh, S.K. (1991). An investigation into Quality Costs. *Quality Forum*, 17, 29-39.
- Gil-Aluja, J. (1999). *Elementos para una Teoría de la Decisión en la Incertidumbre*. Vigo: Milladoiro,
- Gil-Aluja, J. (2002). *Introducción de la Teoría de la Incertidumbre en la Gestión de las Empresas*. Vigo, Barcelona: Milladoiro.
- Gracia, S. & Dzul, L.A. (2007). Modelo PEF de costes de la calidad, como herramienta de gestión en empresas constructoras: una visión actual. *Revista de Ingeniería de la Construcción*, 22, (1).
- Groocock, J.M. (1977). Quality costs and no failure costs. *EQQC Quality*, 2, 8-10.
- Gupta, M. & Campbell, V.S. (1995). The cost of quality. *Production and Inventory Management Journal*, 36 (3), 43.
- Hoyle, D. (2009). *ISO-9000: Quality Systems Handbook* (6a. ed.). Oxford: Elsevier Ltd.
- Harrington, J.H. (1976). Quality costs- the whole and its parts. (part 1). *Quality Illinois*, 5, 34-35.
- Harrington, J.H. (1987). *Poor Quality Cost*. New York: Marcel Dekker.
- Hassen, S.M.; Abdul-Rahman, H.; Harum, Z. (2012). Contractors perception of the use of quality systems in Malaysian building constructions projects. *International Journal of Project Management*, 30, 827-838.
- Huckett, J.D. (1985). An outline of the quality improvement process. *International Journal of Quality and Reliability* 2, 5-14.
- Ishikawa, K. (1985). *What is Total Quality Control. The Japanese way*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall
- Jiménez, M.A. (1994). Los nuevos retos empresariales: Calidad y Competitividad. *Actividad Financiera*. 1, 273-287.
- Juran, J.M. (1962). *Quality Control Handbook*. (2a.ed). New York: McGraw –Hill, pp. 1-39.
- Juran, J.M. (1974). *Quality Control Handbook*. (3a.ed.). New York: McGraw Hill, Section 5, pp. 5.1- 5.22.
- Juran, J.M. & Grina, F.M. (1988). *Quality Control Handbook*, (4a. ed.) New York: McGraw-Hill.
- Kirkpatrick, E.G. (1970). *Quality Control for managers and Engineers*. New York: Chichester:Wiley.
- Kohl, W.F. (1976). Hitting quality costs where they live. *Quality Assurance*, 2, 59-64.
- Krzikowski, K. (1963). Quality control and quality costs within the mechanical industry. *Proceeding of the 7<sup>th</sup> EOQC Conference*. Copenhagen, 42 (8), 129-145.
- Landeta, J. (1999). *El método Delphi. Una técnica de previsión para la incertidumbre*. Barcelona: Ed. Ariel.
- McFadden, F.R. (1993). Six Sigma Quality Program. *Quality Progress*, 26 (6), 37-42.

- Magrab, E.B.; Gupta, S.K.; McCloskey, F.P.; Sandborn, P.A. (2010). *Integrated Product and Process Design and Development*. (2a. ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Masser, W.J. (1957). The quality manager and quality costs. *Industrial Quality Control*. 14, 5-8.
- Miner, D.F. (1933). What price quality?, *Product Engineering*. August, 300-302.
- Mitra, A. (2012). *Fundamentals of Quality Control and Improvement*. (3a. ed.). Auburn-Alabama: Wiley & Sons.
- Pande, P.S.; Newman, R.P.; Cavanag, R.R. (2000). *The Six Sigma Way. How G.E., Motorola, and other Top Companies Are Honing Their Performance*. McGraw Hill Companies.
- Purgslove, A.B. & Dale, B.G. (1995). Developing a quality costing system: key features and outcomes. *Omega: International Journal of Management Science*. 23 (5), 567-575.
- Robertson, A.G. (1971). *Quality control and reliability*. London: Pitman, Nelson Publisher.
- Ryan, T.P. (2011). *Statistical methods for Quality Improvement*. (3a. ed.). New Jersey: Wiley & sons.
- Schneiderman, A.M. (1986). Optimum Quality Costs, and Zero Defects: Are they contradictory concepts?, *ASQC, Quality Progress*, 19 (11), 28-31.
- Schneiderman, A.M., (1988). Setting Quality Goals, *ASQC Quality Progress*, April, 51-57.
- Smith, J.E.; Ulu, C. (2012). Technology Adoption with Uncertain Future Costs and Quality. *Operations Research*, 60 ( 2), 262-274.
- Sower, V.E.; Quarles, R.; Brousard, E. (2007). Cost of quality usage and its relationship to quality systems maturity. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 24 (2), 121-140.
- Schroeder, R.G.; Linderman, K.; Liedtke, C.; Choo, A.S. (2008). Six Sigma: Definition and underlying theory. *Journal of Operations Management*, 26 (4), 536-554.
- Tague, N.R. (2004). *Seven Basic Quality Tools. The Quality Toolbox*, Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality.
- Thoday, W.R. (1976). The equation of quality and profit. *Quality Assurance*. 2, 48-52.
- Veen, B. (1974). Quality costs. *Quality, EOQC publication*, 2, 55-59.
- Viger, C., and Anandarajan, B. (1999). Cost Management and pricing decisions in the presence of quality costs information; an experimental study with marketing managers. *Journal of Cost Management*, 13 (1), 21.
- Wheldon, B. & Ross, P. (1998). Reporting Quality Costs: Improvement Needed. *Australian accountant* 68 (4), 54-56.
- Zatzick, C.D.; Moliterno, T.P.; Fang, T. (2012). Strategic (Mis)Fit: The implementation of TQM in manufacturing organizations. *Strategic Management Journal*, 33 (11), 1321-1330.
-



2006

**CREAP2006-01**

**Matas, A.** (GEAP); **Raymond, J.Ll.** (GEAP)

"Economic development and changes in car ownership patterns"  
(Juny 2006)

**CREAP2006-02**

**Trillas, F.** (IEB); **Montolio, D.** (IEB); **Duch, N.** (IEB)

"Productive efficiency and regulatory reform: The case of Vehicle Inspection Services"  
(Setembre 2006)

**CREAP2006-03**

**Bel, G.** (PPRE-IREA); **Fageda, X.** (PPRE-IREA)

"Factors explaining local privatization: A meta-regression analysis"  
(Octubre 2006)

**CREAP2006-04**

**Fernández-Villadangos, L.** (PPRE-IREA)

"Are two-part tariffs efficient when consumers plan ahead?: An empirical study"  
(Octubre 2006)

**CREAP2006-05**

**Artís, M.** (AQR-IREA); **Ramos, R.** (AQR-IREA); **Suriñach, J.** (AQR-IREA)

"Job losses, outsourcing and relocation: Empirical evidence using microdata"  
(Octubre 2006)

**CREAP2006-06**

**Alcañiz, M.** (RISC-IREA); **Costa, A.**; **Guillén, M.** (RISC-IREA); **Luna, C.**; **Rovira, C.**

"Calculation of the variance in surveys of the economic climate"  
(Novembre 2006)

**CREAP2006-07**

**Albalade, D.** (PPRE-IREA)

"Lowering blood alcohol content levels to save lives: The European Experience"  
(Desembre 2006)

**CREAP2006-08**

**Garrido, A.** (IEB); **Arqué, P.** (IEB)

"The choice of banking firm: Are the interest rate a significant criteria?"  
(Desembre 2006)

**CREAP2006-09**

**Segarra, A.** (GRIT); **Teruel-Carrizosa, M.** (GRIT)

"Productivity growth and competition in spanish manufacturing firms:  
What has happened in recent years?"  
(Desembre 2006)

**CREAP2006-10**

**Andonova, V.**; **Díaz-Serrano, Luis.** (CREB)

"Political institutions and the development of telecommunications"  
(Desembre 2006)

**CREAP2006-11**

**Raymond, J.Ll.**(GEAP); **Roig, J.Ll.** (GEAP)

"Capital humano: un análisis comparativo Catalunya-España"  
(Desembre 2006)

**CREAP2006-12**

**Rodríguez, M.**(CREB); **Stoyanova, A.** (CREB)

"Changes in the demand for private medical insurance following a shift in tax incentives"  
(Desembre 2006)

**CREAP2006-13**

**Royuela, V.** (AQR-IREA); **Lambiri, D.**; **Biagi, B.**

"Economía urbana y calidad de vida. Una revisión del estado del conocimiento en España"  
(Desembre 2006)



**CREAP2006-14**

**Camarero, M.; Carrion-i-Silvestre, J.LL. (AQR-IREA); Tamarit, C.**

"New evidence of the real interest rate parity for OECD countries using panel unit root tests with breaks"  
(Desembre 2006)

**CREAP2006-15**

**Karanassou, M.; Sala, H. (GEAP); Snower, D. J.**

"The macroeconomics of the labor market: Three fundamental views"  
(Desembre 2006)

**2007**

**XREAP2007-01**

**Castany, L (AQR-IREA); López-Bazo, E. (AQR-IREA); Moreno, R. (AQR-IREA)**

"Decomposing differences in total factor productivity across firm size"  
(Març 2007)

**XREAP2007-02**

**Raymond, J. Ll. (GEAP); Roig, J. Ll. (GEAP)**

"Una propuesta de evaluación de las externalidades de capital humano en la empresa"  
(Abril 2007)

**XREAP2007-03**

**Durán, J. M. (IEB); Esteller, A. (IEB)**

"An empirical analysis of wealth taxation: Equity vs. Tax compliance"  
(Juny 2007)

**XREAP2007-04**

**Matas, A. (GEAP); Raymond, J.Ll. (GEAP)**

"Cross-section data, disequilibrium situations and estimated coefficients: evidence from car ownership demand"  
(Juny 2007)

**XREAP2007-05**

**Jofre-Montseny, J. (IEB); Solé-Ollé, A. (IEB)**

"Tax differentials and agglomeration economies in intraregional firm location"  
(Juny 2007)

**XREAP2007-06**

**Álvarez-Albelo, C. (CREB); Hernández-Martín, R.**

"Explaining high economic growth in small tourism countries with a dynamic general equilibrium model"  
(Juliol 2007)

**XREAP2007-07**

**Duch, N. (IEB); Montolio, D. (IEB); Mediavilla, M.**

"Evaluating the impact of public subsidies on a firm's performance: a quasi-experimental approach"  
(Juliol 2007)

**XREAP2007-08**

**Segarra-Blasco, A. (GRIT)**

"Innovation sources and productivity: a quantile regression analysis"  
(Octubre 2007)

**XREAP2007-09**

**Albalade, D. (PPRE-IREA)**

"Shifting death to their Alternatives: The case of Toll Motorways"  
(Octubre 2007)

**XREAP2007-10**

**Segarra-Blasco, A. (GRIT); Garcia-Quevedo, J. (IEB); Teruel-Carrizosa, M. (GRIT)**

"Barriers to innovation and public policy in catalonia"  
(Novembre 2007)

**XREAP2007-11**

**Bel, G. (PPRE-IREA); Foote, J.**

"Comparison of recent toll road concession transactions in the United States and France"  
(Novembre 2007)



**XREAP2007-12**

**Segarra-Blasco, A.** (GRIT);

“Innovation, R&D spillovers and productivity: the role of knowledge-intensive services”  
(Novembre 2007)

**XREAP2007-13**

**Bermúdez Morata, Ll.** (RFA-IREA); **Guillén Estany, M.** (RFA-IREA), **Solé Auró, A.** (RFA-IREA)

“Impacto de la inmigración sobre la esperanza de vida en salud y en discapacidad de la población española”  
(Novembre 2007)

**XREAP2007-14**

**Calaeys, P.** (AQR-IREA); **Ramos, R.** (AQR-IREA), **Suriñach, J.** (AQR-IREA)

“Fiscal sustainability across government tiers”  
(Desembre 2007)

**XREAP2007-15**

**Sánchez Hugalbe, A.** (IEB)

“Influencia de la inmigración en la elección escolar”  
(Desembre 2007)

**2008**

**XREAP2008-01**

**Durán Weitkamp, C.** (GRIT); **Martín Bofarull, M.** (GRIT) ; **Pablo Martí, F.**

“Economic effects of road accessibility in the Pyrenees: User perspective”  
(Gener 2008)

**XREAP2008-02**

**Díaz-Serrano, L.;** **Stoyanova, A. P.** (CREB)

“The Causal Relationship between Individual’s Choice Behavior and Self-Reported Satisfaction: the Case of Residential Mobility in the EU”  
(Març 2008)

**XREAP2008-03**

**Matas, A.** (GEAP); **Raymond, J. L.** (GEAP); **Roig, J. L.** (GEAP)

“Car ownership and access to jobs in Spain”  
(Abril 2008)

**XREAP2008-04**

**Bel, G.** (PPRE-IREA) ; **Fageda, X.** (PPRE-IREA)

“Privatization and competition in the delivery of local services: An empirical examination of the dual market hypothesis”  
(Abril 2008)

**XREAP2008-05**

**Matas, A.** (GEAP); **Raymond, J. L.** (GEAP); **Roig, J. L.** (GEAP)

“Job accessibility and employment probability”  
(Maig 2008)

**XREAP2008-06**

**Basher, S. A.;** **Carrión, J. Ll.** (AQR-IREA)

Deconstructing Shocks and Persistence in OECD Real Exchange Rates  
(Juny 2008)

**XREAP2008-07**

**Sanromá, E.** (IEB); **Ramos, R.** (AQR-IREA); **Simón, H.**

Portabilidad del capital humano y asimilación de los inmigrantes. Evidencia para España  
(Juliol 2008)

**XREAP2008-08**

**Basher, S. A.;** **Carrión, J. Ll.** (AQR-IREA)

Price level convergence, purchasing power parity and multiple structural breaks: An application to US cities  
(Juliol 2008)

**XREAP2008-09**

**Bermúdez, Ll.** (RFA-IREA)

A priori ratemaking using bivariate poisson regression models  
(Juliol 2008)



**XREAP2008-10**

**Solé-Ollé, A. (IEB), Hortas Rico, M. (IEB)**

Does urban sprawl increase the costs of providing local public services? Evidence from Spanish municipalities  
(Novembre 2008)

**XREAP2008-11**

**Teruel-Carrizosa, M. (GRIT), Segarra-Blasco, A. (GRIT)**

Immigration and Firm Growth: Evidence from Spanish cities  
(Novembre 2008)

**XREAP2008-12**

**Duch-Brown, N. (IEB), García-Quevedo, J. (IEB), Montolio, D. (IEB)**

Assessing the assignation of public subsidies: Do the experts choose the most efficient R&D projects?  
(Novembre 2008)

**XREAP2008-13**

**Bilotkach, V., Fageda, X. (PPRE-IREA), Flores-Fillol, R.**

Scheduled service versus personal transportation: the role of distance  
(Desembre 2008)

**XREAP2008-14**

**Albalate, D. (PPRE-IREA), Gel, G. (PPRE-IREA)**

Tourism and urban transport: Holding demand pressure under supply constraints  
(Desembre 2008)

**2009**

**XREAP2009-01**

**Calonge, S. (CREB); Tejada, O.**

“A theoretical and practical study on linear reforms of dual taxes”  
(Febrer 2009)

**XREAP2009-02**

**Albalate, D. (PPRE-IREA); Fernández-Villadangos, L. (PPRE-IREA)**

“Exploring Determinants of Urban Motorcycle Accident Severity: The Case of Barcelona”  
(Març 2009)

**XREAP2009-03**

**Borrell, J. R. (PPRE-IREA); Fernández-Villadangos, L. (PPRE-IREA)**

“Assessing excess profits from different entry regulations”  
(Abril 2009)

**XREAP2009-04**

**Sanromá, E. (IEB); Ramos, R. (AQR-IREA), Simon, H.**

“Los salarios de los inmigrantes en el mercado de trabajo español. ¿Importa el origen del capital humano?”  
(Abril 2009)

**XREAP2009-05**

**Jiménez, J. L.; Perdiguero, J. (PPRE-IREA)**

“(No)competition in the Spanish retailing gasoline market: a variance filter approach”  
(Maig 2009)

**XREAP2009-06**

**Álvarez-Albelo, C. D. (CREB), Manresa, A. (CREB), Pigem-Vigo, M. (CREB)**

“International trade as the sole engine of growth for an economy”  
(Juny 2009)

**XREAP2009-07**

**Callejón, M. (PPRE-IREA), Ortún V, M.**

“The Black Box of Business Dynamics”  
(Setembre 2009)

**XREAP2009-08**

**Lucena, A. (CREB)**

“The antecedents and innovation consequences of organizational search: empirical evidence for Spain”  
(Octubre 2009)



**XREAP2009-09**

**Domènech Campmajó, L.** (PPRE-IREA)

“Competition between TV Platforms”

(Octubre 2009)

**XREAP2009-10**

**Solé-Auró, A.** (RFA-IREA), **Guillén, M.** (RFA-IREA), **Crimmins, E. M.**

“Health care utilization among immigrants and native-born populations in 11 European countries. Results from the Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe”

(Octubre 2009)

**XREAP2009-11**

**Segarra, A.** (GRIT), **Teruel, M.** (GRIT)

“Small firms, growth and financial constraints”

(Octubre 2009)

**XREAP2009-12**

**Matas, A.** (GEAP), **Raymond, J.Ll.** (GEAP), **Ruiz, A.** (GEAP)

“Traffic forecasts under uncertainty and capacity constraints”

(Novembre 2009)

**XREAP2009-13**

**Sole-Ollé, A.** (IEB)

“Inter-regional redistribution through infrastructure investment: tactical or programmatic?”

(Novembre 2009)

**XREAP2009-14**

**Del Barrio-Castro, T.**, **García-Quevedo, J.** (IEB)

“The determinants of university patenting: Do incentives matter?”

(Novembre 2009)

**XREAP2009-15**

**Ramos, R.** (AQR-IREA), **Suriñach, J.** (AQR-IREA), **Artís, M.** (AQR-IREA)

“Human capital spillovers, productivity and regional convergence in Spain”

(Novembre 2009)

**XREAP2009-16**

**Álvarez-Albelo, C. D.** (CREB), **Hernández-Martín, R.**

“The commons and anti-commons problems in the tourism economy”

(Desembre 2009)

**2010**

**XREAP2010-01**

**García-López, M. A.** (GEAP)

“The Accessibility City. When Transport Infrastructure Matters in Urban Spatial Structure”

(Febrer 2010)

**XREAP2010-02**

**García-Quevedo, J.** (IEB), **Mas-Verdú, F.** (IEB), **Polo-Otero, J.** (IEB)

“Which firms want PhDs? The effect of the university-industry relationship on the PhD labour market”

(Març 2010)

**XREAP2010-03**

**Pitt, D.**, **Guillén, M.** (RFA-IREA)

“An introduction to parametric and non-parametric models for bivariate positive insurance claim severity distributions”

(Març 2010)

**XREAP2010-04**

**Bermúdez, Ll.** (RFA-IREA), **Karlis, D.**

“Modelling dependence in a ratemaking procedure with multivariate Poisson regression models”

(Abril 2010)

**XREAP2010-05**

**Di Paolo, A.** (IEB)

“Parental education and family characteristics: educational opportunities across cohorts in Italy and Spain”

(Maig 2010)



**XREAP2010-06**

**Simón, H.** (IEB), **Ramos, R.** (AQR-IREA), **Sanromá, E.** (IEB)

“Movilidad ocupacional de los inmigrantes en una economía de bajas cualificaciones. El caso de España”  
(Juny 2010)

**XREAP2010-07**

**Di Paolo, A.** (GEAP & IEB), **Raymond, J. Ll.** (GEAP & IEB)

“Language knowledge and earnings in Catalonia”  
(Juliol 2010)

**XREAP2010-08**

**Bolancé, C.** (RFA-IREA), **Alemaný, R.** (RFA-IREA), **Guillén, M.** (RFA-IREA)

“Prediction of the economic cost of individual long-term care in the Spanish population”  
(Setembre 2010)

**XREAP2010-09**

**Di Paolo, A.** (GEAP & IEB)

“Knowledge of catalan, public/private sector choice and earnings: Evidence from a double sample selection model”  
(Setembre 2010)

**XREAP2010-10**

**Coad, A., Segarra, A.** (GRIT), **Teruel, M.** (GRIT)

“Like milk or wine: Does firm performance improve with age?”  
(Setembre 2010)

**XREAP2010-11**

**Di Paolo, A.** (GEAP & IEB), **Raymond, J. Ll.** (GEAP & IEB), **Calero, J.** (IEB)

“Exploring educational mobility in Europe”  
(Octubre 2010)

**XREAP2010-12**

**Borrell, A.** (GiM-IREA), **Fernández-Villadangos, L.** (GiM-IREA)

“Clustering or scattering: the underlying reason for regulating distance among retail outlets”  
(Desembre 2010)

**XREAP2010-13**

**Di Paolo, A.** (GEAP & IEB)

“School composition effects in Spain”  
(Desembre 2010)

**XREAP2010-14**

**Fageda, X.** (GiM-IREA), **Flores-Fillol, R.**

“Technology, Business Models and Network Structure in the Airline Industry”  
(Desembre 2010)

**XREAP2010-15**

**Albalate, D.** (GiM-IREA), **Bel, G.** (GiM-IREA), **Fageda, X.** (GiM-IREA)

“Is it Redistribution or Centralization? On the Determinants of Government Investment in Infrastructure”  
(Desembre 2010)

**XREAP2010-16**

**Oppedisano, V., Turati, G.**

“What are the causes of educational inequalities and of their evolution over time in Europe? Evidence from PISA”  
(Desembre 2010)

**XREAP2010-17**

**Canova, L., Vaglio, A.**

“Why do educated mothers matter? A model of parental help”  
(Desembre 2010)

**2011**

**XREAP2011-01**

**Fageda, X.** (GiM-IREA), **Perdiguero, J.** (GiM-IREA)

“An empirical analysis of a merger between a network and low-cost airlines”  
(Maig 2011)



**XREAP2011-02**

**Moreno-Torres, I.** (ACCO, CRES & GiM-IREA)

“What if there was a stronger pharmaceutical price competition in Spain? When regulation has a similar effect to collusion”  
(Maig 2011)

**XREAP2011-03**

**Miguélez, E.** (AQR-IREA); **Gómez-Miguélez, I.**

“Singling out individual inventors from patent data”  
(Maig 2011)

**XREAP2011-04**

**Moreno-Torres, I.** (ACCO, CRES & GiM-IREA)

“Generic drugs in Spain: price competition vs. moral hazard”  
(Maig 2011)

**XREAP2011-05**

**Nieto, S.** (AQR-IREA), **Ramos, R.** (AQR-IREA)

“¿Afecta la sobreeducación de los padres al rendimiento académico de sus hijos?”  
(Maig 2011)

**XREAP2011-06**

**Pitt, D., Guillén, M.** (RFA-IREA), **Bolancé, C.** (RFA-IREA)

“Estimation of Parametric and Nonparametric Models for Univariate Claim Severity Distributions - an approach using R”  
(Juny 2011)

**XREAP2011-07**

**Guillén, M.** (RFA-IREA), **Comas-Herrera, A.**

“How much risk is mitigated by LTC Insurance? A case study of the public system in Spain”  
(Juny 2011)

**XREAP2011-08**

**Ayuso, M.** (RFA-IREA), **Guillén, M.** (RFA-IREA), **Bolancé, C.** (RFA-IREA)

“Loss risk through fraud in car insurance”  
(Juny 2011)

**XREAP2011-09**

**Duch-Brown, N.** (IEB), **García-Quevedo, J.** (IEB), **Montolio, D.** (IEB)

“The link between public support and private R&D effort: What is the optimal subsidy?”  
(Juny 2011)

**XREAP2011-10**

**Bermúdez, Ll.** (RFA-IREA), **Karlis, D.**

“Mixture of bivariate Poisson regression models with an application to insurance”  
(Juliol 2011)

**XREAP2011-11**

**Varela-Irímia, X-L.** (GRIT)

“Age effects, unobserved characteristics and hedonic price indexes: The Spanish car market in the 1990s”  
(Agost 2011)

**XREAP2011-12**

**Bermúdez, Ll.** (RFA-IREA), **Ferri, A.** (RFA-IREA), **Guillén, M.** (RFA-IREA)

“A correlation sensitivity analysis of non-life underwriting risk in solvency capital requirement estimation”  
(Setembre 2011)

**XREAP2011-13**

**Guillén, M.** (RFA-IREA), **Pérez-Marín, A.** (RFA-IREA), **Alcañiz, M.** (RFA-IREA)

“A logistic regression approach to estimating customer profit loss due to lapses in insurance”  
(Octubre 2011)

**XREAP2011-14**

**Jiménez, J. L., Perdiguero, J.** (GiM-IREA), **García, C.**

“Evaluation of subsidies programs to sell green cars: Impact on prices, quantities and efficiency”  
(Octubre 2011)



**XREAP2011-15**

**Arespa, M.** (CREB)

“A New Open Economy Macroeconomic Model with Endogenous Portfolio Diversification and Firms Entry”  
(Octubre 2011)

**XREAP2011-16**

**Matas, A.** (GEAP), **Raymond, J. L.** (GEAP), **Roig, J.L.** (GEAP)

“The impact of agglomeration effects and accessibility on wages”  
(Novembre 2011)

**XREAP2011-17**

**Segarra, A.** (GRIT)

“R&D cooperation between Spanish firms and scientific partners: what is the role of tertiary education?”  
(Novembre 2011)

**XREAP2011-18**

**García-Pérez, J. I.**; **Hidalgo-Hidalgo, M.**; **Robles-Zurita, J. A.**

“Does grade retention affect achievement? Some evidence from PISA”  
(Novembre 2011)

**XREAP2011-19**

**Arespa, M.** (CREB)

“Macroeconomics of extensive margins: a simple model”  
(Novembre 2011)

**XREAP2011-20**

**García-Quevedo, J.** (IEB), **Pellegrino, G.** (IEB), **Vivarelli, M.**

“The determinants of YICs’ R&D activity”  
(Desembre 2011)

**XREAP2011-21**

**González-Val, R.** (IEB), **Olmo, J.**

“Growth in a Cross-Section of Cities: Location, Increasing Returns or Random Growth?”  
(Desembre 2011)

**XREAP2011-22**

**Gombau, V.** (GRIT), **Segarra, A.** (GRIT)

“The Innovation and Imitation Dichotomy in Spanish firms: do absorptive capacity and the technological frontier matter?”  
(Desembre 2011)

**2012**

**XREAP2012-01**

**Borrell, J. R.** (GiM-IREA), **Jiménez, J. L.**, **García, C.**

“Evaluating Antitrust Leniency Programs”  
(Gener 2012)

**XREAP2012-02**

**Ferri, A.** (RFA-IREA), **Guillén, M.** (RFA-IREA), **Bermúdez, L.I.** (RFA-IREA)

“Solvency capital estimation and risk measures”  
(Gener 2012)

**XREAP2012-03**

**Ferri, A.** (RFA-IREA), **Bermúdez, L.I.** (RFA-IREA), **Guillén, M.** (RFA-IREA)

“How to use the standard model with own data”  
(Febrer 2012)

**XREAP2012-04**

**Perdiguero, J.** (GiM-IREA), **Borrell, J.R.** (GiM-IREA)

“Driving competition in local gasoline markets”  
(Març 2012)

**XREAP2012-05**

D’Amico, G., **Guillen, M.** (RFA-IREA), Manca, R.

“Discrete time Non-homogeneous Semi-Markov Processes applied to Models for Disability Insurance”  
(Març 2012)



**XREAP2012-06**

**Bové-Sans, M. A.** (GRIT), Laguado-Ramírez, R.  
“Quantitative analysis of image factors in a cultural heritage tourist destination”  
(Abril 2012)

**XREAP2012-07**

**Tello, C.** (AQR-IREA), **Ramos, R.** (AQR-IREA), **Artís, M.** (AQR-IREA)  
“Changes in wage structure in Mexico going beyond the mean: An analysis of differences in distribution, 1987-2008”  
(Maig 2012)

**XREAP2012-08**

**Jofre-Monseny, J.** (IEB), **Marín-López, R.** (IEB), **Viladecans-Marsal, E.** (IEB)  
“What underlies localization and urbanization economies? Evidence from the location of new firms”  
(Maig 2012)

**XREAP2012-09**

**Muñiz, I.** (GEAP), **Calatayud, D.**, **Dobaño, R.**  
“Los límites de la compacidad urbana como instrumento a favor de la sostenibilidad. La hipótesis de la compensación en Barcelona medida a través de la huella ecológica de la movilidad y la vivienda”  
(Maig 2012)

**XREAP2012-10**

**Arqué-Castells, P.** (GEAP), **Mohnen, P.**  
“Sunk costs, extensive R&D subsidies and permanent inducement effects”  
(Maig 2012)

**XREAP2012-11**

**Boj, E.** (CREB), **Delicado, P.**, **Fortiana, J.**, **Esteve, A.**, **Caballé, A.**  
“Local Distance-Based Generalized Linear Models using the dbstats package for R”  
(Maig 2012)

**XREAP2012-12**

**Royuela, V.** (AQR-IREA)  
“What about people in European Regional Science?”  
(Maig 2012)

**XREAP2012-13**

**Osorio A. M.** (RFA-IREA), **Bolancé, C.** (RFA-IREA), **Madise, N.**  
“Intermediary and structural determinants of early childhood health in Colombia: exploring the role of communities”  
(Juny 2012)

**XREAP2012-14**

**Miguelé, E.** (AQR-IREA), **Moreno, R.** (AQR-IREA)  
“Do labour mobility and networks foster geographical knowledge diffusion? The case of European regions”  
(Juliol 2012)

**XREAP2012-15**

**Teixidó-Figueras, J.** (GRIT), **Duró, J. A.** (GRIT)  
“Ecological Footprint Inequality: A methodological review and some results”  
(Setembre 2012)

**XREAP2012-16**

**Varela-Irimia, X-L.** (GRIT)  
“Profitability, uncertainty and multi-product firm product proliferation: The Spanish car industry”  
(Setembre 2012)

**XREAP2012-17**

**Duró, J. A.** (GRIT), **Teixidó-Figueras, J.** (GRIT)  
“Ecological Footprint Inequality across countries: the role of environment intensity, income and interaction effects”  
(Octubre 2012)

**XREAP2012-18**

**Manresa, A.** (CREB), **Sancho, F.**  
“Leontief versus Ghosh: two faces of the same coin”  
(Octubre 2012)



**XREAP2012-19**

**Alemany, R.** (RFA-IREA), **Bolancé, C.** (RFA-IREA), **Guillén, M.** (RFA-IREA)

“Nonparametric estimation of Value-at-Risk”

(Octubre 2012)

**XREAP2012-20**

**Herrera-Idárraga, P.** (AQR-IREA), **López-Bazo, E.** (AQR-IREA), **Motellón, E.** (AQR-IREA)

“Informality and overeducation in the labor market of a developing country”

(Novembre 2012)

**XREAP2012-21**

**Di Paolo, A.** (AQR-IREA)

“(Endogenous) occupational choices and job satisfaction among recent PhD recipients: evidence from Catalonia”

(Desembre 2012)

**2013**

**XREAP2013-01**

**Segarra, A.** (GRIT), **García-Quevedo, J.** (IEB), **Teruel, M.** (GRIT)

“Financial constraints and the failure of innovation projects”

(Març 2013)

**XREAP2013-02**

**Osorio, A. M.** (RFA-IREA), **Bolancé, C.** (RFA-IREA), **Madise, N.**, **Rathmann, K.**

“Social Determinants of Child Health in Colombia: Can Community Education Moderate the Effect of Family Characteristics?”

(Març 2013)

**XREAP2013-03**

**Teixidó-Figueras, J.** (GRIT), **Duró, J. A.** (GRIT)

“The building blocks of international ecological footprint inequality: a regression-based decomposition”

(Abril 2013)

**XREAP2013-04**

**Salcedo-Sanz, S.**, **Carro-Calvo, L.**, **Claramunt, M.** (CREB), **Castañer, A.** (CREB), **Marmol, M.** (CREB)

“An Analysis of Black-box Optimization Problems in Reinsurance: Evolutionary-based Approaches”

(Maig 2013)

**XREAP2013-05**

**Alcañiz, M.** (RFA), **Guillén, M.** (RFA), **Sánchez-Moscona, D.** (RFA), **Santolino, M.** (RFA), **Llatje, O.**, **Ramon, Ll.**

“Prevalence of alcohol-impaired drivers based on random breath tests in a roadside survey”

(Juliol 2013)

**XREAP2013-06**

**Matas, A.** (GEAP & IEB), **Raymond, J. Ll.** (GEAP & IEB), **Roig, J. L.** (GEAP)

“How market access shapes human capital investment in a peripheral country”

(Octubre 2013)

**XREAP2013-07**

**Di Paolo, A.** (AQR-IREA), **Tansel, A.**

“Returns to Foreign Language Skills in a Developing Country: The Case of Turkey”

(Novembre 2013)

**XREAP2013-08**

**Fernández Gual, V.** (GRIT), **Segarra, A.** (GRIT)

“The Impact of Cooperation on R&D, Innovation and Productivity: an Analysis of Spanish Manufacturing and Services Firms”

(Novembre 2013)

**XREAP2013-09**

**Bahraoui, Z.** (RFA); **Bolancé, C.** (RFA); **Pérez-Marín, A. M.** (RFA)

“Testing extreme value copulas to estimate the quantile”

(Novembre 2013)

**2014**

**XREAP2014-01**

**Solé-Auró, A.** (RFA), **Alcañiz, M.** (RFA)

“Are we living longer but less healthy? Trends in mortality and morbidity in Catalonia (Spain), 1994-2011”

(Gener 2014)



## SÈRIE DE DOCUMENTS DE TREBALL DE LA XREAP

### **XREAP2014-02**

**Teixidó-Figueres, J. (GRIT), Duro, J. A. (GRIT)**

“Spatial Polarization of the Ecological Footprint distribution”

(Febrer 2014)

### **XREAP2014-03**

**Cristobal-Cebolla, A.; Gil Lafuente, A. M. (RFA-IREA), Merigó Lindhal, J. M. (RFA-IREA)**

“La importancia del control de los costes de la no-calidad en la empresa”

(Febrer 2014)



[xarxa.xreap@gmail.com](mailto:xarxa.xreap@gmail.com)