



# Debilidades de la gestión de la calidad en las empresas occidentales. Importancia de los costes de la calidad

Antonio Cristóbal Cebolla

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) i a través del Dipòsit Digital de la UB ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) y a través del Repositorio Digital de la UB ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) service and by the UB Digital Repository ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



**FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA Y ORGANIZACIÓN DE**  
**EMPRESAS**

***"DEBILIDADES DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD EN  
LAS EMPRESAS OCCIDENTALES. IMPORTANCIA DE  
LOS COSTES DE LA CALIDAD"***

Doctorando:

**Antonio Cristóbal Cebolla**

Directores de la Tesis Doctoral:

**Anna M<sup>a</sup> Gil Lafuente**

**Josep M<sup>a</sup> Merigó Lindahl**

Doctorado en Estudios Empresariales  
Marco Estratégico de la Empresa

Curso académico: 2013-2014

Diciembre 2013

*A mis nietos:  
Francesc, Clara, Martí, Judit, Ángela y Cora...  
(por el momento)*

*“Cuando las nuevas ideas escasean, cuando el espíritu creativo se empobrece, cuando la imaginación cede el paso a los automatismos, la vulgaridad se instala en las almas y en los cuerpos, produciendo una uniformidad alienante... En lugar de bucear en las profundidades de los océanos del pensamiento, nos contentamos con la plácida contemplación de la espuma estéril del efímero ondular de las olas”.*

Jaime Gil Aluja

“Introducción de la teoría de la incertidumbre en la gestión de las empresas”

Ed. Milladoiro , Vigo, 2002

## **AGRADECIMIENTOS**

Me resulta muy estimulante y satisfactorio, disponer de un marco adecuado como éste, para poder agradecer públicamente a cuantas personas me han ayudado con su apoyo incondicional, en mayor o menor medida, de una u otra forma, a continuar en el desarrollo de esta tesis, en la que ciertamente han abundado dificultades de todo tipo, cuya descripción resultaría prolija y probablemente innecesaria.

Sobretudo a mi esposa, que ante mi sorpresa, me animó, sin dudar ni un instante, a emprender este largo y difícil camino, cuando armado de valor, le comenté, creo recordar que sin osar mirarla a los ojos, mi deseo de realizar este doctorado. Y he de confesar, en honor a la verdad, que dada mi edad, no entraba en mis cálculos obtener una respuesta muy favorable. Pero como he referido anteriormente no fue así, a pesar de las evidentes limitaciones que, para el ocio común, supondría tamaña empresa. Si no corriera el riesgo de ser tachado de machista, (Dios me libre), me atrevería a pensar que, tal vez, y solo tal vez, pretender predecir las reacciones de la mente femenina, o para no generalizar, al menos las de mi esposa, (que no se suele molestar con estas cosas), puede resultar una tarea muy complicada.

También deseo agradecer las palabras de ánimo de toda mi familia, en general, y de mi nieto mayor, Francesc, en particular, quien con sus once años, me ha asegurado, muy seriamente, que cuando sea mayor, (aunque eso sí, no tanto como yo), está decidido a seguir mis pasos.

Agradezco a mi antiguo amigo el Dr. D. José López Parada, su apoyo, valiosos consejos y ayuda, que me ha prestado en cuantas ocasiones se lo solicité, que fueron muchas.

Aunque a buen seguro él no se lo imagina, deseo expresar también mi sincero agradecimiento y admiración, a mi querido profesor, el Dr. D. Jaume Gil Aluja, quien a través de sus magistrales clases y la lectura de algunos de sus libros y publicaciones, ha despertado en mi un gran interés hacia su extensa obra, al tiempo que he podido disfrutar, deleitándome con su maestría, al describir temas no exentos de complejidad, en un lenguaje rico, e incluso cercano a la prosa.

He dejado deliberadamente para el final, mi agradecimiento expreso a mis directores de tesis, la Dra. Dña. Anna M<sup>a</sup>. Gil Lafuente y el Dr. D. Josep M<sup>a</sup>. Merigó Lindahl, por su guía constante, (yo suelo ser muy pesado), sabios consejos y apoyo anímico. Por ejemplo y en referencia a esto último, no quisiera dejar de mencionar que, en cierta ocasión en la que mantuvimos una reunión conjunta, para revisar mis avances en la redacción de la tesis, les comuniqué mi intención de abandonar, debido a determinadas dificultades que me habían surgido, y que me parecían prácticamente insuperables. No recuerdo sus palabras con exactitud, pero sí sus razonamientos, palabras de ánimo y su seguridad de que todo se resolvería favorablemente. Lo cierto es que me convencieron, que salí de la reunión muy animado y plenamente convencido de que no volvería a dudar de mí mismo. Aprovecho pues esta ocasión, para expresarles de nuevo, a ambos, mi más sincero agradecimiento.

## ESTRUCTURA DE LA TESIS

### Índice Sintético:

Capítulo 1. Introducción.....	19
Capítulo 2. Estado de la cuestión.....	37
Capítulo 3. La calidad en la empresa.....	50
Capítulo 4. Introducción a la Teoría de la Incertidumbre.....	170
Capítulo 5. La importancia del control de los costes totales de la calidad en la empresa.....	187
Capítulo 6. Conclusiones.....	227
Bibliografía.....	232
<b>Anexo:</b> Artículo enviado a “INNOVAR” para su publicación. “La importancia del control de los costes de la no-calidad en la empresa” (En proceso de evaluación).....	243

<b>Capítulo 1. Introducción.....</b>	<b>19</b>
1.1 Presentación.....	19
1.2 Justificación de la investigación.....	21
a) Organizaciones que NO controlan sus costes de calidad.....	22
b) Organizaciones que SÍ controlan sus costes de calidad.....	23
1ª cuestión: Cambios en la distribución de los costes de calidad.....	24
2ª cuestión: Cambios en el coste total de la calidad.....	25
3ª cuestión: Cambios en ventas y beneficios.....	25
Experiencia en España.....	29
1.3 Objetivos.....	31
1.4 Metodología.....	33
1.5 Publicaciones y congresos.....	34
1.6 Estructura y contenido.....	35
<b>Capítulo 2. Estado de la cuestión.....</b>	<b>37</b>
2.1 Enfoque.....	37
2.2 Análisis específico de los costes de calidad mediante el “input” –costs of quality-.....	37
2.3 Análisis específico de los costes de calidad mediante el “input” “quality costs”.	44
<b>Capítulo 3. La calidad en la empresa.....</b>	<b>50</b>
3.1 Calidad.....	50
3.2 Gestión de la calidad.....	53
3.2.1 Evolución de la calidad.....	56



3.2.2 Los grandes gurus.....	59
.Walter A. Shewart (1.891-1.967).....	60
.William Edwards Deming (1.900-1.993).....	61
- Las siete enfermedades mortales de la dirección.....	63
- Los catorce puntos de Deming.....	63
- El ciclo de Deming.....	65
.Joseph Moses Juran.....	66
.Philip Bayard Crosby (1.926-2.001).....	68
- Los catorce pasos de la mejora de la calidad.....	69
.Genichi Taguchi (1.924-2.012).....	69
.Kaoru Ishikawa (1.915-1.989).....	72
.Shigeo Shingo (1.909-1.990).....	75
- “Poka-Yoke”.....	75
- “Single Minute Exchange of Die”.....	76
.Taiichi Ohno (1.912-1.990).....	77
.Masaaki Imai (1.930- ...)......	78
3.2.3 La voz del cliente.....	81
3.2.4 Planificación de la calidad.....	83
3.2.5 El manual de la calidad.....	84
3.3 “Total Quality Management”.....	86
3.3.1 Minicompañías.....	87
3.3.2 Reingeniería.....	90

3.3.3 “Just in Time” (JIT).....	92
3.3.3.1 “Single Minute Exchange of Die”.....	94
3.3.3.2 “Kaizen”.....	94
3.3.3.3 “Kanban”.....	95
3.3.3.4 “Total Productive Maintenance”.....	98
3.3.3.5 Mejora de la calidad.....	101
3.3.3.5.1 Equipos de mejora.....	104
3.3.3.5.2 Los siete instrumentos estadísticos (“Seven Tools”).....	106
- Toma de datos (“Checklist”).....	107
- Histograma.....	108
- Diagrama de Dispersión y Correlación.....	109
- Diagrama de Pareto.....	111
- Diagrama Causa-Efecto.....	113
- Gráfico de control.....	116
- Estratificación... Comparación de grupos.....	118
3.3.3.5.3 Los siete nuevos instrumentos estadísticos, (“The new seven Tools”)...	119
- Diagrama de afinidad.....	121
- Diagrama de relaciones.....	122
- Diagrama de árbol.....	123
- Diagrama matricial (D.M.).....	124
- Diagrama de priorización.....	126
- Diagrama del programa de decision del proceso (PDPC).....	128

- Diagrama de flechas o de redes.....	129
3.3.3.5.4 Círculos de calidad.....	131
3.3.3.6 Cero defectos, (“Zero defects”).....	134
3.3.4 “Benchmarking”.....	135
3.3.5 Seis Sigma.....	138
3.3.5.1 Diseño de experimentos.....	142
- Método tradicional.....	143
- Método de experimentación directa sin planificación.....	144
- Método de experimentación directa a un solo factor.....	144
- Métodos de Taguchi y Shainin.....	146
. Enfoque de Taguchi.....	147
. Enfoque de Shainin.....	149
3.3.6 “Quality Function Deployment” (QFD).....	152
3.3.7 “Failure Mode and Efect Analysis” (FMEA).....	154
3.3.8 Sistemas de calidad.....	156
3.3.8.1 Premios nacionales a la calidad.....	158
- “Malcom Baldrige”.....	158
- “Deming Price”.....	160
- Premio Europeo a la Calidad.....	161
3.3.8.2 Norma UNE-EN-ISO-9000 (UNE-66.900).....	162
3.3.8.3 Modelo “EFQM”.....	164
3.3.9 Costes de la calidad.....	169

<b>Capítulo 4. Introducción a la Teoría de la Incertidumbre.....</b>	<b>170</b>
4.1 Fundamentos de la Teoría de los Subconjuntos Borrosos.....	170
4.1.1 Subconjuntos borrosos: Normalidad y Convexidad.....	172
4.1.2 Unión, Intersección y Complementación.....	174
4.2 Números borrosos.....	176
4.2.1 Adición de números borrosos.....	177
4.2.2 Sustracción de números borrosos.....	178
4.2.3 Multiplicación de números borrosos.....	179
4.2.4 Cociente de números borrosos.....	180
4.2.5 Multiplicación por un número real.....	181
4.2.6 División por un número real.....	181
4.2.7 Mínimo entre números borrosos.....	181
4.3 Números borrosos triangulares.....	181
4.3.1 Principales operaciones a realizar con los NBT's.....	183
- Adición.....	183
- Sustracción.....	184
- Producto por un número real.....	185
4.4 Números borrosos trapezoidales.....	185
 <b>Capítulo 5. La importancia del control de los costes totales de calidad en la                   empresa.....</b>	 <b>187</b>
5.1 Costes de la calidad y de la no-calidad.....	187
5.1.1 Clasificación de los costes totales de la calidad (C.T.C.).....	188

5.1.1.1 Costes de la calidad.....	188
5.1.1.1.1 Costes de Prevención.....	189
5.1.1.1.2 Costes de Evaluación.....	189
5.1.1.2 Costes de la no-calidad.....	189
5.1.1.2.1 Costes de los Fallos Internos.....	190
5.1.1.2.2 Costes de los Fallos Externos.....	190
5.1.1.3 Costes Tangibles.....	191
5.1.1.4 Costes Intangibles.....	191
5.2 El “Modelo de Costes Clásico”.....	191
5.3 El “Modelo de Costes Actualizado”.....	192
5.4 Figuras clave de la nueva estrategia de gestión propuesta.....	193
5.4.1 El Director General (D.G.).....	194
5.4.2 El Equipo de Dirección (E.D.).....	195
5.4.3 El Equipo Gestor (E.G.).....	197
5.5 Elaboración del Presupuesto.....	200
5.5.1 Datos de partida del Presupuesto.....	202
5.5.2 Análisis de los componentes de los C.T.C. ....	202
5.5.3 Diseño de los proyectos de mejora.....	203
5.6 Solución mediante el “modelo 1”.....	204
5.6.1 Coste y beneficio estimados de los proyectos.....	204
5.6.2 Orden de los proyectos de forma creciente y acumulativa.....	205
5.6.3 Plan de trabajo final.....	206

5.6.4 Determinación de la mejor opción.....	208
5.7 Solución mediante el “modelo 2”.....	209
5.7.1 La valuación de los proyectos de mejora.....	210
5.7.2 Coste y beneficio estimados de los proyectos.....	212
5.7.3 Orden de los proyectos de forma creciente y acumulativa.....	213
5.7.4 Plan de trabajo final.....	214
5.7.5 Determinación de la mejor opción.....	215
5.7.6 Cálculo de la opción óptima.....	216
5.7.6.1 Viabilidad de la opción ocho.....	217
5.7.6.2 Viabilidad de la opción nueve.....	220
5.7.6.3 Viabilidad de la opción diez.....	222
5.8 Análisis de los resultados.....	225
<b>Capítulo 6. Conclusiones.....</b>	<b>227</b>
Futuras líneas de investigación.....	230
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>232</b>
<b>Anexo: Artículo enviado a INNOVAR para su publicación. “La importancia del control de los costes de la no-calidad en la empresa”. (En proceso de evaluación).....</b>	<b>243</b>

## **Listado de tablas:**

### **Capítulo 1. Introducción**

Tabla 1.1	Grado de madurez de las organizaciones.....	24
Tabla 1.2	Modelo conceptual de los costes de calidad relativos, según el grado de madurez de las empresas.....	28

### **Capítulo 2. Estado de la cuestión**

Tabla 2.1	Selección de especialidades (1).....	38
Tabla 2.2	Autores más prolíficos sobre –costs of quality-.....	40
Tabla 2.3	Principales revistas de la especialidad (1).....	41
Tabla 2.4	Publicaciones por países en las principales revistas (1).....	41
Tabla 2.5	Idiomas utilizados.....	42
Tabla 2.6	Evolución de las publicaciones a través del tiempo (1).....	42
Tabla 2.7	Selección de especialidades (2).....	45
Tabla 2.8	Autores más prolíficos sobre “quality costs”.....	46
Tabla 2.9	Principales revistas de la especialidad (2).....	47
Tabla 2.10	Publicaciones por países en las principales revistas (2).....	47
Tabla 2.11	Evolución de las publicaciones a través del tiempo (2).....	48

### **Capítulo 3. La calidad en la empresa**

Tabla 3.1	“Kairu versus Kaizen”.....	80
Tabla 3.2	Diferencias en la actitud de los profesionales.....	89
Tabla 3.3	Cambios en la Reingeniería.....	92
Tabla 3.4	“Kanban versus no-Kankan”.....	98

Tabla 3.5	Distribución de probabilidad de Seis Sigma.....	140
Tabla 3.6	Experimento a dos niveles con tres factores.....	145
Tabla 3.7	Ejemplo de “FMEA”.....	155

#### **Capítulo 4. Introducción a la Teoría de la Incertidumbre**

#### **Capítulo 5. La importancia del control de los costes totales de calidad en la empresa**

Tabla 5.1	Desglose Costes Totales de Calidad.....	188
Tabla 5.2	Costes de calidad reales del período cero.....	202
Tabla 5.3	Presupuesto Evaluación coste/beneficio, modelo 1.....	204
Tabla 5.4	Presupuesto Prevención coste/beneficio, modelo 1.....	205
Tabla 5.5	Orden de preferencia de los proyectos, modelo 1.....	206
Tabla 5.6	Opciones del presupuesto, modelo 1.....	208
Tabla 5.7	Resumen de resultados, modelo 1.....	208
Tabla 5.8	Ejemplo de la última iteración del E.G. en el modelo 2.....	211
Tabla 5.9	Ejemplo de filtrado de cifras extremas en el modelo 2.....	212
Tabla 5.10	Presupuesto Evaluación coste/beneficio en el modelo 2.....	213
Tabla 5.11	Presupuesto Prevención coste/beneficio en el modelo 2.....	213
Tabla 5.12	Orden de preferencias de los proyectos en el modelo 2.....	214
Tabla 5.13	Opciones del presupuesto en el modelo 2.....	215

#### **Capítulo 6. Conclusiones**



**Listado de figuras:**

**Capítulo 1. Introducción**

Figura 1.1	Distribución de los costes de calidad en el tiempo.....	28
------------	---	----

**Capítulo 2. Estado de la cuestión**

Figura 2.1	Evolución de las publicaciones a través del tiempo (1).....	43
------------	---	----

Figura 2.2	Evolución de las publicaciones a través del tiempo (2).....	49
------------	---	----

**Capítulo 3. La calidad en la empresa**

Figura 3.1	Perspectiva de la gestión de la calidad.....	53
------------	--	----

Figura 3.2	El Ciclo de Deming.....	66
------------	-------------------------	----

Figura 3.3	“Función de Pérdida” de Taguchi.....	71
------------	--------------------------------------	----

Figura 3.4	Esquema de la “Función de Pérdida” de Taguchi.....	71
------------	--	----

Figura 3.5	Diagrama de Ishikawa.....	73
------------	---------------------------	----

Figura 3.6	Unión “Kairu-Kaizen”.....	80
------------	---------------------------	----

Figura 3.7	Panel de “Kanban”.....	96
------------	------------------------	----

Figura 3.8	Diagrama de producción de Toyota en base al método “Kanban”.....	97
------------	--	----

Figura 3.9	Estructura de la organización “TPM” para su implantación.....	99
------------	---	----

Figura 3.10	Pilares en los que se basa el “TPM”.....	100
-------------	--	-----

Figura 3.11	Secuencia de la mejora.....	102
-------------	-----------------------------	-----

Figura 3.12	Algunos ejemplos de la toma de datos, “checklist”.....	108
-------------	--	-----

Figura 3.13	Ejemplo de Histograma.....	109
-------------	----------------------------	-----

Figura 3.14	Ejemplo de “Diagrama de Dispersión” o de “Correlación”.....	111
Figura 3.15	Ejemplo de “Diagrama de Pareto”.....	113
Figura 3.16	Ejemplo (1) de “Diagrama Causa-Efecto”.....	115
Figura 3.17	Ejemplo (2) de “Diagrama Causa-Efecto”.....	115
Figura 3.18	Ejemplos de “Gráfico de control”.....	117
Figura 3.19	Ejemplo de “Gráfico de Estratificación”.....	119
Figura 3.20	Ejemplo de “Diagrama de Afinidad”.....	121
Figura 3.21	Ejemplo de “Diagrama de Relaciones”.....	123
Figura 3.22	Ejemplo de “Diagrama de Árbol”.....	124
Figura 3.23	Ejemplo de “Diagrama Matricial”.....	126
Figura 3.24	Ejemplo de “Diagrama de Priorización”.....	127
Figura 3.25	Ejemplo de “Gráfico del Programa de Decisión del Proceso.....	129
Figura 3.26	Ejemplo de “Diagrama de Flechas o de Redes”.....	131
Figura 3.27	Secuencia de “Seis Sigma”.....	141
Figura 3.28	Esquema de “Diseño de Experimentos”.....	142
Figura 3.29	Ejemplo de QFD (Compañía de autobuses del Noroeste).....	153
Figura 3.30	El “Modelo Europeo de Excelencia”.....	165
Figura 3.31	La lógica “REDER”.....	168

#### **Capítulo 4. Introducción a la Teoría de la Incertidumbre**

#### **Capítulo 5. La importancia del control de los costes totales de calidad en la empresa**

Figura 5.1	Esquema del “Modelo de Costes Clásico PEF” .....	192
Figura 5.2	Esquema del “Modelo de Costes Actualizado PEF” .....	193
Figura 5.3	Gráfico para la determinación del óptimo.....	216

## **Capítulo 6. Conclusiones**

## **Capítulo 1.-INTRODUCCIÓN**

### ***1.1.- Presentación.***

Muchos reputados expertos en el tema de la calidad, han enunciado su propia definición de "costes de calidad" o "costes de la calidad": "Los costes de calidad son la suma de los costes que desaparecerían si no hubiera 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", (Bohan & Horney, 1991). "Son los gastos incurridos para estabilizar y controlar la calidad de los productos fabricados", (Groocok, 1977). Podríamos continuar, pero no parece ser necesario. Todas las definiciones son acertadas, porque apuntan en la misma dirección, y con ligeros matices vienen a mostrar diferentes caras de la misma realidad.

El término "costes de calidad" apareció por vez primera en la década de los años 30, (Miner, 1933; Crocket, 1935), pero hasta los años 50 no hubo modelo 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 y modificado después,

(Schneiderman, 1988). Los analizaremos en detalle en el capítulo 5.

Existen otros modelos mucho menos utilizados, algunos de ellos muy parecidos al modelo 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). Algunos, de aplicación muy concreta, fueron diseñados específicamente para empresas de automoción, (Veen, 1974). Finalmente cabe mencionar a otros, mucho más teóricos que prácticos, de escasa difusión (Harrington, 1976; Thoday, 1976).

Gran parte de las empresas de todo el mundo, especialmente las PYMES occidentales, pierden mucho dinero, y como consecuencia de ello gran parte de su competitividad potencial, debido a que los costes totales de la calidad, en que incurren, son inaceptablemente elevados. En la mayoría de los casos no se utiliza modelo consistente alguno, o se aplica parcialmente y con escaso convencimiento. El resultado de ello, como cabría esperar, suele ser, obviamente, escaso.

Evidentemente hay también muchas empresas, generalmente las de mayor tamaño, competitivas en su sector, multinacionales, etc., las cuales, conocedoras de la gran importancia, que para la disminución de sus costes de producción 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 en mejorar la calidad de sus productos y servicios, se sienten, de alguna manera, partícipes de esa filosofía de trabajo, entendiendo que, en definitiva, el éxito de la empresa es también el suyo propio.

## **1.2.- Justificación de la investigación.**

Abundando en la descripción de la situación descrita en el apartado 1, conviene añadir que, hace ya varias décadas que los numerosos expertos en la gestión empresarial, principalmente estadounidenses, están alertando de 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: (Feigenbaum, 1956; 1957; Juran, 1962; Harrington, 1976; Crosby, 1979; 1983; Campanella & Corcoran, 1983; Schneiderman, 1986; 1988; Deming, 1992; Amat, 1995; 2005; Beckford, 2009; Hoyle, 2009).

En referencia a los Estados Unidos de América, la cifra de costes de calidad podría alcanzar el 10% sobre el valor de las ventas, (Juran, 1974), aunque siendo estrictos podría ser mucho más alta, si las empresas controlaran **todos** los costes de calidad. Sin embargo, en la mayoría de los casos no es así. Generalizando, las cifras varían sustancialmente entre los diferentes autores que han investigado sobre ello. Considerando un promedio entre Europa y Estados Unidos, oscilaría entre el 5% y el 40%, (Amat, 2005).

Basándose en estudios empíricos muy desalentadores, en los Estados Unidos, (Sower et al., 2002; 2003; 2007), se propusieron realizar un ambicioso estudio, capaz de determinar las razones del escaso interés por el control de los costes de calidad, mostrado por gran parte de las empresas norteamericanas. Según encuestas previas, menos de la mitad de dichas empresas controlaban sistemáticamente los costes de calidad.

Seleccionaron al azar 3200 empresas, miembros de la "Quality Management Division", (que contaba con 22.000 asociados), y que

pertenece a la "American Society for Quality" (ASQ), y les invitaron a participar en dicho estudio. Conviene resaltar que las empresas asociadas a la ASQ, lo son por voluntad propia, por lo cual, inicialmente, se les supone poseer un cierto interés especial en las actividades relativas a la calidad. Presumiblemente, muchas otras empresas no asociadas, podrían ser más indiferentes. El cuestionario enviado constaba, inicialmente, de una simple pregunta: "¿Controla su organización los costes de calidad?".

Se recibieron nada más 393 respuestas útiles, (15,7%), correspondiente a 29 Estados de la Unión. Tras su análisis, se constató que solamente 134, (un tercio), controlaban de alguna manera los costes de calidad, mientras que 259, (dos tercios) no lo hacían. Veamos las razones de ambos grupos:

**a.- Organizaciones que NO controlaban sus costes de calidad.**

A 196 de las organizaciones que **no** controlaban sus costes de calidad, se les envió un e-mail preguntando por las razones de tal estrategia. Respondieron 129 (65,8%).

- ✓ El **25%** aseguró que se debía a que existía una evidente falta de interés y apoyo por parte del Equipo Directivo.
- ✓ El **21%** aludió a la difícil situación económica de la empresa.
- ✓ El **20%** lo atribuyó a un insuficiente conocimiento técnico sobre los principios de la calidad, por parte de los estamentos superiores de la empresa.
- ✓ El **19%** dijo que era por la inexistencia de un buen programa informático de contabilidad.
- ✓ El **15%** pensó que sentían un cierto escepticismo generalizado ante la supuesta eficacia de los programas de control de los costes de 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.

***b.-Organizaciones que SI controlaban sus costes de calidad.***

*"El concepto moderno de los modelos de gestión de los costes de calidad, predice que los costes de calidad decrecen a medida que maduran los sistemas empleados", (Schaffer & Thomson, 1992).*

Ahora se trataba de preguntar a las empresas que **sí** controlaban sus costes de calidad, sobre los resultados obtenidos, con objeto de determinar su grado de eficacia. Decidieron efectuarlo de la siguiente manera: La muestra elegida era la correspondiente a las 134 respuestas afirmativas recibidas, a las que, en esta instancia, se les solicitó información sobre la posible relación existente entre:

- ✓ La distribución de sus costes de calidad, y
- ✓ El nivel de madurez de la organización de su sistema de calidad.

Se solicitaron dos respuestas independientes de cada organización: una al responsable del departamento de calidad y otra al de contabilidad y finanzas. Se recibieron 32 pares de respuestas útiles, las cuales se analizaron a fondo. Antes de entrar en los resultados veamos que entiende la ANSI/ISO/ASQ, por "Niveles de madurez de los sistemas de calidad":



Tabla 1.1. Grado de madurez de las organizaciones

<b>Grado de madurez</b>	<b>Nivel de desarrollo</b>	<b>Características</b>
1	No existe un enfoque sistemático	Ningún enfoque/sin resultados/malos rds.o rds.impred.
2	Destinado a resolver los errores	Enfoque sistem. para corregir probl./ poca inform. sobre rds.
3	Enfoque formal estable	Enfoque sistem. basado en el proceso/ datos de acuerdo con los objetivos y mejora de las tendencias.
4	Mejora continua	Aplicación de los procesos de mejora/ buenos rds. y tendencias.
5	"Best in class"	Proceso de mejora fuertemente integrado "benchmarked demonstrat.".

Fuente: "American Society for Quality" (2000, p. A8)

**1ª cuestión: Cambios en la distribución de los costes de calidad.**

Demostraron estadísticamente que había una clara evidencia de que el coste de los fallos externos decrece, como porcentaje de los costes totales de la calidad, en función del grado de madurez del sistema. Al propio tiempo el coste de los fallos externos, decrece en

función del incremento de los costes de evaluación. También queda patente que ambos costes, (internos y externos), decrecen con el incremento de los costes en prevención.

### **2ª cuestión: Cambios en el coste total de calidad.**

**No** encontraron una correlación significativa entre el grado de madurez del sistema de calidad, y el número de años desde la implantación del sistema de costes de calidad. Ello les sugiere que la madurez del sistema **no** depende tanto del número de años de implantación, como de otros factores o instrumentos predominantes utilizados. Esta conclusión es consistente con, (Montgomery, 1996; ANSI/ISO/ASQ Q9004-2000 standard).

### **3ª cuestión: Cambios en ventas y beneficios.**

Existe la creencia de que el nivel de ventas y el crecimiento de los beneficios son mayores en organizaciones que poseen un sistema de costes de calidad, y lo han mantenido a lo largo de varios años. Pero las conclusiones estadísticas de este estudio **no** lo confirman. Ello está de acuerdo con la conclusiones de, (Schaffer & Thomson, 1992), que demostraron que la mayoría de los sistemas de calidad utilizados **no** proporcionan mejoras reales, **ni** tienen impactos significativos sobre la competitividad. "Solamente la mitad de las compañías calculan los costes de calidad", (Viger & Anandarajan, 1999). "Según dos estudios que hemos realizado en USA, tan solo controlan los costes de calidad entre el 33 y el 40% de las empresas", (Gupta & Campbell, 1995). "La mayoría de los sistemas utilizados no proporcionan buenos resultados", (Schaffer & Thomson, 1992).

Muchas compañías que aplican algún sistema de costes de calidad, descubren que **no** están a la altura de las expectativas. (Chase,

1998) asegura que, *"muchos programas de costes de calidad son a menudo ineficaces, debido a que su contenido es poco más que una vaga estimación del desecho producido a corto plazo"*. (Montgomery, 1996) reflexiona argumentando que *"el principal propósito del sistema de control de los costes de calidad es la reducción de dichos costes mediante la identificación de oportunidades"*, y describe las razones por las que, a su juicio, fallan algunos programas:

- ✓ *Utilizar la información obtenida para exponerla en vistosos paneles, en lugar de utilizarla como motor de la gestión.*
- ✓ *Obsesión por la exactitud de las cifras.*
- ✓ *Subestimación de la profundidad y extensión del esfuerzo requerido para hacer prevención.*

(Dale & Plunkett, 1999) hacen una interesante reflexión subrayando que *"la principal dificultad para aplicar un sistema de control de costes de calidad fuera del campo de la producción, es que es mucho más fácil detectar el desecho en productos tangibles, que en actividades de servicio"*.

(Weldon & Ross, 1998) se fijan en Australia, y apuntan que, *"los sistemas de control de costes de calidad no han sido ampliamente utilizados, por dificultades contables, porque:*

- ✓ *Los informes de calidad son percibidos como producto de la responsabilidad exclusiva del director de calidad, quien únicamente se concentra en medidas no-financieras.*
- ✓ *Los directores de calidad adolecen de falta de conocimientos contables.*
- ✓ *El control de los costes de calidad ha sido introducido, sólo recientemente, en la disciplina contable. (Gupta & Campbell, 1995), abundan en este tema, sugiriendo que "para tener éxito en la aplicación de programas de costes de calidad, es*

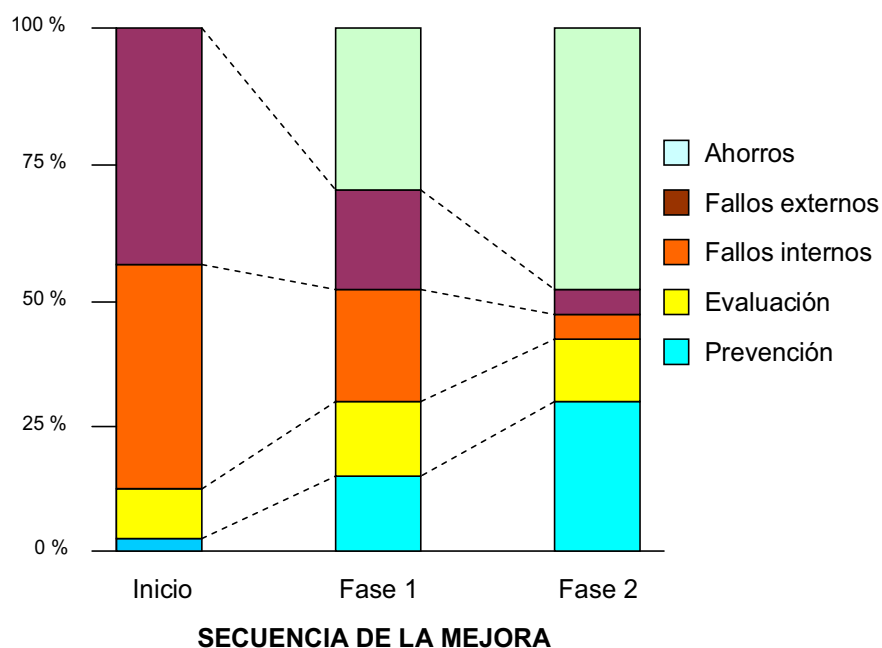
*imprescindible que dicho programa:*

- ✓ *Funcione en sintonía con la estrategia corporativa.*
- ✓ *Esté totalmente integrado en la estrategia operacional.*
- ✓ *Cuente con el apoyo y compromiso de la Alta Dirección.*
- ✓ *Actúe sobre el origen de los problemas de calidad y no sobre los síntomas.*
- ✓ *Se base en un ajustado cálculo del coste de la calidad.*
- ✓ *Aplique recompensas e incentivos.*
- ✓ *Se conciba a largo plazo.*
- ✓ *Esté bien pensado y bien planeado”.*

Un claro ejemplo de lo dicho anteriormente lo presenta, (Carr, 1995), y explica que *"Xerox ahorró 53 millones de \$ el primer año de aplicación del programa de control de costes de calidad"*.

La necesidad de incrementar las inversiones en actividades de prevención, para reducir los costes de fallos internos y externos, ha sido documentado por un gran número de autores: (Liebert, 1976; Blank & Solorzano, 1978; Campanella & Corcoran, 1983; Godfrey & Pasewark, 1988). En sistemas de calidad maduros, los costes en prevención (mayoritariamente), y evaluación, son elevados en relación con los costes de los fallos, pero en cambio, los costes totales de calidad disminuyen. Veámoslo esquemáticamente a continuación:

Figura 1.1. Distribución de los costes de la calidad en el tiempo



Fuente: Elaboración propia

Entrando más en detalle, (Sower & Quarles, 2007), lo presentan en la tabla siguiente, añadiendo que para llegar a un nivel alto de madurez, se requieren, al menos, unos cinco años.

Tabla 1.2. Modelo conceptual de los costes de calidad relativos, según el grado de madurez de las empresas.

	<b>Niveles de madurez</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Prevención</b>	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Alto
<b>Evaluación</b>	Bajo	Bajo moderado	Moderado	Bajo moderado	Bajo
<b>Fallos internos</b>	Alto	Muy alto	Moderado alto	Bajo moderado	Muy bajo
<b>Fallos externos</b>	Alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo
<b>COSTES TOTALES</b>	Alto	Muy alto	Moderado alto	Moderado bajo	Bajo

Fuente: Sower & Quarles, 2007

### **Experiencia en España.**

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

- ✓ Respuestas recibidas: 182 (12,6%). Es similar al estudio realizado por (Sower et al., 2007). Abundan en ello (Mabert et al., 2000; Dusharme, 2001), que lo consideran normal y típico de estos estudios. La mayoría de las empresas no empieza a tener ahorros hasta el cuarto año.
- ✓ La mitad de ellas habían mejorado los costes de calidad en un 5,53%, en promedio.
- ✓ Un 37% aseguraron que, en lugar de disminuir, sus costes de calidad, habían aumentado un 2,77% en promedio.

Respecto a la pregunta: "**¿Qué tipo de costes controlan?**", las respuestas fueron:

- ✓ Fallos internos..... 43%
- ✓ Fallos externos..... 36%
- ✓ Prevención.....25%
- ✓ Evaluación.....22%
- ✓ Los cuatro.....13%
- ✓ Intangibles..... 9%
- ✓ Todos ellos.....5%

Resumiendo, solamente un 5% de las empresas "**más sensibilizadas**", aplican de forma completa el "Modelo Clásico de Gestión de los Costes de Calidad". Ello a pesar de que la adopción de la certificación ISO-9000 es voluntaria, y se fundamenta en la

esperanza de mejorar los costes de calidad, y además, que lo sepan sus clientes, (Beckford, 2009; Hoyle, 2009).

No hemos encontrado datos fiables que nos permitan suponer que tal situación sea privativa de la Comunidad Valenciana. Parece pues razonable pensar que estas cifras puedan ser, en mayor o menor medida, extrapolables al resto de Comunidades Autónomas, (CC AA), de España.

Deducimos de todo ello que, los costes de calidad, aún siendo cuantiosos, no se gestionan de forma adecuada, ni con la firmeza requerida. Es decir:

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

En el estudio realizado por (Climent, 2003), se especifica o se desprende que, los decepcionantes resultados obtenidos, se deben a las siguientes causas:

- ✓ *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 Calidad.*
- ✓ *Débil planificación estratégica de la función de 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.*

Pensamos que lo descrito hasta este punto, es lo suficientemente aclaratorio para explicar el verdadero "Estado de la Cuestión", en un tema de tanta trascendencia económica para las empresas.

Utilizando el conocido símil *"es un pez que se muerde la cola"*: Si los resultados de la reducción de costes de 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.

### ***1.3.- Objetivos.***

A la vista de la situación, muy probablemente generalizada, de las debilidades de los sistemas de gestión de los costes de calidad que se están aplicando, hemos diseñado una nueva estrategia completa, con la finalidad de superar las debilidades actuales, revitalizando el sistema de gestión de los costes de calidad, recogiendo las experiencias de muchos autores, además de las propias.

Se trata, en esencia, de establecer una metodología global, que elimine los viejos errores, sustituyéndolos por procedimientos que hayan demostrado sobradamente su eficacia, y que sean capaces de involucrar e ilusionar al personal.

Nuestra propuesta se basa también en el mundialmente conocido "Modelo PEF, actualizado", pero como veremos posteriormente, este modelo, en el fondo, no es capaz por sí mismo de garantizar el éxito del sistema. En realidad, no es más que una acertada subdivisión de los defectos, en función de su origen y singularidad.



Proponemos aplicar una estrategia de **doblo vertiente**:

**a) Diseño organizativo de un nuevo sistema de gestión de los costes de calidad**, eliminando actividades ineficaces, o aún contraproducentes, e introduciendo otras que se han manifestado útiles en diversos campos de la calidad.

**b) Creación de dos nuevos modelos operativos**, para gestionar los costes de calidad, en sendas posibles coyunturas concretas, que suelen darse en las empresas.

El diseño organizativo mencionado se sustenta en los siguientes siete elementos clave:

- ✓ Fuerte y permanente liderazgo por parte del Director General.
- ✓ Responsabilidad compartida.
- ✓ Participación del Equipo Directivo.
- ✓ Creación de un Equipo Gestor.
- ✓ Amplia formación y entrenamiento en calidad, a todos los niveles.
- ✓ Diseño y control meticuloso del Presupuesto de Calidad.
- ✓ Aplicación inmediata, en su caso, de acciones correctivas.

Llegados a este punto, nos parece oportuno adelantar un asunto de vital importancia, consistente en desterrar la creencia, ampliamente extendida, de que la calidad es un asunto que compete **exclusivamente** al responsable de la gestión de la calidad. Lo que debe quedar claro es que, **todo** el personal de la organización, en mayor o menor medida, es responsable del éxito o fracaso del nivel de calidad obtenido.

No nos atrevemos a calificar de inconveniente la inversión en tiempo y dinero, necesaria para llevar a cabo estas actividades, si tenemos en cuenta la contraprestación que podría suponer. Cada empresa habría de valorar sus propios pros y contras, pero es imprescindible que si la decisión final es afirmativa, se asegure de que es lo suficientemente firme e irreversible. Los titubeos o avances a medio gas, en la mayoría de los casos, como hemos visto en el apartado anterior, sólo conducen al fracaso.

#### ***1.4.- Metodología.***

La metodología utilizada, se deduce principalmente, de las observaciones y experiencias obtenidas a partir de los estudios realizados por reconocidos autores e instituciones internacionales.

Básicamente, se encuentran debilidades organizativas y procedimentales, pero sobretodo se detecta una nítida carencia de liderazgo, y/o persistencia en el mismo, que, como máximo, se manifiesta al inicio de la aplicación del sistema de control de los costes de calidad. Luego, en muchas ocasiones, los habituales problemas de las empresas, que suelen surgir, acaparan la imprescindible atención requerida, quedando el sistema relegado a un segundo, o tercer nivel, sustentado por la rutina. Las consecuencias, como veremos, son muy negativas.

Al margen de los problemas relativos a la organización de la calidad, hemos descubierto también la aplicación de una nada despreciable cantidad de modelos y submodelos. Es decir, observamos la proliferación de empresas que han adoptado solamente una parte del modelo de costes clásico "PEF".

Lógicamente, la indecisión, o la reticencia a aplicar el modelo completo, es ineficiente y notablemente desaconsejable.

Proponemos finalmente que, además de utilizar el "Modelo PEF Actualizado", se gestione el presupuesto de calidad mediante uno de los dos submodelos siguientes:

- a).- Diseñado para gestionar presupuestos de costes de calidad sencillos.
- b).- Prevé la posibilidad de lograr una mayor exactitud en las cifras sobre las previsiones, al tiempo que introduce situaciones de incertidumbre, que serán gestionadas mediante "números borrosos triangulares".

### ***1.5.- Publicaciones y congresos.***

Los modelos "1" y "2" han sido ya publicados, en sendos trabajos, en junio 2.012 por la "Academia Europea de Dirección y Economía de la Empresa" (AEDEM). Por otro lado, el 5 de junio, tuvo lugar el "XXVI Congreso Anual de AEDEM", en la "Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Barcelona", en el que presentamos dos ponencias sobre dichos modelos.

Hemos enviado, también, para su publicación, otro artículo a la revista INNOVAR, de la "Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia". Su título es "*La importancia del control de los costes de la no-calidad en la empresa*". En la actualidad, está en proceso de revisión. Hemos adjuntado su contenido en el anexo final.

## **1.6.- Estructura y contenido.**

Hemos dividido la tesis en siete capítulos, ordenados para mostrar, de forma progresiva, el estado de la gestión de los costes de calidad en occidente, las debilidades existentes, las oportunidades a nuestro alcance, los instrumentos disponibles, la propuesta de un nuevo sistema organizativo de gestión de los costes totales de la calidad, así como dos modelos operativos, de dirección y control del presupuesto.

En el capítulo uno se muestra lo que podríamos considerar una breve introducción del trabajo realizado, compuesta por una presentación general, lo que hemos denominado justificación del tema objeto de la investigación, un resumen de los objetivos propuestos, la metodología utilizada para el desarrollo de la tesis, las publicaciones realizadas en revistas internacionales y finalmente una descripción del contenido del trabajo.

En el segundo capítulo se analiza el "Estado de la cuestión", relacionando los artículos de mayor impacto internacional, así como las revistas y autores con un mayor número de publicaciones en actividades relativas a la gestión de los costes de calidad. También se analiza la evolución del interés de los autores por este tipo de temas, a lo largo de los últimos años, así como el idioma y las nacionalidades más influyentes.

El capítulo tres ofrece una amplia descripción de los principales instrumentos matemáticos y estadísticos, al alcance de los especialistas en calidad de las empresas, para afrontar y resolver los múltiples problemas a los que se enfrentan constantemente, en el ejercicio de su responsabilidad.

El cuarto capítulo se ocupa de mostrar una herramienta instrumental, para resolver el presupuesto de costes de calidad según el modelo 2. Se trata de una introducción a la "Teoría de los Subconjuntos Borrosos" en general, y al "Número Borroso Triangular", en particular.

El quinto capítulo se ocupa de incidir en la importancia de controlar los costes de calidad en las empresas. Se describen los procedimientos existentes, la subdivisión de sus componentes y la organización ideal propuesta. Se presentan los dos modelos mencionados para la elaboración del presupuesto, el procedimiento de cálculo de ambos y la determinación de la mejor opción, u óptimo teórico.

El capítulo sexto trata de las principales conclusiones de este trabajo, las aportaciones realizadas y las posibles futuras investigaciones que se pueden realizar, para profundizar en este importante tema para las empresas.

A continuación, presentamos la bibliografía de la tesis, en la que aparecen los "clásicos" internacionales más importantes en materia de calidad, en general, y de los costes de la calidad, en particular. Obviamente, también se relacionan aquellos autores que se han ocupado de estos temas, y que han publicado estudios sobre ello.

Finalmente mostramos un anexo, con el artículo enviado a INNOVAR, que, como hemos mencionado, se encuentra en proceso de revisión.

## **Capítulo 2.- ESTADO DE LA CUESTIÓN.**

### **2.1.- ENFOQUE.**

Analizaremos el "Estado de la Cuestión", mediante la utilización de las bases de datos de la mundialmente conocida "*ISI Web of Knowledge*", ya que posee el mayor reconocimiento internacional, en cuanto a que dispone de las revistas científicas más prestigiosas, en cada especialidad.

Para obtener información concreta sobre los aspectos específicos necesarios, en cada caso, hemos acudido a la "*Journal Citation Reports (JCR)*" y a la "*Web of Science*", ambas pertenecientes a la "*ISI Web of Knowledge*".

Reforzando el interés que suscitan estas revistas en el campo científico, es conveniente añadir, que recogen también documentos de gran interés, como son los "*proceedings*" de los congresos de mayor renombre internacional.

Con el fin de centrar los datos obtenidos en su ámbito temporal, cabe señalar que hemos recogido la información los días 30 y 31 de Octubre de 2013. Es pues lógico suponer, que el número total de "citas" correspondiente al año 2013, aumentará muy probablemente, en cierta medida.

### **2.2.- ANÁLISIS ESPECÍFICO DE LOS COSTES DE CALIDAD MEDIANTE EL "INPUT" -COSTS OF QUALITY-.**

Con objeto de obtener el máximo número de aportaciones de los autores que se ocupan de esta cuestión, hemos optado por ampliar

el abanico de entrada, mediante la introducción de un "input" abierto: **-costs of quality-**, (sin comillas), en lugar de **"quality costs"**, (con comillas), que aunque apunta mejor a nuestro tema, tiene el inconveniente de encorsetar las respuestas de la base de datos, ofreciendo muchos menos "outputs" que en la primera opción.

En nuestra base de datos, el "topic" **-costs of quality-** detecta 99.876 entradas. Son demasiadas para poder llegar a conclusiones útiles. Analizando la composición de las mismas, observamos que la mayor parte de ellas se centra en especialidades muy poco relacionadas con nuestro tema, como por ejemplo medicina, farmacia, etc.. Por ello procedemos a discriminar la información, seleccionando:

*Tabla 2.1: Selección de especialidades. (1)*

CATEGORÍAS WEB OF SCIENCE	ENTRADAS
Engineering Electrical Electronic	10.660
" Manufacturing	3.419
" Industrial	3.129
" Mechanical	2.205
" Chemical	1.791

*Fuente: Elaboración propia*

Volvemos a discriminar entrando en "Document types" y seleccionando "Articles". Ordenando los diez artículos más citados obtenemos:

- (1) A.J. Paulraj; D.A. Gore; R.U. Nabar; et al. -An Overview of MIMO Communications- A key to Gigabyte Wíreles- *Proceedings of the IEEE*, 92 (2004) 198-218.  
Veces citado: 609.

- (2) S. Czernik; A.V. Bridgwater. -Overview of Applications of Biomass Fast Pyrolysis oil- *Energy & Fuels*, 18 (2004) 590-598.  
Veces citado: 576.
- (3) R. Zhang; S.L.Regunathan; K. Rose. -Videocoding with optimal inter/intra-Mode Switching for Packed Loss Resilience- *IEE Journal on Selected Areas in Communications*, 18 (2000) 966-976.  
Veces citado: 354.
- (4) H. Topcuoglu; S. Hariri; M.Y. Wu. -Performance-Effective and Low-Complexity Task Scheduling for Heterogeneous Computing- *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 13 (2002) 260-274.  
Veces citado: 322.
- (5) Z.L. Gaing. -Particle Swarm Optimization to Solving the Economic Dispatch Considering the Generator Constrains- *IEEE Transactions on Power Systems*, 18 (2003) 1187-1195.  
Veces citado: 313.
- (6) C.M. Assi; Y.H. Ye; S. Dixit; et al. -Dynamic Bandwidth Allocation for Quality-of-Service Over Ethernet PONs- *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 21 (2003) 1467-1477.  
Veces citado: 286
- (7) S.G. Chen; K. Nahrstedt. -Distributed Quality-of-Service Routing in ad hoc Networks- *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 17 (1999) 1488-1505.  
Veces citado: 235.
- (8) D. Banerjee; B. Mukherjee. -Wavelength-Routed Optical Networks: Linear Formulation Resource Budgeting Tradeoffs and a Reconfiguration Study- *IEEE-ACM Transactions on Networking*, (2000) 598-607.  
Veces citado: 230.



(9) L. Hagen; A.B. Kahng. -New Spectral Methods for Ratio Cut Partitioning and Clustering- *IEEE Transaction on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, 11 (1992) 1074-1085.

Veces citado: 213.

(10) H. Akagi. -Active Armonic Filters- *Proceedings of the IEEE*,93 (2005) 2128-2141.

Veces citado: 212.

Veamos a continuación los autores con más entradas, utilizando la expresión **-costs of quality-**, en la "Web of Science":

*Tabla 2.2: Autores más prolíficos sobre -costs of quality-.*

AUTOR	ENTRADAS
A. Jeang	31
C.H.. Chen	22
S. Lee	19
Y. Liu	19
Anonymous	18
F.T.S. Chan	18
B.R. Cho	17
C.Y. Chou	16
Y.M. Chen	15
S.Kim	15

*Fuente: Elaboración propia*

En cuanto a las revistas con más entradas podemos citar las siguientes:

Tabla 2.3: Principales revistas de la especialidad. (1)

REVISTA	ENTRADAS	TOTAL	%	IMPACT FACT. 2012	5-YEAR IMP. FACTOR
International Journal of Production Research	351	352	99,7	1.460	1.733
Intern. Journal of Advanc. Manufact. Technology	316	321	98,4	1.205	1.423
Desalination	288	290	99,3	3.041	2.751
International Journal of Production Economics	279	283	98,6	2.081	2.594
Journal of Materials Processing Technology	205	206	99,5	1.953	2.176

Fuente: Elaboración propia

A continuación mostramos los países que más entradas han aportado a los **-costs of quality-**:

Tabla 2.4: Publicaciones por países en las principales revistas. (1)

PUBLICACIONES POR PAISES				
Nº	PAISES	1971-2012	2009-2012	1971-2009
1.-	USA	2567	597	1950
2.-	Autores Repúb. China	772	349	373
3.-	Taiwan	721	268	470
4.-	Inglaterra	616	153	464
5.-	Canadá	495	152	336
6.-	Alemania	481	118	366
7.-	Corea del Sur	398	151	256
8.-	India	373	147	206
9.-	Japón	357	80	279
10.-	Francia	321	114	214

Fuente: Elaboración propia

No parece sorprendente apreciar, que es USA la principal fuente de creación de publicaciones, aunque sí llama la atención la República China, que no sólo está en segundo lugar, sino que se observa en ella un gran crecimiento en los últimos cuatro años. Cabe tal vez señalar, la discreta posición que ocupa Japón, (en noveno lugar), habiendo sido sin duda alguna el asombro mundial, por la revolución realizada en ese país, en los campos de la calidad y la

productividad, durante las últimas décadas del siglo pasado, y cuyas técnicas y filosofía se intentaron implantar en Occidente, con desigual eficacia.

Veamos ahora, a continuación, los 10 idiomas más empleados. Al hacerlo, no resulta sorprendente observar que, el 98,5% del total corresponde al inglés.

*Tabla 2.5: Idiomas utilizados.*

IDIOMA	ENTRADAS
Inglés	8.910
Alemán	83
Polaco	16
Francés	11
Esloveno	7
Serbio-Croata	5
Español	5
Croata	3
Japonés	3

*Fuente: Elaboración propia*

A continuación detallamos la evolución histórica de las publicaciones llevadas a cabo, conteniendo el concepto **-costs of quality-** :

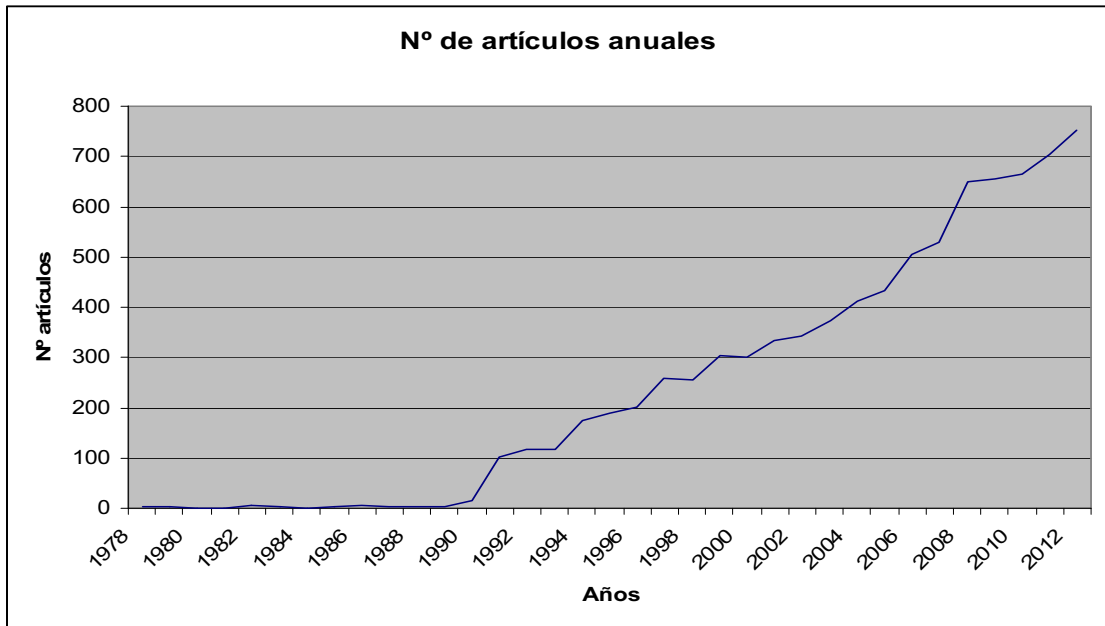
*Tabla 2.6: Evolución de las publicaciones a través del tiempo. (1)*

<b>Año</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>
<b>Nº artículos</b>	2	2	0	0	5	3	0
<b>Año</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>
<b>Nº artículos</b>	2	5	2	4	3	14	103
<b>Año</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>
<b>Nº artículos</b>	118	116	175	189	201	259	256
<b>Año</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
<b>Nº artículos</b>	305	301	334	343	372	411	432
<b>Año</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Nº artículos</b>	505	528	651	656	664	703	751

*Fuente: Elaboración propia*

Con el fin de mejorar la visualización de los datos y ofrecer una perspectiva más clarificadora, procedemos a representar estas cifras en forma de gráfico:

*Figura 2.1: Evolución de las publicaciones a través del tiempo (1)*



*Fuente: Elaboración propia*

En el gráfico se observa una notable atonía de las publicaciones efectuadas en los primeros trece años, desde que comienza esta serie, con pequeñas crestas esporádicas. A partir de 1990, sin embargo, se empieza a producir una repentina y creciente efervescencia creativa, cuya razón escapa de nuestra comprensión, y que requeriría un estudio específico concreto, al margen de esta tesis. Es más que probable que en ello incida más de una causa, como suele ocurrir frecuentemente.

El mencionado crecimiento de las publicaciones se mantiene en el tiempo, a buen ritmo, durante más de veinte años, lo cual es una buena noticia para el mundo científico y para las empresas.

### **2.3.- ANÁLISIS ESPECÍFICO DE LOS COSTES DE CALIDAD MEDIANTE EL INPUT "QUALITY COSTS".**

Como hemos comentado anteriormente, hemos decidido entrar en la base de datos de la "ISI Web of Knowledge" mediante un "input" abierto: **-costs of quality-**, (sin comillas), aún siendo conscientes de que el número de aportaciones sería muy elevado, al tiempo que más generalista y algo menos orientado a la materia específica que nos ocupa. Por ello, ahora profundizaremos en la cuestión, complementando la información obtenida con datos que apuntan más directamente al núcleo de nuestro tema. El "input" será ahora **"quality costs"**, con comillas, aún sabiendo que las aportaciones que los especialistas en esta materia han realizado, son, lamentablemente, más reducidas.

Es conveniente señalar, que los datos recogidos se han obtenido el día 14/11/2013, y que como en el caso anterior, entramos en la base de datos de la "ISI Web of Knowledge", y más concretamente en su derivada "Web of Science". Obtenemos 357 entradas, orientadas hacia muchas especialidades, muy alejadas, algunas, del propósito de nuestra tesis. Por tanto, tal como hemos hecho anteriormente, discriminaremos seleccionando las cinco actividades, a nuestro juicio más adecuadas.

Tabla 2. 7: Selección de especialidades (2)

CATEGORIAS "WEB OF SCIENCE"	ENTRADAS
Engineering Industrial	74
" Manufacturing	57
" Electrical Electronic	20
" Mechanical	14
" Chemical	4

Fuente: Elaboración propia

De nuevo discriminamos los datos para seleccionar "Artículos". De esta manera las entradas se reducen a 75. Veamos los 10 artículos más frecuentemente citados:

- (1) R.V. Baxley. -An application of variable sampling interval. Control charts- *Journal of Quality Technology*, 27 (1995) 275-282.  
Veces citado: 51
- (2) J.J. Plunkett; B.G. Dale. -Quality Costs. A Critique of Some Economic Cost of Quality Models- *International Journal of Production Research*, 26 (1988) 1713-1726.  
Veces citado: 41.
- (3) A. Jeang. -Economic Tolerance Design for Quality- *Quality and Reliability Engineering International*, 11 (1995) 113-121.  
Veces citado: 33.
- (4) L.J. Porter; P. Rainer. -Quality Costing for Total Quality Management- *International Journal of Production Economics*, 27 (1992) 69-81.  
Veces citado: 29.
- (5) F.P. Bernardo; P.M. Saraiva. -Robust Optimization Framework for Process Parameter and Tolerance Design- *Aiche Journal*, 44 (1998) 2007-2017.  
Veces citado: 27.
- (6) F.P. Bernardo; E.N. Pistikopoulos; P.M. Saraiva. -Quality Costs and Robustness Criteria in Chemical Process Design Optimization- *Computers and Chemical Engineering*, 25 (2001) 27-40.

Veces citado: 24.

- (7) K. Davis; W.B. Ledbetter; J.L. Burati. -Measuring Design and Construction Quality Costs- *Journal of Construction Quality Costs*, 115 (1989) 385-400.

Veces citado: 24

- (8) J. Michalska. -The Usage of the Balanced Scorecard for the Estimation of the Enterprise's effectiveness- *Journal of Materials Processing Technology*, 162 (2005) 16-19.

Veces citado:14.

- (9) L.S. Pheng; J.A. Teo. -Implementing Total Quality Management in Constructions Firms- *Journal of Management Engineering*, 20 (2004) 8-15.

Veces citado: 13.

- (10) Y.K. Son; L.F. Hsu. -A Method of Measuring Quality Costs- *International Journal of Production Research*, 29 (1991) 1785-1794.

Veces citado: 12.

Veamos ahora quienes son los autores que más han incidido en este tema:

*Tabla 2.8: Autores más prolíficos sobre "quality costs".*

<b>AUTOR</b>	<b>ENTRADAS</b>
B.G. Dale	3
J.J. Plunkett	3
E. Sullivan	3
S. Yacout	3
I.M. Bell	2
F.P. Bernardo	2
N. Gautreau	2
J.M. Gilbert	2
A. Jeang	2
M.Oppermann	2

*Fuente: Elaboración propia*

Como ya habíamos comentado anteriormente, con este "input" concreto, el número de aportaciones de autores, iba a ser

claramente más reducido, pero sin embargo interesantes y útiles, especialmente las de los dos primeros.

En cuanto a las revistas con más entradas, podemos citar las siguientes:

*Tabla 2.9: Principales revistas de la especialidad (2)*

REVISTA	ENTRADAS	TOTAL	%	IMPACT FACT.2012	5-YEAR IMP. FACTOR
Quality Progress (*)	18	" - "	" - "	" - "	" - "
Total Quality Management Business Excellence	15	1.173	1,28	0,894	0,905
International Journal of Production Research	10	7.730	0,13	1.460	1.733
International Journal of Production Economics	7	8.186	0,08	2.081	2.594
Management Science	7	18.351	0,04	1.859	3.057

(\*) W. o. S. mantuvo la revista hasta el 2003. Luego la cancelaron. Aún así es la que tiene más citas y artículos.

*Fuente: Elaboración propia*

A continuación mostramos las publicaciones, por países, realizadas por las principales revistas:

*Tabla 2.10: Publicaciones por países en las principales revistas (2)*

PUBLICACIONES POR PAISES				
Nº	PAISES	1971-2012	2009-2012	1971-2009
1	USA	26	2	24
2	Inglaterra	8	0	8
3	Australia	5	0	5
4	Canadá	4	2	2
5	Israel	4	0	4
6	India	3	1	3
7	Turquía	2	1	2
8	Japón	2	0	2
9	Escocia	2	0	2
10	España	1	1	0

*Fuente: Elaboración propia*



Aquí cabría destacar que en el período de 4 años, comprendido entre el 2009 y el 2012, Inglaterra, Australia, Israel, Japón y Escocia, no han aportado publicación alguna. Tan sólo USA y Canadá han estado a la altura.

En cuanto a los idiomas empleados, (aunque sería probablemente más justo decir "el idioma" empleado), destaca también el inglés, con un 98,5% de los artículos.

Ahora mostraremos el número de publicaciones anuales presentadas, sin tener en cuenta el país emisor.

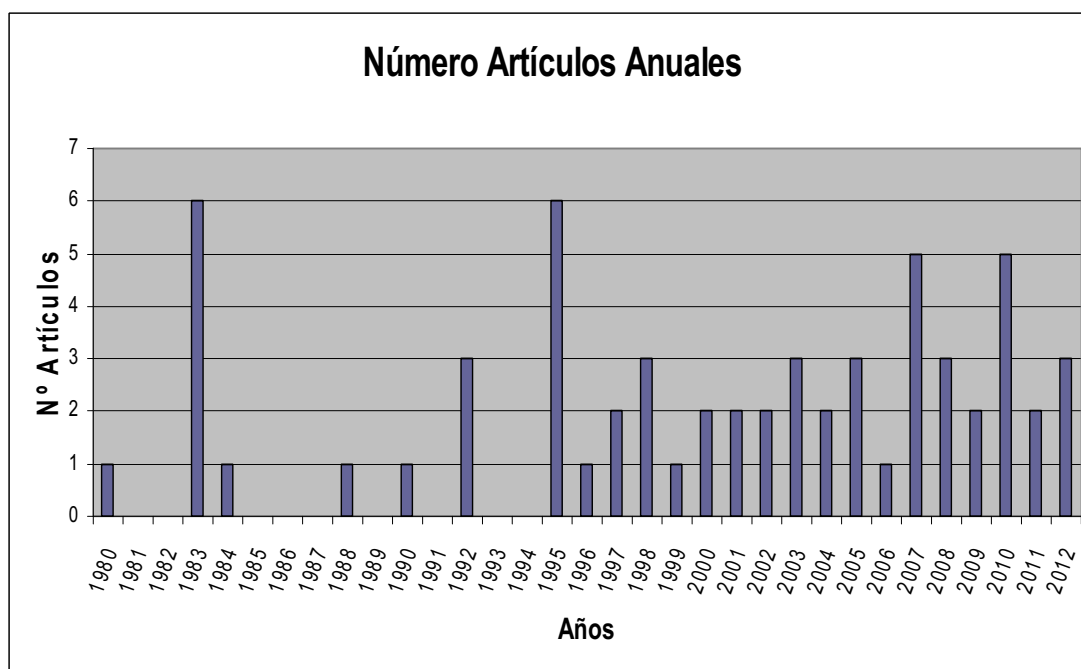
*Tabla 2.11: Evolución de las publicaciones a través del tiempo (2)*

<b>Año</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>
<b>Nº artículos</b>	1	0	0	6	1	0	0
<b>Año</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<b>Nº artículos</b>	0	1	0	1	0	3	0
<b>Año</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
<b>Nº artículos</b>	0	6	1	2	3	1	2
<b>Año</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Nº artículos</b>	2	2	3	2	3	1	5
<b>Año</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>		
<b>Nº artículos</b>	3	2	5	2	3		

*Fuente: Elaboración propia*

Nos parece oportuno en este caso, expresarlo, también, en forma de gráfico:

Figura 2.2: Evolución de las publicaciones a través del tiempo (2)



*Fuente: Elaboración propia*

Este gráfico presenta algunas, no todas, similitudes respecto al anterior. Por ejemplo podríamos citar la escasa actividad producida en los primeros diez a quince años, mostrados en el gráfico, con algunas excepciones: 1983, 1992 y 1995. A partir de ahí, y a diferencia del gráfico anterior, se observan contribuciones anuales, sin excepción, aunque su débil crecimiento no permite ser muy optimista respecto al futuro, a menos que se produzcan acontecimientos que animen a investigadores y profesionales en general, a perseverar en el estudio de esta importante materia.

## **Capítulo 3.- LA CALIDAD EN LA EMPRESA**

### **3.1.- CALIDAD**

Parece evidente que, antes de empezar a desarrollar el tema del epígrafe, tratemos de concretar, dentro de lo posible, los límites del concepto "Calidad". Y no es, en verdad, tarea fácil hacerlo, ya que cada experto que se lo ha planteado, ha establecido una definición relativamente diferente de los demás, aunque sin duda todas acertadas. Según, (Vandeville, 1990):

*"Aptitud para el uso", (Juran, 1979). "Conformidad con los requerimientos", (Crosby, 1979). "Dar satisfacción, al precio que el usuario esté dispuesto a pagar", (Deming, 1992). Por su parte, las normas DIN determinan que, "la calidad en el mercado significa el conjunto de todas las propiedades y características de un producto, que son apropiadas para satisfacer las exigencias existentes en el mercado, al cual va destinado". Por otro lado, la norma ISO-8.402, define a la calidad como "la totalidad de características de un ente, que le confieren la aptitud de satisfacer necesidades implícitas o explícitas".*

Como podemos observar las definiciones son distintas, pero todas ellas están orientadas en la misma dirección. Es evidente que se complementan.

Podríamos añadir alguna más, aunque probablemente sería una aportación estéril, ya que nos tememos que ello no añadiría más luz al tema, sino tal vez al contrario. No obstante, habría que precisar que, como asegura, (Juran, 1974), *"la Calidad puede ser enfocada desde distintas perspectivas"*, de tal modo que podemos referirnos a:

- ✓ *Calidad de diseño*
- ✓ *Calidad de conformidad*
- ✓ *Habilidades*
- ✓ *Campo de servicio*

Ciertamente, la "*Calidad de diseño*" no es, en absoluto, un concepto de importancia secundaria. Es un tema eminentemente técnico, pero sobre todo complejo. Según (Juran, 1974), éste "*puede ser asimilado a un conjunto de tres etapas separadas y concatenadas, de forma progresiva*".

- ✓ "*Comprensión de lo que el cliente desea realmente*".  
Ésta es una actividad mucho más compleja de lo que en principio pudiera parecer.
- ✓ "*Identificación exacta de ese producto o servicio*".
- ✓ "*Traducir las conclusiones obtenidas en las dos etapas anteriores, en un conjunto de especificaciones que se ajusten a las necesidades del cliente*".

Aunque parezca sencillo, lo cierto es que, en la práctica, pueden cometerse errores de consecuencias más que notables para las empresas. Por un lado, el no haber interpretado suficientemente bien los deseos del cliente o del mercado, supondría ocasionar la no aceptación del producto o servicio producido. Por otro, el diseñador o el proyectista, (según nos refiramos a un servicio o a un producto), habría de desarrollar los esquemas o los planos, primando, dentro de lo posible, la sencillez en la realización, es decir, el grado de facilidad para llevarlo a cabo. "*Un diseño innecesariamente complicado, aumentaría los costes de producción, del mismo modo que lo harían unas tolerancias demasiado exigentes, las cuales, además, no añadirían valor al producto*", (Schonberger, 1991).

Por "Calidad de conformidad", Juran entiende que *"el producto fabricado debe estar conforme con el diseño, y es el resultado de utilizar numerosas variables: mano de obra, máquinas, herramientas, supervisión, etc"*. Alternativamente se le suele llamar también, *"calidad de producto"*, *"calidad de fabricación"* o *"calidad de producción"*.

Para referirse a las "habilidades", Juran razona que, *"la continuidad de la vida de las empresas, depende absolutamente del flujo constante del servicio de una serie de factores, como la energía, la comunicación, el transporte, el agua, etc."*. Juran asegura que, una forma de medir el grado de continuidad del servicio, es expresarlo mediante la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\text{Tiempo activo}}{\text{Tiempo activo} + \text{Tiempo inactivo}}$$

Finalmente tenemos el "Campo de servicio", dentro del cual Juran advierte que, *"asegurar la continuidad del servicio depende en gran medida de una serie de factores:*

- ✓ *"Establecer claros e inequívocos contratos de servicio.*
- ✓ *Confeccionar planes de mantenimiento del equipo productivo, incluyendo suministros de los componentes de las máquinas.*
- ✓ *Reclutar y entrenar adecuadamente al personal de mantenimiento de las máquinas, capaz de diagnosticar y reparar las averías.*
- ✓ *Reaccionar rápidamente ante las llamadas del cliente.*
- ✓ *Gestionar los sucesos con cortesía e integridad"*.

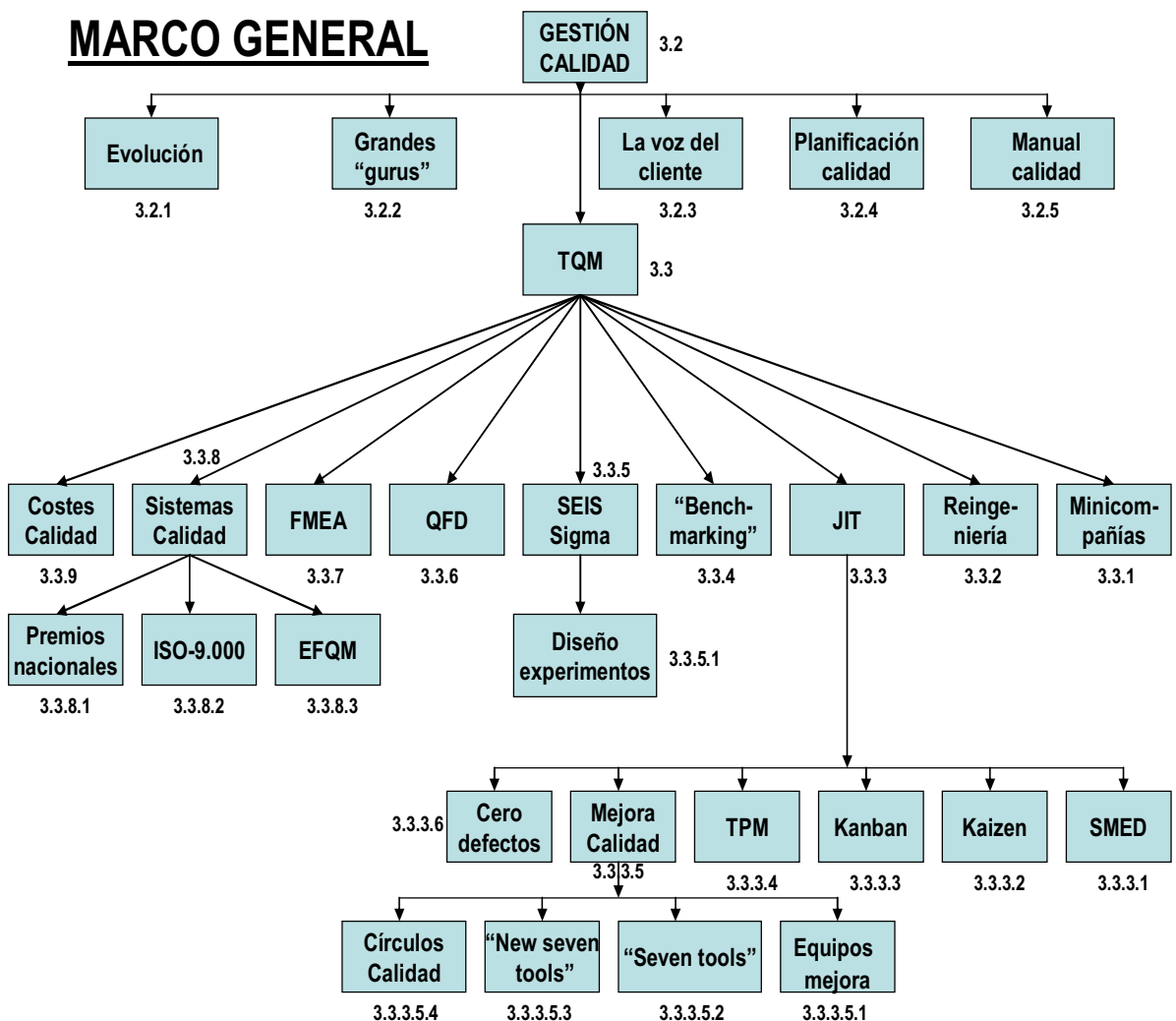
El "Campo de servicio" nos resulta mucho más familiar si lo expresamos en términos anglosajones: *"Customer Service"*, *"Sales*

*Service*”, o simplemente *“Service”*. El departamento responsable de estas actividades es conocido, también, como *“Customer Service”*.

Una vez definido el concepto *“Calidad”*, estamos ya en condiciones de entrar a plantear el bloque completo: *“Gestión de la Calidad”*.

### 3.2.-GESTIÓN DE LA CALIDAD

Figura 3.1 Perspectiva de la gestión de la calidad.



Fuente: Elaboración propia

La *“Gestión de la Calidad”*, esquemática en el denominado *“Marco*

General" anterior, aparece como una eficaz filosofía general de la gestión empresarial, diseñada para obtener ventajas competitivas, y la satisfacción de las expectativas de los clientes. Es evidente que dicha gestión no está solamente orientada al producto o servicio que la empresa genera, sino que se convierte en la estrategia global de la empresa, (Holey & Thompson, 2002 ; Vandeville, 1990 ; Froman, 2003).

En este sentido, la "calidad" a secas, se convierte en "Calidad Total", abarcando no sólo al producto o servicio, sino también al capital humano, procesos, métodos, máquinas, etc.. Es decir, se ocupa de la organización de la empresa, en general, *"involucrando a todos los estamentos de la misma, incluida la Alta Dirección, cuyo papel de líder activo, en la motivación de las personas y consecución de los objetivos, será fundamental"*, (Cuatrecasas, 1999).

Hasta mediados de la década de los setenta, occidente no estaba, en general, especialmente preocupado por los temas relativos a la gestión de la calidad. Hasta tal punto era así, que ni tan siquiera se utilizaba esta expresión, aunque si hemos de ser justos, cabría decir que, existía un cierto interés por mejorar. La mejora, sin embargo, se centraba casi exclusivamente en la calidad del producto o servicio, la cual era considerada por los dirigentes de las empresas como una función más, aunque en modo alguno la más importante.

Pero en un corto espacio de tiempo, aparecen los japoneses con unos métodos de gestión totalmente innovadores, que conllevan incrementos asombrosos de calidad y productividad, a precios más bajos que los de las mejores empresas occidentales. *"Ello engendra una ruptura de los esquemas tradicionales de la empresa denominada "Tayloriana", y de la economía cuantitativa"*, (Gelinier y Pumir, 1990).

Este cambio de visión, y consecuentemente de estrategia empresarial, ya empezaba a apuntar buenas maneras en algunos países de economía avanzada, como Estados Unidos de América, Suecia, Alemania y otros. Ello no es en absoluto extraño, ya que de hecho, los auténticos creadores de esta, que casi podríamos denominar "Segunda Revolución Industrial", en Japón, son ingenieros norteamericanos, (nacidos o nacionalizados): J.M. Juran , P.B. Crosby , W.E. Deming y W.A. Shewart, entre otros muchos, (Ver 3.2.2) .

El resultado de todo esto es que, occidente, que había "inventado" la industria y sus técnicas, ve inundados sus mercados de automóviles, motocicletas, cadenas hi-fi, componentes electrónicos, etc., importados de Japón.

Siguiendo a (Vandeville, 1990), gestionar la calidad vendría a ser el siguiente conjunto de actividades coordinadas:

- ✓ *"Definir la Política de Calidad.*
- ✓ *Fijar sus objetivos.*
- ✓ *Elegir y llevar a cabo las acciones, y agenciar los medios necesarios para aplicar la Política y alcanzar los objetivos.*
- ✓ *Formar y sensibilizar al personal.*
- ✓ *Coordinar a los sectores implicados.*
- ✓ *Promover acciones correctoras.*
- ✓ *Verificar la eficacia de las acciones emprendidas y evaluar los resultados".*

La metodología e instrumentos posibles a utilizar, están plasmados, en el esquema general anterior, aunque obviamente de forma no exhaustiva, (Ver 3.3). Así mismo, hemos relacionado las principales características de cada técnica concreta.



Profundizar en ello es factible, mediante la utilización de la documentación que indicamos en las "Referencias Bibliográficas", o en cualquier otra, existente en abundancia, en el mercado.

### **3.2.1.- EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD**

Alguien podría pensar que, el interés de la gente por la calidad es una consecuencia de la vida moderna. Nada más lejos de la realidad.

Repasando "La Biblia", en "El Génesis", cuando se menciona la creación del mundo, el Texto Bíblico precisa: "...y Dios vio que era bueno". Uno puede pensar que, dado que se trata de Dios, no tiene necesidad de ver, para saber si es o no bueno. Nosotros podríamos razonar que, el acto de "ver" le produce confianza en la obra realizada. Resulta adecuado para nuestra argumentación suponer que, Dios, no ha verificado solamente la conformidad con su idea inicial, sino que, además, ha verificado que "era bueno".

Hacia el año 2150 a.C., la calidad en la construcción de las casas se describía en el "Código de Hammurabí". y precisaba que, "si un albañil había construido una casa, y ésta no resultaba lo suficientemente sólida, se hundía y mataba a sus ocupantes, el albañil debería ser ejecutado", (de Noray, 1990) .

"Los inspectores fenicios, cuando observaban una disconformidad repetitiva con respecto a las normas de calidad, cortaban la mano del individuo que la había producido" (de Noray, 1990). Ciertamente es que, el método correctivo utilizado podría ser considerado efectivo y permanente, aunque, pensamos, probablemente también, un tanto desproporcionado.

En el siglo XIII empezaron a fructificar los gremios, con lo que los maestros artesanos, debido a su pericia en el trabajo, se convirtieron tanto en instructores de los aprendices, como en inspectores de calidad. Conocían bien sus productos y también a sus clientes, por lo que se esmeraban mucho en conseguir la mejor calidad posible.

En 1664, el reputado y eficaz ministro Colbert, le envió una carta al rey Luis XIV, sugiriéndole: "*Si nuestras fábricas aseguraran la calidad de nuestros productos, los extranjeros estarían interesados en aprovisionarse aquí, y fluiría dinero al reino*". (de Noray, 1990). Lo cierto es que fue una excelente sugerencia.

A finales del siglo XVIII, Vaquette de Gribeauval, a la sazón inspector general de artillería, desarrolló el "principio de intercambiabilidad", aspecto clave de las fabricaciones modernas. Estableció las primeras normas de fabricación, aún un tanto rudimentarias. Estandarizó dimensiones y tolerancias, así como sistemas de control e instrumentos apropiados utilizados. Esto fue muy beneficioso, también, para el éxito de las campañas de Napoleón.

Con la llegada de la Revolución Industrial, aparece una gran cantidad de invenciones técnicas, de aplicación inmediata en el sector industrial, reforzadas por el estallido de la "Primera Guerra Mundial". La producción en masa es entonces prioritaria, y aparecen los llamados "Clásicos en Administración" para favorecerla. Destacan, entre otros muchos: Henri Fayol, Henri L. Gantt y especialmente Frederick W. Taylor, con su célebre "División Científica del Trabajo".

En Estados Unidos, la compañía "*Ford Motor Company*" creada en 1907, utiliza los principios de Taylor para la fabricación de

automóviles, progresivamente más complejos, y divide las operaciones en tareas simples, para que puedan ser llevadas a cabo por obreros no cualificados, lo que reduce extraordinariamente los costes de producción. Aquí, la inspección es una parte primordial, separando los productos buenos de los malos, por lo que la calidad se convierte en algo fundamental en la organización del trabajo. Por supuesto, en esos tiempos se habla aún de "control de la calidad". Deberán pasar varias décadas aún, para que se hable de "gestión de la calidad".

En 1924, el matemático Walter A. Shewart, (Ver 3.2.2), introdujo el "Control Estadístico de la Calidad", abaratando notablemente los costes de inspección. En 1942, Estados Unidos parece convencido de que el resultado de la guerra en el Pacífico, depende en cierta medida de la calidad y productividad de las fábricas de armamento, así que pide a los *"Bell Laboratories"*, que difundan los métodos estadísticos en dichas fábricas. *"Millares de ingenieros así formados, van a desempeñar un gran papel, después de la guerra, en el desarrollo de los métodos de gestión de la calidad, en USA"* ( de Noray, 1990).

Los productos japoneses, antes de la Segunda Guerra Mundial, eran claramente de segunda fila, pero después de ella fueron todavía mucho peores . Convencidos de este hecho, decidieron solicitar ayuda a Estados Unidos, en su papel de fuerzas de ocupación. Estados Unidos envió un grupo de expertos, cuyos trabajos en formación de directivos y obreros, unido a la extraordinaria voluntad y espíritu de sacrificio del pueblo japonés, consiguieron realizar una revolución sin precedentes en los campos de la calidad y la productividad.

De dicho grupo de expertos, destacan muy especialmente, W. Edwards Deming, y J.M. Juran, ambos discípulos de Walter A. Shewart (Ver 3.2.2).

En 1946 se creó la "American Society for Quality Control" ("ASQC"), y en ese mismo año, Kenichi Koyanagi fundó la "Union of Japanese Scientists and Engineers" ("JUSE"). Una de sus primeras actividades fue formar el "Quality Control Research Group", para desarrollar y dirigir el movimiento del control de calidad japonés. En él participaba, entre otros ingenieros destacados, Kaoru Ishikawa (Ver 3.2.2), creador de los bien conocidos "Círculos de Calidad", (Ver 3.3.3.5.4). El primer círculo de calidad se organizó en 1962 y su progresión fue de tal magnitud que, sólo veinte años más tarde, habrían 148.106 círculos, que agruparían a 1.305.780 miembros.

El crecimiento y desarrollo de Japón, en comparación con el de los países occidentales más importantes del mundo, entre 1960 y 1990, fue extraordinario, especialmente si tenemos en cuenta que, a finales del verano de 1945, Japón era un país totalmente exhausto, física, económica y moralmente. "La renta per cápita japonesa en 1950 era el 18,8% de la de USA. En 1973 ya era el 68%, mientras que en 1989 alcanzaba el 83,9%", (Maddison, 1994).

*Se producen avances considerables, hasta llegar a la práctica equiparación con Estados Unidos en 1990, en los sectores de Química y Metálicas básicas, superándole en Maquinaria y Equipo, (Van Ark & Pilat, 1993).*

### **3.2.2.- LOS GRANDES "GURUS"**

Los "gurus" a los que nos referiremos a continuación, habrían de ser llamados, más propiamente, "gurus de la calidad". Su fama se extendió a lo largo y ancho de todo el mundo, durante las tres o cuatro últimas décadas del siglo veinte, debido al extraordinario y fructífero trabajo que realizaron en Japón. La mayoría de ellos, no

todos, eran estadounidenses, y el impacto de sus filosofías, aplicadas a la singularidad de ese pueblo, impulsó el renacimiento de Japón, y lo convirtió en potencia industrial mundial, como nunca antes lo había sido.

Posteriormente, sus experiencias fueron transferidas a occidente, (Europa y Estados Unidos), logrando también allí mejoras sustanciales, pero sin llegar a los niveles alcanzados en Japón. La razón habría que buscarla, probablemente, en la cultura japonesa, y también en la angustiosa situación nacional, en que comenzó su despegue.

*(En Diciembre de 1989, tuve la oportunidad de asistir, en Japón, al curso: “Seminar and Plant Tour to Study Productivity of Japanese Industry”, organizado por la “Cambridge Corporation”, una empresa internacional de Consultores de Dirección, fundada en Tokio en 1962, y dirigida por el profesor Masaaki Imai, (Ver 3.2.2), autor del best seller: “KAIZEN”, (“Mejora continua”), en castellano.*

*Tuvo la amabilidad de concederme una entrevista en la que, entre otras preguntas que le formulé, destacamos una, muy ajustada al tema que nos ocupa:*

- p) “Imai San, ¿Cree usted que la actual hegemonía japonesa puede continuar muchos años aún?”.*
- r) “Mire usted, eso depende mucho más de los occidentales que de nosotros. Si no se produce un cambio notable en su concepción del trabajo, no tengo la menor duda de que la diferencia no solo se mantendrá, sino que se incrementará”.*

#### **➤ WALTER A. SHEWHART ( 1891- 1967)**

Fue un físico, ingeniero y estadístico norteamericano, a quien se le atribuye el mérito de ser el “padre del control estadístico de los procesos”. Entre sus alumnos destacan, nada menos que, W.

Edwards Deming y J.M. Juran, (Ver 3.2.2).

Fue contratado por la "*Western Electric Company*" en 1918, en unos tiempos en los que, el control de la calidad se limitaba a inspeccionar los productos terminados. Desarrolló los mundialmente conocidos "gráficos de control de proceso", tendentes a reducir la variabilidad de la fabricación en serie, mediante la secuencia medición-corrección.

Observó que todos los procesos tenían variabilidad, pero que mientras algunos tenían la variabilidad propia de su proceso, otros tenían, además, variabilidades ajenas al mismo.

Trabajó muchos años para la "*Bell Telephone*", pero también visitó varios países, impartiendo conferencias sobre el "*control estadístico de la calidad*". Entre sus obras destacan: "*Economic control of Quality of Manufactured Products*" (1931), y "*Statistical method from the viewpoint of quality control*" (1939). Sorprende la extensa lista de artículos, por él publicados.

### ➤ **WILLIAM EDWARDS DEMING (1900 – 1993)**

Nació en "*Sioux City*", ("*Iowa*"), en el seno de una familia muy pobre. Empezó a trabajar a los 8 años, y a los diecisiete, con sus ahorros, se matriculó en la universidad de Wyoming, donde obtuvo un *B.S.* en Ingeniería Eléctrica. Estudió Física y Matemáticas en la "Universidad de Colorado" y se doctoró en Física en la "Universidad de Yale", a los veintiocho años, donde también trabajó como profesor.

Trabajando como consejero estadístico, para la Oficina del Censo de los Estados Unidos, descubrió los trabajos de Shewhart sobre el

control estadístico del proceso, que le serían, posteriormente, de gran utilidad.

En 1947, el general Mc Arthur invita a Deming a asesorar a los japoneses en la confección de su primer censo. Éste era un tiempo en el que las técnicas de Shewhart empezaban a aplicarse progresivamente en la industria japonesa, aunque curiosamente, no así, aún, en Estados Unidos.

La competencia de Deming, como estadístico prestigioso, creció hasta el extremo de que en 1950, la "JUSE" lo contrató para impartir conferencias sobre "Control Estadístico del Proceso" y sobre "Calidad", en general. Millares de ingenieros, directivos e incluso estudiantes fueron formados, y sus conferencias se copiaron, imprimieron y editaron en japonés, vendiéndose centenares de miles de ellas en muy poco tiempo.

Los japoneses, agradecidos, le ofrecieron abonarle los derechos de autor, pero Deming rechazó la oferta, aunque les propuso emplear el dinero en crear un premio anual, para recompensar a aquellas empresas que se distinguieran por su comportamiento ejemplar en la mejora de la calidad. Así se hizo, y actualmente el "Premio Deming", (le pusieron su nombre), es el más prestigioso del mundo.

La filosofía de Deming podría resumirse en los tres, mundialmente conocidos instrumentos, referidos a continuación. (Deming, 1992):

- ✓ Las siete enfermedades mortales de la Dirección.
- ✓ Los catorce puntos de Deming.
- ✓ El "Ciclo de Deming".

A fin de no extendernos demasiado, vamos a limitarnos simplemente a indicar la esencia de cada punto:

### **LAS SIETE ENFERMEDADES MORTALES DE LA DIRECCIÓN**

- ✓ *"Insuficiente constancia para planear y suministrar productos y servicios.*
- ✓ *Énfasis en los beneficios a corto plazo causados por una visión cortoplacista.*
- ✓ *Aplicación del procedimiento "Evaluación de Rendimiento". Crea recelos entre empleados.*
- ✓ *Movilidad de la Dirección. Origina la aplicación de una política de gestión a corto plazo.*
- ✓ *Dirección basada en cifras visibles, sin tener en cuenta variables complementarias de éstas, las cuales pueden alterar su comprensión.*
- ✓ *Seguro médico excesivo. (Asunto conflictivo actual, en Estados Unidos, entre demócratas y republicanos).*
- ✓ *Costo excesivo de los temas relativos a la "responsabilidad legal".*

### **LOS CATORCE PUNTOS DE DEMING**

- ✓ *"Establecer constancia en mejorar productos y servicios.*
- ✓ *Adopción de una nueva filosofía que rechace la extendida idea de que puede aceptarse un cierto nivel de defectos, retrasos, errores, material defectuoso, etc..*
- ✓ *Mejorar el proceso en lugar de establecer inspecciones masivas, para lograr calidad.*
- ✓ *Eliminar la práctica de comprar a los precios más bajos. En su lugar, minimizar el costo total a largo plazo, y reducir al mínimo el número de proveedores.*



- ✓ *Aplicar sistemas de mejora continua en todos los aspectos relativos a productos y servicios.*
- ✓ *Introducir cursos de formación interna. Cuanto más preparados estén los operarios, más fácilmente podrán prevenir la creación de defectos.*
- ✓ *Promover liderazgos. Los mejores supervisores han de ser líderes y facilitadores, reconocidos por su valía y no por su cargo.*
- ✓ *Sustituir el miedo por la confianza.*
- ✓ *Eliminar barreras interdepartamentales, promover la mutua cooperación en lugar de instrumentalizar la competición entre ellos.*
- ✓ *Erradicar lemas dirigidos exclusivamente a los operarios. La mayor parte de los problemas son imputables a la Dirección y no al personal de base.*
- ✓ *Eliminar objetivos numéricos y cuotas, establecidos por la Dirección. Los objetivos deben determinarlos los responsables de la ejecución del trabajo.*
- ✓ *Apartar las barreras que impiden a los trabajadores sentir legítimo orgullo por la labor que realizan: insensibilidad de la Dirección por los problemas del personal, no comunicarles los objetivos de la empresa, echarles la culpa de no alcanzar dichos objetivos, etc..*
- ✓ *Implantar un vigoroso programa de auto mejora personal consistente, y a largo plazo.*
- ✓ *Poner en marcha todo lo necesario para lograr la consecución de los trece puntos anteriores, creando la estructura mas adecuada.*

## **EL CICLO DE DEMING**

Éste es un instrumento muy conocido en el campo industrial. Si bien es verdad que fue popularizado por Deming, lo cierto es que su verdadero autor fue Shewhart. Tanto es así que, inicialmente se le llamó "Ciclo de Shewhart". Éste, a su vez, se basó en el método propuesto por Francis Bacon, en 1620. Consiste en un proceso cíclico de operaciones secuenciales para planificar y medir las actividades de mejora, antes de ser aplicadas en el taller, y también antes de formalizar el proceso. De esta forma pueden introducirse modificaciones previas a su implantación definitiva. También se le llama "Ciclo PDCA", (Cuatrecasas, 1999; Prat et al., 2000). Estas son las etapas:

- *Plan (P)*. Planificar un cambio de método.
  - *Do (D)*. Llevar a cabo el cambio, preferentemente a pequeña escala.
  - *Check (C)*. Comprobar el efecto de la prueba.
  - *Act (A)*. Reaccionar en función de la experiencia producida.
- 
- Repetir las operaciones secuencialmente en este mismo orden.

Figura 3.2 El Ciclo de Deming



Fuente: "Calidad & Gestión, 2012)".

➤ **JOSEPH MOSES JURAN (1904 – 2008)**

De origen rumano, a los ocho años su familia emigró a los Estados Unidos, donde se licenció en Ingeniería Eléctrica a los veinte años, y empezó a trabajar para la "Co. of Western Electric". Pronto destacó en matemáticas, e incluso se le consideró un maestro de ajedrez.

Fue contratado por el gobierno de los Estados Unidos, durante la Segunda Guerra Mundial, y acabada la misma trabajó varios años como consultor. Por su excelente curriculum, el Dr Deming lo recomendó para que fuera llamado a Japón, a colaborar con él, en la formación de directivos y empleados. Realizó un trabajo extraordinario y cuando regresó a los Estados Unidos fundó el "Juran Center For Quality Improvement" en la Universidad de Minnesota, y el "Juran Institute".

Escribió muchos artículos de su especialidad y también varios libros, entre los cuales destaca "*Juran's Quality Control Handbook*", (1974), traducido incluso al japonés.

Uno de los instrumentos estadísticos más conocidos que utilizó y divulgó, fue el llamado "Principio de Pareto" (Ver 3.3.3.5.2). Bien es verdad que no lo "inventó" él, sino que lo descubrió leyendo la obra del italiano Vilfredo Pareto, quien, ciertamente, no lo había concebido para el fin que le asignó Juran. Se trata del "Principio de los pocos vitales y los muchos triviales", y explica que el 20% de las causas, es responsable del 80% de los problemas.

Juran hacía mucho hincapié en la dificultad que supone, para el personal, aceptar la modificación de sus hábitos de trabajo, fruto de mejoras de métodos introducidas por la Dirección. Es lo que él llamaba "la resistencia al cambio", inherente a la condición humana, y propugnaba que, era necesario convencer al personal con argumentos sólidos que demostraran la ventaja del nuevo método, respecto al anterior, (Juran, 1979).

Ha sido mundialmente reconocido como uno de los dos o tres mejores gurus de la calidad, del siglo veinte.

*(Tuve el honor de conocerle personalmente, a principios de los años noventa, cuando el "Centre Català de la Qualitat", dependiente de la "Generalitat de Catalunya" le pidió que dirigiera una serie de conferencias, en un conocido hotel de Barcelona. Como la empresa en la que yo trabajaba estaba aplicando su metodología para la mejora de la calidad y la productividad, fui invitado a explicar nuestra experiencia, en una ponencia titulada "Juran on Quality Improvement :Una aplicación". Puedo dar fe de su afabilidad y sencillez en el trato, independientemente de su enorme dimensión profesional).*

➤ **PHILIP BAYARD CROSBY (1926 – 2001)**

Nació en Wheeling, Virginia, en 1926. Antes de su graduación, se alistó como voluntario en la "US Navy", durante la Segunda Guerra Mundial. Después de la guerra se graduó como podólogo en Cleveland. Volvió a ser llamado a filas, al estallar la guerra de Corea, para participar como miembro del cuerpo médico de la Marina.

No fue hasta 1952, cuando Crosby empezó a afrontar los temas relativos a la calidad, al ser contratado por la "Crosley Corp." en Richmond, y sobre todo cuando fichó por la "American Society for Quality" ("A.S.Q").

Su experiencia le llevó a ser contratado por la "Martin Marieta Co.", en Orlando. Fue entonces cuando desarrolló su famoso programa "Zero Defects", popularizándose al escribir artículos para varias revistas especializadas, al tiempo que empezó su carrera como conferenciante.

En 1965, la "ITT" lo contrató como vicepresidente, a cargo de la calidad. Posteriormente trabajó, también, en algunas de las compañías más importantes del mundo aplicando su filosofía. Finalmente creó su "Crosby Quality College", en Florida.

Escribió varios libros, algunos de los cuales se convirtieron en "best sellers" mundiales, como "Quality is free", (1979). Lo que dice en el libro es, entre otras muchas cosas que, aplicar programas de mejora de la calidad, sí, cuesta dinero, pero que no hacerlo cuesta mucho más. Posteriormente, en 1984 publicó "Quality Without Tears", que obtuvo también un gran reconocimiento. Popularizó un programa de mejora de la calidad

llamado *"Fourteen Steps of Quality Improvement"*, que referimos a continuación:

### **LOS CATORCE PASOS DE LA MEJORA DE LA CALIDAD**

- ✓ *"Compromiso de la Dirección.*
- ✓ *Equipo de mejora de la calidad.*
- ✓ *Medición de la calidad.*
- ✓ *Definición de los componentes del coste de la calidad.*
- ✓ *Concienciación sobre la calidad.*
- ✓ *Acciones correctivas.*
- ✓ *Planificación de la implantación del programa "Cero Defectos".*
- ✓ *Formación de los supervisores.*
- ✓ *Día del "Cero Defectos".*
- ✓ *Implantación de objetivos.*
- ✓ *Aplicación del sistema "error-causa".*
- ✓ *Reconocimiento.*
- ✓ *Creación de un "Consejo de Calidad".*
- ✓ *Enfatizar que el programa es permanente".*

#### ➤ **GENICHI TAGUCHI (1924-2012)**

Nació en Tokamachi, Japón, en 1924. Se graduó en Ingeniería Textil en la Universidad de Kiryu, y en 1962 se doctoró en la Universidad de Kyushu.

Sus etapas profesionales más brillantes tuvieron lugar cuando trabajó para la *"Electrical Communication Laboratory"* de la *"Nippon Telephone"* y para la *"Telegraph Co."* (1948 - 1961), donde se especializó en temas relacionados con *"Investigación y Desarrollo"*, y sobre todo con la mejora de la productividad.

Entre sus innovaciones podríamos destacar, sin duda, su particular "Diseño de experimentos", (3.3.5.1), que a diferencia de los métodos tradicionales se centra en diseños robustos, mediante la utilización de matrices ortogonales, que son diseños fraccionales saturados. La cifra de grados de libertad de los factores, es también un dato esencial.

Otra aportación extraordinaria, tanto por su singularidad como por su lógica extrema, es lo que se conoce como "La Función de Pérdida de Taguchi". Siguiendo a (Lluís Cuatrecasas, 1999), *"Uno de los motivos que llevó a Taguchi a desarrollar la "Función de Pérdida", fue su desacuerdo con el enfoque tradicional del uso de las tolerancias, que determina cuando una característica o variable no cumple las especificaciones"*. Taguchi explicó que el enfoque tradicional tiene una paradoja. Veámosla:

En la figura siguiente, se consideran correctos e incorrectos, valores tan próximos como 3,6 y 3,4 respectivamente, debido a que la tolerancia inferior es 3,5. Sin embargo, al mismo tiempo se consideran correctos valores tan separados como 3,6 y 4,4 por estar ambos dentro de tolerancias. El problema está en que estas dos dimensiones, que evidentemente cumplen las especificaciones, pueden estar produciendo pérdidas también, aunque de impacto menor. Es decir, existe una "Función de Pérdida", que habría de ser determinada.

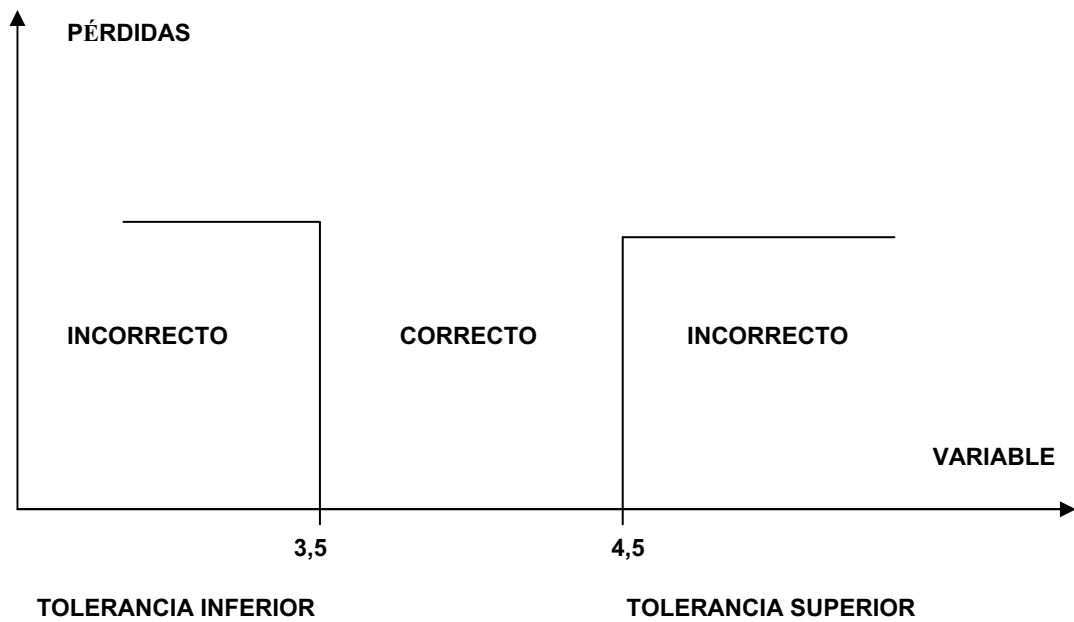
Taguchi defiende que lo lógico sería que, el sobre coste producido por la falta de calidad siguiera una línea creciente, cuyo valor nulo se encuentre en el punto correspondiente al valor nominal. Demuestra matemáticamente que, esta línea debe ser una curva de segundo grado, a la que llama "función de pérdida", y que ésta es proporcional a la "desviación cuadrática media" ("MSD"), respecto al valor óptimo.

$$L = k \cdot \text{MSD}$$

Siendo k: Constante de proporcionalidad

L: Función de pérdida

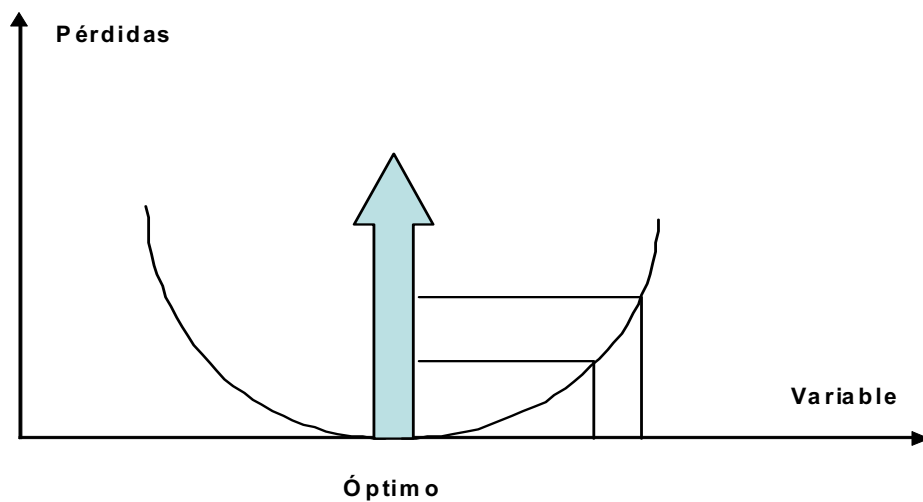
Figura 3.3 Función de Pérdida de Taguchi.



Fuente: "Cuatrecasas, 1999"

Lo comentado anteriormente podría esquematizarse de la siguiente forma:

Figura 3.4 Esquema de la Función de Pérdida de Taguchi



Fuente: Elaboración propia



En el gráfico puede verse como aumenta la pérdida, en función del aumento de la distancia, desde el óptimo hasta los límites de la tolerancia, tanto inferior como superior.

El Dr Taguchi fue profesor en varias universidades y consultor en empresas tan importantes como "*Toyota Motors*" y "*Fuji Films*". Fue miembro de varias importantes asociaciones sobre ingeniería, productividad y calidad. Publicó varios libros mundialmente conocidos, entre los que, tal vez, podríamos destacar: "*The Mahalanobis-Taguchi System*", (Taguchi, 2001).

Recibió varios reconocimientos por su extraordinaria labor, entre los que destacan, el "*Premio Deming*" en cuatro ocasiones, y la "*Banda Púrpura al Avance Tecnológico y Económico*", que le fue entregada por el Emperador Akiito, en 1989, aunque posee varios prestigiosos premios más.

### ➤ **KAORU ISHIKAWA (1915 – 1989)**

Nació en 1915 en Japón. En 1939 se licenció en Química por la Universidad de Tokio, y durante ocho años trabajó en la industria y en el ejército japonés.

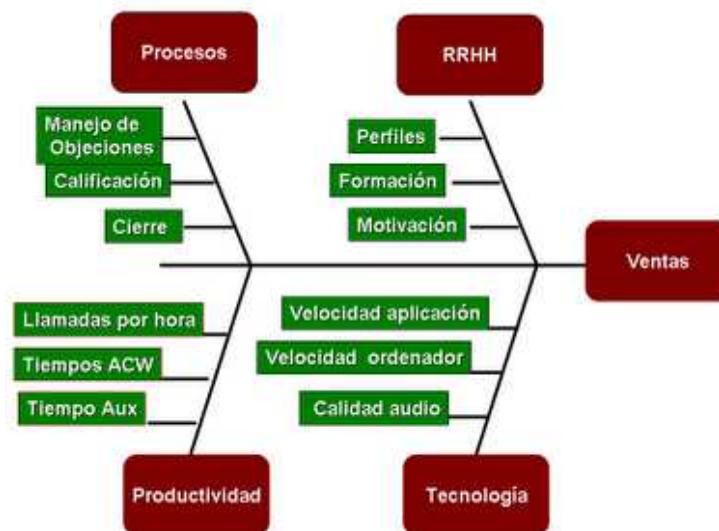
A partir de 1949 se especializó en divulgar y promocionar el control de calidad, trabajando como consultor en aquellas empresas japonesas, que se habían comprometido con el movimiento de mejora de la calidad y la productividad, en los primeros años de la posguerra.

Se doctoró en Ingeniería en la Universidad de Tokio, en la que fue promovido a profesor en 1960, en el área de ingeniería. Fue miembro de la "*Union of Japanese Scientists and Engineers*", ("*JUSE*") y de la "*International Organization for Standardization*"

(“ISO”) de la que fue presidente de la delegación de Japón. También fue presidente del “Instituto de Tecnología Musashi ” de Japón.

Fue alumno del Dr. E. Deming, y de él obtuvo ideas que luego personalizó y las convirtió en paradigmas de la calidad. Por ejemplo, formalizó el ampliamente conocido y utilizado “Diagrama de Ishikawa”, también conocido como “Diagrama causa-efecto”, y también como “Diagrama de la espina de pescado”, por su forma. También se le llamó, aunque menos, “Diagrama de esqueleto de gorila”. Su virtud estriba en ser una herramienta sistemática, para representar, seleccionar y documentar, las causas potenciales de disminución de la calidad de un proceso productivo. No obstante, este diagrama es igualmente válido para estudiar cualquier tipo de situaciones, en el que pueda representarse un efecto, o problema, y sus posibles causas. Veamos un ejemplo cualquiera:

Figura 3.5 Diagrama de Ishikawa



Fuente: “Herrero, 2008”.

Ishikawa es considerado el auténtico padre de los llamados

"Círculos de Calidad", (Ver 3.3.3.5.4), y que son, en parte, los responsables del extraordinario auge de Japón de los años sesenta, setenta y ochenta. Recibió el "*Deming Prize*", el "*Nihon Keizai Press Prize*", el "*Industrial Standardization Prize*" y el "*Grant Award*", otorgado por la "*American Society for Quality Control*".

Uno de sus principales libros es "Guía de Control de Calidad", (Ishikawa, 1985), el cual es considerado un clásico con mucha razón, debido a sus claras y precisas explicaciones sobre los instrumentos estadísticos a utilizar, en cada caso concreto. Otra de sus obras más conocidas fue publicada en 1985, recogiendo gran parte de sus principales ideas. Su título es "*What is Quality Control*", y hace hincapié en que, en Japón, el control de la calidad se caracteriza por la participación de todo el personal de la empresa, desde el presidente, hasta el empleado de más bajo nivel.

Ishikawa definió los instrumentos a utilizar para la resolución de problemas, y los llamó "Las siete herramientas básicas", (Ver 3.3.3.5.2). Con ellas, asegura, pueden resolverse o mejorar, la mayor parte de los problemas que se presentan en la industria.

Algunos de los elementos clave de la filosofía de (Ishikawa,1988) , pueden resumirse de la siguiente forma:

- ✓ *"La calidad empieza y acaba con la formación.*
- ✓ *El primer paso en el campo de la calidad es conocer bien lo que desea el cliente.*
- ✓ *El estado ideal del control de la calidad tiene lugar cuando ya no es necesaria la inspección.*
- ✓ *Eliminar la causa de los problemas, no los síntomas.*
- ✓ *La calidad es responsabilidad de todos los miembros de la empresa, en todas las áreas.*
- ✓ *No confundir los medios con los fines u objetivos.*

- ✓ *Poner la calidad en primer lugar y las ganancias a largo plazo.*
- ✓ *El mercado es la entrada y salida de la calidad.*
- ✓ *La gerencia no debe enfadarse cuando los empleados muestren hechos, aunque éstos sean negativos.*
- ✓ *El 95% de los problemas de una empresa puede resolverse con simples herramientas de análisis.*
- ✓ *Aquellos datos que no tengan cifras dispersas, son falsos". (Siempre hay variabilidad).*

### ➤ **SHIGEO SHINGO (1909 – 1990)**

Nace en 1909 en Saga, Japón. Se graduó en Ingeniería Mecánica en "Yamanashi", a los veintiún años, y empezó a trabajar para la "Taipei Railway Factory" . Descubre los trabajos de Frederick W. Taylor, sobre la "Organización Científica del trabajo", y entusiasmado, se propone el objetivo de mejorar los métodos de los trabajadores.

En plena Segunda Guerra Mundial, en 1943, es trasladado al Ministerio de la Guerra, donde, como jefe de producción de mecanismos de regulación de profundidad de los torpedos, incrementa la productividad alrededor del 100%. Se le atribuyen algunos de los procedimientos más revolucionarios para aumentar la productividad, la calidad y la seguridad en la fabricación. Entre ellos:

### **"POKA-YOKE"**

También llamado "*Procedimiento anti-tontos*", aunque parece más correcto denominarle "*Procedimiento a prueba de errores*". Lo introdujo en "*Toyota Motor Co. Limited*" , y aunque ya se tenía

noticia de su existencia, fue Shingo quien lo popularizó. Se trataba de imposibilitar el error humano mediante la utilización de alguna barrera física, como por ejemplo, en la recarga de la batería de teléfonos móviles, y otros dispositivos de corriente continua, haciendo que solo fuese posible la recarga, con la polaridad correcta. Era imposible invertirla, debido a que los "pines" de conexión, son de distinto tamaño y/o forma, (Suzaki, 1987).

Un "*Poka-Yoke*" muy utilizado como medida de seguridad en prensas, es tener que accionar dos palancas, (una con cada mano), para que se produzca el corte o la estampación de la plancha de metal. De esta manera se evita un trágico accidente, frecuente en el pasado, en el que el operario podía perder una mano, o algo más.

### **"SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE" (S.M.E.D.)**

Aunque su creador fue Shingo, en 1950, lo cierto es que lo popularizó Taiichi Ohno, (Ver 3.2.2), en 1976, siendo vicepresidente de "*Toyota Motor Co. Limited*". En aquel tiempo, en Toyota, un cambio de modelo de automóvil, en una línea de producción, requería varias horas de trabajo. Con la aplicación de las técnicas de este sistema, realizado en dos etapas casi consecutivas, se llegó a hacer en dos minutos. De ahí viene su nombre: "*Single Minute...*", es decir, menos de diez minutos; un solo dígito.

Se entiende por cambio de utillaje, el tiempo que media entre la fabricación de la última pieza de una serie, hasta el momento en que empieza la fabricación de la primera pieza de la serie siguiente. Éste es el tiempo que se trata de minimizar, y para ello se divide la operación del cambio de utillaje en dos grandes bloques:

- ✓ Trabajos que **deben** realizarse con la máquina en marcha.
- ✓ Trabajos que se **pueden** hacer con la máquina parada.

Se trata de tener preparado el utillaje necesario para la próxima serie, para luego montarlo de la forma más rápida posible, utilizando procedimientos rápidos y eficaces: planos inclinados, palancas, medios hidráulicos, raíles de deslizamiento, etc..

Tiene una extensa bibliografía, de la que podemos destacar "*A study of the Toyota Production System, from An Industrial Engineering Viewpoint*", (1989), y también: "*Revolution in Manufacturing: The SMED (Single Minute Exchange of Die) System*", (1985).

### ➤ **TAIICHI OHNO (1912 – 1990)**

Nació en Dairen, Manchuria, China, en 1912. Se graduó en Ingeniería Mecánica a los veinte años, en la "Escuela Técnica Superior" de Nagoya, Japón, y fue contratado por la "familia Toyoda", para trabajar en su fábrica de telares.

Acabada la Segunda Guerra Mundial, y ante el complicado panorama que tenía Japón para recuperarse del desastre de la guerra, fue contratado por la, entonces mucho menos conocida en el mundo, "*Toyota Motor Company*". Su trabajo resultó ser extraordinario, de tal manera que fue ascendiendo en el escalafón, hasta convertirse en 1975 en vicepresidente, especializado en temas de calidad. Se retiró de esa actividad tres años después, pero debido a su valía, ocupó un puesto en el "Consejo de Administración", hasta su muerte, en 1990.

El nombre de Taiichi Ohno, está íntimamente asociado a su gran aportación al sistema de producción "*Just in Time*", (Justo a Tiempo), que es, sin duda alguna, una de las innovaciones mas sobresalientes y claves, del desarrollo japonés de la época. Él lo definió como "*producir lo que se necesita, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesita*". (Ver 3.3.3).

Este sistema revolucionario, lo desarrolló, aplicó y luego publicó, de acuerdo con su experiencia en Toyota. Escribió varios libros, luego traducidos a varios idiomas, entre los que destacan:

- ✓ "*Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*", (1978).
- ✓ "*Workplace Management Productivity Press*", ( 1988).

#### ➤ **MASAAKI IMAI (1930 -)**

Nació en Tokio en 1930. Se licenció en la Universidad de Tokio a los 25 años y luego se graduó en "*Relaciones Internacionales*". Su vida empresarial empezó realmente a los veinte años, en Washington D.C., en el "*Japanese Productivity Center*", donde guiaba a grupos de compatriotas por las plantas de producción mas importante de los Estados Unidos, tratando de descubrir los secretos de su alta productividad. Lo irónico fue que, veinte años más tarde, la situación dio un giro de ciento ochenta grados, y fue Occidente quien viajó a Japón, para contemplar el "milagro japonés".

En 1961 regresó a Japón para convertirse, a sus treinta y un años, en el más reputado "*headhunter*" y consultor, de las principales empresas del país. En 1962 fundó la "*Cambridge Corporation*", la cual, con base en Tokio, se dedicó al reclutamiento de ejecutivos, a los que formaba técnicamente, y a los que luego enviaba a

realizar estudios de organización, en importantes empresas del país.

Durante más de veinte años, analizó y mejoró la metodología de producción de innumerables empresas japonesas, especialmente la de aquellas que fueron claves en la reconstrucción de la economía japonesa, tras la guerra. También se interesó por la industria de los países desarrollados, tras la crisis mundial del petróleo de 1973, que curiosamente no pareció afectar a las grandes compañías niponas.

Masaaki Imai es conocido en todo el mundo como el padre de la filosofía "Kaizen". En japonés "KAI" significa cambio, y "ZEN" bondad, pero en conjunto ha sido traducido por "Mejora Continua". Hoy en día, empresas de todo el mundo utilizan la filosofía "Kaizen" para mejorar la calidad, productividad y flexibilidad, con objeto de obtener mejores resultados.

En 1986, funda el "Kaizen Institute", dedicado a la consultoría, para implementar la "Mejora Continua", basándose, lógicamente, en su libro "Kaizen" (1986). Trabajan para él, en esta actividad, varios centenares de ingenieros, en todo el mundo.

Veamos los principios básicos, y la diferencia de enfoque entre las dos estrategias clásicas, aplicadas por Imai: *el Kairu* y *el Kaizen*:



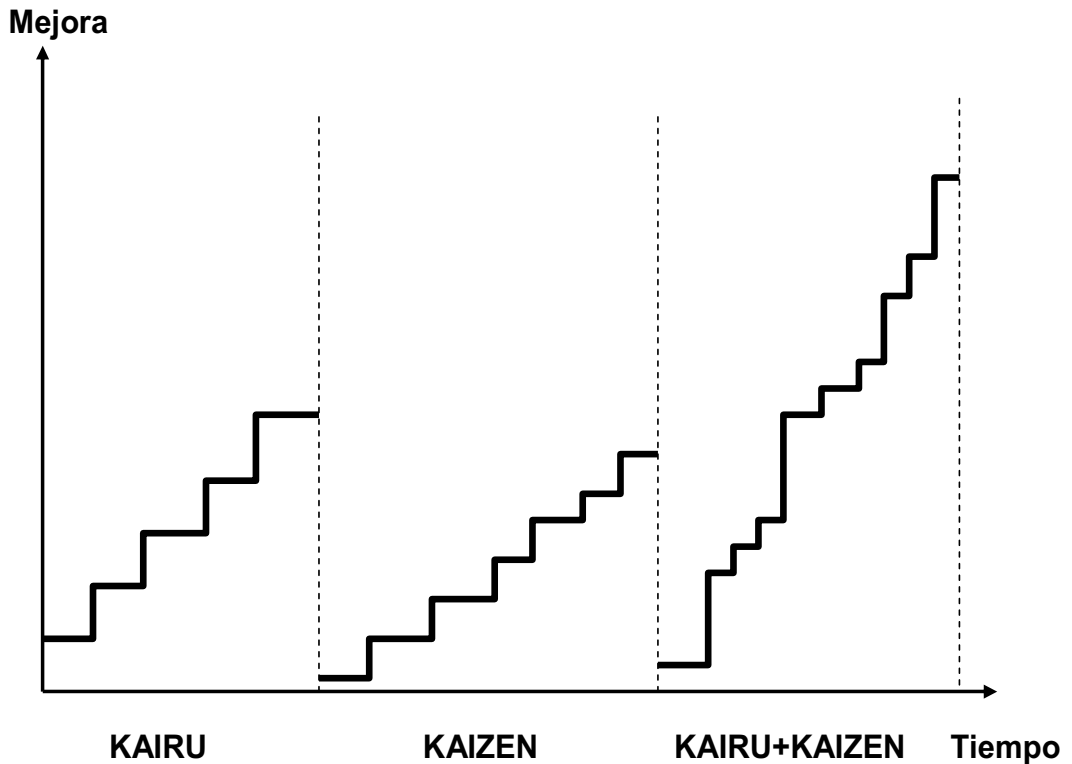
Tabla 3.1 Kairu versus Kaizen

Principios <b>KAIRU</b> (Innovación)	Principios <b>KAIZEN</b> (Mejora continua)
Búsqueda de nuevas tecnologías Atención a los grandes temas Información cerrada Cambios importantes Realizado por especialistas	Empleo de la tecnología existente Cualquier cambio es útil Información compartida Pequeñas mejoras Realizado por los operarios

Fuente: "Imai, 1986".

Si aplicamos ambas estrategias al mismo tiempo, y las representamos en un gráfico conjuntamente, obtendríamos algo parecido a lo siguiente:

Figura 3.6 Unión Kairu-Kaizen



Fuente: "Imai, 986".

Imai ha recibido varios merecidos galardones, entre ellos el "*Asia-Pacific Human Resource Development Award*", el "*Shingo Research and Professional Publication Prize*" y recientemente el "*Quality Council of India, First Honorary Fellow*".

En su bibliografía destacan :

- ✓ "*Kaizen, The Key to Japan`s Competitive Success*", (1986).
- ✓ "*Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-cost Approach to Management*", (1997).
- ✓ "*Never Take Yes for an Answer: An Inside Look at Japanese Business*", (1975).
- ✓ "*Dieciseis caminos para evitar decir No*", (2008).

### **3.2.3.- LA VOZ DEL CLIENTE**

El cliente es esa persona que, para sí misma o para la organización a la cual pertenece, realiza la compra de un producto o servicio, pagando el precio estipulado. En la mente de ese cliente están definidas, de forma más o menos realista, las características que debe poseer aquello que acaba de comprar. Pero a veces, las prestaciones de lo que se creía haber comprado, son superiores a las realmente recibidas. Aquí aparece un conflicto que puede originar, o no, una reclamación.

La mayoría de los clientes insatisfechos no suelen quejarse por falta de tiempo, porque creen que no serviría de nada, porque les da vergüenza, o porque no saben bien como hacerlo. En los últimos tiempos la situación está cambiando, y las quejas se han multiplicado. Ello ha ocasionado que las empresas, en general, se tomen muy en serio las quejas de los clientes, y hayan puesto en

marcha costosas políticas activas, para mejorar su imagen y mantener al cliente.

En Japón, hace más de cuatro décadas que están convencidos de que:

**"UNA QUEJA ES UN REGALO"**,

porque te proporciona la posibilidad de solventar el problema, y evitar así la insatisfacción de otro cliente.

Hay que pensar que es mucho más caro atraer a un cliente nuevo, que retener a uno actual, y también que éste, suele explicar poco las experiencias positivas a la gente, pero mucho, las negativas.

*"Lejos de preocuparse por los clientes que pierden, tradicionalmente la mayoría de las empresas otorgan más importancia al hecho de conseguir nuevos clientes".*

*"Las organizaciones se pueden convertir así, en un cubo con un agujero en el fondo", (Hill and Alexander, 2001).*

Veamos como tratar las reclamaciones de forma eficaz, (Barlow and Moler, 1999):

- ✓ *"Dar las gracias.*
- ✓ *Explicar por qué aprecia la queja.*
- ✓ *Pedir disculpas al cliente.*
- ✓ *Comprometerse a una solución inmediata.*
- ✓ *Investigar la naturaleza y gravedad de la reclamación.*
- ✓ *Resolver el problema.*
- ✓ *Comprobar si el cliente está satisfecho.*
- ✓ *Impedir la recurrencia del problema".*

Hay empresas que, en la determinación de los planes anuales de calidad, suelen incluir como objetivo la reducción de las quejas en un cierto porcentaje. Pero, pensamos que, en lugar de dejarse atrapar por la seductora idea de reducir las quejas, habría que hablar de la gestión, o tratamiento de las quejas, excepto, tal vez, en circunstancias muy específicas.

### **3.2.4.- PLANIFICACIÓN DE LA CALIDAD**

La planificación de la calidad es una actividad crucial para el desarrollo de las empresas. Sin ella, la gestión de la calidad carece de rumbo. Ha de ser coherente con la Política de Calidad y debe determinar, entre otros:

- ✓ La cifra de partida de cada variable a mejorar.
- ✓ El "target" asignado a cada variable para el próximo ejercicio.
- ✓ Los indicadores de seguimiento.
- ✓ Quiénes serán los responsables directos de conseguirlo.
- ✓ Con qué medios contarán para lograrlo.
- ✓ El plazo asignado, si es distinto del ejercicio mismo.

La planificación de calidad *"Es la parte de la gestión de la calidad enfocada al establecimiento de los objetivos de la calidad, y a la especificación de los procesos operativos necesarios, así como de los recursos relacionados para cumplir los objetivos de la calidad"*, (Froman, 2003).

Las empresas, en la mayoría de los casos, realizan dos tipos de planificación de la calidad, que se complementan. Una de ellas

abarca generalmente un ejercicio, que tiende a coincidir con el año natural. La otra suele cubrir un período de cuatro años.

Planificaciones de duración superior no suelen ser frecuentes, debido en parte, a la dificultad que conlleva la previsión a tan largo plazo, en un campo tan sujeto a las distorsiones producidas por la producción y el mercado.

### **3.2.5.-EL MANUAL DE LA CALIDAD**

El "Manual de Calidad" o "Manual de la Calidad", como también se le llama, es un documento clave para gestionar la calidad de la empresa. Es una norma que no debe ser modificada con frecuencia, como ocurre con otras muchas, ya que recoge aspectos vitales de la empresa de carácter permanente, como la cultura , la visión, la misión, la política de calidad, el compromiso de la Dirección, etc.

Llegados a este punto, y antes de continuar, habríamos de precisar que, con suma frecuencia, las empresas tienden a magnificar las definiciones de dichos aspectos, describiendo exageradas bondades de su organización, que lejos de servir de utilidad, realmente confunden a quien las lee. Ello es debido a que, por ejemplo, la "Norma ISO-9001", exige la confección del Manual de Calidad, para la obtención del "Certificado de Registro de Empresa", y obviamente, dicho manual será solicitado por los auditores, tantas veces como lo consideren necesario (Valler et al. 1994).

La confusión se produce, también, entre los empleados de la empresa, ya que las mencionadas, cultura, visión, misión, etc., se muestran en atractivos paneles, que se sitúan en lugares estratégicos, para que sean leídos y comprendidos por todos.

Como buenos conocedores de la empresa, empleados y personal directivo, descubren, sin dificultad, que, con frecuencia, el contenido de los carteles es más bien un instrumento de propaganda, que una descripción de la realidad.

Debería ser un documento "maestro", que además de lo referido más arriba, incluyera la estructura del "Sistema de Gestión de la Calidad", de sus medios, de su organización, de tal forma que los clientes pudieran conocer, qué medidas se adoptan para garantizar la calidad de los productos y servicios, que proporciona la empresa.

Aunque las empresas, en general, redactan sus manuales de la forma que consideran más adecuada, hay normas que se ocupan de ello, como la "NF X 50-160" y la "NF X 50-161".

Siguiendo a (Laboucheix, 1990), citamos algunas de las funciones que se incluyen en los manuales:

- ✓ *"Declaración de la Dirección.*
- ✓ *Presentación general de la empresa, sus productos, medios, etc.*
- ✓ *Organización general de la empresa.*
- ✓ *Descripción del Sistema de Calidad, procedimientos, instrucciones, etc.*
- ✓ *Gestión de la Calidad. Medidas preventivas y correctivas.*
- ✓ *Organización y gestión de la documentación.*
- ✓ *Formación del personal.*
- ✓ *Recepción y tratamiento de los pedidos.*
- ✓ *Trazabilidad.*
- ✓ *Tratamiento de los productos no conformes.*
- ✓ *Etc."*

### **3.3.- "TOTAL QUALITY MANAGEMENT" ("TQM")**

El "*Total Quality Management*" o "*TQM*", podría ser considerado como la filosofía global de la empresa, como el mecanismo regulador de todo el entramado cualitativo, que coordinando personas y procedimientos, permite alcanzar altos niveles de calidad y competitividad, y mantenerlos en el tiempo. "*Mediante la calidad total y con la participación de todos los empleados, incluido el presidente, cualquier compañía puede crear mejores productos o servicios a menor coste, aumentar ventas y beneficios, convirtiéndose así en una organización mejor*", (Ishikawa, 1988).

En la misma línea razonan, (Gelinier y Pumir, 1990): "*Tras años de reflexión se acaba por comprender que se trata de una filosofía de empresa, en la que las políticas de calidad, (incluyendo el "Just in Time" y las buenas relaciones en el trabajo), constituyen un nivel principal de la estrategia de la gestión*".

(Yung & Wang, 2006), hacen un interesante estudio para determinar la relación entre el TQM y el "*Continuous Improvement of International Project Management*". Para ello se valen de una "*Regresión lineal múltiple*", en la que la variable dependiente es precisamente el "*Continuous Improvement of Project Management*", mientras que las variables independientes o explicativas elegidas son:

- ✓ *Leadership.*
- ✓ *Employee relations.*
- ✓ *Customer/supplier relations.*
- ✓ *Product/Process Management.*

Para validar sus hipótesis analizan revistas especializadas, y sobretodo, obtienen la colaboración de cien "*mid to senior level international managers*", a quienes someten a entrevistas.

El resultado de la investigación no parece, en absoluto, sorprendente. La variable "*Employee relations*" es la más influyente de todas, con un coeficiente " $\beta$ " de 0,552, la cual explica el 30,5% de la varianza de la variable dependiente. En segundo lugar aparece la variable "*Leadership*", con un coeficiente " $\beta$ " de 0,214. Más allá de ello, el resto de variables, "*Customer/supplier relations*" y "*Product/Process Management*" poseen una potencia explicativa relativamente baja, de la variable dependiente.

Desde un punto de vista didáctico, y con objeto de analizar su contenido, nos ha parecido adecuado dividir el TQM en nueve bloques, aparentemente independientes, pero que realmente se complementan, al perseguir un objetivo común, que es la mejora de la calidad.

Posteriormente, algunos de ellos se subdividen en otros, con lo que pretendemos ofrecer una panorámica, si no completa, al menos amplia y clara, sobre la gran diversidad de instrumentos existentes, al alcance de los gestores de la calidad. (Ver: "Marco General" en 3.2).

### **3.3.1.- MINICOMPAÑÍAS**

Podríamos decir que una "minicompañía" es un modelo de gestión basado en la mejora continua de la actividad diaria, la cual tiene lugar en pequeñas unidades, secciones, departamentos o talleres de la empresa. La finalidad es conseguir la plena satisfacción de los clientes internos, (los responsables del próximo proceso), y



externos, (el cliente final), a través del control y mejora de todos los procesos y actividades de la unidad, con la participación efectiva de todos los empleados que la integran.

La "Minicompañía" está asociada al término "Organización Progresiva", frente al concepto "Organización Tradicional". El creador de este sistema es el ingeniero japonés Kiyoshi Suzuki, quien lo desarrolló en su best seller "Competitividad en fabricación en la década de los noventa", (1987).

Algunas de las debilidades a las que se debe enfrentar la minicompañía, típicas de las organizaciones tradicionales, son las siguientes:

- ✓ Se requiere la presencia del jefe, encargado o supervisor, de forma prácticamente continuada.
- ✓ No se mantienen en el tiempo los logros. Las mejoras son "apaños" y no soluciones definitivas.
- ✓ Los problemas tienden a repetirse. No se erradican de raíz.
- ✓ La creatividad es responsabilidad de los mandos y no de las funciones operacionales.
- ✓ Existe una alta dependencia de personas concretas, a la hora de tomar decisiones o de asumir responsabilidades.

Veamos, en el cuadro siguiente, las diferencias que observa el autor, entre la "*organización tradicional*" y la "*organización progresiva*."

Tabla 3.2 Diferencias en la actitud de los profesionales

<b>ACTITUD DE LAS PERSONAS: DIFERENCIAS ENTRE LA ORGANIZACIÓN TRADICIONAL Y LA ORGANIZACIÓN PROGRESIVA</b>		
<b>NIVEL</b>	<b>ORGANIZACIÓN TRADICIONAL</b>	<b>ORGANIZACIÓN PROGRESIVA</b>
<b>ALTA DIRECCIÓN</b>	Falta de conocimiento de lo que está pasando en áreas operacionales	Pueden sentir el pulso de lo que está pasando en áreas operacionales: "¿Cómo puedo involucrar a los operarios?"
<b>MANDOS INTER-MEDIOS</b>	Simplemente da órdenes: "haz lo que te digo"	Guía a las personas hacia su propio desarrollo: "¿Cómo puedo ayudarte?"
<b>ENCARGADOS/ SUPERVISORES</b>	Enfocados solamente hacia su propio trabajo: "yo soluciono este problema"	Enfocados hacia la mejora: "¿Cómo puedo delegar este trabajo?"
<b>OPERARIOS</b>	Trabajan sin pensar: "prefiero que no se acerque el jefe"	Identifican y respetan al jefe como su profesor, entrenador y facilitador: "aquí tienes mi sugerencia"

Fuente: "Suzaki, 1987".

La minicompañía parte de la siguiente premisa:

**TODOS SON PRESIDENTES DE SU ÁREA DE RESPONSABILIDAD**

Los pasos a seguir para dirigir una minicompañía, (Suzaki, 1987),son:

- ✓ *"Definir las funciones y asignar responsabilidades.*
- ✓ *Practicar una gestión visual.*
- ✓ *Ejecutar los planes de acción.*
- ✓ *Dar seguimiento y evaluar los resultados.*
- ✓ *Compartir los objetivos y su evolución hasta su*

*consecución.*

- ✓ *Identificar problemas y áreas de mejora.*
- ✓ *Compartir y reconocer los esfuerzos.*
- ✓ *Mantener las mejoras.*

### **3.3.2.- REINGENIERÍA**

La "Reingeniería" consiste en volver a concebir la empresa desde sus fundamentos, como si se comenzara desde cero. El padre de la reingeniería es Michael Hammer, quien, junto a James Champy, publicó, en 1994, el conocido libro " *Reengineering, The Corporation*". En su obra, lanzan un dardo a sus lectores: "Olvide lo que usted sabe sobre cómo deben ser manejados los negocios. La mayoría es falso".

Vienen a decir que de lo que se trata es de retroceder hasta el principio de la empresa, e inventar la mejor forma de realizar el trabajo. Sus palabras concretas son: "*Reengineering properly, is the **fundamental** rethinking and **radical** design of business **processes**, to achieve **dramatic** improvement in critical, contemporary measures of performance, such as cost, quality, service and speed*".

Esta definición contiene cuatro palabras clave, (en negrita):

- ✓ "*Fundamental*":

Propone hacerse dos preguntas: "¿Porqué hacemos lo que hacemos?" y "¿Porqué lo hacemos de la manera que lo hacemos?". Y concluye que haciéndonos estas preguntas nos forzamos a pensar, pudiendo llegar a la conclusión de que lo estamos haciendo de forma inapropiada.

✓ *"Radical"* :

Explica que la palabra proviene del latín *"radix"* que significa raíz. Y asegura, que hay que ir a la raíz de las cosas y no, como suele hacerse frecuentemente, conformarse con cambios superficiales.

✓ *"Dramatic"*:

Plantea que si lo que se desea es reducir el desecho un 10%, o bajar el coste otro 10%, etc., no se necesita implantar un proceso de reingeniería. Es suficiente con aplicar otros procedimientos convencionales más simples. La reingeniería aborda retos más grandes, con objetivos más ambiciosos.

✓ *"Processes"*:

Esta palabra es probablemente la más importante, y con frecuencia, la más difícil de cumplir. La razón es que la mayoría de los negocios no son *"process-oriented"*. Están organizados por tareas, por puestos de trabajo, en función de las personas o de las estructuras, pero no de los procesos. El *"business process"* se define como una serie de actividades, que utiliza uno o más *"inputs"*, para crear un *"output"*, útil para el cliente".

Pero los cambios que implica la reingeniería son, lógicamente, profundos:

Tabla 3.3 Cambios en la Reingeniería

<b>Aspectos</b>	<b>Antiguos</b>	<b>Nuevos</b>
Procesos	Complejos	Simple
Tareas	Simple	Complejas
Empleados	Dirigidos	Más autónomos
Directivos	Controladores	Facilitadores
Empleos	Trabajadores	Profesionales
Equipos	Dirigidos	Autónomos
Óptica	Función	Proceso
Estructura	Pirámide	Red
Indicadores	Actividades	Resultados
Atención	Patrón	Clientes
Patrón	Gestor	Líder
Salarios	Individuales	Objetivos

Fuente: "La reingeniería de la empresa" TEA-CEGOS

### **3.3.3.- "JUST IN TIME" (JIT)**

"Just in Time", en inglés, ó JIT, en siglas, ó "Justo a Tiempo", como se ha traducido al español, es una extraordinaria caja de herramientas, que originalmente fue desarrollada para reducir inventarios, pero más tarde, al comprobarse su gran eficacia, se extendió su uso a prácticamente todas las actividades de mejora de las empresas, (Laboucheix, 1990).

Como ya se indicó en (3.2.2), su creador fue Taiichi Ohno, durante el tiempo que trabajó como vicepresidente en "Toyota Motor Company", y fue como consecuencia de la imperiosa necesidad de reducir inventarios, que había en aquellos años, debido a la gran escasez de espacio, y sobretodo de recursos financieros, en el Japón de la postguerra.

Se inspiró en los supermercados norteamericanos, en los cuales,

los clientes tomaban lo que querían, en las cantidades que apetecían. Pensó que eso se podría trasladar a su empresa, en la que cada línea de producción se convertiría en un supermercado para la siguiente línea de producción, e instauró la consigna de que cada empleado debía eliminar cualquier tipo de desperdicio. Por desperdicio entendía "*cualquier cosa distinta de la **cantidad mínima** de equipamiento, materiales, partes, espacio y tiempo, que sea absolutamente esencial para añadir valor al producto*" (Suzaki, 1.987).

En pocos años se aplicó prácticamente en toda la red industrial de Japón, y en la década de los ochenta, con notable éxito, lo hizo en Estados Unidos. España también lo experimentó con éxito, aunque algo más tarde, y al principio, de forma un tanto titubeante.

De (Ohno, 1978) puede obtenerse un resumen práctico del contenido de su filosofía general del JIT, que constaría de las siguientes fases:

- ✓ *"Recursos flexibles:  
Trabajadores versátiles y máquinas universales.*
- ✓ *Distribución en planta en forma de "U":  
Facilita la producción simultánea de diferentes productos.*
- ✓ *Sistema "pull" (arrastre):  
Los trabajadores sólo toman lo que necesitan, a diferencia del método tradicional "push" (empuje), en el que se envía todo lo producido en la etapa anterior.*
- ✓ *Lotes más pequeños:  
El lote económico tiende a uno.*
- ✓ *Reducción del plazo de ejecución "lead time":  
Facilita la toma de pedidos del departamento comercial, al conocerse mejor el plazo de entrega.*

- ✓ *Reducción de stoks:*  
*Disminuye los costes de almacenamiento.*
- ✓ *Eliminación de errores:*  
*Disminución de costes.*
- ✓ *Metodología 5S:*
  - "Seiri": (Organización)
  - "Siton": (Orden)
  - "Seiso": (Limpieza)
  - "Seiketsu": (Esmero)
  - "Shukan": (Rigor)
- ✓ *Metodología "SMED": (Ver 3.3.3.1)*
- ✓ *Metodología "TPM": (Ver 3.3.3.4)*
- ✓ *Producción uniforme:*  
*Equilibrar la producción mejorando la previsión de la demanda.*
- ✓ *Cero defectos: (Ver 3.3.3.6)*
- ✓ *Redes de proveedores:*  
*Reducir al mínimo óptimo el número de proveedores fiables, ubicarlos cerca, y asesorarlos técnicamente).*
- ✓ *Mejora continua: "Kaizen". (Ver 3.3.3.2).*
- ✓ *"Kanban" (Tarjeta)": (Ver 3.3.3.3).*

### **3.3.3.1.- "SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE", "SMED"**

Se trata del conocido procedimiento de, "Cambio rápido de máquinas" desarrollado por Shigeo Shingo y descrito en (3.2.2).

### **3.3.3.2.- "KAIZEN"**

Éste es el título de uno de los "best seller" dedicados a la mejora de la calidad, de mayor éxito mundial, en las décadas de los 80's y

90's. Su autor, Masaaki Imai, asignó al libro un nombre significativo e impactante: "*The key to Japan's Success*". Lo hemos desarrollado en (3.2.2), en el apartado de los "*Grandes Gurus*".

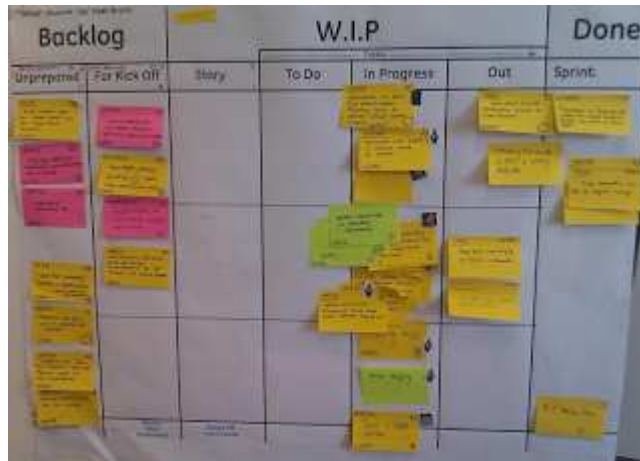
### **3.3.3.3.- "KANBAN"**

"*Kanban*", del japonés "*Kan*": visual, y "*Ban*": tarjeta, podría traducirse al español como "tarjeta de instrucción". La idea y la metodología fue desarrollada por el ingeniero chino Taiichi Ohno, durante su etapa de cooperación en Toyota, con objeto de mejorar su productividad. Toyota viene aplicando este procedimiento desde la década de los 50's. (Ver "*Toyota Production System ...*"), (Ohno, 1988).

Según reconocen todos los expertos, Kanban es uno de los instrumentos clave para desarrollar el J.I.T. El sistema controla el flujo de recursos en proceso de producción mediante tarjetas, que sirven para mostrar el abastecimiento de materiales. De esta manera se puede cumplir con la entrega de productos, en tiempos más cortos, y con una mayor calidad, evitando los stocks intermedios y la utilización excesiva de materiales. Así se mejora el control de la producción y aumenta la flexibilidad, atendiendo más fácilmente las demandas individuales (Suzaki, 1987).



Figura 3.7 Panel de Kanban



Fuente: Carolina Salvador, 2012.

Para el buen funcionamiento de este sistema, se han visto obligados a adoptar la modalidad "pull" (arrastre), en vez del tradicional "push" (empuje).

Hay tres tipos de tarjetas:

- ✓ Tarjetas de transporte
- ✓ " " fabricación
- ✓ " " proveedores

Se etiquetan los productos que salen de una línea de producción, para que cuando sean retirados del punto de almacenaje, la etiqueta vuelva a la línea, siendo etiquetado otro producto, con el fin de ajustar la producción a la demanda.

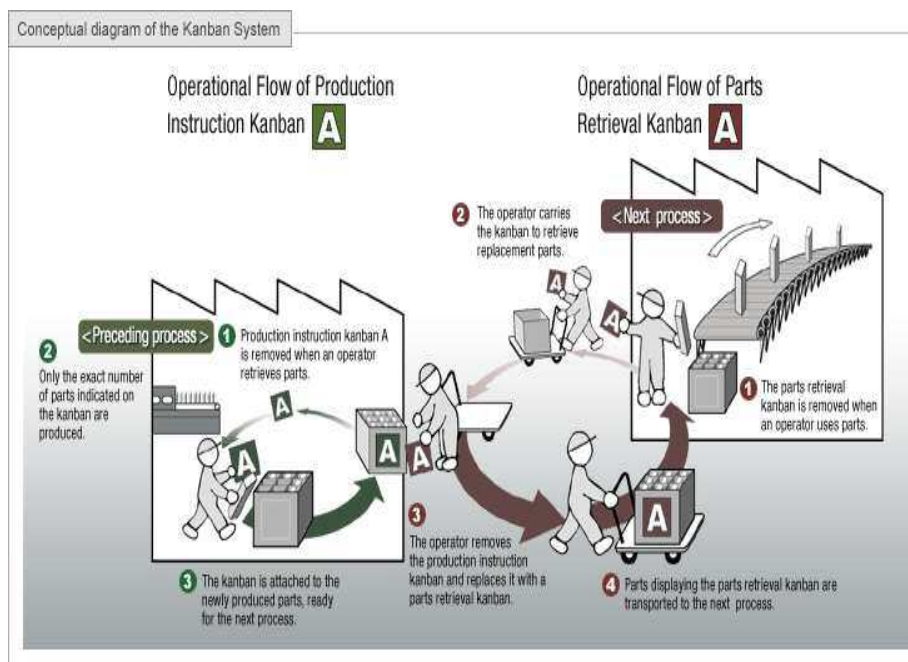
Evidentemente, este sistema sólo tiene sentido en producciones en serie, donde se procura que las máquinas no dejen de producir nunca, sin tener la desventaja de contar con un costoso stock inmovilizado.

Hay cinco principios básicos:

- ✓ Minimizar el despilfarro:  
Fabricar sólo lo necesario y hacerlo bien.
- ✓ Hacerlo bien a la primera:  
No necesariamente muy rápido, pero bien.
- ✓ Aplicar el "Kaizen":  
Mejora continua.
- ✓ Aumentar la flexibilidad:  
Prioridad a las tareas pendientes.
- ✓ Desarrollar una excelente relación a largo plazo con los proveedores: ("Partnership").

Veamos en el esquema siguiente las secuencias de trabajo utilizando el sistema Kanban:

Figura 3.8 Diagrama de producción de Toyota en base al método Kanban



Fuente: Pola S.E. 2012, Universidad de Chile

Por último, desarrollaremos un resumen sobre las diferencias existentes entre las empresas que utilizan la metodología Kanban, y las que no lo hacen:

Tabla 3.4 Kanban versus no Kanban

KANBAN/NO KANBAN: DIFERENCIAS	
EMPRESAS QUE USAN KANBAN	EMPRESAS QUE NO USAN KANBAN
Orientación hacia la satisfacción del cliente	Orientación hacia el beneficio
Trabajo en equipo	Escaso trabajo en equipo
Empresas certificadas	Pocas empresas certificadas
Alta Dirección en contacto con la fábrica y proveedores	Alta Dirección distante de la fábrica y proveedores
Los proveedores son "asociados"	Los proveedores son fuente de problemas
Comunicación visual (rápida)	Comunicación verbal (más lenta)
Dirección de arriba a abajo	Débil dirección de arriba a abajo
Enfoque y prioridades claros	Todo es importante
La estandarización es clave	La estandarización es un alimitación
Homogeneidad	Diversidad
Paciencia y seguridad	Impaciencia y sobresaltos
Satisfacer la demanda	Crear la demanda

Fuente: "Thukan.com"

### 3.3.3.4.- "TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE" "TPM"

"Aunque el término "TPM" no es muy conocido fuera de Japón, como lo es el "TQC", lo cierto es que está siendo utilizado por una gran cantidad de empresas japonesas, y promocionado por la "Japan Institute of Plant Maintenance" (Imai, 1986).

TPM tiene su origen en Japón, en 1971, desarrollado como un extraordinario método para mejorar la disponibilidad de las máquinas, mediante un plan de mantenimiento eficaz que se adelanta a las averías y las evite.

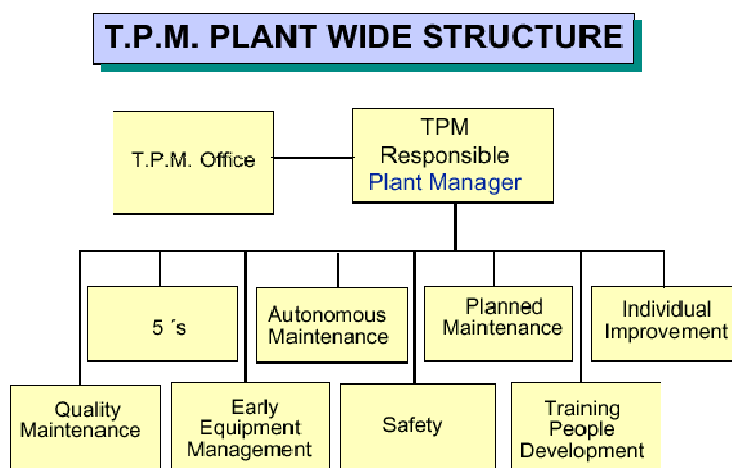
TPM trata de maximizar la efectividad del equipo productivo, a través de un sistema de mantenimiento preventivo total, que cubre la totalidad de los componentes de las máquinas a lo largo de "toda su vida útil". Es decir, el objetivo último es que no se produzca avería alguna, en ningún momento, (Suzaki, 1987).

Uno de sus máximos impulsores, como en tantos otros

instrumentos de mejora fue el Dr Edward Deming, que como brillante estadístico, se dio cuenta de las enormes pérdidas que suponía para las empresas, las averías de las máquinas.

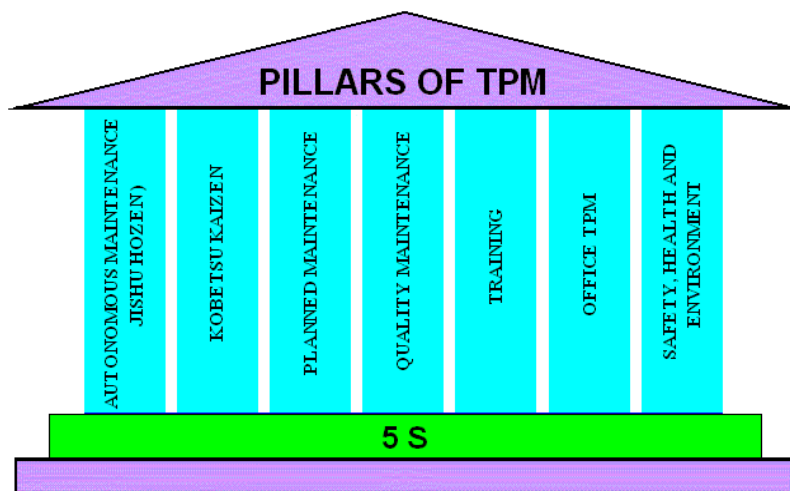
El origen del término "TPM" es muy discutido. Hay quien dice que fue acuñado por fabricantes norteamericanos, hace más de cuatro décadas. Otros creen que fue el fabricante japonés de componentes eléctricos para automóviles, "Nippondenso", a finales de los años 60's, (Roberts J., 1997). "TPM is more hardware-oriented and TQC more software-oriented", (Imai, 1986).

Figura 3.9 Estructura de la organización TPM para su implantación.



Fuente: "The Plant Maintenance Resource Center" 2009

Figura 3.10 Pilares en los que se basa el TPM



Fuente: "The Plant Maintenance Resource Center" 2009

Las compañías que han utilizado con éxito TPM, disponen de modelos de implantación, que suelen incluir la mayoría de los siguientes 12 pasos, (McBride, 2010).

- ✓ "Anunciar su aplicación":  
Es necesario crear un entorno de cooperación.
- ✓ "Diseñar y aplicar un programa de formación que abarque la totalidad de la organización":  
Explicar que se espera de cada uno y los beneficios que comportará.
- ✓ "Crear una estructura de apoyo":  
Este grupo promoverá las actividades requeridas.
- ✓ "Establecer controles básicos y objetivos numéricos":  
Los objetivos habrán de ser "SMART: (Specific, Measurable, Attainable, Realistic and Time-based)".
- ✓ "Desarrollar un plan maestro detallado":  
Identificar recursos necesarios de formación, de equipo y mejoras.
- ✓ "Implantar TPM":  
El lanzamiento empieza en este punto.

- ✓ *"Mejorar la efectividad de cada pieza del equipo":*  
Cada pieza debe ser analizada y mejorada.
- ✓ *"Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo para los operarios":*  
Los operarios de las máquinas pueden realizar algunas operaciones rutinarias, como inspecciones y limpieza.
- ✓ *"Desarrollar un programa de mantenimiento preventivo":*  
Definir un plan de mantenimiento preventivo para cada pieza de la máquina.
- ✓ *"Responsabilizarse de la formación de los equipos":*  
El departamento de mantenimiento tomará la función de monitores de los grupos.
- ✓ *"Desarrollar un programa de diseño efectivo de máquinas":*  
Aplicar los principios de mantenimiento preventivo durante el proceso de diseño del equipo.
- ✓ *"Mejora continua":*  
Como en todas las iniciativas hay que difundir una mentalidad de mejora continua.

### **3.3.3.5.- MEJORA DE LA CALIDAD**

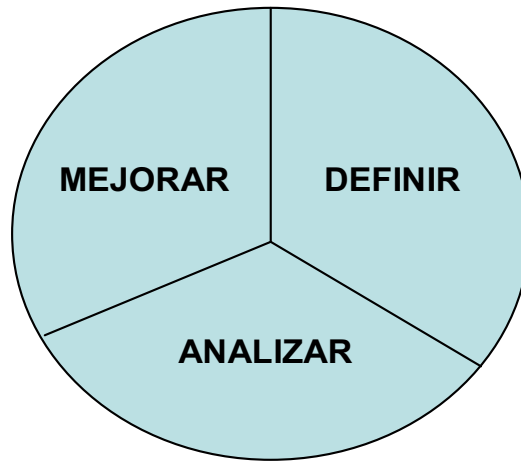
Nada de lo que hemos comentado en las páginas anteriores tendría sentido, sin concluir, una vez más, que uno de nuestros objetivos básicos es mejorar la calidad de los productos y servicios, que nos demandan nuestros clientes. *"La mejora continua del desarrollo global de la organización debería ser un objeto permanente de ésta"*. (UNE-EN-ISO- 9000).

Continúa la norma puntualizando: *"así nos adaptamos mejor a las*

*necesidades del cliente, al tiempo que se reducen y previenen los errores, en todas las áreas de la organización. De esta forma reducimos los desperdicios, las quejas y como consecuencia de ello, los costes”.*

Según asegura (Marsh, 2000), el ciclo que se reproduce a continuación, ha sido utilizado con éxito durante los últimos años:

*Figura 3.11 Secuencia de la mejora*



*Fuente “ Marsh, 2000”*

**DEFINIR:**

- ✓ *“La tarea a realizar.*
- ✓ *El equipo encargado de realizar la mejora.*
- ✓ *El proceso, en el cual ha de concentrarse el equipo.*
- ✓ *El plan general a seguir, incluyendo la duración estimada del trabajo y los hitos clave a tener en cuenta”.*

## ANALIZAR:

- ✓ *"Medir los aspectos indispensables a partir de la definición de proceso.*
- ✓ *Identificar cuestiones a mejorar. "Para que un proceso deba ser mejorado, no tiene porqué estar fallando".*
- ✓ *Establecer prioridades. No se puede abordar todo al mismo tiempo".*

## MEJORAR:

- ✓ *"Generar posibles mejoras susceptibles de ser adoptadas.*
- ✓ *Seleccionar las más atractivas desde un punto de vista práctico.*
- ✓ *Diseñar y planificar la puesta en marcha de las acciones adoptadas.*
- ✓ *Poner en práctica lo planificado.*
- ✓ *Estudiar la efectividad de las acciones aplicadas.*
- ✓ *Comunicar a todos los interesados el resultado de la modificación realizada, tanto si ha sido positivo, como si no lo ha sido.*
- ✓ *Convertir en procedimiento la prueba, si ha resultado un éxito".*

Para poder llevar a cabo las mejoras se suelen utilizar diversas técnicas de índole práctica. Algunas ya las hemos referido en los apartados anteriores. Ahora bien, cuando se trata de aprovechar la buena voluntad y el ingenio de los empleados de las empresas, que se ofrecen a colaborar en la mejora de la calidad, además de las "Minicompañías", (Ver 3.3.1), y del movimiento "Seis Sigma" (Ver 3.3.5), se suelen adoptar:



- ✓ Equipos de Mejora.
- ✓ Círculos de Calidad.

que presentaremos a continuación.

### **3.3.3.5.1.- EQUIPOS DE MEJORA**

Los llamados "Equipos de Mejora" son grupos de trabajo, de entre cinco y diez personas, que son elegidos por la Dirección de la Empresa, en función de sus habilidades y experiencia, para estudiar y resolver problemas crónicos concretos, que afectan a sus áreas de responsabilidad.

Antes de integrarse en dichos grupos, los empleados deben ser debidamente entrenados y formados en la filosofía de la calidad, así como en técnicas estadísticas, generalmente sencillas: Normalmente, "Los siete instrumentos estadísticos", o "*The seven tools*", que veremos en (3.3.3.5.2).

Algunos grupos, destinados a resolver problemas algo más complicados, reciben también formación más especializada: "Los siete nuevos instrumentos estadísticos", o "*The new seven tools*", descritos en (3.3.3.5.3). Por último, en algunas empresas, principalmente las de gran tamaño, hacen participar a algunos empleados en programas "Seis Sigma" (Ver 3.3.5).

Vamos a centrarnos, sin embargo, en el primer grupo, que es el más utilizado. La razón básica es su sencillez, y también porque en la inmensa mayoría de los casos, los problemas crónicos de las empresas suelen resolverse con instrumentos sencillos.

No está desencaminado asegurar, que fue el Dr. Juran, (Ver 3.2.2), quien, probablemente, dio un mayor impulso a los equipos de mejora, en todo el mundo. Insistía en sus congresos, en la idea de que había que centrarse, a fondo, en los llamados "pocos vitales" y no tener en cuenta, en una primera instancia, los "muchos triviales". Se estaba refiriendo a los defectos y/o a los problemas existentes en las fábricas, a los que identificaba mediante el gráfico, al que dio el nombre de "Principio de Pareto". Lo analizaremos en (3.3.3.5.2).

La ruta de la mejora, aseguraba el Dr Juran, tiene cuatro pasos:

- ✓ *"Definición del proyecto a estudiar.*
- ✓ *Análisis de los síntomas.*
- ✓ *Camino del remedio.*
- ✓ *Mantener las ganancias.*

En 1979, el Dr. Juran fundó el "*Juran Institute*", el cual hoy en día tiene sedes en prácticamente todo el mundo. Desde allí, en 1980, lanzó al mercado un curso revolucionario, compuesto por 16 videocasets, en los que exponía su visión sobre cómo debían ser y actuar los equipos de mejora. Su nombre es: "*Juran on quality improvement*" , ("*J.O.Q.I.*"). En pocos meses recaudó más de 16 millones de \$. Una de las empresas que lo adoptó fue la multinacional PHILIPS, la cual, desde Eindhoven, lo aplicó en prácticamente todas sus empresas, sitas en los cinco continentes.

El contenido del curso consta de 16 lecciones, con el siguiente desarrollo:

- ✓ **Sesión 1:** Prueba de la necesidad.
- ✓ " **2:** Identificación del proyecto.
- ✓ " **3:** Proyectos para mejorar la "vendibilidad" del proyecto.
- ✓ " **4:** Organización para la mejora I.
- ✓ " **5:** " " " " " II.
- ✓ " **6:** Organización de la diagnosis.
- ✓ " **7:** El camino de la diagnosis I.
- ✓ " **8:** " " " " " II.
- ✓ " **9:** Errores controlables por el operario I.
- ✓ " **10:** " " " " " II.
- ✓ " **11:** Las herramientas de la diagnosis.
- ✓ " **12:** El camino del remedio I.
- ✓ " **13:** " " " " " II.
- ✓ " **14:** " " " " " III.
- ✓ " **15:** Motivaciones para la calidad.
- ✓ " **16:** Mantener las ganancias.

### **3.3.3.5.2.-LOS SIETE INSTRUMENTOS ESTADÍSTICOS ("SEVEN TOOLS")**

Los numerosos autores que escriben sobre este tema, han coincidido en la identificación de la mayoría de estas herramientas, aunque no en todas. Aún así, nosotros nos referiremos a los instrumentos estadísticos más comúnmente empleados, (Ishikawa, 1985; Marsh, 2000; Utts, 2005).

La práctica empresarial confirma que, la gran mayoría, (no la totalidad, evidentemente), de los defectos y problemas que afectan a las fábricas, pueden ser solucionados o aliviados, mediante la utilización de procedimientos estadísticos sencillos, como los que vamos a referir. Son los siguientes:

- ✓ Toma de Datos. *Checklist*.
- ✓ Histogramas.
- ✓ Diagramas de Dispersión y Correlación.
- ✓ Diagrama de Pareto.
- ✓ Diagrama Causa-Efecto.
- ✓ Gráficos de Control.
- ✓ Estratificación. Comparación de Grupos.

### ***-Toma de Datos. "Checklist"***

El primer paso en el camino de la mejora de la calidad se basa en la obtención de datos, cifras. Las opiniones no confirmadas con datos, son a menudo puntos de vista personales, exageraciones y malos entendidos y por tanto, pueden no ser útiles para la toma de decisiones.

Los datos a recoger, deben ser los adecuados para los fines perseguidos. De no hacerlo de esta manera, los datos obtenidos pueden ser inaprovechables o incluso peligrosos.

Se utiliza una gran diversidad de modelos de toma de datos, atendiendo a las necesidades del problema a estudiar. En la figura siguiente mostramos algunos ejemplos de hojas de toma de datos.

Figura 3.12 Algunos ejemplos de Toma de Datos “Checklist”

### Ejemplos de Checklist

Estados de cuenta JCP					
Periodo: Ene-Abr. 1991					
Lugar: Zona Urbana					
TIPO DE ERROR	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
campo olvidado	III	III	I	II	11
campo erróneo	II	III	III	II	12
dirección equivocada		II	III	III	10
nombre erróneo	I		III		5
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	

RESPONSABLE:	CAMION:	FECHA:
Carlos Rivas	15-201	19-abr-1991
Lugar a reparar:		Jueves 18
Col. Independencia	Verificación	Comentarios
Col. Bugambilias	✓	
Col. Alvarado	✓	
Col. Florida	x	Inundación en la colonia
Col. Primavera	✓	

HOJA DE LOCALIZACION	
Comedor Firenze	
Fecha: 02/07/91	Responsable: Gloria de la Garza
Comentarios: Madera rayada Vitró descañado	

Fuente: “Slidershare, 2012

### -Histograma

Son representaciones gráficas de un conjunto de datos. En el eje horizontal de la figura de coordenadas cartesianas, se plasman los posibles valores de la variable, y en el eje vertical las frecuencias, ya sean absolutas o relativas, con que aparecen dichos valores. Antes de realizar el histograma los datos se agrupan en tramos, (Marsh, 2000).

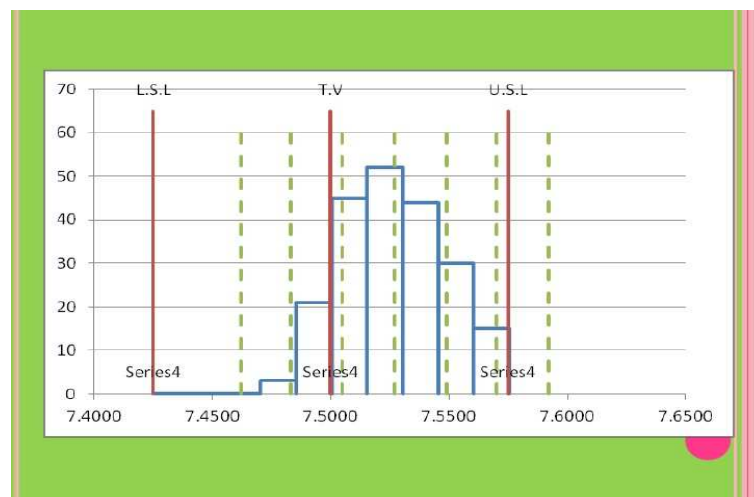
Los histogramas permiten detectar un gran número de problemas: mezcla de poblaciones, valores anómalos, datos truncados, etc.. Las etapas de la construcción de un histograma suelen ser las siguientes:

- ✓ Recogida y registro de datos, mediante el impreso apropiado. La muestra debería ser  $\geq 30$ , para obtener una mayor precisión.
- ✓ Identificar el mayor valor y el menor, con objeto de determinar el rango.
- ✓ Determinar el número de subdivisiones o clases.

- ✓ Calcular el tamaño de la clase: es el cociente entre el rango y el número de clases.
- ✓ Redondear el tamaño de la clase.
- ✓ Determinar los límites de cada clase.
- ✓ Transferir las cifras a una hoja de control.
- ✓ Preparar el histograma.
- ✓ Añadir informaciones complementarias: fecha, autor, periodo en que se obtuvieron los datos, límites de control y especificación, etc..

Véase un ejemplo en la figura siguiente.

*Figura 3.13 Ejemplo de “Histograma”:*



*Fuente: “Slidershare, 2012”.*

### **-Diagrama de Dispersión y Correlación**

Es una herramienta para el estudio de las relaciones existentes entre dos variables. Cuando se desee conocer la relación entre dos variables numéricas, realizaremos un registro de cada pareja de datos. Por ejemplo: “¿los padres altos tendrán también hijos altos?.

La experiencia nos dice que muchas veces es así, pero hemos de determinarlo mediante un estudio adecuado.

Seleccionaremos la muestra a analizar y tomaremos las alturas de cada pareja padre-hijo. Una vez terminado el muestreo, habremos de plasmar los datos en un gráfico de coordenadas cartesianas, debidamente graduado. Plasmaremos, mediante un punto la intersección de las dos alturas de cada pareja y observaremos la nube de puntos resultante.

El factor que mide el grado de relación lineal entre dos variables se llama "coeficiente de correlación", ("r"). Su valor es:  $-1 \leq r \leq 1$ .

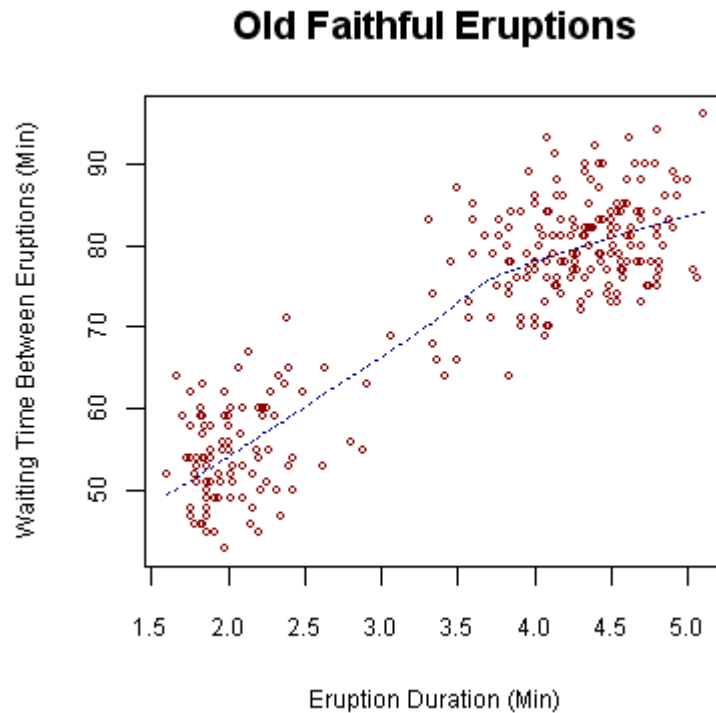
Estadísticamente se calcula dividiendo la covarianza, entre el producto de las desviaciones típicas de cada variable, aunque también puede estimarse gráficamente. El resultado gráfico puede mostrar diversas formas:

- ✓ Si "r" oscila entre 0,8 y 1: Existe **correlación elevada positiva**.
- ✓ Si "r" oscila entre 0,3 y 0,8: Existe **correlación débil y positiva**.
- ✓ Si "r" oscila entre -0,3 y 0,3: **No hay correlación**.
- ✓ Si "r" oscila entre -0,3 y -0,8 : Existe **correlación débil y negativa**.
- ✓ Si "r" oscila entre -0,8 y -1 : Existe **elevada correlación negativa**.

Veamos un ejemplo de diagrama de correlación, en el que se ve la relación entre el tiempo de espera entre erupciones y la duración de la erupción del géiser "Old Faithful", en el parque Nacional de Yellowstone, en el estado de Wyoming. El gráfico sugiere que, por

lo general, hay dos tipos de erupciones: una de corta espera y corta duración, y otra de larga espera y larga duración.

Figura 3.14 Ejemplo de “Diagrama de Dispersión” o de “Correlación”



Fuente: “Utts, 2005”.

### **-Diagrama de Pareto**

Vilfredo Pareto fue un sociólogo, economista y filósofo que vivió a caballo entre los siglos XIX y XX, (1848-1923). El conocidísimo “Principio de Pareto” se basa en la regla 80-20, o también en el método A-B-C. La enunció cuando estaba estudiando la “distribución de la riqueza”, y encontró que solo un porcentaje pequeño de las personas eran realmente ricas, mientras que la mayoría tenía dificultades económicas. Sin embargo, nunca fue consciente de la importancia que habría de tener su hallazgo.

El Dr. Juran, al que ya nos hemos referido en (3.2.2), leyendo a Pareto se dio cuenta de que este fenómeno se podría aplicar en



numerosas situaciones, y en la década de los 50's lo "bautizó" como "El Principio de Pareto", añadiendo que era "el de los pocos vitales y muchos triviales". Mencionaba ejemplos como "aproximadamente el 80% de las ventas proviene del 20% de los clientes", o "el 80% del absentismo total de una empresa, es causado por, aproximadamente, el 20% de los empleados".

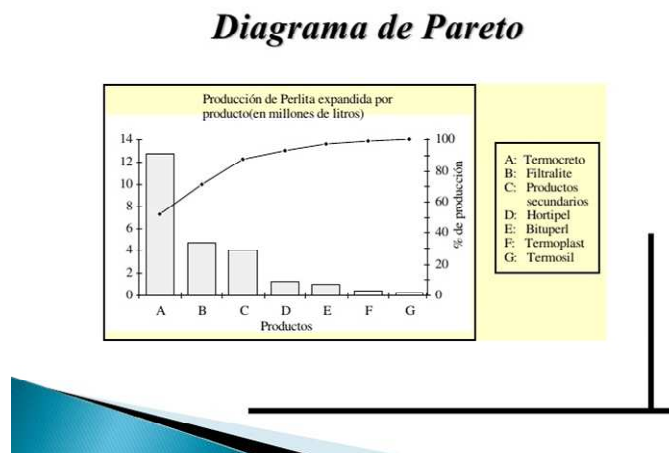
Mediante un diagrama de Pareto, los pocos elementos importantes se hacen visibles y en el caso de realizarse un estudio sobre la mejora de la calidad, los fallos que aparecen en primer lugar, serán los primeros que habrán de estudiarse, (Marsh, 2000).

Se expresa mediante un gráfico de barras verticales, con distribución de datos en orden decreciente, de izquierda a derecha. La preparación de un "Diagrama de Pareto" consta de las siguientes fases:

- ✓ Confeccionar una lista de posibles defectos.
- ✓ Recoger esos datos en el período de tiempo planificado.
- ✓ Expresar esos datos en sus unidades correctas.
- ✓ Clasificar los grupos en orden decreciente y trazar el diagrama de barras.
- ✓ Trazar una línea discontinua o de trazo punto, indicando el porcentaje acumulado, empezando por la primera barra. (Obviamente el gráfico acabará en el 100% de la columna de la derecha del gráfico).

Presentamos un ejemplo en la siguiente figura:

Figura 3.15 Ejemplo del Diagrama de Pareto.



Fuente: "Slideshare, 2012".

### **-Diagrama Causa-Efecto**

Fue desarrollado por el Dr. Ishikawa, en la Universidad de Tokio, de ahí que haya tomado el nombre de "*Diagrama de Ishikawa*" aunque también se le llama, por su forma, "*Diagrama de la espina de pescado*".

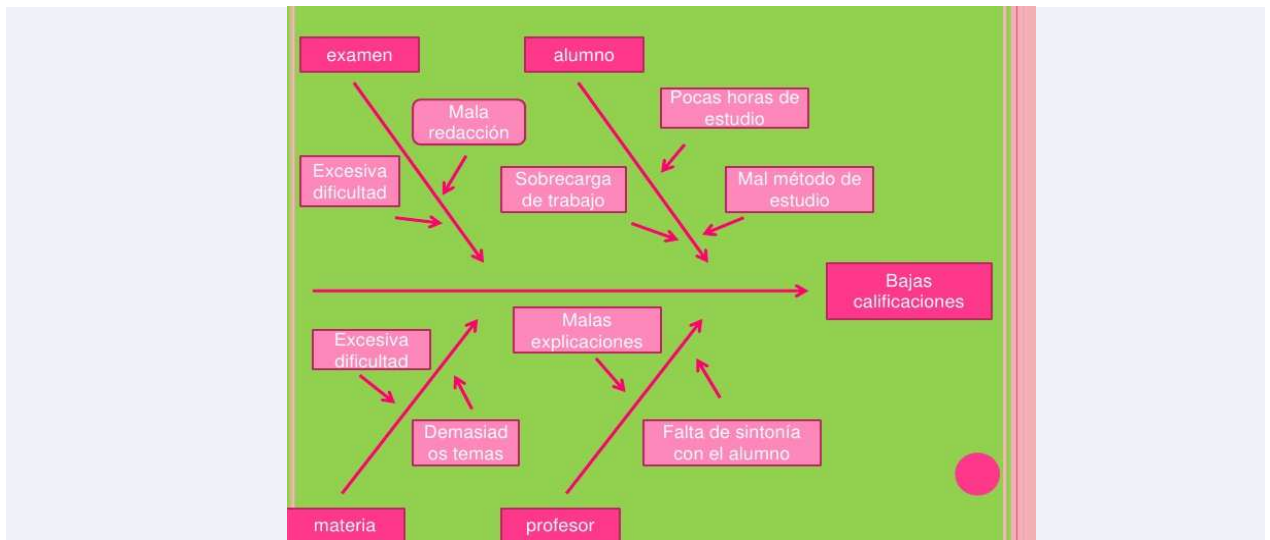
En el esquema típico de una empresa se suelen utilizar, cuatro ramas básicas. Se les llama las cuatro "M's": mano de obra, materiales, maquinaria y métodos. Se supone que las causas de los defectos o problemas, estarán comprendidas en alguna o algunas de estas ramas. Cada una de ellas se divide, a su vez, en subramas, y al final todas las ramas coinciden en un punto final que constituye el problema en sí. Algunas veces es preferible utilizar otras ramas principales. Depende del problema a estudiar, (Marsh, 2000).

El método operativo según Marsh, es el siguiente:

- ✓ *"Decidir qué problema o fallo deberá atacarse, e identificarlo con datos. Un "Diagrama de Pareto" puede ayudar mucho.*
- ✓ *Considerar todas las causas posibles.*  
Una forma de hacerlo es organizar una "Tormenta de ideas".
- ✓ *Incluir en el diagrama todas las posibles causas, representando las principales, como ramas importantes, (flechas grandes), y el resto como ramas secundarias, (flechas pequeñas).*
- ✓ *Determinar la causa más probable.*  
El grupo ha de estar de acuerdo sobre la causa principal. Una forma de hacerlo es que cada miembro del grupo vote por las cinco causas, que considere más importantes. Ganará la que tenga mayor número de votos. Hay también otras formas de realizarlo.
- ✓ *Diseñar un plan de trabajo con las acciones necesarias para eliminar la causa más importante".*  
Si el resultado no fuera satisfactorio habría que retroceder al punto anterior.

Presentamos a continuación un par de ejemplos del "Diagrama de Ishikawa", siendo evidente que este método puede ser aplicado en actividades diversas. El primero de ellos trata de las bajas calificaciones de un alumno. En este caso las ramas principales son: alumno, examen, materia y profesor.

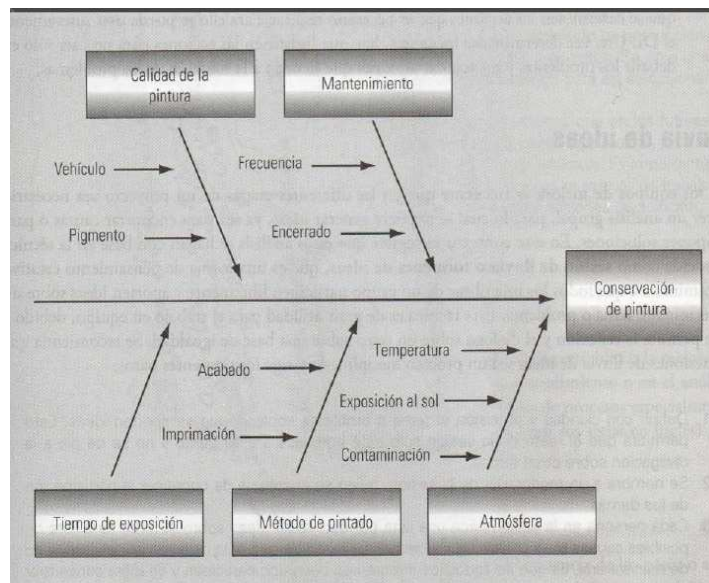
Figura 3.16 Ejemplo (1) del Diagrama Causa-Efecto



Fuente: "Slideshare, 2012".

El siguiente diagrama muestra los problemas que puede tener la conservación de una capa de pintura, en el proceso de pintado de unas piezas manufacturadas, y cuales pueden ser las causas de ello.

Figura 3.17 Ejemplo (2) del Diagrama Causa-Efecto



Fuente: "Slideshare, 2012"

## **-Gráfico de Control**

Existen diversos tipos de gráficos de control, dependiendo del proceso a controlar, (Andrés, 1992). Los objetivos son varios:

- ✓ *"Asegurar que el proceso esté bajo control estadístico.*
- ✓ *Detectar, identificar y eliminar las causas especiales de variación.*
- ✓ *Mejorar la capacidad del proceso.*
- ✓ *Prevenir acontecimientos con economía de medios".*

La adopción de gráficos de control proporciona indudables ventajas:

- ✓ *"Funcionamiento predecible en defectos y costes asociados.*
- ✓ *Rapidez, precisión y objetividad en las mediciones.*
- ✓ *Estabilidad en la producción. Esto facilita la planificación.*
- ✓ *Distinguir causas comunes y especiales.*
- ✓ *Lo utiliza el empleado a tiempo real.*
- ✓ *Aumenta la productividad del proceso".*

Las etapas para la preparación de un gráfico de control, son las siguientes:

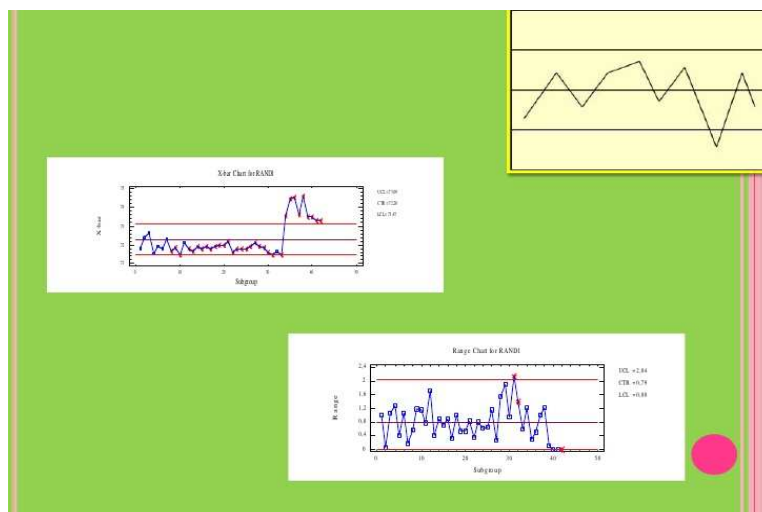
- ✓ *"Recoger suficientes datos para obtener una imagen representativa de las variaciones del parámetro bajo análisis.*
- ✓ *Pasar estos datos a una tabla, convenientemente preparada.*
- ✓ *Calcular la media aritmética y el rango de cada sub-grupo.*

- ✓ *Calcular la media de los promedios de todos los sub-grupos y la de los rangos.*
- ✓ *Calcular los límites de control. Para ello hemos de determinar previamente los valores de  $A_2$ ,  $D_3$  y  $D_4$ .* (Por razones obvias no los incluimos aquí. Pueden obtenerse en cualquier manual de control de proceso).
- ✓ *Con todo ello podremos calcular los límites de control de los promedios y de los rangos.*
- ✓ *Dibujar los gráficos de control deseados, utilizando papel milimetrado adecuado.*

(También se podrían realizar los gráficos de control, utilizando desviaciones típicas en lugar de rangos).

De esta forma podremos empezar a controlar el proceso. Veamos un ejemplo:

*Figura 3.18 Ejemplos de Gráfico de control*



*Fuente: "Slideshare, 2012".*

## **-Estratificación. Comparación de Grupos**

*"Es una técnica estadística que permite comparar dos poblaciones supuestamente diferentes, y determinar si las diferencias existentes entre ellas, son debidas a situaciones reales entre las dos poblaciones, o a la variabilidad natural existente en cada población", (Andrés, 1992).*

Lo que se compara pueden ser variables continuas, promedios y varianzas, o variables discretas, por ejemplo, proporciones.

Su utilización más común tiene lugar durante la etapa del diagnóstico, con el fin de identificar qué clases o tipos contribuyen al problema a resolver. Lo que buscaríamos con la estratificación sería clasificar la información recopilada sobre una característica de calidad. Los criterios efectivos para la estratificación son:

- ✓ Tipo de defecto
- ✓ Causa y efecto
- ✓ Localización del efecto.
- ✓ Producto, material, fecha de producción, operario, proveedor, lote, etc..

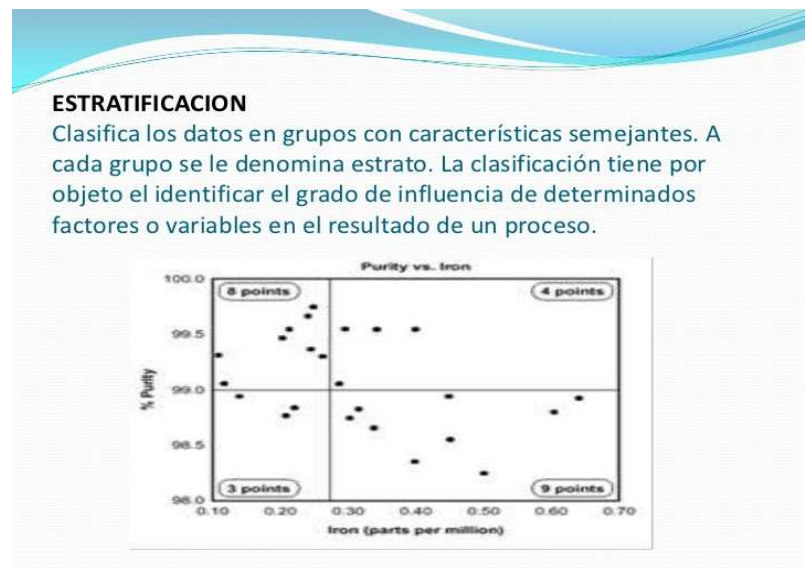
Para elaborar una estratificación se han de seguir una serie de pasos:

- ✓ Seleccionar las variables potenciales de la estratificación.
- ✓ Definir las categorías que se utilizarán en cada variable de estratificación.
- ✓ Clasificar las observaciones dentro de las categorías de la variable estratificada.

- ✓ Calcular el fenómeno que se está midiendo en cada categoría.
- ✓ Plasmar los resultados en gráficos de barras.
- ✓ Preparar y exponer los resultados para otras variables.
- ✓ Diseñar una planificación adicional.

Veamos un ejemplo cualquiera de Gráfico de Estratificación:

*Figura 3.19 Ejemplo de Gráfico de Estratificación*



*Fuente: "Slideshare, 2012"*

### **3.3.3.5.3.- LOS SIETE NUEVOS INSTRUMENTOS ESTADÍSTICOS. "THE NEW SEVEN TOOLS"**

Los "Siete nuevos instrumentos estadísticos" se diseñaron en Japón, en 1977, por el profesor Ishikawa, para cubrir aquellas situaciones, más complejas que las presentadas en (3.3.3.5.2), puesto que éstas, no eran capaces de resolver determinados



problemas que surgían en el ámbito del trabajo, (Mitonneau, 1991).

El inconveniente es que encierran una mayor dificultad, y por ello no siempre pueden ser utilizadas por los miembros habituales de los grupos de trabajo existentes en las empresas. Este enfoque, normalmente tipificado para ser aplicado en la fase de diseño, se emplea preferentemente en el desarrollo de nuevos productos, por lo que son los niveles medios y altos de la empresa, sus principales usuarios, (Prat et al., 2000).

Sus objetivos más frecuentes suelen ser:

- ✓ *"Priorizar la gestión*
- ✓ *Identificar los problemas*
- ✓ *Insistir en la importancia de la planificación de las acciones".*

La lista de los instrumentos, a que nos referimos, (Mitonneau, 1991; Andrés, 1992; Cuatrecasas, 1999; Utts, 2005), es la siguiente:

- ✓ Diagrama de Afinidad.
- ✓ " " Relaciones.
- ✓ " " Árbol.
- ✓ " Matricial.
- ✓ Matriz de Priorización.
- ✓ Gráfico del Programa de Decisión del Proceso , "PDPC".
- ✓ Diagrama de Flechas o de Redes.

## **-Diagrama de Afinidad**

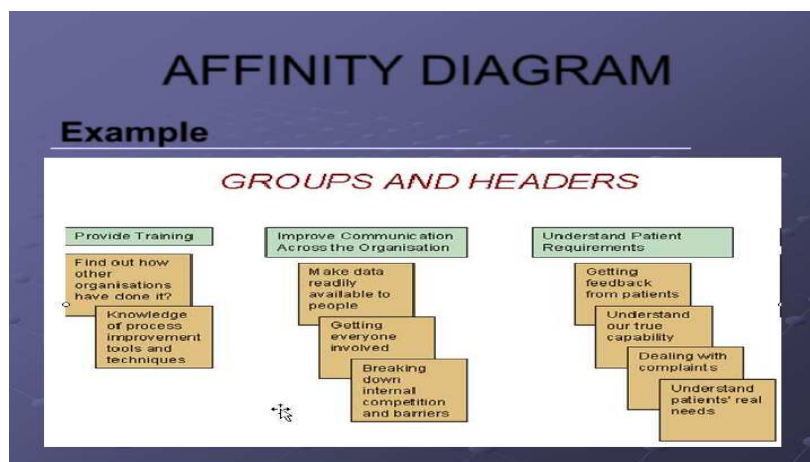
Ésta es una herramienta que, para presentar un problema combina mucha información no numérica, y frecuentemente desordenada, si no anárquica. Proporciona al grupo que lo presenta y estudia, una visión general del "bosque" de datos, de tal forma que se agrupan y ordenan en función de su grado de afinidad. Intenta responder a la pregunta "¿qué sucede realmente en esta situación?". En resumen, facilita el reconocimiento de las estructuras básicas, cuando se exploran situaciones complejas.

(Andrés, 1992), enuncia las etapas a seguir en este diagrama:

- ✓ "Constituir un equipo de mejora de la calidad.
- ✓ Formular el problema a resolver.
- ✓ Escribir ideas en cartulinas.
- ✓ Agrupar las cartulinas, (ideas y conceptos).
- ✓ Identificar y completar grupos de cartulinas.
- ✓ Fomentar la libre expresión de los componentes del equipo.
- ✓ Dibujar el diagrama KJ (Kawajita Jiro), completo".

Ver, en la figura siguiente, un ejemplo del "Diagrama de Afinidad":

*Figura 3.20 Ejemplo de Diagrama de Afinidad*



*Fuente: "Slideshare" 2012*

## ***-Diagrama de Relaciones***

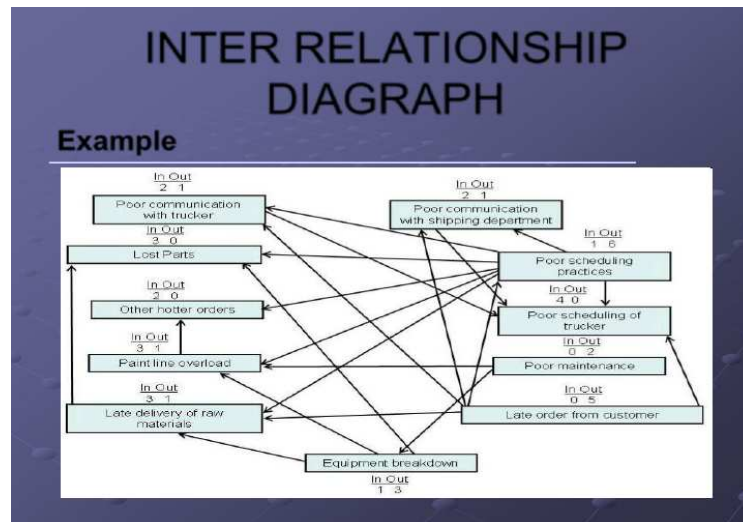
Simplifica y clarifica las relaciones causales entrelazadas, o situaciones complejas. Es muy útil cuando la estructura del asunto a investigar es complicada para su distribución en familias, como establece el "Diagrama de Ishikawa". En síntesis es un "Diagrama de Afinidad", aunque mucho más estructurado.

La metodología, según establecen (Mitonneau, 1991; Andrés, 2010), es la siguiente:

- ✓ *"Constitución de un grupo de mejora de la calidad.*
- ✓ *Definición del problema a resolver.*
- ✓ *Aportación de ideas en cartulinas.*
- ✓ *Ordenación por causa-efecto mediante flechas. (Para cruzar las flechas dibujar un arco).*
- ✓ *Debate del equipo sobre la colocación de las cartulinas.*
- ✓ *Atención especial a las cartulinas de las que parten más flechas. Las cartulinas a las que llegan varias flechas, suelen ser cuellos de botella.*
- ✓ *Seleccionar cinco o seis temas a estudiar, empleando datos numéricos", (además del sentido común).*

Presentamos a continuación un ejemplo de "Diagrama de Relaciones":

Figura 3.21 Ejemplo de Diagrama de Relaciones



Fuente: "Slideshare" 2012

### **-Diagrama de Árbol**

Se utiliza para encontrar los medios más adecuados para alcanzar los fines previstos. Responde a la pregunta "¿cómo lo hacemos?". Podemos, pues, considerarla, una buena herramienta para el despliegue de objetivos, alcanzando niveles de detalle que puedan luego ser adecuadamente manejables y asignables.

Este procedimiento es aplicable en situaciones complejas y de un cierto nivel de envergadura, como por ejemplo el lanzamiento de un nuevo producto, (Marsh, 2000).

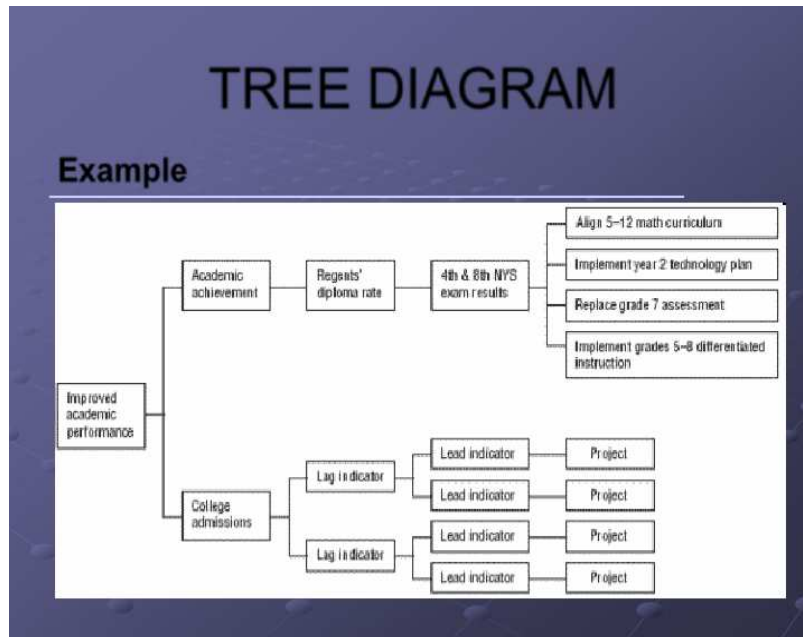
Las etapas que se siguen en este procedimiento, suelen ser las siguientes (Mitonneau, 1991; Andrés, 1992):

- ✓ "Definir con precisión el objetivo a conseguir.
- ✓ Constituir un equipo de mejora formado por especialistas en el tema.
- ✓ Despliegue en sus partes principales, que se representarán en ramas.

- ✓ Plasmar el resultado en un documento, y añadir tantos elementos como nos dicte la experiencia.
- ✓ Comprobar el resultado y corregir donde sea necesario”.

Veamos en la siguiente figura un ejemplo de lo referido:

Figura 3.22 Ejemplo de Diagrama de Árbol



Fuente “Slideshare”, 2012.

### - Diagrama Matricial (“D.M.”)

Ésta es una herramienta que promueve el pensamiento multidimensional. Puede configurarse desde matrices que interrelacionan dos conjuntos de variables, hasta otras que lo hacen con múltiples conjuntos. Frecuentemente contesta la pregunta: “¿cuál?”, identificando qué elementos deben ser modificados, ajustados o diseñados para satisfacer determinados requerimientos, impuestos, por ejemplo, por el cliente.

El ya descrito "QDF", (Ver 3.3.6), por ejemplo, utiliza varios esquemas de matriz, interrelacionados para alcanzar un efectivo despliegue de la voz del cliente.

El "Diagrama matricial" es muy utilizado. Puede llegar a medir, en cierta forma, las relaciones entre variables. Existen, además, diversos tipos de D.M., (Mitonneau, 1991), entre ellos:

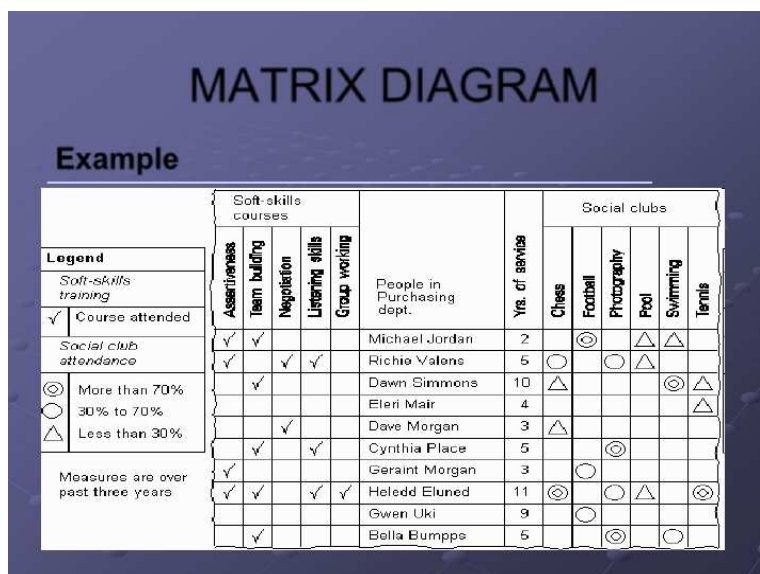
- ✓ *"El tipo "L" Relaciona dos parámetros X e Y.*
- ✓ *El tipo "C". Combina tres variables a la vez.*
- ✓ *El tipo "Y". Aún cuando representa a tres variables, compara simultáneamente dos.*

La metodología a seguir para construir un D.M., es la siguiente, (Mitonneau, 1991):

- ✓ *"Determinar con precisión lo que se desea.*
- ✓ *Elegir el tipo de D.M. más adecuado.*
- ✓ *Constituir el equipo de mejora de la calidad para realizar el análisis.*
- ✓ *Elegir la nomenclatura a utilizar, para hacer inteligible el documento.*
- ✓ *Realizar la matriz".*

Seguidamente presentamos un ejemplo de D.M.:

Figura 3.23 Ejemplo de Diagrama Matricial



Fuente: "Slideshare" 2013

### **-Diagrama de Priorización**

La "Matriz de priorización", también llamada "Análisis factorial de datos", es una técnica muy útil, ya que ayuda a la clasificación de problemas, normalmente aportados por una "Tormenta de ideas", o "Brain storming", De esta forma se clarifica cuáles son los problemas más importantes, con el fin de abordarlos en primer lugar. Es decir, puede utilizarse para establecer prioridades de trabajo. (Andrés, 1992), indica alguna de sus características:

- ✓ "Parte del diagrama de árbol.
- ✓ Valora las diferentes acciones.
- ✓ Facilita la toma de decisiones.
- ✓ Se conocen las alternativas pero no su importancia.
- ✓ Los criterios de decisión están consensuados.
- ✓ El estudio es realizado por un grupo de calidad".

Se utilizan tres tipos de matrices, en función de cómo se aborda el problema, (Andrés, 1992):

- ✓ *"Por el método completo.*  
 Critica los criterios mediante una matriz de doble entrada y evalúa cada alternativa según los criterios seleccionados.
- ✓ *Por el método simplificado.*  
 Emplea una sola matriz pero de doble entrada, con las diferentes alternativas y criterios. Además, cada criterio tendrá un peso específico individual.
- ✓ *Por el método mixto".*  
 Está especialmente orientado a cuantificar los cuellos de botella.

Mostramos a continuación un ejemplo de "Matriz de priorización":

*Figura 3.24 Ejemplo de Diagrama de Priorización*

**PRIORITISATION MATRIX**

**Example**

Motivation problems	Prioritization criteria:		Many people have problem		Likely survey improvement		Final score
	We are able to influence	Weight = 20	Weight = 30	Weight = 30	Weight = 50	Weight = 50	
Unhelpful management	25%	5.0	21 = 11%	3.2	2 = 9%	4.6	12.8
Insufficient pay	19%	3.8	29 = 15%	4.5	4 = 18%	9.1	17.4
Work overload	6%	1.2	36 = 18%	5.5	5 = 23%	11.4	16.1
Unclear objectives	20%	4.0	23 = 12%	3.5	3 = 14%	6.8	14.4
Inadequate tools	8%	1.6	45 = 23%	6.9	3 = 14%	6.8	15.3
Poor food in canteen	4%	0.8	21 = 11%	3.2	2 = 9%	4.6	8.6
Uncooperative workmates	13%	2.6	10 = 5%	1.5	2 = 9%	4.6	8.7
Untidy workplace	5%	1.0	10 = 5%	1.5	1 = 5%	2.3	4.8
<b>Totals</b>			195		22		100

*Fuente: "Slideshare" 2012*



### ***-Diagrama del Programa de Decisión del Proceso ("PDPC")***

Permite analizar un proceso o flujo de actividades encadenadas, a fin de anticipar acciones preventivas y contingentes, resultantes de las distintas alternativas de evolución, que el proceso permita concebir. En términos generales contesta a la pregunta: "¿qué pasaría si ....?". Se utiliza mucho en temas de seguridad, y también cuando un plan complejo debe ser garantizado, en cuanto a la eficacia de sus resultados.

Tiene una cierta relación con el "FMEA" "*Failure Mode and Effect Analysis*", "Análisis Modal de Fallos y sus Efectos" (Ver 3.3.7). (Andrés, 1992) asegura que:

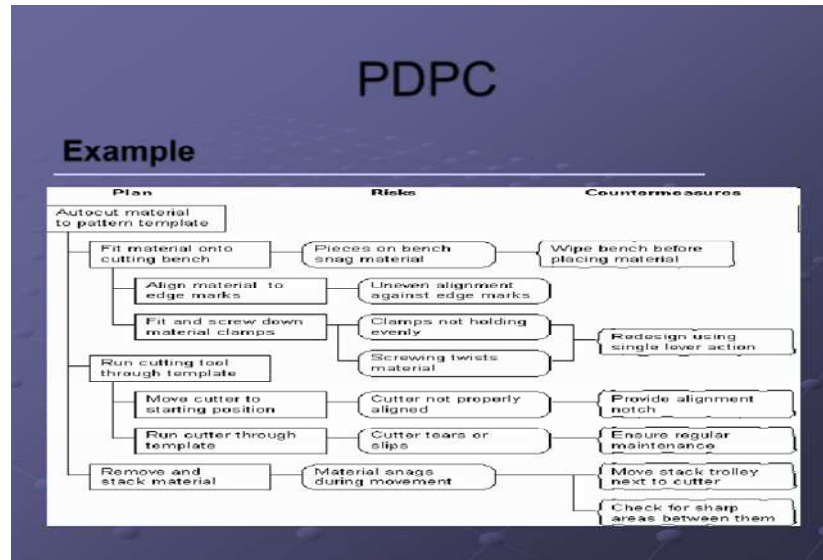
- ✓ *"Representa las diferentes alternativas en un ambiente de incertidumbre.*
- ✓ *Ayuda a tomar decisiones y acciones correctivas y preventivas.*
- ✓ *Es útil en situaciones nuevas o imprevistas.*
- ✓ *Pretende anticiparse a las situaciones".*

Las fases del "PDPC", (siglas en inglés), son las siguientes, (Mitonneau, 1991):

- ✓ *"Disponer de un buen equipo de mejora de la calidad.*
- ✓ *Dibujar un diagrama de flujo de las acciones a realizar o un listado de situaciones.*
- ✓ *Diseñar el formato que mejor se ajuste al problema que se está estudiando.*
- ✓ *Completarlo con un plan de contingencias y de acciones correctoras.*
- ✓ *Ponderar cuidadosamente cada acción correctora".*

En la figura siguiente presentamos un ejemplo del gráfico "PDPC":

Figura 3.25 Ejemplo de Gráfico del Programa de Decisión del Proceso



Fuente: "Slideshare", 2012.

### -Diagrama de Flechas o de Redes

Éste es un excelente instrumento para planificar proyectos. Sirve para abordar aquéllos considerados muy complejos, alcanzando su máxima utilidad en los casos en que el número de actividades es muy elevado. Podríamos citar por ejemplo la planificación de la construcción de un edificio, o de un tren, o de un avión.

En su origen hay una matriz de doble entrada, donde se registran los tiempos requeridos, con la mayor precisión posible, y las actividades a desarrollar. Los tipos más conocidos y que son impartidos en facultades técnicas y escuelas de ingeniería y arquitectura, son los siguientes:

- ✓ "PERT", ("Program Evaluation and Review Technique").
- ✓ "CPM", ("Critical Path Method").

Define temporalmente sucesos y actividades, determinando los llamados "cuellos de botella", y tiende a contestar la pregunta: "¿cuándo tenemos que hacer esto?".

Las tareas se disponen en orden secuencial, preguntándonos en cada una de ellas "¿cuál es mi **única** e indispensable precedencia?". Responder a esta pregunta realizada en cada actividad, es la clave del diagrama.

Operando, disponemos finalmente de un instrumento extraordinario de planificación, en el que aparece una serie de actividades encadenadas, de principio a fin del diagrama, las cuales representan el camino más corto. Se le denomina "camino crítico". Un retraso en la ejecución de cualquiera de tales actividades u operaciones, implica otro retraso, de la misma cuantía, en la duración total del proyecto.

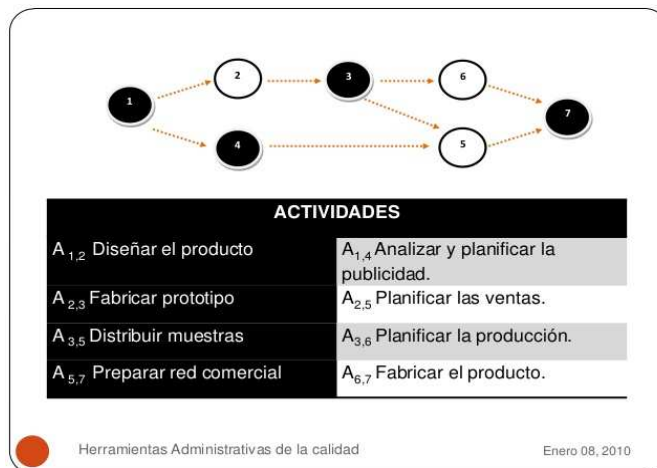
Las demás operaciones o actividades, disponen de un cierto margen, ("holguras"), que se determinan operando en el diagrama. Al final, todas las actividades tienen asignada su holgura, aunque, como hemos referido anteriormente, las del camino crítico son todas cero. Las evidentes ventajas de este procedimiento son, entre otras, según (Andrés,1992):

- ✓ *"Ayudan a comprender mejor los proyectos, especialmente los más complicados.*
- ✓ *Establecen las prioridades.*
- ✓ *Facilitan la comunicación y la coordinación.*
- ✓ *Ahorran tiempo y como consecuencia, dinero.*
- ✓ *Permiten observar los distintos caminos del diagrama, lo que redundará en una mejora de la asignación de los recursos.*

- ✓ *Generan datos relativos y actualizados para la toma de decisiones.*
- ✓ *Ayudan al ajuste y visualización, para la optimización del proyecto”.*

Presentamos, en la figura siguiente, un ejemplo de este diagrama:

*Figura 3.26 Diagrama de Flechas o Redes*



*Fuente: “Zelaya”, 2010.*

### **3.3.3.5.4.- CÍRCULOS DE CALIDAD**

*“En la fabricación de productos de alta calidad, con garantía plena de calidad, no hay que olvidar el papel de los trabajadores. Los trabajadores son los que producen, y si ellos y sus supervisores no lo hacen bien, el Círculo de Calidad no podrá progresar”, (Ishikawa, 1988).*

Kaoru Ishikawa es considerado el padre de los Círculos de Calidad. Pensaba que confiar el control de la calidad a un inspector especializado, no era una buena idea. *“Es mucho mejor, decía, integrarlo en el proceso de fabricación”.*

"El primer círculo de calidad se formó a mediados de 1960. En 1962 ya habían unos 400. En 1968 crecieron hasta 200.000, y más de 700.000 en 1978", (Lefcovich, 2005). En 1982 la cifra alcanzó el millón de círculos, en Japón, con 8 millones de participantes y 25.000 millones de \$ ahorrados en un año, (Martínez-Grande, 1983). A partir de ese momento el sistema se difundió en Estados Unidos y Europa, y el número de círculos se multiplicó considerablemente.

"El círculo de calidad viene a ser un pequeño grupo permanente y homogéneo de trabajadores, de cinco a diez personas, que pertenecen a la misma unidad orgánica, o que tienen preocupaciones comunes, que se reúnen regularmente a fin de identificar, analizar y resolver, problemas de su elección, referidos a la calidad, la seguridad, la productividad, las condiciones de trabajo, etc., que los miembros encuentran en su propia actividad", (Laboucheix, 1992).

Como asegura Martínez-Grande (1983), un círculo de calidad puede funcionar bien si cumple, al menos, los siguientes cuatro principios básicos:

- ✓ *"Convencimiento en todos los niveles.*  
Los componentes del círculo, el líder o jefe de equipo y todos los superiores jerárquicos del mismo.
- ✓ *Respeto a la persona.*  
Los círculos están basados en el respeto mutuo entre las personas que lo integran y con las que el círculo se relaciona.
- ✓ *La unidad del círculo.*  
El círculo no es simplemente un conjunto de trabajadores, sino un equipo que comparte totalmente un conjunto de normas y objetivos.

✓ *Referencia al trabajo*”.

Los equipos están formados por trabajadores de la misma sección, que tienen el objetivo común de mejorar aspectos propios de su área de responsabilidad.

*“Los miembros de los círculos de calidad deben ser debidamente formados y entrenados”, (Ishikawa, 1988).* Las técnicas normalmente utilizadas en ello, suelen ser las mismas que se emplean en los “Equipos de Mejora”, (Ver 3.3.3.5.1).

No todos los círculos que se forman llegan a tener éxito, pero sí la mayoría de ellos, si se tienen muy en cuenta algunas condiciones importantes:

- ✓ Obtener el apoyo permanente de la Alta Dirección.
- ✓ Aplicar los esfuerzos a problemas del área de trabajo del círculo.
- ✓ Los supervisores deben ser entrenados y formados en tareas de “facilitador”.
- ✓ Sus proyectos deben estar relacionados con problemas medibles y de corto plazo.

Entre los diversos problemas que impiden el buen funcionamiento de los círculos de calidad podemos citar, (Laboucheix, 1992):

- ✓ *“Concepto equivocado por la Alta Dirección sobre lo que es un círculo de calidad.*
- ✓ *Formación y entrenamiento insuficiente.*
- ✓ *Ambición de los círculos de calidad por convertirse en un “imperio”.*
- ✓ *Imposibilidad de llevar a la práctica las propuestas de los círculos.*

- ✓ *Imposibilidad de medir o evaluar los resultados del proceso de los círculos de calidad.*
- ✓ *Oposición frontal del nivel jerárquico medio, a la implantación de los círculos de calidad.*
- ✓ *Círculos de calidad que se alejan de sus condiciones básicas”.*

### **3.3.3.6.- CERO DEFECTOS, (“ZERO DEFECTS”)**

El programa “Cero defectos” fue introducido en la industria por Philip Crosby en 1961. Desarrolló un programa de control de la calidad en la “*Denver Division of the Martin Marietta Corporation*”, (que posteriormente pasó a denominarse “*Lockheed Martin*”), para el programa “*Titan Missile*”, que se encargaba en aquel tiempo, del proyecto “*Gemini*”.

No aporta técnicas nuevas, sino que utiliza las ya conocidas para conseguir la perfección en cada trabajo realizado. Este movimiento debe ser entendido como una filosofía , una tendencia, una actitud de aversión al defecto, una predisposición a mejorar constantemente, pero nunca un objetivo real, que es un error muy extendido, incluso entre los introducidos en el tema.

(Crosby, 1979), enunció sus famosos “*Four Absolutes of Quality Management*”, que pueden ser traducidos como “*Los Cuatro Principios del Programa Cero Defectos*”. Son los siguientes:

- ✓ *“Calidad significa conformidad con los requerimientos”.*  
Elimina cualquier matiz de subjetividad en la concepción de la calidad. *“No puede haber una mala calidad, una baja calidad, una buena calidad y una calidad excelente. Simplemente, la calidad cumple los requerimientos, o no los cumple”.*

- ✓ *"La forma de obtener calidad es la prevención y no la inspección y la corrección. Ello ahorra mano de obra y costes de inspección y corrección. La prevención se logra mediante la capacitación, la disciplina, y el liderazgo, entre otros factores".*
- ✓ *"La calidad estandar exigible es "cero defectos". Los errores no deben tolerarse".*  
 ¿Estaríamos conformes con que los frenos de nuestro automóvil se estropearan **sólo** un 1% de las veces, o que el dentista se equivocara con nuestra dentadura **sólo** el 2% de las intervenciones, o que nuestro sueldo estuviese equivocado **sólo** el ...?. Y es que el ser humano tiene tendencia a buscar la perfección, **sólo** cuando la cosa le afecta a él personalmente.
- ✓ *"La calidad se mide en términos monetarios. Su precio es el de la no conformidad".*  
 El título de su libro *"Quality is free"* (Crosby, 1979), expresa la seguridad de que la mejora de la calidad devolverá a la empresa un importe mayor, que el coste que le ha supuesto la inversión realizada en el plan de mejora.

### **3.3.4.-"BENCHMARKING"**

Como puede deducirse por el nombre, nos estamos refiriendo a la terminología anglosajona *"benchmark"*, que proviene de los sustantivos *"bench"* (mesa, banquillo), y *"mark"* (marca, señal). De todas formas, el término vendría a ser algo así como una medida de calidad. Parece ser que su origen provendría de la Inglaterra del siglo XIX, cuando los agrimensores realizaban marcas en muros, para determinar la extensión de un terreno, apoyando el instrumento de medición sobre algún tipo de soporte ("bench").



*"Es un proceso continuo y sistemático de evaluar los productos, servicios o procesos, de las organizaciones, que son reconocidas por ser representativas de las mejores prácticas, a efecto de mejora organizacional", (Spendolini, 1994).*

*"Es la búsqueda de las mejores prácticas de la industria, que conducen a un desempeño excelente",(David K. Kearns, Dtor. Gral. Xerox Corporation, 1979).*

*"Es la justificación más creíble para todas las operaciones. Es poca la discusión que puede existir sobre la posición de un gerente, si ha buscado lo mejor de la industria y lo ha incorporado a sus planes y procesos", (Camp, 1993).*

*"Es un proceso sistemático y continuo para comparar nuestra propia eficiencia, en términos de productividad, calidad y prácticas, con aquellas compañías y organizaciones que representan la excelencia", (Kallof & Ostblom, 1993).*

Los hay de varios tipos, (Marsh, 2.000):

- ✓ **"Interno:**  
*Es el más sencillo de realizar al no existir el problema de la confidencialidad. Se emplea mucho en multinacionales, ya que el objetivo es conseguir la excelencia en todas las unidades y departamentos".*
- ✓ **"Competitivo:**  
*Es el más difícil de llevar a cabo. Cada unidad protege celosamente la confidencialidad de sus métodos, para que los competidores no tengan acceso a ellos. A veces llega a ser imposible".*
- ✓ **"Funcional:**  
*Se buscan los líderes funcionales. Es muy productivo y*

*útil, al no existir el problema de la confidencialidad”.*

- ✓ **"Genérico:**  
*Este tipo es también muy útil y no genera grandes problemas. Se buscan las mejores prácticas con independencia del tipo de empresa que las consigue. La razón es que algunas actividades son casi idénticas en distintas empresas. Por ejemplo el despacho de pedidos”.*

### **MÉTODO OPERATIVO:**

(Marsh, 2000), indica los pasos a seguir:

- ✓ *"Determinar lo que se desea comparar: producto, servicio, proceso o toda la organización.*
- ✓ *Definir el proceso e identificar los factores críticos.*
- ✓ *Identificar las necesidades y carencias fundamentales de los clientes, a través de la definición del proceso.*
- ✓ *Para cada necesidad del cliente, identificar qué organizaciones son "las de mejor calidad", sean competidoras o no.*
- ✓ *Para cada paso anterior utilizar el "brainstorming", para determinar las posibles fuentes de información.*
- ✓ *Recolectar la información y compararla con la organización propia.*
- ✓ *Identificar oportunidades de mejora.*
- ✓ *Actualizar las tendencias de las organizaciones analizadas.*
- ✓ *Revisar la comparación con regularidad”.*

### **3.3.5.- SEIS SIGMA**

"El programa Seis Sigma intenta batir un enemigo de los procesos: la variabilidad". (Barba et al. 2000). Su consecuencia es

una mejora drástica de los resultados finales, diseñando y supervisando sus actividades cotidianas, minimizando despilfarros y recursos, e incrementando la satisfacción de los clientes.

Sorprende el refinamiento inicial al plantear procesos con una variabilidad de seis sigma. Esto significa que contemplamos una fluctuación de  $\pm$  seis veces la desviación estandar, ( $\pm$  seis sigma). En tal supuesto, el número de defectos por millón de oportunidades sería de 3,4, y evidentemente esta empresa estaría entre las mejores del mundo en su género. (Es conveniente resaltar que no nos referimos a partes por millón. Evidentemente es más probable, por su complejidad, generar defectos en un automóvil que, por ejemplo, en un lápiz).

Los instrumentos técnico-estadísticos más frecuentemente utilizados, son los siguientes:

- ✓ Las siete herramientas de la calidad (Ver 3.3.3.5.2).
- ✓ Estudios de capacidad de los procesos.
- ✓ Análisis "ANOVA".
- ✓ Contraste de hipótesis.
- ✓ Diseño de experimentos (Ver 3.3.5.1).
- ✓ "QFD" (Ver 3.3.6).
- ✓ "AMFE" o "FMEA" en inglés (Ver 3.3.7).
- ✓

La metodología Seis Sigma vio la luz en 1984 en "*Motorola*", de la mano del ingeniero Mikel Harry, que se basó en las enseñanzas de los gurus: Shewart, Deming, Juran y Taguchi, especialmente de

este último, por su revolucionario concepto del estudio de la variabilidad, a la que llamó "*Función de Pérdida*", (Ver 3.2.2).

En 1989 Motorola recibió el premio "*Malcolm Baldrige*". Es de suponer que uno de sus puntos fuertes fue precisamente la implantación del programa "*Seis Sigma*", al que dotó de una

simbología basada en las artes marciales orientales, sin duda con la evidente intención de motivar a los líderes de los grupos de mejora, artífices de la radical mejora obtenida en los resultados finales de la empresa. Se trata de los "*Black Belts*" (Cinturones Negros)

La estructura jerárquica de los "*Black Belts*" es la siguiente:

- ✓ "*Champion*".  
Apadrina los proyectos de mejora.
- ✓ "*Master Black Belt*", "*M.B.B.*".  
Director de los programas de mejora.
- ✓ "*Black Belt*", "*B.B.*".  
Identifica oportunidades y lidera proyectos y equipos.
- ✓ "*Improvement teams*".  
Integrado por "*Green Belts*" y otros especialistas.

***(El autor de esta tesis está diplomado como "Black Belt", por la "Universitat Politècnica de Catalunya", para liderar "Programas de Mejora Seis Sigma").***

En 1987, Cliff Ames implantó, con gran éxito, el programa en "*Unisys*". En 1993 lo adoptó "*ABB & Allied Signal*", pero la auténtica revolución fue protagonizada por Jack Wells, Chairman y CEO de "*General Electric Co.*" a partir de 1995. Ese año, invirtió en formación de "*Seis Sigma*" unos 310 millones de dólares, que se convirtieron al poco tiempo en un beneficio cuatro veces mayor. Tal

era su confianza en este programa, que se impuso el objetivo de convertir (formar), al 15% de la plantilla, en "**B.B**", en cinco años, para lo cual mantendría la misma inversión anual en formación.

Hoy día G.E. continua utilizando "Seis Sigma". *"Some Wall Street analysts have predicted \$ 5 billion in gains from the effort, early in the decade"*. (Pande et al. 2000). Obviamente se refieren a G.E.

Hoy, decenas de miles de empresas de todo el mundo utilizan "Seis Sigma". Veamos en la siguiente figura su distribución de probabilidad:

*Tabla 3.5 Distribución de probabilidad de "Seis Sigma"*

NIVEL SIGMA	DEFECTOS POR MILLÓN DE OPORTUNIDADES	PORCENTAJE DE DEFECTOS
1	691.442	69
2	308.538	31
3	66.807	6,7
4	6.210	0,62
5	233	0,023
6	3,4	0,00034

*Fuente: Elaboración propia.*

Veamos a continuación la figura simbólica del proceso operativo de la metodología "Seis Sigma", formada por el ciclo "DMAIC": **Definir, Medir, Analizar, Mejorar, y Controlar.**

Figura 3.27 Secuencia de “Seis Sigma”



Fuente: “6 Sigma, Ecuador”

- ✓ **Definir.**  
¿Qué proceso, actividad, información, prioridad, etc.?
- ✓ **Medir.**  
Expresar en cifras el problema.
- ✓ **Analizar.**  
Estudiar la problemática, ya con cifras, desde los distintos puntos de vista posible, valiéndose de los instrumentos estadísticos más adecuados.
- ✓ **Mejorar.**  
Diseñar el mejor plan de mejora posible.
- ✓ **Controlar.**  
Comparar los resultados obtenidos con las previsiones.

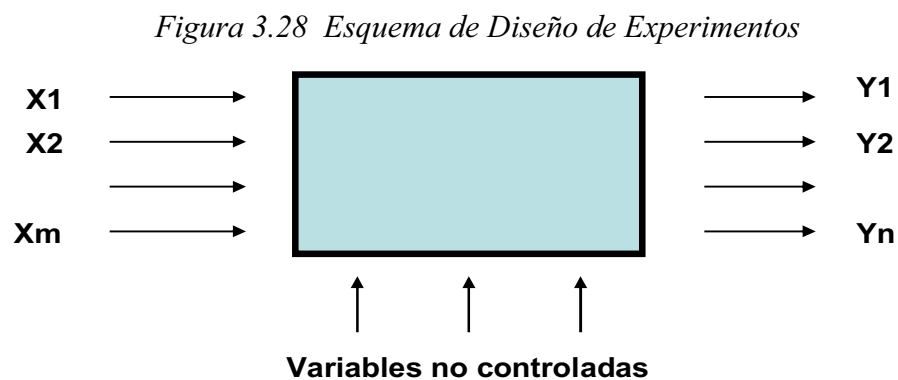
Si fuese necesario, y la importancia del proyecto lo requiriese, se repetirá el ciclo.

### 3.3.5.1.- DISEÑO DE EXPERIMENTOS

"La herramienta menos conocida por lo general, pero la más efectiva, del programa Seis Sigma es el "Diseño de Experimentos", (DdE), o en inglés, DoE". (Barba et al. 2000).

Es una metodología basada en la estadística, diseñada para ayudar al experimentador a seleccionar la estrategia óptima, para obtener la información deseada al mínimo coste, al tiempo que le permite evaluar los resultados experimentales obtenidos.

En un diseño se manipulan deliberadamente una o más variables, consideradas "inputs", para medir el efecto que tienen sobre otras variables, denominadas "outputs". Estos "outputs", o respuestas, pueden estar también influenciadas por otras variables no controladas por el experimentador, a las que podríamos llamar "ruido". Veamos un esquema de ello, en el cual los "inputs" son las variables de entrada ( $x_1, x_2, \dots, x_m$ ), los "outputs" son las variables de salida ( $y_1, y_2, \dots, y_n$ ), y las variables no controladas representan el ruido.



*Fuente: Elaboración propia.*

El diseño de experimentos se aplica prácticamente en cualquier actividad que se desee mejorar y que sea susceptible de medición:

industria, agricultura, química, medicina, biología, etc. *"There are three approaches to the design of experiments: el clásico, Taguchi y Shainin"*. (Bhote, 1991).

Ronald Fisher es considerado el padre del diseño experimental por sus aplicaciones a la agricultura, allá por los años 30, pero no se debe olvidar las extraordinarias aportaciones de Frank Yates, W.G. Cochran y G-E.P. Box. Finalmente hemos de destacar las innovaciones desarrolladas por los profesores Shainin y Taguchi, quienes revolucionaron el campo del diseño de experimentos con métodos propios, hoy día utilizados profusamente en todo el mundo.

### **METODO TRADICIONAL.**

El método de experimentación llamado "tradicional" fue el primero en utilizarse, sin duda por su sencillez. Es intuitivo y conduce, aparentemente, al óptimo teórico, pero nada más lejos de la realidad.

*"Se trata básicamente de analizar previamente aquellos factores o variables que, por la experiencia, se consideran claves dentro del proceso o producto que nos ocupa, y que deseamos optimizar"* (Saderra, 1993). De entre los distintos factores que intuimos que influyen, se seleccionan los que con mayor probabilidad pudieran ser los más importantes. *"Si nos olvidamos de alguno realmente determinante, el resultado del estudio será poco útil"*. (Cuatrecasas, 1999).

Hay varios métodos de experimentación, aunque podemos presentar dos de ellos por ser los más característicos.



### ***-Método de experimentación directa, sin planificación.***

Es el más primario, pero bien es verdad que no deja de ser el más utilizado. Se basa en la práctica y en la experiencia del técnico, ya que no utiliza la planificación de los ensayos. Cuando el responsable del experimento cree que ha hallado el camino correcto, llevará a cabo pruebas posteriores de ajuste para optimizar los resultados. Como no es sistemático y es poco flexible, puede llegar a ser antieconómico.

### ***-Método de experimentación a un solo factor.***

Es un método secuencial planificado que trata de aislar el efecto individual de cada factor, determinando qué nivel de cada uno de ellos es el más beneficioso para el resultado final. Se trata de elegir uno de los factores y realizar un ensayo para cada uno de los niveles o valores predeterminados, pero manteniendo constantes los otros. Al acabar los experimentos se decidirá con qué nivel de dicho factor se alcanza la mejor respuesta y se le considerará óptimo teórico. El proceso se repetirá para cada uno de los demás factores, obteniéndose de esta manera el óptimo de cada uno de ellos.

Veámoslo con un ejemplo:

Tenemos 3 factores (X, Y, Z), a 2 niveles predeterminados por factor (1 y 2). El experimento trata de encontrar el valor más alto de la respuesta, variando el nivel de un factor, mientras mantenemos constantes los demás. R1 es la respuesta para el nivel 1 de cada factor. Ahora cambiamos el nivel del factor X al 2, manteniendo constantes la Y y la Z. La nueva respuesta R2 es superior, por tanto mantenemos el nivel 2 de X.

Cambiamos ahora el nivel de Y a 2 y su respuesta R3 no mejora el resultado anterior, por lo que mantenemos el nivel 1 para Y. Finalmente cambiamos a 2 el nivel de Z obteniendo una respuesta R4 superior a todas las demás, por lo que mantendremos el nuevo valor de Z. Véase en la tabla siguiente:

Tabla 3.6 Experimento a 2 niveles con 3 factores.

Combinación de niveles	X	Y	Z	Respuesta	Respuesta óptima	Nivel fijado
	1	1	1	R1 = 23	R1	
	2	1	1	R2 = 31	R2	X a nivel de 2
	2	2	1	R3 = 27	R3	Y a nivel de 1
	2	1	2	R4 = 39	R4	Z a nivel de 2

Fuente: Cuatrecasas, 1999.

Con la combinación anterior (X=2, Y=1, Z=2), hemos hallado aparentemente el óptimo del proceso, pero **eso no es necesariamente cierto**. El método tradicional tiene un gran inconveniente y es que sólo tiene en cuenta los efectos individuales, y por lo tanto no considera las posibles interacciones entre factores, ni cómo dichas interacciones afectan a la respuesta.

Por otro lado, este método no proporciona la posición del óptimo, tan sólo indica la mejor combinación de factores y niveles.

Aunque se pueda volver a experimentar, partiendo del óptimo encontrado, esta solución es ineficiente y cara, ya que requeriría muchos experimentos y tiempo.

## **MÉTODOS DE TAGUCHI Y SHAININ**

El método tradicional, como ya se ha comentado anteriormente, no resulta muy adecuado. *"Lo correcto, aunque parezca ir en contra de la intuición, es experimentar con todas las combinaciones de variables y niveles; sólo así se puede detectar la dirección de las pendientes y alcanzar las cimas o los valles de la superficie en sucesivos experimentos"*, (Prat et al. 1997).

Los planteamientos que supone la experimentación de la forma antedicha se llaman *"diseños factoriales"*. Uno de los problemas derivados de esta técnica es el tiempo requerido y como consecuencia el coste de la experimentación, porque si se desea un alto nivel de precisión es necesario recurrir a un gran número de experimentos. Para reducirlo es aconsejable no utilizar más de dos niveles de experimentación para cada variable.

Además del método clásico de diseño de experimentos, existen otros dos enfoques distintos, universalmente conocidos, atribuidos a los gurus Genichi Taguchi y Dorian Shainin. El japonés Dr Taguchi, adoptó *"the classical approach to refashion the old technique of orthogonal arrays"*, (Bhote, 1991).

Es curioso considerar que, aunque los métodos de Taguchi no hayan sido universalmente aceptados en Japón, (las razones las expondremos posteriormente), sin embargo algunas compañías japonesas líderes en su especialidad, sí lo han hecho, como la *"Nippon Denso"*. Por su parte, en EEUU, grandes compañías como *"AT&T"*, *"Ford"*, *"Xerox"*, *"ITT"* y *"United Technologies"*, entre otras, están obteniendo importantes resultados con su aplicación.

### **-Enfoque de Taguchi.**

Desarrolló y aplicó su método en los años 40 y lo publicó en Japón en la década de los 50, pero no fue introducido en Estados Unidos y Europa, hasta principios de los años 80. Publicó varios libros pero destacamos dos por su importancia: "*Introduction to Quality Engineering*" (1986 ) y "*System of Experimental Design*" (1987). A partir de esos dos libros se abrió un polémico debate entre los partidarios de Taguchi y los defensores de los métodos clásicos, que criticaban especialmente su débil consistencia matemática, (Cuatrecasas, 1999).

La obsesión de Taguchi era combatir la variabilidad de los procesos, que expresaba en su famosa "*función de pérdida*", que es proporcional al cuadrado de las desviaciones de la respuesta sobre el valor deseado. Su estrategia tenía tres fases: "*Diseño del Sistema*", "*Diseño de Parámetros*" y "*Diseño de Tolerancias*".

Consciente de la necesidad de hacer más sencilla la aplicación de la metodología del DoE, incorporó un conjunto de diseños experimentales, "*matrices ortogonales*", y un método formal para estudiar factores incontrolables, utilizando la técnica del diseño robusto.

Propuso la utilización de diseños especiales, en los que los factores incluidos en la experimentación podían ser de dos tipos: "*Control*" (factores controlables) y "*Ruido*" (difíciles o caros de controlar). La clave estaba en hacer un sistema muy sólido contra el ruido, que es conocido con el nombre de "*diseño robusto*", (Saderra, 1993).

Keki R. Bhote, evidentemente mucho más partidario de Shainin que de Taguchi, (ya que Shainin prologó su libro "*World Class Quality, using Design of Experiments to Make It Happen*", en 1991),

relaciona las, a su juicio, debilidades del método de Taguchi. Éstas son algunas:

- ✓ *"Haber aplicado directamente sus métodos en la industria, sin haberlos sometido previamente a la consideración de los "ambientes enrarecidos", (s.i.c.), de los profesores y estadísticos universitarios".*
- ✓ *"Sus matrices ortogonales tienen debilidades fundamentales: Son complicadas, pues un cursillo requiere entre tres días y dos semanas", (personalmente, yo participé en un curso, que duró una semana), "y la mayoría no lo aprovecha bien. Por su parte, los ingenieros no se sienten cómodos con los conceptos estadísticos, tales como el ANOVA, F-test, Relación señal-ruido, etc. Es, además, caro y el número de experimentos puede llegar a ser muy elevado".*
- ✓ *"Selecciona los factores a incluir en el modelo a través del "brainstorming", lo cual es muy subjetivo y costoso".*
- ✓ *"No considera las interacciones, a menos que se sospeche que hay alguna de gran importancia".*

Concluye afirmando que los resultados no son óptimos.

Por su parte, (Barba et al., 2000) enuncian algunas de las características básicas del método Taguchi. (Aquí observamos una mayor neutralidad):

- ✓ **Objetivo:**  
*Evitar el efecto de las causas obteniendo robustez.*
- ✓ **Filosofía:**  
*Eliminar los efectos del ruido y las variaciones, obteniendo una combinación óptima.*
- ✓ **Diseño:**  
*Matrices ortogonales y gráficas lineales.*

- ✓ **Efectos e interacciones:**  
*Considera los principales efectos. Las interacciones las trata como ruido.*
- ✓ **Aspectos técnicos:**  
*Utilización de la "función de pérdida" y diseño de parámetros con factores de control y de ruido.*
- ✓ **Métodos de actuación:**  
*Optimización del diseño de parámetros para reducir la variación y el impacto de las causas".*

### **-Enfoque de Shainin.**

Éste, llamó "Sistema Shainin" a su metodología, y lo califica como "el método americano para la resolución de problemas". Los objetivos eran parecidos a los de Taguchi, (Saderra, 1993).

Shainin registró sus métodos como propiedad intelectual y sólo los vendía a sus clientes. Únicamente Keki R. Bhote fue autorizado a publicarlos en el libro mencionado anteriormente, ya que en 1991, *Motorola*, empresa en la que trabajaba Bhote, fue galardonada con el premio "Malcolm Baldrige" a la Excelencia en Calidad, y ello significaba que tenía la obligación de compartir sus métodos con otras compañías de Estados Unidos. Lo hizo mediante la publicación del libro al que nos estamos refiriendo.

En su metodología, Shainin incluyó "a collection of techiques invented or perfected by him", (Bhote, 1991). Había tres ideas principales:

- ✓ **"El Principio de Pareto".**  
Generalmente hay varios factores influyendo en los procesos, pero suele haber uno que es el más importante. Le llama "Red X". Éste, puede ser un factor o

la interacción de dos o más factores. Pero puede haber un segundo y un tercer factor influyentes, a los que llama "*Pink X*" y "*Pale Pink X*", respectivamente.

✓ **"Diseños factoriales fraccionados".**

Se opone frontalmente a su utilización, porque confunden las interacciones. Defiende que es mejor identificar los factores que influyen en la variación y tratar de reducirla, para que queden finalmente dos, tres, o máximo cuatro, para poder experimentar con ellos, pero aplicando "*diseños factoriales completos*".

✓ **"Hablar con las partes".**

*"Primero, dice, hay que "hablar con la máquina", luego con los trabajadores de la línea, y finalmente, (si no hay remedio), ya que piensa, es lo menos productivo, con los ingenieros".*

Las principales técnicas que aplica son siete:

✓ **"Multi-Vari Chart":**

Reduce un largo número de inmanejables causas a unas pocas, con las que se puede trabajar. También detecta tendencias aleatorias.

✓ **"Components Search":**

Un elevado número de posibles causas de variación pueden ser reducidas a unas cuantas.

✓ **"Paired Comparisons":**

Proporciona pistas sobre la "Red X", determinando diferencias repetitivas entre parejas de productos buenos y malos.

✓ **"Variables Search".**

Sirve para experimentar secuencialmente (no aleatoriamente), "off-line", basándose en los

conocimientos del proceso y en la búsqueda binaria. Con ello se consigue reducir más aún el número de variables involucradas, lo que permite la aplicación de diseños factoriales completos.

✓ **"Full factorials".**

Parecido a "*Variables Search*".

✓ **"B vs. C".**

Valida la superioridad de un nuevo o mejor producto o proceso (B), sobre el actual (C).

✓ **"Realistic Tolerance Parallelogram" (Scatter Plots)".**

Determina los valores o niveles óptimos de las variables "Red X" y "Pink X", así como sus tolerancias máximas admisibles.

También este método tiene sus críticas. La más importante trata de "*Variable Search*". Es muy parecido al costoso y poco fiable método "*un-factor-por-vez*" y su debilidad reside en la habilidad y conocimientos que se requieren para llevar a cabo estas dos tareas:

- ✓ Identificar correctamente todas las variables con las cuales experimentar.
- ✓ Ordenar las variables, según su importancia, para la experimentación.

*"Están tan convencidos del poder del enfoque de Shainin para el DoE, que fijan un desafío: cualquier problema que pueda ser resuelto por el enfoque clásico o el de Taguchi, puede ser resuelto mejor, más barato y más rápido con el enfoque de Shainin. Es 5 veces más eficiente que el método de Taguchi y más de 3 veces, que el enfoque clásico"* (Tanco et al., 2.009).



### **3.3.6.-"Quality Function Deployment" (QFD).**

El "QFD", "Quality Function Deployment", o "Despliegue de la función de la calidad", es una metodología revolucionaria, con el fin de *"desarrollar una calidad de diseño, enfocada a satisfacer al consumidor, de forma que se conviertan los requerimientos de éste, en objetivos de diseño y elementos esenciales de aseguramiento de la calidad, a través de la fase de producción"*. (Cuatrecasas, 1999).

Su creador fue Yoji Akao, quien publicó varios artículos sobre este tema a partir de 1972. Pero fue en 1978 cuando, en colaboración con el Dr. Mizuno, publicaron el libro *"Quality Function Deployment: An approach to Total Quality Control"*.

Empleando pocas palabras, podría decirse que el QFD recoge y analiza las expectativas "abstractas" de los clientes, y las convierte en definiciones concretas del producto o servicio. Para ello se sirve continuamente de matrices en las que se buscan y señalan interrelaciones.

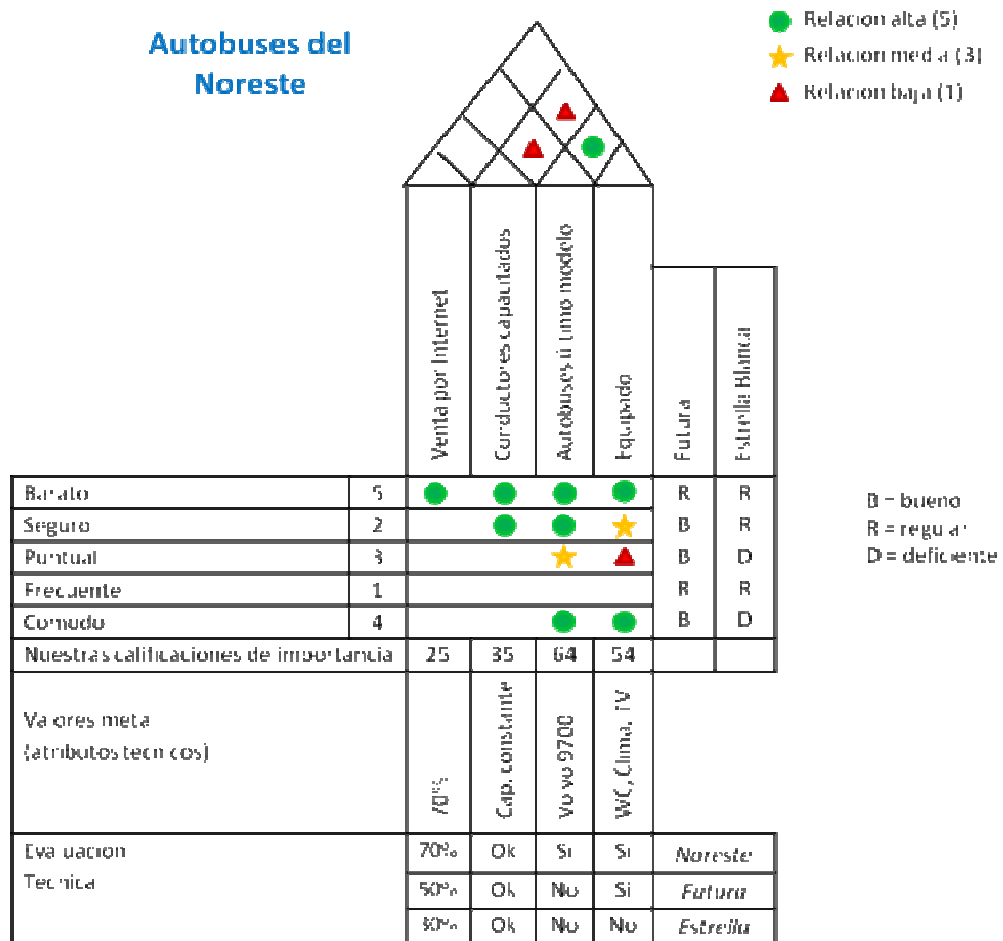
El equipo encargado de construir y analizar dichas matrices, está formado por especialistas de Marketing, Ingeniería de diseño, Aseguramiento de la calidad, Producción, e incluso Finanzas.

Las matrices son básicamente tablas de doble entrada, (ver ejemplo, a continuación), en las que se plasman los llamados "**QUÉS**", en horizontal, que representan los requisitos del cliente: barato, seguro, puntual, etc., y los "**CÓMOS**", en vertical, que indican las medidas que se pueden emplear: bajo coste de materiales, bajo coste de producción, etc., para conseguir cada uno de los requisitos, en el ejemplo, en una compañía de autobuses.

En las intersecciones de **"QUÉS"** y **"CÓMOS"** se sitúan unos símbolos de relación subjetiva, que indican su grado de importancia.

El análisis y su matriz final resultante, se completan con otras variables, que en conjunto ofrecen una perspectiva más completa.

Figura 3.29 QFD Compañía de Autobuses del Noreste.



Fuente: "House of Quality", Carlos T., 2011.

Los beneficios que puede aportar el QFD, si se hace bien, son extensos, entre ellos:

- ✓ Reducción de los tiempos de desarrollo de nuevos productos y servicios.

- ✓ Optimización del producto o servicio hacia las expectativas del cliente objetivo.
- ✓ Mayor eficacia. Se concentran los esfuerzos en "hacer lo que hay que hacer".
- ✓ Mayor eficiencia. Se reducen los costes por fallos.

Por último, veamos una seria, e importantísima advertencia, sobre la conveniencia de realizar un buen análisis QFD:

*"Existen muchos más productos fracasados, y muchas más quiebras de empresas, debido a productos mal adaptados al mercado, aunque bien fabricados, que debido a productos bien adaptados pero mal fabricados". (Cuatrecasas, 1999).*

### **3.3.7.-"Failure Mode and Effect Analysis" (FMEA).**

El "FMEA", "Failure Mode and Effect Analysis", o en castellano, "Análisis Modal de Fallos y sus Efectos", "AMFE", es una sencilla herramienta destinada a identificar y clasificar los modos potenciales de fallo, de un componente o de un mecanismo ,en función de tres características clave: su gravedad o severidad, su probabilidad de ocurrencia, y la probabilidad de detección, (Cuatrecasas, 1999). En la siguiente figura mostramos un ejemplo:

Tabla 3.7 Ejemplo de FMEA

System		Potential Failure Mode and Effects Analysis (Design FMEA)										Revision E			
Subsystem												Prepared By Robert Crow			
Part Number												FMEA Date 8/18/92			
Design Lead												Revision Date			
Item / Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Priority	Current Design Controls	D e t r i m e n t	R e c o m m e n d e d A c t i o n (s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Results					
										Actions Taken	New Sev	New Occ	New Det		
Circuit Block 4.1.1	Output loss from pre-amp	Receiver's output data lost; track loss; GPS shut-down	5	C1 short	1	PR-20 & HW-5	2	10	QA Proc 20-6	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	1	1	2
			5	C88 short	2		2	20	QA Proc 20-8	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	1	1	2
			5	L1 open/short	3		2	30	QA Proc 20-3	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	2	1	4
			5	U21 function	4		2	40	Test 147	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	3	1	6
			0												
Circuit Block 4.1.2	Undetected & significant component failure mode	No noticeable system effect	1	C1 open/short val	2	None	8	16	None						0
			4	C88 open/short val	2		6	16	None						0
Circuit Block 4.2.1	Loss of signal from 2nd RF amplifier & 1st down converter	Loss of position, velocity & time output data; track loss; GPS shut-down	4	C2 short	1	PR-20 & HW-5	2	8	QA Proc 20-6	D. Howell 10/15/92	Added to control plan				0
			4	C3 short	1	PR-20 & HW-5	2	8	QA Proc 20-6	D. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2
			4	C4 open/short	2	PR-20 & HW-5	2	18	QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2
			4	C5 short	2	PR-20 & HW-5	2	16	QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2
			4	C66 open/short	2	PR-20 & HW-5	2	16	QA Proc 20-6	D. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2
			4	C99 short	3	PR-20 & HW-5	2	24	QA Proc 20-8	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	2	1	4
			4	FL1 short/open	5	None	2	40	100% Insp.	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	2	2	8
			4	FL2 short/open	5	None	2	40	100% Insp.	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	2	2	8
			4	R2 open/short val	2			2	16	None					
4	R18 open/short val	2			2	16	None						0		

Fuente: "Gestiopolis"

"El "FMEA" es una herramienta muy simple y versátil, que tanto se puede aplicar en casos muy importantes, de gran trascendencia económica y de prestigio, como para mejorar la ocurrencia de pequeños fallos", (Barba et al., 2000).

El "FMEA" se utilizó por vez primera en Estados Unidos, en la década de los sesenta, en la industria aeroespacial militar, en la cual se estableció una especificación del método, (*norma MIL-STD-16291*). Posteriormente fue adoptado por Ford, y más tarde se extendió al resto de la industria del automóvil.

Observando la figura anterior se aprecia claramente su utilidad:

- ✓ Columna 1: Es la operación del proceso, a la que se asigna un número.
- ✓ " 2: Modo de fallo potencial.
- ✓ " 3: Efecto que produciría el fallo potencial.

- ✓ " 4: Coeficiente de gravedad o severidad (de 1 a10).
- ✓ " 5: Causa potencial del fallo.
- ✓ " 6: Coeficiente de probabilidad de ocurrencia (de 1 a 10).
- ✓ " 7: Diseño actual de los controles.
- ✓ " 8: Probabilidad de ser detectado (en este caso, lógicamente, la cifra es mayor cuanto menor es la probabilidad de detección).
- ✓ " 9: Producto de los tres coeficientes: (T=4x6x8).
- ✓ " 10: Recomendaciones de mejora para los casos más graves.
- ✓ " 11: Nombre del responsable de llevar a cabo las medidas correctivas.
- ✓ " 12: Acciones tomadas y realizadas.
- ✓ " 13: Nuevo coeficiente de gravedad o severidad, tras las acciones tomadas.
- ✓ " 14: Id. coeficiente de probabilidad de ocurrencia.
- ✓ " 15: Id, coeficiente de probabilidad de detección.
- ✓ " 16: Nuevo producto de los tres coeficientes (T=13x14x15).

El procedimiento podría repetirse hasta considerarse suficiente la mejora.

### **3.3.8.- SISTEMAS DE CALIDAD**

Los sistemas de calidad tienen como objetivo primordial: el aseguramiento y la mejora continua de la calidad. *"Un sistema de gestión de la calidad, es un método planificado y sistemático de medios y de acciones, encaminados a asegurar confianza suficiente en que los productos o servicios se ajusten a las especificaciones. (UNE, 66.904).*

El aseguramiento de la calidad podría definirse como *"el esfuerzo total necesario para plantear, organizar, dirigir y controlar, mediante un sistema de calidad, con el propósito de ser capaces de ofrecer al cliente, y de forma continuada, productos con el nivel de calidad requerido"*, (Laboucheix, 1990) .

En términos generales podríamos decir que las etapas que deben seguirse para la implantación de un sistema de calidad, son las que mencionamos a continuación, (Cuatrecasas, 1999):

- ✓ *"Decisión de implantar un sistema de calidad.*
- ✓ *Análisis de la situación actual de la organización y sus procesos.*
- ✓ *Creación de una comisión para llevar a cabo la implantación.*
- ✓ *Motivación y formación de las personas involucradas en la implantación.*
- ✓ *Puesta en práctica del plan de implantación.*
- ✓ *Análisis y diagnóstico de los resultados.*
- ✓ *Correcciones"*.

Sistemas de calidad internacionalmente reconocidos hay varios, pero por su importancia y trascendencia, destacaremos dos:

- ✓ Norma UNE-EN-ISO- 9000, (UNE 66900), (Ver 3.3.8.2).
- ✓ Modelo EFQM. (Ver 2.3.8.3).

### **3.3.8.1.-PREMIOS NACIONALES A LA CALIDAD**

Los premios a la calidad se han instituido prácticamente en todo el mundo, con el propósito de estimular a las empresas a adoptar modelos de mejora continua, que les permitan optimizar sus resultados, facilitando así su competitividad. Los hay en muchos países, por lo que, obviamente, sería demasiado extenso detenernos en cada uno de ellos. Los más conocidos en el mundo, por su importancia, son los siguientes:

- ✓ *"MALCOLM BALDRIGE"* en USA.
- ✓ *"DEMING PRIZE"* en Japón.
- ✓ *"PREMIO EUROPEO A LA CALIDAD"*.  
(Nieto C. y Ros L., 2006; Corma F., 2005; Gaitán L.K., 2007)

#### **-*"Malcom Baldrige"*.**

Fue creado en 1987, y su nombre se debe precisamente a Malcolm Baldrige, Secretario de Comercio de los Estados Unidos de Norteamérica, desde 1981 hasta su muerte en 1987. Se aplica solamente a empresas estadounidenses, y resulta curioso señalar que, son las propias empresas las que se autoevalúan, siguiendo, eso sí, las pautas establecidas en el modelo. La puntuación mínima que les permite ser consideradas empresas de categoría mundial, oscila entre 500 y 700 puntos, estando su límite en los 1000.

Los elementos a analizar y evaluar son siete:

- ✓ **Liderazgo.**  
La capacidad de la Alta Dirección para establecer y

comunicar las estrategias, involucrar al personal y buscar oportunidades de mejora. (110 p´ s).

✓ **Planeamiento estratégico.**

Versa sobre cómo desarrolla la empresa sus estrategias principales y la implantación de los planes correspondientes. (80 p´ s).

✓ **Enfoque hacia los clientes y el mercado.**

Se trata de ver la capacidad de la empresa para identificar las necesidades del mercado, satisfacerlas y evaluar el nivel alcanzado. (80 p´ s).

✓ **Información y análisis.**

Captura de datos y cifras, y convertirlos en información para poder tomar decisiones adecuadas, especialmente de los procesos críticos. (80 p´ s).

✓ **Enfoque de los Recursos Humanos.**

Formación, orientación, desarrollo personal y nivel de satisfacción de los trabajadores. (100 p´ s).

✓ **Gestión de los procesos.**

Identificar y rediseñar los procesos, si fuese necesario, especialmente los considerados clave, y gestionarlos para cumplir con los objetivos previstos. (100 p´ s).

✓ **Resultado final del negocio.**

Es, con justicia, el de mayor peso específico del modelo, evalúa la satisfacción de clientes, proveedores y personal en general, así como los resultados financieros. (450 p´ s).

Algunos de los ganadores del premio son: *"University of Winsconsin-Stout"*, *"SSM Health Care"*, *"Motorola Commercial, Goverment"*, *"Saint Luke´s Hospital of Kansas City"*, *"Boeing Aerospace Support"*, *"ST Microelectronics Inc-Region Americas"*, *"Merrill Lynch Credit Corporation"*, *"The Ritz-Carlton Hotel Company L.L.C."*, y varias decenas de empresas más, especializadas en producción, servicios, pequeños negocios, educación, salud, y otros.



### **-“Deming Price”**

Como hemos indicado en (3.2.2), el “Premio Deming” fue implantado en Japón por la JUSE, en 1951, en honor del célebre “guru” W. Edwards Deming, en reconocimiento a su labor en la enseñanza y aplicación de la estadística, en las técnicas de control de calidad, en ese país.

El “Premio Deming” ha sido clave en la difusión de la cultura de la calidad en el Japón. Los ganadores sirven de ejemplo y revulsivo a otros, para que sean capaces de poner en marcha programas de mejora de la calidad de las empresas. Las compañías que optan al premio, saben que la implantación de un programa de calidad total en la empresa es un factor clave para el éxito económico de la organización, pues aprenderán nuevas técnicas que les permitirán mejorar sus resultados.

Aunque inicialmente el Premio Deming se instituyó para recompensar solamente a empresas japonesas, más tarde se permitió también la participación de empresas no japonesas que operaran en Japón.

Para optar al premio es necesario, entre otros requisitos, aportar una memoria que describa de forma clara las actividades que se han realizado para mejorar la calidad y los resultados correspondientes obtenidos. A la vista de la memoria, los expertos de JUSE evalúan la empresa en base a los siguientes elementos, que, en este modelo, tienen el mismo peso de ponderación:

- ✓ Políticas de Calidad y Gestión de la Calidad.
- ✓ Organización de la Calidad y su difusión.
- ✓ Formación y difusión de las técnicas de control de calidad.
- ✓ Recogida, transmisión y utilización de la información de calidad.

- ✓ Análisis de la calidad.
- ✓ Estandarización.
- ✓ "Kanri": Control diario, control de proceso y mejora.
- ✓ Aseguramiento de la calidad.
- ✓ Resultados de la implantación.

Referimos a continuación algunos de los ganadores del Premio Deming: *"Motosaburo Masuyama"*, *"Fuji Iron & Steel Co."*, *"Yawata Iron & Steel Co"*, *"Tanabe Seiyaku Co"*, *"Florida Power & Light"*, *"TVS Motor Company"*, *"Lucas TVS"*, *"SRF Limited"*, *"Tata Steel"* y muchas más.

#### ***-Premio Europeo a la Calidad.***

Lo describiremos en detalle en el punto (3.3.8.3). Aquí nos limitaremos a relacionar algunas de las organizaciones que han sido galardonadas con el prestigioso "Premio Europeo a la Calidad":

*"Rank Xerox"* en 1992, fue la primera empresa en obtenerlo. Después de ella *"Milliken Europe"*, *"UBISA"* (la primera empresa española en recibirlo), *"D2D"*, *"Texas Instruments"*, *"Brisa"*, *"SGS-Thomson"*, *"TNT UK"*, *"Yellow Pages"*, *"Nokia"*, etc.

### **3.3.8.2.- NORMA UNE-EN- ISO- 9000, (UNE 66900)**

El origen real de esta norma española proviene de la británica BS 5750, que vio la luz en 1979, con el propósito de estandarizar los suministros de la industria militar. Posteriormente, en 1987, la norma se revisó a fin de hacerla más comprensiva e internacionalmente más aceptada, (Froman, 2003). *"Not only was BS 5750 drafter to cover activities outside military supply. It was also intended to be universally applicable. BS 5750 can be applied therefore, to the quality systems of all commercial organizations, and some non-commercial ones as well"*, (Jackson & Ashton, 1993).

En 1987, tan pronto apareció la norma BS 5750 mejorada, ISO (*"International Standardization Organization"*), la adoptó, prácticamente sin retoques, y la catalogó genéricamente como ISO 9000, (Laboucheix, 1990). No fue hasta la revisión de 1994, sin embargo, (estas normas se revisan de vez en cuando), en que su crecimiento se hizo exponencial, (Cuatrecasas, 1999). Esta revisión cristalizó en tres modelos, mediante los cuales las empresas podían acceder a la certificación:

- ✓ **ISO 9001:1994.** Modelo para el aseguramiento de calidad en el diseño y desarrollo, la producción, la instalación y el servicio postventa.
- ✓ **ISO 9002: 1994.** Modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción, la instalación y el servicio postventa.
- ✓ **ISO 9003:1994.** Modelo para el aseguramiento de la calidad, en las inspecciones y ensayos finales.

Esta serie de normas NO determina el sistema de calidad que debe adoptar una empresa, sino solamente los requisitos que debe cumplir su sistema de calidad. Esto es ISO 9001/9002/9003, y sus

reglas generales se contemplan en la ISO 9004.

Una nueva revisión, en Diciembre del año 2000, introdujo algunas modificaciones, (Froman, 2003), con el propósito de que fueran:

- ✓ *"Compatibles con la versión de 1994 y el resto de normas de gestión ISO.*
- ✓ *Aplicables a cualquier organización.*
- ✓ *Aplicables a todas las categorías genéricas de productos: (materiales, software, servicios, etc.).*
- ✓ *Coherentes con los enfoques de aseguramiento y de gestión de la calidad.*
- ✓ *Estrechamente vinculadas al "enfoque basado en procesos".*
- ✓ *Orientadas hacia la satisfacción del cliente.*
- ✓ *Sencillas y de fácil uso".*

*Esta nueva familia de normas ISO-9000 integra:*

- ✓ ISO 9000. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario.
- ✓ ISO 9001. Aseguramiento de la calidad del producto y el incremento de la satisfacción del cliente.
- ✓ ISO 9004. Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la mejora del desempeño.
- ✓ ISO 19011. Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental.

La versión actual es la ISO 9001: 2008, publicada en noviembre de 2008, cuyos principios básicos podrían resumirse en los siguientes puntos:

- ✓ Enfoque hacia el cliente.
- ✓ Liderazgo demostrado.

- ✓ Participación de todo el personal.
- ✓ Actividades basadas en procesos
- ✓ Enfoque hacia la gestión.
- ✓ Mejora continua.
- ✓ Utilización de datos (cifras), para la toma de decisiones.
- ✓ Relación mutuamente beneficiosa con el proveedor, ("partnership").
- ✓ Diseñar qué tipo de organización deseamos. Lo más prudente es asegurarse de que cumpla la norma y de que sea lo más sencilla posible. Mantener una organización innecesariamente compleja, es caro y requiere mucho esfuerzo.
- ✓ Plasmar el diseño en los manuales, teniendo en cuenta que el manual general debe ser lo más escueto posible, porque **NO** habrá de ser modificado con frecuencia.
- ✓ Informar adecuadamente al personal sobre los planes de la Dirección e iniciar un proceso de formación adecuado, a todos los niveles.
- ✓ Solicitar la auditoría.

Hay muchas empresas que prefieren contar con la ayuda de consultorías especializadas en el tema, para ahorrar tiempo y saber que se camina en la dirección correcta.

### **3.3.8.3.- MODELO "EFQM"**

Un modelo viene a ser una descripción simplificada de una realidad más complicada que se precisa comprender, con el fin de transmitirlo, analizarlo o mejorarlo.

La "EFQM" ("*European Foundation for Quality Management*"), fue creada en 1988, por un grupo de empresas interesadas en ayudar y

estimular a las organizaciones europeas, a participar en actividades de mejora, que pudieran conducir a la excelencia en la satisfacción del cliente y de los empleados, mejorando los resultados del negocio. Fueron miembros fundadores: Volkswagen, Philips, Renault, Olivetti, Nestlé, KLM, Fiat, Electrolux, entre otras.

El modelo fue publicado en 1991 bajo los auspicios de la Comisión Europea, muy interesada en este tema, y ya, al año siguiente, se entregaron los primeros premios, (uno de ellos a una empresa del norte de España, UBISA). En 1995 se creó el premio del sector público, y en 1996 el de las PYMES y el de las Unidades Operativas.

La versión más conocida del modelo se anunció en Abril de 1999. Las características y funcionamiento del mismo se detallan a continuación:

*Figura 3.30 El Modelo Europeo de Excelencia.*



*Fuente: "Guía de la Calidad"*

En la figura anterior presentamos una versión del modelo EFQM, también llamado con justicia *"El Modelo Europeo de Excelencia"*. Si observamos con detenimiento el esquema veremos que hay nueve rectángulos numerados del uno al nueve. Los cinco primeros corresponden a los llamados *"Agentes"*, (en color naranja), y hacen referencia a todo aquello *"que hacemos"* y *"cómo lo hacemos"*. Los cuatro restantes tratan de los *"Resultados"* obtenidos, (en color azul), e indican *"lo que pretendemos conseguir"*.

El concepto recogido en cada rectángulo tiene una valoración máxima concreta que oscila entre 0%, y la cifra máxima indicada a continuación:

✓	1: Liderazgo	10%
✓	2: Política y estrategia	8%
✓	3: Personas	9%
✓	4: Alianzas y recursos	9%
✓	5: Procesos	14%
	(La suma parcial da el 50%)	
✓	6: Resultados en los clientes	20%
✓	7: Resultados en la personas	9%
✓	8: Resultados en la sociedad	6%
✓	9: Resultados clave	15%
	(La suma parcial vuelve a dar el 50%)	

La suma total muestra, lógicamente, el 100%, que es la valoración máxima que una empresa podría idealmente obtener.

Para poder analizar en profundidad cada concepto, se ha subdividido cada uno de ellos en varios apartados con distinto peso de ponderación, cuyo total es el porcentaje mostrado más arriba.

El corazón del modelo es: "La lógica RADAR" o "*La lógica REDER*", según que el idioma sea castellano o inglés. Es un modelo cuyo esquema mostramos más abajo, y que consta de cuatro elementos:

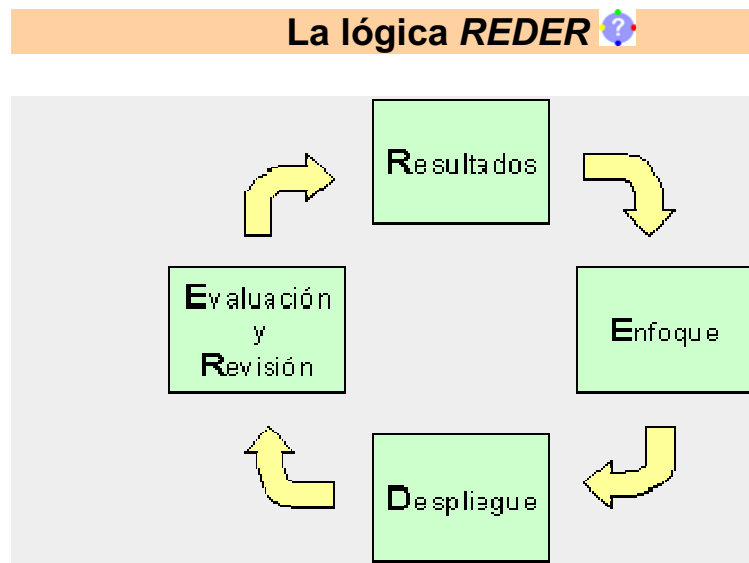
- ✓ **Resultados:**  
Lo que la organización consigue.
- ✓ **Enfoque:**  
Lo que la organización piensa hacer y cuál es su planteamiento.
- ✓ **Despliegue:**  
Lo que lleva a cabo la organización para poner en práctica el enfoque.
- ✓ **Evaluación y Revisión:**  
Lo que hace la organización para evaluar y revisar el enfoque y su despliegue.

Estos elementos se utilizan para analizar a la empresa y su desempeño, y se aplican en todos y cada unos de los subcriterios en que se han dividido las nueve variables a analizar.

Al final de la evaluación se suman las puntuaciones obtenidas en cada capítulo y se obtiene el resultado final.



Figura 3.31 La lógica REDER.



Fuente: "TQM asesores".

Los nueve capítulos o conceptos de que consta el modelo son los siguientes:

- ✓ **Liderazgo.**  
La forma en que el equipo directivo desarrolla y facilita que se alcance la Misión y la Visión.
- ✓ **Política y Estrategia.**  
Cómo materializa la organización su Misión y Visión mediante una estrategia enfocada hacia los actores, en base a políticas, planes, objetivos, metas y procesos adecuados.
- ✓ **Personal.**  
Cómo gestiona y desarrolla la organización los conocimientos de las personas y fomenta su potencial.
- ✓ **Alianzas y Recursos.**  
Cómo gestiona la organización sus colaboradores externos.
- ✓ **Procesos.**  
Cómo diseña, gestiona y mejora la organización y sus procesos.

- ✓ **Resultados en los clientes.**  
Qué consigue la organización en relación con sus clientes externos.
- ✓ **Resultados en las personas.**  
Qué consigue la organización en relación con su personal.
- ✓ **Resultados en la sociedad.**  
Qué consigue la organización en relación con su entorno social.
- ✓ **Resultados clave.**  
Qué consigue la organización desde el punto de vista de su resultado global.

*(El 29 de Septiembre del 2010, se presentó en el Foro de Bruselas una nueva versión del modelo EFQM y se oficializó. Las modificaciones introducidas no son, sin embargo, de gran trascendencia. No obstante, si se desea profundizar en ello, puede adquirirse una copia en cualquier librería especializada).*

### **3.3.9.- COSTES DE LA CALIDAD**

Éste es, con diferencia, el aspecto clave de la mejora de la calidad. De hecho es el núcleo del contenido de esta tesis doctoral. Por esta razón hemos decidido dedicarle un capítulo completo, el (5).

## **Capítulo 4.- INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LA INCERTIDUMBRE**

### **4.1.- Fundamentos de la teoría de los Subconjuntos Borrosos.**

La "Teoría de los Subconjuntos Borrosos" es un cuerpo científico de gran importancia, y mayores posibilidades prácticas para las empresas. Su utilización, que está creciendo en todo el mundo, se va a incrementar, sin duda, en el futuro.

La idea y el cuerpo teórico fueron desarrollados e introducidos por Lofti A. Zadeh, en 1965, mediante su bien conocido libro "Fuzzy sets". Luego, otros muchos autores ampliaron y divulgaron, también, su obra (Ver referencias bibliográficas).

Parafraseando a (Gil-Aluja, 1986), seguidor aventajado de Zadeh, *"Intuitivamente se le da un significado como que se trata de un grupo de objetos, diferentes unos de otros, y muy bien especificados: un grupo de piezas para construir un coche, el personal de una empresa, la relación de números enteros, los puntos de una recta, etc., se pueden representar a través de un conjunto."*

Un conjunto se halla con frecuencia especificado por una o varias propiedades, pero un subconjunto de dicho conjunto, no comprende necesariamente, la totalidad de los elementos de ese conjunto, llamado frecuentemente "referencial".

$$E = \{ a, b, c, d, e, f, g \}$$

y un subconjunto  $A \subset E$ , tal que:

$$A = \{ b, c, e, g \}$$

Observamos que b, c, e, g pertenecen a E, pero a, d y f, no pertenecen a A.

Asignando un "1" a la pertenencia y un "0" a la no pertenencia, podremos escribir :

$$E = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline a & b & c & d & e & f & g \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$A = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline a & b & c & d & e & f & g \\ \hline 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

Veamos un ejemplo de (Gil-Aluja, 1986). Un jefe de personal desea contratar una persona de determinado nivel y para ello compara al aspirante con el perfil ideal. No se puede determinar "apto-no apto" de forma absoluta, sino que se deberá estimar cada una de las características numéricas. Las variables elegidas se valorarán mediante la desviación "distancia", entre el perfil ideal y el de la persona analizada.

De aquí surge el concepto "entropía" o "valoración de desorden". En una instrucción al ordenador, debe excluirse la noción de desorden, ya que en este caso la entropía sería nula. Pero no ocurre así en las relaciones de los hombres entre sí, en los que la "borrosidad" es la esencia misma de la semántica.

Las valoraciones de las características de un aspirante cualquiera, podrían ser por ejemplo:

$$B_{\sim} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline a & b & c & d & e & f & g \\ \hline 0,2 & 0,7 & 1 & 0,4 & 0 & 0,3 & 0,9 \\ \hline \end{array}$$

Si se considera el subconjunto  $B_{\sim}$ , de tal manera que todo valor  $> 0,5$  se le hace corresponder el valor 1, y para todo valor  $\leq 0,5$

el valor 0, se obtiene:

$$B_{\approx} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline a & b & c & d & e & f & g \\ \hline 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

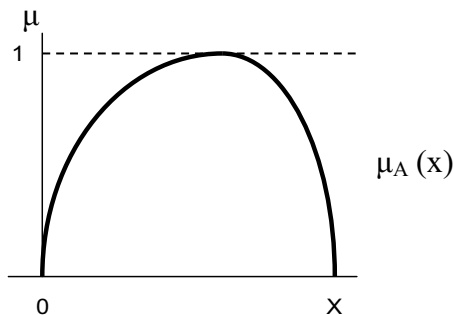
Ahora se calcula la suma de las desviaciones, en valor absoluto, entre  $B_{\sim}$  y  $B_{\approx}$ .

$$d = (B_{\sim}, B_{\approx}) = |0,2 - 0| + |0,7 - 1| + |1 - 1| + |0,4 - 0| + |0 - 0| + |0,3 - 0| + |0,9 - 1| = 0,2 + 0,3 + 0 + 0,4 + 0 + 0,3 + 0,1 = \mathbf{1,3}$$

Con objeto de obtener un número entre 0 y 1, se divide el resultado por el número de elementos, y obtenemos **0,185**, que es una valoración de la "entropía", o "desorden", en sentido científico.

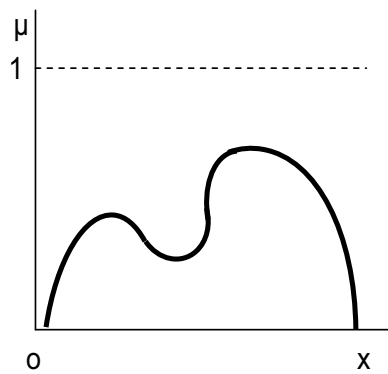
#### 4.1.1.- Subconjuntos Borrosos: Normalidad y Convexidad.

Decimos que un subconjunto borroso  $A \subset R$ , es "Normal", cuando existe, al menos, un elemento cuya función de pertenencia toma el valor 1. Es decir:



Subconjunto borroso normal

Cuando no es así, obtenemos el "subconjunto borroso" no-normal.

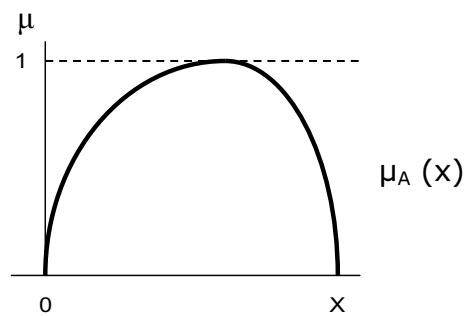


Subconjunto borroso no-normal

Se entiende que  $\underline{A}$  es convexo si:

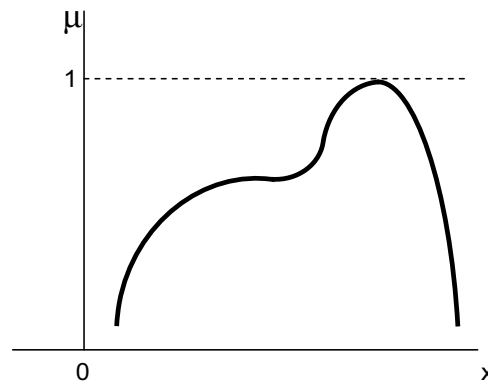
$$\alpha' > \alpha \Rightarrow ( A_{\alpha'} \subset A_{\alpha} \Rightarrow [ a_1(\alpha'), a_2(\alpha') ] \subset [ a_1(\alpha), a_2(\alpha) ] )$$

Es decir:



Subconjunto borroso convexo

Cuando no es así nos encontramos con un "subconjunto borroso no-convexo.



Subconjunto borroso no-convexo

Por tanto, un número borroso, es un subconjunto borroso de  $R$ , normal y convexo.

#### **4.1.2.- Unión, Intersección y Complementación**

##### **a) Unión (o reunión):**

Corresponde al operador Y-O. Es decir: el uno, el otro, o los dos.

$$\underline{A} \cup \underline{B} \Leftrightarrow \forall x \in E, \mu_{\underline{A} \cup \underline{B}}(x) = \mu_{\underline{A}}(x) \vee \mu_{\underline{B}}(x)$$

Propiedades:

✓ **Asociativa:**  $\underline{A} \cup (\underline{B} \cup \underline{C}) = (\underline{A} \cup \underline{B}) \cup \underline{C}$

✓ **Conmutativa:**  $\underline{A} \cup \underline{B} = \underline{B} \cup \underline{A}$

✓ **Idempotencia:**  $\underline{A} \cup \underline{A} = \underline{A}$

$$\underline{A} \cup \emptyset = \emptyset$$

$$\underline{A} \cup E = \underline{A}$$

## b) Intersección:

$$\underline{A} \cap \underline{B} \Leftrightarrow \forall x \in E, \mu_{\underline{A} \cap \underline{B}}(x) = \mu_{\underline{A}}(x) \wedge \mu_{\underline{B}}(x)$$

Propiedades:

✓ **Asociativa:**  $\underline{A} \cap (\underline{B} \cap \underline{C}) = (\underline{A} \cap \underline{B}) \cap \underline{C}$

✓ **Conmutativa:**  $\underline{A} \cap \underline{B} = \underline{B} \cap \underline{A}$

✓ **Idempotencia:**  $\underline{A} \cap \underline{A} = \underline{A}$

$$\underline{A} \cap \emptyset = \emptyset$$

$$\underline{A} \cap E = \underline{A}$$

La "propiedad distributiva" se cumple tanto en la intersección respecto de la unión, como en la unión respecto de la intersección:

$$\underline{A} \cap (\underline{B} \cup \underline{C}) = (\underline{A} \cap \underline{B}) \cup (\underline{A} \cap \underline{C})$$

$$\underline{A} \cup (\underline{B} \cap \underline{C}) = (\underline{A} \cup \underline{B}) \cap (\underline{A} \cup \underline{C})$$

## c) Complementación

La negación se introduce por la llamada "operación de complementación". Así pues:

- "a" pertenece a  $A_1$ , luego "a" no pertenece a  $A_6$ . Si  $A_6$  es el complementario de  $A_1$ , "b", al no pertenecer a  $A_1$ , pertenecerá a  $A_6$ .

- "c" no pertenece a  $A_1$ . Entonces "c" pertenece a  $A_6$ .

y así sucesivamente,  $\forall x \in E, \mu_{\underline{A}^-}(x) = 1 - \mu_{\underline{A}}(x)$



(Esta operación se indica mediante una barra encima del símbolo, correspondiente al subconjunto considerado).

Propiedades:

- Involución:  $\overline{(\underline{A})} = \underline{A}$

- Teoremas de Morgan:

$$\overline{\underline{A} \cup \underline{B}} = \overline{\underline{A}} \cap \overline{\underline{B}}$$

$$\overline{\underline{A} \cap \underline{B}} = \overline{\underline{A}} \cup \overline{\underline{B}}$$

#### **4.2.- Números Borrosos.**

Un número borroso (Gil-Aluja, 1986), "es un subconjunto borroso del referencial de los reales ( $R$ ), que tiene una función de pertenencia normal (debe existir una  $x_i$ , para la cual  $\mu(x)$  toma el valor 1). Además es convexa, (cualquier desplazamiento hacia la derecha o izquierda de ese valor  $x_i$ ,  $\mu(x)$  va disminuyendo".

Resumiendo:

- El referencial pertenece al campo de los números reales ( $R$ ).
- La función característica de pertenencia es normal y convexa.

En el ámbito continuo puede expresarse de tres formas:

a) Mediante intervalos de confianza:

$$[ a_1 , a_2 ]$$

$$[ a_1 , a_2 , a_3 ]$$

$$[ a_1 , [ a_2 , a_3 ] , a_4 ]$$

Ejemplo: [ 3 , 6 , 10 ]. El 3 sería el mínimo, 10 el máximo, y 6 el de máxima presunción.

b) Mediante  $\alpha$ -cortes

$$A_\alpha = [ a_1 (\alpha) , a_2 (\alpha) ]$$

c) Mediante la función de pertenencia

$$\mu_{\underline{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 3 \\ \frac{x-3}{4} & 3 \leq x \leq 6 \\ 1 & 6 \leq x \leq 9 \\ \frac{10-x}{3} & 9 \leq x \leq 11 \\ 0 & x \geq 11 \end{cases}$$

#### **4.2.1.- Adición de Números Borrosos.**

Nos referiremos exclusivamente al ámbito continuo. Lo expresaremos en forma de  $\alpha$ -cortes.

$$C = A (+) B \Leftrightarrow \forall \alpha \in [0, 1]$$

$$C_\alpha = A_\alpha (+) B_\alpha$$

Por ejemplo:  $A_\alpha = [ 2 + 2\alpha , 8 - 4\alpha ]$

y,  $B_\alpha = [ 3 + \alpha , 6 - 2\alpha ]$ , operando:

$$C_\alpha = A_\alpha (+) B_\alpha = [ 5 + 3\alpha , 14 - 6\alpha ]$$

Esta expresión puede ser representada también mediante una tabla construida de acuerdo con el sistema endecadario. Veámoslo:

$\alpha$	$[ 5 + 3\alpha , 14 - 6\alpha ]$
1	8
0,9	[ 7,7 , 8,6 ]
0,8	[ 7,4 , 9,2 ]
0,7	[ 7,1 , 9,8 ]
0,6	[ 6,8 , 10,4 ]
0,5	[ 6,5 , 11 ]
0,4	[ 6,2 , 11,6 ]
0,3	[ 5,9 , 12,2 ]
0,2	[ 5,6 , 12,8 ]
0,1	[ 5,3 , 13,4 ]
0	[ 5 , 14 ]

Propiedades:

- ✓ **Asociativa:**  $(A (+) B) (+) C = A (+) (B (+) C)$
- ✓ **Conmutativa:**  $A (+) B = B (+) A$
- ✓ **Elemento neutro:**  $A (+) 0 = 0 (+) A = A$

#### 4.2.2.- Sustracción de Números Borrosos.

También aquí nos centraremos en el ámbito continuo:

$$C = A (-) B \Leftrightarrow \forall \alpha \in [ 0 , 1 ]$$

$$C_{\alpha} = A_{\alpha} (-) B_{\alpha}$$

Por ejemplo:

$$A_{\alpha} = [ 6 + 2\alpha , 12 - 4\alpha ] , \quad y$$

$$B_{\alpha} = [ 4 + 3\alpha , 9 - 2\alpha ]$$

La diferencia será:

$$C_{\alpha} = A_{\alpha} (-) B_{\alpha} = [ ( 6 + 2\alpha ) - ( 9 - 2\alpha ) , (12 - 4\alpha ) - ( 4 + 3\alpha ) ] =$$

$$C_{\alpha} = [ -3 + 4\alpha , 8 - 7\alpha ]$$

Al igual que en la adición, podemos representar el resultado a través de una tabla endecadaria:

$\alpha$	$[-3 + 4\alpha , 8 - 7\alpha]$
1	8
0,9	[ 0,6 , 1,7 ]
0,8	[ 0,2 , 2,4 ]
0,7	[ -0,2 , 3,1 ]
0,6	[ -0,6 , 3,8 ]
0,5	[ -1 , 4,5 ]
0,4	[ -1,4 , 5,2 ]
0,3	[ -1,8 , 5,9 ]
0,2	[ -2,2 , 6,6 ]
0,1	[ -2,6 , 7,3 ]
0	[ -3 , 8 ]

Propiedades: La resta **no** cumple las propiedades de la suma.

#### **4.2.3.- Multiplicación de Números Borrosos.**

La multiplicación de números borrosos en R, sigue las mismas normas que la de los intervalos de confianza en R. Lo analizaremos también en la forma "α-cortes".

Dados dos número borrosos,  $A$  y  $B$ ,  $\forall \alpha \in [0, 1]$

Siendo:  $A_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$  y  $B_\alpha = [b_1(\alpha), b_2(\alpha)]$ , el producto será:

$$C_\alpha = A_\alpha (\cdot) B_\alpha = [ \text{Min} (a_1(\alpha) \cdot b_1(\alpha), a_1(\alpha) \cdot b_2(\alpha), a_2(\alpha) \cdot b_1(\alpha), a_2(\alpha) \cdot b_2(\alpha)), \text{Max} (a_1(\alpha) \cdot b_1(\alpha), a_1(\alpha) \cdot b_2(\alpha), a_2(\alpha) \cdot b_1(\alpha), a_2(\alpha) \cdot b_2(\alpha)) ]$$

El resultado final sería, por ejemplo:

$$C_\alpha = [3 + 2\alpha, 4 + 5\alpha]$$

Propiedades:

- ✓ **Asociativa:**  $(A (\cdot) B) (\cdot) C = A (\cdot) (B (\cdot) C)$
- ✓ **Conmutativa:**  $A (\cdot) B = B (\cdot) A$
- ✓ **Elemento neutro:**  $A (\cdot) 1 = 1 (\cdot) A = A$

#### **4.2.4.- Cociente de Números Borrosos.**

Lo expresaremos también en forma de  $\alpha$ -cortes:

$$A_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)] \quad \text{y} \quad B_\alpha = [b_1(\alpha), b_2(\alpha)]$$

$$C_\alpha = A_\alpha (\div) B_\alpha = \text{Min} \left( \frac{a_1(\alpha)}{b_1(\alpha)}, \frac{a_1(\alpha)}{b_2(\alpha)}, \frac{a_2(\alpha)}{b_1(\alpha)}, \frac{a_2(\alpha)}{b_2(\alpha)} \right),$$

$$\text{Max} \left( \frac{a_1(\alpha)}{b_1(\alpha)}, \frac{a_1(\alpha)}{b_2(\alpha)}, \frac{a_2(\alpha)}{b_1(\alpha)}, \frac{a_2(\alpha)}{b_2(\alpha)} \right)$$

#### **4.2.5.- Multiplicación por un Número Real.**

Seguimos en el ámbito continuo:

$$k (\cdot) A_{\alpha} = k (\cdot) [a_1 (\alpha) , a_2 (\alpha)] = [\min(ka_1 (\alpha) , ka_2 (\alpha) , \max(ka_1 (\alpha), ka_2 (\alpha)))]$$

#### **4.2.6.- División por un Número Real.**

Siendo en el ámbito continuo:

$$A_{\alpha}/k = \left[ \min \left( \frac{a_1 (\alpha)}{k} , \frac{a_2 (\alpha)}{k} \right) , \max \left( \frac{a_1 (\alpha)}{k} , \frac{a_2 (\alpha)}{k} \right) \right]$$

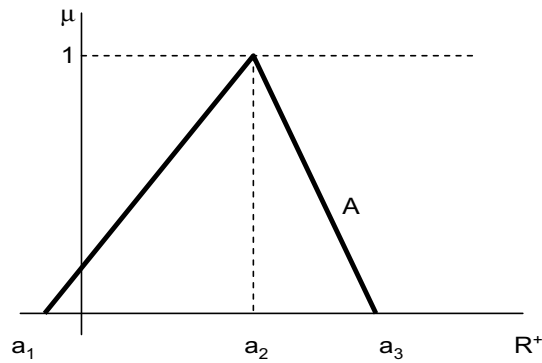
#### **4.2.7.- Mínimo entre Número Borrosos.**

En el ámbito continuo se define como:

$$A_{\alpha} (\wedge) B_{\alpha} = [ a_1 (\alpha) (\wedge) b_1 (\alpha) , a_2 (\alpha) (\wedge) b_2 (\alpha) ]$$

#### **4.3.- Números Borrosos Triangulares.**

"Los números borrosos triangulares son aquellos cuyas funciones  $\mu$  son lineales" (Kaufman & Gil-Aluja, 1987). Tienen un valor único en el máximo de presunción. Podemos representarlo de la siguiente forma:



Aunque generalmente se representa en forma "*ternaria*", puede hacerse de varias formas:

✓ **De forma "*ternaria*"**:  $A = (a_1, a_2, a_3)$ , lo que implica que:

$$\forall x \leq a_1 \quad \mu_{\underline{A}}(x) = 0$$

$$\forall x \geq a_3 \quad \mu_{\underline{A}}(x) = 0$$

$$\mu_{\underline{A}}(a_2) = 1$$

La "función de pertenencia"  $\mu_{\underline{A}}(x)$ , para el resto de valores, será:

- En el lado izquierdo del triángulo:

$$\forall a_1 \leq x \leq a_2 \Rightarrow \mu_{\underline{A}}(x) = \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}$$

- En el lado derecho del triángulo:

$$\forall a_2 \leq x \leq a_3 \Rightarrow \mu_{\underline{A}}(x) = \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}$$

✓ De forma "función de pertenencia":

$$\mu_{\underline{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & x \geq a_3 \end{cases}$$

✓ De la forma " $\alpha$ -cortes":

Basándonos en la "función de pertenencia":

$$\alpha = \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} \quad \text{y} \quad \alpha = \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}$$

También podríamos haber llegado a esta expresión, mediante la forma ternaria:

$$A_{\alpha} = [ a_1 + \alpha (a_2 - a_1) , a_3 - \alpha ( a_3 - a_2 ) ]$$

#### 4.3.1.- Principales operaciones a realizar con los NBT's.

✓ **Adición:** Supongamos dos NBT's:

$$A = (a_1, a_2, a_3) \quad \text{y} \quad B = (b_1, b_2, b_3)$$

$$A (+) B = (a_1 + b_1 , a_2 + b_2 , a_3 + b_3)$$



y la función de pertenencia:

$$\mu_{\underline{A} + \underline{B}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a_1 + b_1 \\ \frac{x - (a_1 + b_1)}{(a_2 + b_2) - (a_1 + b_1)} & a_1 + b_1 \leq x \leq a_2 + b_2 \\ \frac{a_3 + b_3 - x}{(a_3 + b_3) - (a_2 + b_2)} & a_2 + b_2 \leq x \leq a_3 + b_3 \\ 0 & x \geq a_3 + b_3 \end{cases}$$

✓ **Sustracción:**

$$A (-) B = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1)$$

La función de pertenencia será:

$$\mu_{\underline{A} - \underline{B}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a_1 - b_3 \\ \frac{x - (a_1 - b_3)}{(a_2 - b_2) - (a_1 - b_3)} & a_1 - b_3 \leq x \leq a_2 - b_2 \\ \frac{(a_3 - a_1) - x}{(a_3 - b_1) - (a_2 - b_2)} & a_2 - b_2 \leq x \leq a_3 - b_1 \\ 0 & x \geq a_3 - b_1 \end{cases}$$

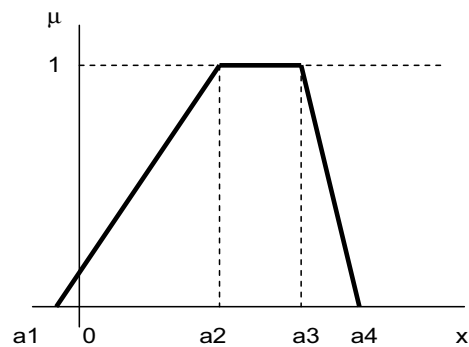
#### 4.3.2.- Producto por un número real.

$\forall k \in \mathbb{R}$

$$k(\cdot) A = [ \min ( k a_1 , k a_3 ) , k a_2 , \max ( k a_1 , k a_3 ) ]$$

No hay otras operaciones cuyos resultados sean también NBT's.

#### 4.4.- Números Borrosos Trapezoidales.



Podríamos decir que el "Número Borroso Trapezoidal" es un caso particular del "Número Borroso Triangular". El máximo de presunción no corresponde a un número (el vértice del triángulo), sino a un intervalo de confianza.

Se le suele representar mediante tripletas de confianza, que es la forma cuaternaria:

$$A = [ a_1, (a_2, a_3), a_4 ]$$

siendo su función de pertenencia:

$$\mu_{\underline{B}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3} & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0 & x \geq a_4 \end{cases}$$

La forma de  $\alpha$  - cortes, en su forma cuaternaria es:

$$A_\alpha = [ a_1 + \alpha ( a_2 - a_1 ) , a_4 - \alpha ( a_4 - a_3 ) ]$$

Las propiedades descritas para los NBT, son también aplicables a los NBTp, como sería la suma, la resta, etc..

Desde la perspectiva de la investigación llevada a cabo en esta tesis, consideramos suficiente la teoría matemática descrita hasta este punto. Puede ser ampliada consultando cualquier texto de la amplia gama existente en el mercado, y que, en parte, se indica en las "*Referencias bibliográficas*".

## **Capítulo 5.-LA IMPORTANCIA DEL CONTROL DE LOS COSTES TOTALES DE LA CALIDAD EN LA EMPRESA.**

### ***5.1.-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 cuatro o cinco décadas.

**5.1.1.-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:

*Tabla 5.1 Desglose Costes Totales Calidad.*

<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>

*Fuente: Elaboración propia.*

**5.1.1.1.-Costes de la 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".

#### ***5.1.1.1.1.-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.

#### ***5.1.1.1.2.-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.

#### ***5.1.1.2.-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.

#### **5.1.1.2.1.-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.

#### **5.1.1.2.2.-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 espongiforme 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.

### **5.1.1.3.-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.

### **5.1.1.4.-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.

## **5.2.-El "Modelo de Costes Clásico"**

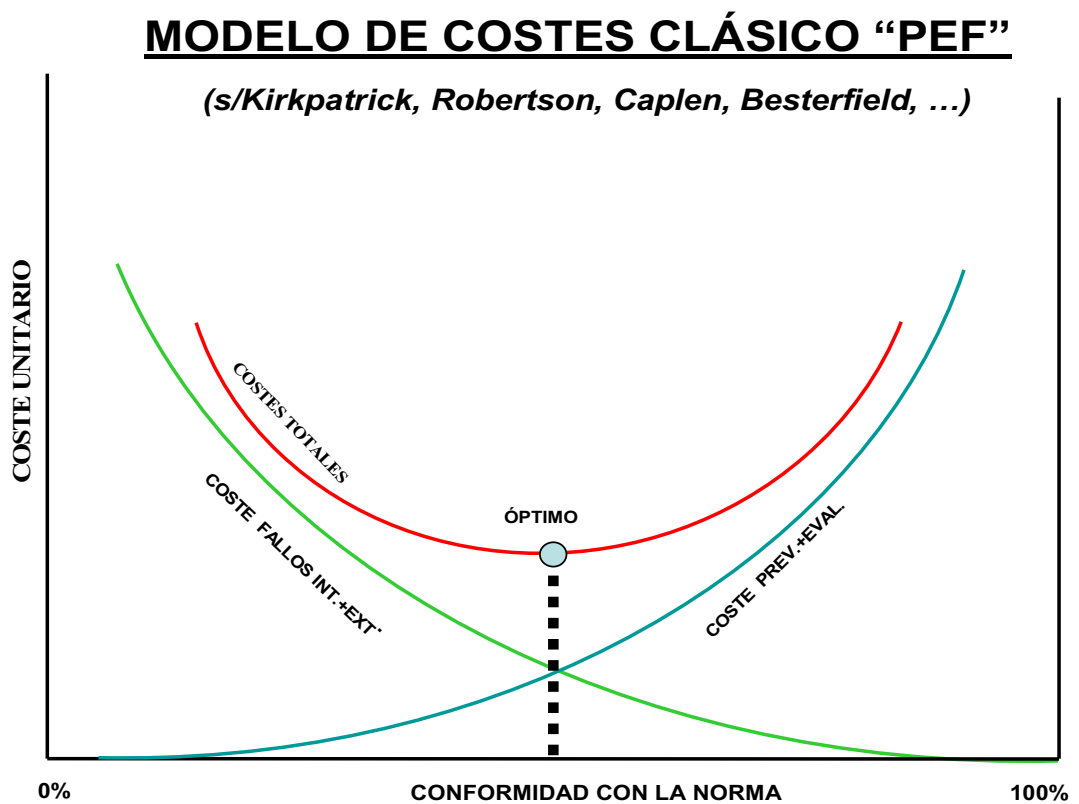
En el esquema, podemos observar el conocido modelo de costes clásico, "PEF", en idioma español, o "PAF" en terminología anglosajona, (Mitra, 2012; Hassen, 2012; Kirkpatrick, 1970; Robertson, 1971; Caplen, 1982; Besterfield, 1979), que utilizan la E de "Evaluación, en lugar de la A de "Appraisal".

Consideran 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.

Figura 5.1 Esquema del Modelo de Costes Clásico PEF.



Fuente: Besterfield 1979.

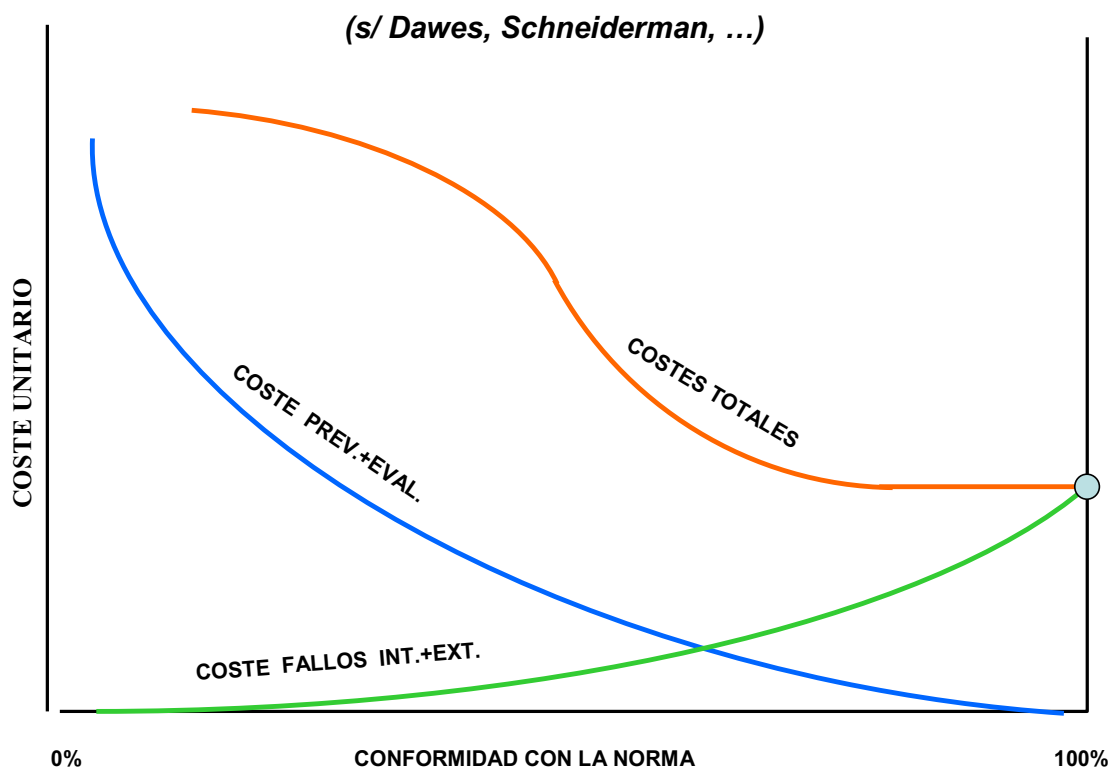
### 5.3.- El “Modelo de Costes Actualizado”

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.

Figura 5.2 Esquema del Modelo de Costes Actualizado PEF.

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



Fuente: J.J. Plunkett, 1988.

### **5.4.-Figuras clave de la nueva estrategia de gestión propuesta.**

Entre otros, destacan tres grupos de personas, que asumen responsabilidades diferenciadas, aunque complementarias, y que son elementos clave para el buen funcionamiento de los modelos que presentamos. Nos referimos a :

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

#### **5.4.1.-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.

#### **5.4.2.-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 esta nueva estrategia de calidad.

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 una nueva estrategia, 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.

#### ***5.4.3.-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 conocimientos 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 manejo 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" (Pande et al., 2000; Schroeder et al., 2008; Magrab et al., 2010), en los que



pueden obtener la calificación de "*Green Belt*", e incluso de "*Black Belt*". Recordemos que Jack Wells, expresidente y ex C.E.O. de la multinacional "General Electric Company", invirtió cuantiosos millones de dólares en este programa, en sus empresas, con notable éxito, (Pande et al., 2000). Otras muchas también lo han hecho.

### ***5.5.-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 analizaremos 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, mediante un ejemplo práctico, que supondrá:

- 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.

### 5.5.1.-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 cuatro grupos de 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.

*Tabla 5.2 Costes de calidad reales del período cero.*

**Coste Producción Período Cero: 27.000.000 u.m.**  
**Coste Total Calidad Período Cero: 5.700.000 u.m. (21,1%)**

CLASE DE COSTE	PERÍODO 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

*Fuente: Elaboración propia.*

### 5.5.2.-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.

### ***5.5.3.-Diseño de los 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, destinados 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.

## **5.6.-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.

### **5.6.1.-Coste y beneficio estimados de los proyectos**

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:

*Tabla 5.3 Presupuesto Evaluación coste/beneficio, modelo 1.*

#### **COSTES DE EVALUACIÓN**

<b>CLAVE</b>	<b>PROYECTO</b>	<b>COSTE</b>	<b>BENEFICIO</b>
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

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 5.4 Presupuesto Prevención coste/beneficio modelo 1.

**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
PG-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
PG-2	Realización de un segundo curso de formación en Prevención de defectos para el restante 50% del personal de Producción, Ingeniería y deptos. de apoyo.	60.000	200.000
PE-1	Creación de dos "Círculos de Calidad" para reducir "Fallos Internos" y "Fallos Externos".	40.000	110.000
PE-2	Creación de otros dos "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 de un 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

*Fuente: Elaboración propia.*

**5.6.2.-Orden de 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:

*Tabla 5.5 Orden de preferencias de los proyectos, modelo 1.*

**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>				

*Fuente: Elaboración propia.*

### **5.6.3.-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, (no suelen ser frecuentes). Si se diera este caso, es evidente que las cifras de los cuadros de coste, deberían ser periodificadas, en función de la duración de las mejoras esperadas. Veamos a continuación, el cuadro final resultante:



Tabla 5.6 Opciones de presupuesto, modelo 1..

TIPO COSTE	PERÍODO CERO	OPCIONES ACUMULADAS PERÍODO UNO													
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°
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

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.6.4.-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 ideal, en función de los distintos ahorros potenciales de cada una, basados 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 existentes:

Tabla 5.7 Resumen de resultados, modelo 1

Opción	Inversión (Eval.+Prev.)	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%

Fuente: Elaboración propia

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 1.000 Ku.m. de inversión, es evidente que la mejor opción, desde el punto de vista de la financiación, sería la siete, con un desembolso de 960 K 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%.

### **5.7.- Solución mediante el modelo 2**

El modelo 2 pretende ofrecer una panorámica más 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 consensuar las cifras de cada proyecto, ahora iremos un paso más allá, dotando al E.G. de un instrumento de valoración más preciso, más elaborado, que le permitirá definir 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 valuación de los proyectos de mejora.

### **5.7.1.-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, también, de su función principal, para 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 más o menos conocedores del proyecto analizado.

Evidentemente las cifras que mostramos en la tabla siguiente, no son en realidad, más que un ejemplo, tomado para ilustrar lo que podría ser la última iteración del E.G..

*Tabla 5.8 Ejemplo de la última iteración del E.G., modelo 2.*

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
Promedio	6.814	7.414	7.893

*Fuente: Elaboración propia*

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 realistas. 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.

Tabla 5.9 Ejemplo de filtrado de cifras extremas, modelo 2.

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

*Fuente: Elaboración propia.*

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.

### **5.7.2.-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.)

Tabla 5.10 Presupuesto Evaluación coste/beneficio, modelo 2.

**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

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 5.11 Presupuesto Prevención coste/beneficio, modelo 2.

**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

*Fuente: Elaboración propia*

**5.7.3.-Orden de 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. Veámoslo:

Tabla 5.12 Orden de preferencias de los proyectos, modelo 2.

**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				

Fuente: Elaboración propia

**5.7.4.-Plan de trabajo final**

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

Tabla 5.13 Opciones de presupuesto, modelo 2.

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	2.365.000	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	1.365.000	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	17,53	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

Fuente: Elaboración propia

### 5.7.5.-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.

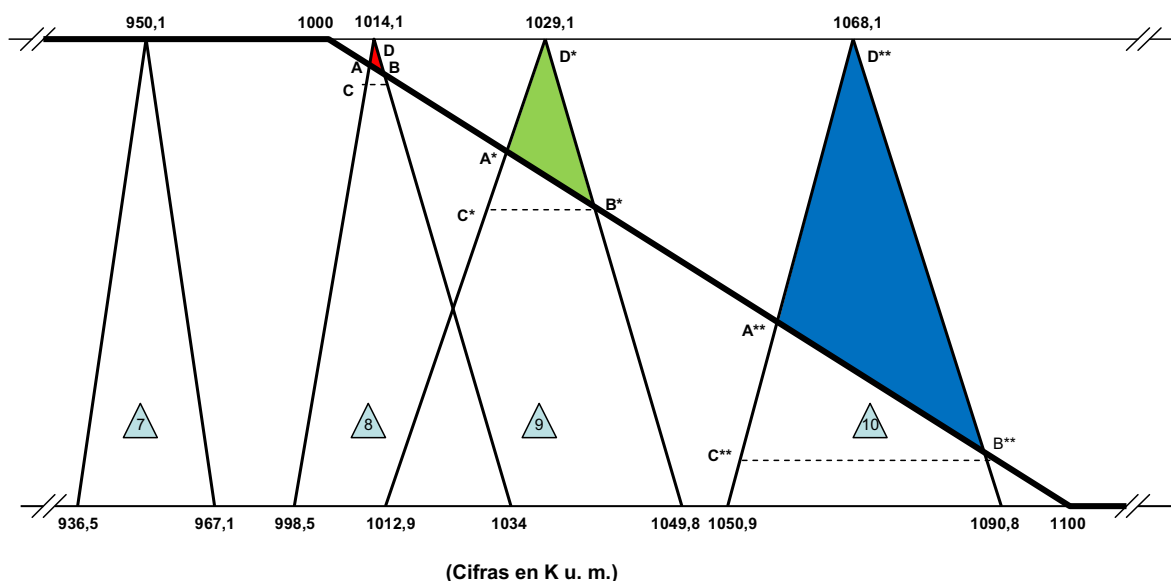
Supongamos también que la D.G. tiene previsto recibir unos ingresos, cuya cuantía exacta desconoce, (esto es frecuente en la industria), (Smith, 2012), aunque sabe que oscilará entre 1.000.000 y 1.100.000 u.m., y ha decidido invertirlos en mejorar los costes de calidad. Por consiguiente, la opción límite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



Figura 5.3 Gráfico para la determinación del óptimo

## DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO



### TRIÁNGULOS CRÍTICOS

Fuente: *Elaboración propia*

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.

#### 5.7.6.-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:

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

### 5.7.6.1.-Viabilidad de la opción 8

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

$$(x_1, y_1) = (998.500 ; 0)$$

$$(x_2, y_2) = (1.014.100 ; 1)$$

*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**.

$$(x_1 - y_1) = (1.014.100 ; 1)$$

$$(x_2 - y_2) = (1.034.000 ; 0) \quad \text{sustituyendo en la ecuación (1):}$$

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

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

$$(x_1 ; y_1) = (1.000.000 ; 1)$$

$$(x_2 ; y_2) = (1.100.000 ; 0)$$

*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:**

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

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

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

### **Obtención del punto B:**

Igualemos las ecuaciones ( 3 ) y ( 4 ):

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

La "y" se puede hallar sustituyendo el valor de "x" en cualquiera de las ecuaciones (3), o (4):

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

$$y = \frac{1.100.000 - x}{100.000}; \quad \text{Si } x = 1.017.603; \quad y = 0,82$$

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):

$$y = \frac{x - 998.500}{15.600}$$

$$\text{Si } y = 0,82$$

$$x = 1.011.292$$

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:

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

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.

### **5.7.6.2.-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):

$$\frac{x - 1.012.900}{16.200} = \frac{1.100.000 - x}{100.000}; \text{ resolviendo: } x = 1.025.543$$

$$y, \text{ sustituyendo, por ejemplo, en (4): } y = 0,75$$

#### **Obtención del punto B\*:**

Igualamos las ecuaciones (4) y (6):

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

y 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):

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

### **Área del triángulo B\*C\*D\*:**

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

### **Área del triángulo A\*B\*C\*:**

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

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

$$A^*B^*D^* = 2.417,04 - 738,54 = 1.678,05 \mu^2$$

### **Área del triángulo 9:**

$$A_9 = \frac{(1.049.800 - 1.012.900) \cdot 1}{2} = 18.450 \mu^2$$

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.

### **5.7.6.3.-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):

$$y = \frac{1.100.000 - 1.088.098}{100.000}; \text{ operando } y = 0,12$$

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\*\*:**

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

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

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

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

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

**Área del triángulo 10:**

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

Índice de falta de cobertura:  $I_{FC10} = \frac{10.189}{19.955} = 0,511$

Índice de cobertura:  $I_{C10} = 1 - 0,511 = 0,489$

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.

## **5.8.-Análisis de los resultados.**

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 efectivo 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 un gran inconveniente 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 llevado a cabo 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, simplificaría notablemente su labor, al tiempo que facilitaría 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 varias 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, muy asequible.

## **Capítulo 6.-CONCLUSIONES**

El objetivo que pretendíamos al iniciar este estudio, era mostrar el escaso, o a lo sumo el intermitente interés, demostrado por gran parte de las empresas occidentales, por reducir sustancialmente sus inaceptablemente altos costes de la calidad, incluso a sabiendas de la tremenda carga que suponen para sus cuentas de resultados.

La constatación de esta grave afirmación, está sustentada por las cifras publicadas por los principales expertos mundiales en este tema. Las múltiples encuestas realizadas por instituciones internacionales de prestigio, a empresas que se supone están involucradas en procesos de mejora de la calidad (certificadas ISO-9000, o normas similares), indican que gran parte de ellas sólo controlan algunos de los aspectos de los modelos existentes en el mercado; los que estiman más importantes, pero prescindiendo del resto por considerarlo poco útil o excesivamente oneroso.

Por medio de estas encuestas, se han localizado, además, los eslabones más débiles de los procesos de la cadena de control, sugiriendo cambios específicos, capaces de transformar los titubeantes y escasamente eficaces procedimientos actuales de control de los costes de calidad, en sólidos modelos de gestión.

Siguiendo esta línea de pensamiento, creemos haber diseñado una nueva estrategia de gestión de los costes de la calidad, introduciendo las modificaciones consideradas necesarias para fortalecer la cadena de control. Es decir, hemos sustituido los ya mencionados eslabones débiles, por otros, contrastadamente útiles, para efectuar la función requerida:

- ✓ El máximo responsable de la empresa ha de ser el auténtico motor del proceso, dirigiéndolo, controlándolo y liderándolo, real y constantemente
- ✓ El Equipo de Dirección ha de estar involucrado, colaborando y allanando obstáculos, para alcanzar los objetivos de calidad predeterminados.
- ✓ El Equipo Gestor elaborará el Presupuesto de Calidad, y definirá los proyectos de mejora, que considere más adecuados, para solucionar los problemas de calidad existentes. Además, sugerirá o introducirá medidas correctivas, cuando surjan desviaciones en el Presupuesto de Calidad.
- ✓ El Director de Calidad, que formará parte del Equipo de Dirección y del Equipo Gestor, NO será el único responsable de los éxitos o fracasos de la gestión de los costes de la calidad. La responsabilidad corresponde, en mayor o menor medida, a cada uno de los miembros de los mencionados equipos.

Para instrumentalizar y hacer efectiva la nueva estrategia de gestión propuesta, se han diseñado dos procedimientos operativos, o modelos, con el fin de canalizar y optimizar el proceso de mejora de los costes totales de la calidad. Les hemos denominado "*modelo 1*" y "*modelo 2*".

El "*modelo 1*", es el más sencillo de aplicar, y el que probablemente se ajusta mejor a las características de la mayor parte de las empresas, especialmente las de menor tamaño. Los cálculos correspondientes a efectuar, en este modelo, pueden ser

perfectamente llevados a cabo, mediante la utilización de matemáticas básicas.

El "modelo 2", por su parte, está diseñado para ser usado en aquellos otros casos en los que es preciso alcanzar una mayor fiabilidad en los resultados, y/o, al mismo tiempo, se contemplen episodios de cierta incertidumbre. Para su resolución se utilizará la "Teoría de los Subconjuntos Borrosos", y como instrumento específico de cálculo, hemos propuesto el "Número Borroso Triangular".

Hemos considerado, también, adecuado y necesario, completar nuestra propuesta con la descripción de numerosos instrumentos y procedimientos de calidad, imprescindibles para resolver los proyectos de mejora, seleccionados por el Equipo Gestor, para reducir e incluso en algunos casos, eliminar, las causas que generan los defectos de calidad.

Creemos firmemente que, la aplicación práctica de nuestras propuestas, en las empresas, empezaría a proporcionar resultados positivos a las mismas, en un plazo no superior a dos o tres años.

No nos sustraemos, sin embargo a advertir, una vez más, que en este largo viaje (tiene vocación de ser extenso en el tiempo), planea una constante amenaza, escasamente perceptible para algunas personas, pero real y casi nos atreveríamos a decir, letal para muchas empresas. Lo mencionábamos al describir el "rol" del Director General, y decíamos que con machacona frecuencia "*lo urgente desplaza a lo importante*" y que éste, "*debe ejercer el liderazgo que se le supone, y hacerlo, además, de forma **permanente***".

Es habitual que, los problemas cotidianos tiendan a que

concentremos en ellos nuestra atención. Pero si se relaja la intensidad de nuestra acción de control, y no es de forma excepcional, puede suceder que:

- ✓ Nos acomodemos dentro de una forma de control más relajada
- ✓ Que el personal lo perciba, lo interiorice y concluya "*no debía ser tan importante como decían*", y simplemente se desinterese del tema. Volver a motivar a las personas que hemos decepcionado, es tarea harto difícil.

### **6.1.-Futuras líneas de investigación.**

Pensamos que lo ideal sería tratar de aproximar nuestras propuestas a las propias empresas a través de los profesionales de las mismas, que suelen interesarse en estos temas. Es preciso despertar su interés mediante la comprensión de nuestro método y modelos. No en vano se trata de proporcionarles nuevos instrumentos, útiles para reducir sus costes de calidad. Algunas formas de hacerlo, que proponemos, podrían ser las siguientes:

- ✓ Publicar nuestros modelos en revistas especializadas, (ya hemos publicado dos y estamos esperando la publicación de la tercera), que suelen leer, habitualmente, profesionales vinculados a estas actividades: gerentes, directores de calidad, de ingeniería, de producción, etc..
- ✓ Impartir conferencias y ponencias. **Ya hemos participado en algunas:**
  - ✓ *Abad Oliva.*
  - ✓ *Pompeu Fabra.*
  - ✓ *Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Barcelona.*

- ✓ *Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona.*
- ✓ *Congreso de AEDEM.*

El objetivo es intentar captar la atención y el interés de los especialistas, en mejorar los costes de la calidad de sus empresas.

Otros lugares apropiados podrían ser:

- Escuelas de Ingeniería Industrial.
  - Escuelas de Ingeniería Técnica Industrial.
  - Escuelas de Negocio.
  - Etc..
- 
- ✓ El "feed-back" obtenido mediante el contacto directo con los profesionales participantes, es muy enriquecedor, no solo para los autores de la tesis, sino también y muy especialmente, para los participantes en las mencionadas actividades.
  
  - ✓ Elaborar y publicar, en forma muy didáctica y cercana, un libro que recogiera gran parte del contenido de esta tesis, añadiendo todo aquello que lo pudiera enriquecer y prescindiendo de informaciones más propias de una tesis que de un libro.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amat, O. (1995, 20 de mayo). Los costes de calidad en la empresa. *Diario Cinco Días*, pp. 1-2.
- Amat, O. (2005). *Costes de calidad y de no calidad*. Barcelona: Gestión 2000.com.
- Akao, Y. & Mizuno, S. (1978). *Quality Function Deployment: An approach to Quality Control*. Massachusetts: Productivity Press.
- Andrés-Reig, J.F. (1992). *Las siete nuevas herramientas de planificación y gestión de la calidad*. Madrid: Asociación Española para la calidad.
- Barba, E.; Boix, F. ; Cuatrecasas, Ll. (2000). *Seis Sigma*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000 S.A..
- Barlow, J. & Moller, C. (1999). *Una queja es un regalo*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000 S.A..
- Beckford, J.L.W. (2009). *Quality: A Critical Introduction*. New York: Roulledge.
- Besterfield, D.H. (1979). *Quality control*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Bhote K.R. (1991). *World Class Quality*. New York: AMACOM. pp. 48-57.
- Bohan, G.P. & Horney, N.F. (1991). Pinpointing the real costs of quality in a service company. *National Productivity Review*, 10 (3), 309-317.
- Blank, L.& Solorzano, J. (1978). Using quality cost analysis for management improvement. *Industrial Engineering*, 10 (2), pp. 46-51.
- Breyfogle, F.W. (1999). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. New York: Wiley-Interscience.
- Camp, R. (1993). *Benmarking o caminho da qualidade total: Identificando, analisando e adaptando as melhores praticas da administração, que levam a maximização da perfomace empresarial*. Sao paulo: Pioneira: Thomson Learning.

- Campanella, J. & Corcoran, F.J. (1983). Principles of Quality Costs. *Quality Progress*, 16 (4), pp. 16-22.
- Caplen, R.H. (1982). *A practical Approach to Quality Control*. London: Business Books.
- Carr, L. (1995). How Xerox sustains the cost of quality. *Management Accounting*, 76 (2) pp. 26-32.
- Chase, N. (1998). Accounting for quality: Counting costs, reaping, rewards. *Quality*, 37 (10), pp. 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*.
- Corma, F. (2005). *Aplicaciones prácticas del modelo EFQM de excelencia en las PYMES*. Madrid: Ed. Díaz de Santos. pp. 39-47.
- Crocket, H.G. (1935). Quality, but just enough. *Factory Management and Maintenance*, pp. 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, pp. 38-39.
- Crosby, P.B. (1984). *Quality Without Tears*. New York: McGraw-Hill.
- Cuatrecasas, L. (1999). *Gestión Integral de la Calidad*. Ediciones Gestión 2000.
- Dale, B. & Plunkett, J. (1999). *Quality Costing*. 3rd ed., Gower, Aldershot.
- Dawes, E.W. & 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.
- de Noray, B.J. (1990). *Tratado de la Calidad Total*. París: Bordas. pp. 31-47.
- Dusharme, D. (2001). Six Sigma survey: breaking through the Six Sigma hype. *Quality Digest*, 21(11), pp. 27-32.
- Feigenbaum, A.V. (1956). Total Quality Control. *Harvard Business Review*, 34, pp. 93-101.

- Feigenbaum, A.V. (1957). The challenge of total quality control. *Industrial Quality Control*, 13 (11), pp. 22-23.
- Feigenbaum, A.V. (1961). *Total Quality Control*. 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.
- Froman, B. (2003). *Del manual de la calidad al manual de gestión*. Madrid: Ed. AENOR. p.145.
- Fuentes, P. (1998). Los costes de la calidad: Un Reto para la Gestión. *ESIC-Market, Revista Internacional de Economía y Empresa*, 99, pp. 149-158.
- Fukuda, R. (1989). *CEDAC: A tool for Continuous Systematic Improvement*. Cambridge: Productivity Press. pp. 34-78.
- Gaitán, L.K. (2007). *Diseño de un modelo de gestión de calidad basado en los modelos de excelencia y el enfoque de gestión por procesos*. Barranquilla: Fundación Universidad del Norte. pp. 45-74.
- Galgano, A. (1985). *Los 7 instrumentos de la Calidad Total*. Coopers & Lybrand & Galgano. Madrid: Ed. Diaz de Santos.
- Galgano, A. (1995). *Los Siete Instrumentos de la Calidad Total*. Madrid: Ed. Díaz de Santos. pp. 28-36.
- Gelinier, O.; Pumir, P. (1990). *Qualité Totale et Mutation du Management*. Marc Ingham, p.194.
- Gibson, P.R.; Hoang, K. & Teoh, S.K. (1991). An investigation into Quality Costs. *Quality Forum*, 17, 29-39.
- Gil-Aluja, J. (2002). *Introducción de la Teoría de la Incertidumbre en la Gestión de las Empresas*. Vigo: Ed. Milladoiro.

- Gil-Aluja, J. (1997). *Invertir en la incertidumbre*. Madrid: Editorial Pirámide.
- Gil-Aluja, J. (1999). *Les Universitats en el Centenary del Futbol Club Barcelona. Estudis en L'Àmbit del Esport*. Editorial Milladoiro, pp. 12-48.
- Gil-Aluja, J. (1999). *Elementos para una Teoría de la Decisión en la Incertidumbre*. Vigo, Editorial Milladoiro.
- Gil-Lafuente, A.M. (1993). *El análisis financiero en la incertidumbre*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Gil-Lafuente, A.M. (2001). *Nuevas estrategias para el análisis financiero en la empresa*. Barcelona: Editorial Ariel Economía.
- Gil-Lafuente, J. (1997). *Marketing para el nuevo milenio. Nuevas técnicas para la gestión comercial en la incertidumbre*. Madrid: Editorial Pirámide.
- 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).
- Grocock, J.M. (1977). Quality costs and no failure costs. *EQQC Quality*, 2, pp. 8-10.
- Godfrey, J. & Pasewark, W. (1998). Controlling quality costs. *Management Accounting*, 69, (9), pp. 48-51.
- Gupta, M. & Campbell, V.S. (1995). The cost of quality. *Production and Inventory Management Journal*, 36 (3), p.43.
- Hammer, M. & Champy, J. (1994). *Reengineering. The Corporation*. New York: Harper Collins Publishers Inc., pp. 11-214.
- Harrington, J.H. (1976). Quality costs- the whole and its parts. (part 1). *Quality Illinois*, 5, pp. 34-35.
- Harrington, J.H. (1987). *Poor Quality Cost*. New York: Marcel Dekker.
- Hill, N. & Alexander, J. (2006). *Handbook of Customer Satisfaction and Loyalty Measurement*. Hampshire: Gower Publishing Limited. pp. 5-64

- 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, pp.827-838.
- Hoyle, D. (2009). *ISO-9000: Quality Systems Handbook* (6a. ed.). Oxford: Elsevier Ltd.
- Hoyle, D. & Thompson J. (2002). *Del aseguramiento a la gestión de La calidad: el enfoque basado en procesos*. Madrid: Editorial AENOR. pp. 27-54.
- Hoyle, D. (2002). *ISO 9000:2000. Las preguntas del auditor*. Madrid: Editorial AENOR.
- Huckett, J.D. (1985). An outline of the quality improvement process. *International Journal of Quality and Reliability* 2, pp. 5-14.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. New York: Kaizen Institute. pp. 4-203.
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense Lowcost Approach to Management*. New York: McGraw-Hill.
- Imai, M. (1975). *Never Take Yes for an Answer: An Inside Look at Japanese Business*. Tokio: Simul. Press.
- Imai, M. (2008). *Dieciseis caminos para evitar decir NO*. New York: McGraw-Hill.
- Ishikawa, K. (1985). *What is Total Quality Control. The Japanese way*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Ishikawa, K. (1982). *Guide to Quality Control*. Asian Productivity Organization.
- Ishikawa, K. (1985). *Guía de Control de Calidad*. New York: UNIPUB.
- Ishikawa, K. (1988). *¿Qué es el Control Total de la Calidad?: La modalidad japonesa*. Grupo Editorial Norma S.A.. p. 24.
- Jackson, P. & Ashton (1993). *Implementing Quality Thorough BS-5750, (ISO-9000)*. England: Clay Limited, pp. 46-50

- Jiménez, M.A. (1994). Los nuevos retos empresariales: Calidad y Competitividad. *Actividad Financiera*. 1, pp. 273-287.
- Juran, J.M. (1974). *Quality Control Handbook*. (3a.ed.). New York: McGraw Hill, 5, pp. 5.1- 5.22.
- Juran, J.M. & Grina, F.M. (1988). *Quality Control Handbook*, (4a. ed.). New York: McGraw-Hill.
- Juran, J.M. (1979). *Japanese and western quality. A control*. New York: Hitchcock Publication.
- Juran, J.M. (1979). *Juran's Quality Handbook*. New York: McGraw Hill, Fifth Edition.
- Kaufmann A. & Gupta M.M. (1985). *Introducción to fuzzy arithmetic*. Rheinhold: Publications Van Nostrand.
- Kaufmann, A. & Gil-Aluja, J. (1986). *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Santiago de Compostela: Editorial Milladoiro.
- Kaufmann, A. & Gil-Aluja, J. (1987). *Técnicas operativas de gestión Para el tratamiento de la incertidumbre*. Barcelona: Editorial Hispano Europea S.A..
- Kaufmann, A. & Gil-Aluja, J. (1990). *Las matemáticas del azar y de la incertidumbre*. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces.
- Kallöf, B. & Östblom, S. (1993). *Benchmarking*. Ed. John Wiley & Sons, First Ed.
- 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, pp. 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), pp.129-145.
- Laboucheix, V. (1992). *Tratado de la calidad Total. (Tomos I y II)*. Madrid: C.D.N. Ciencias de la Dirección. pp. 69-160.
- Landeta, J. (1999). *El método Delphi. Una técnica de previsión para la incertidumbre*. Barcelona: Ed. Ariel.

- Lefcovich, M.L. (2005). *Círculos de Control de Calidad. Monografías.com.*
- Liebert, F. (1976). A standard approach to quality costing. *Quality Assurance, 2 (2) p. 53.*
- Mabert, V.; Soni, A. and Venkataramanan, M. (2000). Enterprise resource planning survey of U.S. manufacturing firms. *Production & Inventory Management Journal, 41 (2), p. 52.*
- McFadden, F.R. (1993). Six Sigma Quality Program. *Quality Progress, 26 (6), pp.37-42.*
- Magrab, E.B.; Gupta, S.K.; McCloskey, F.P.; Sandborn, P.A. (2010). *Integrated Product and Process Design and Development.*(2<sup>a</sup> ed.). Boca Ratón: CRC Press.
- Masser, W.J. (1957). The quality manager and quality costs. *Industrial Quality Control. 14, pp.5-8.*
- Marsh, J. (2000). *Herramientas para la mejora continua.* Madrid: Editorial AENOR. pp. 141- 147.
- McBride, D.(2010). How to implement Total Productive Maintenance. *Reliable Plant Noria's 14<sup>th</sup> Annual Conference and Exhibition.*
- Maddison, A. (1994). *Economic Growth and Standard of Living in the Twentieth Century.* University of Groningen.
- Martínez-Grande, E. (1983). *Círculos de Calidad y Productividad. Manual para la implantación.* Barcelona: Gestión y Planificación Integral S.A..
- Merigó, J.M. (2008). Nuevas Extensiones a los Operadores "OWA" y su aplicación en los métodos de decisión. *Facultad de Economía y Empresa, Depto. de Economía y Organización de Empresas, Universidad de Barcelona. pp. 68-104.*
- Miner, D.F. (1933). What price quality?. *Product Engineering.* August, pp. 300-302.
- Mitonneau, H. (1991). *Cambiar la Gestión de la Calidad: Los Siete Nuevos Instrumentos.* Madrid: Editorial AENOR. pp.51-102.
- Mitra, A. (2012). *Fundamentals of Quality Control and Improvement.* (3a. ed.). Auburn-Alabama: Wiley & Sons.

- Montgomery, D. (1996). *Introduction to Statistical Quality Control*. New York: Whilley.
- Nieto, C. & Ros, L. (2006). Comparación entre los modelos de Gestión de Calidad Total: EFQM, Deming, Iberoamericano para la excelencia y Malcom Baldrige. Situación frente la ISO-9000. *Valencia: X Congreso de Ingeniería de Organización*, pp. 1-10.
- Ohno, T. (1978). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. New York: Production Press. pp.4-43.
- Ohno, T. (1988). *Workplace Management Production Press*. Portland O.R.
- 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.
- Prat, A.; Martorell, X.; Grima, P.; Pozueta, L. (2000). *Métodos Estadísticos. Control y Mejora de la Calidad*. Barcelona: Ediciones UPC. pp. 127-146.
- Purgslove, A.B. & Dale, B.G. (1995). Developing a quality costing system: key features and outcomes. *Omega: International Journal of Management Science*. 23 (5), pp. 567-575.
- Roberts, J. (1997). TPM, Total Productive Maintenance. *Texas A & M University-Commerce*.
- 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.
- Saderra, L. (1993). *El secreto de la calidad japonesa*. Barcelona: Marcombo. pp. 52-123.
- Schaffer, R.; Thomson, H. (1992). Successful Change Programs Begin with results. *Harvard BusinessReview*. September/ October: pp.105-111.
- Schneiderman, A.M., (1986). Optimum Quality Costs, and Zero Defects: Are they contradictory concepts?. *ASQC, Quality Progress*, 19 (11), pp. 28-31.



- Schneiderman, A.M., (1988). Setting Quality Goals. *ASQC Quality Progress*, April, pp. 51-57.
- Schonberger, R. (1991). *Hacia la excelencia en la fabricación*. Madrid: CDN. D.L..
- Schroeder, R.G.; Linderman, K.; Liedtke, C.; Choo, A.S. (2008). Six Sigma: Definition and underlying theory. *Journal of Operations Management*, 26 (4), pp. 536-554.
- Shewhard, W. (1980). *Economic Control of Quality of Manufactured Products*. Chelsea, Michigan: Bookcrafters, Inc.. pp. 21-120.
- Shewhart, W. (1986). *Statistical method from the viewpoint of quality control*. Washington: Graduate School of the Department of Agriculture. pp. 8-79.
- Shingo, S. (1989). *A study of the Toyota Production System, from an Industrial Engineering Viewpoint*. Cambridge: Productivity Press.
- Shingo, S. (1985). *Revolution in Manufacturing: The SMED (Single Minute Exchange of Die) System*. Cambridge: Productivity Press, 5<sup>th</sup> Edition.
- Smith, J.E.; Ulu, C. (2012). Technology Adoption with Uncertain Future Costs and Quality. *Operations Research*, 60 ( 2), pp. 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), pp. 121-140.
- Spendolini, M.J. (1994). *Benchmarking*. Bogotá: Norma S.A., p.11.
- Suzaki, K. (1987). *Competitividad en la fabricación en la década de los 90. Técnicas en la mejora continua*. Madrid: Editorial Tecnologías de Gerencia y Producción S.A.. pp. 123-153.
- Taguchi, G. (1986). *Introduction to Quality Engineering*. Asian Productivity Organization.
- Taguchi, G. (1987). *System of Experimental Design*. Unipub Kraus International Publications.

- Taguchi, G. (2001). *The Mahalanobis-Taguchi System*. New York: McGraw-Hill.
- Tague, N.R. (2004). *Seven Basic Quality Tools. The Quality Toolbox*. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality.
- Tanco, M.; Viles, E.; Pozueta, L. (2009). *Comparing Different Approaches for Design of Experiments (DoE), in advances, in Electrical Engineering and Computational Science*. Ed. Springer, p.35.
- Thoday, W.R. (1976). The equation of quality and profit. *Quality Assurance*. 2, pp. 48-52.
- Utts, J.M. (2005). *Seeing Trough Statistics*. (3rd ed.). Thomson Brooks/Cole. pp 166-167.
- Van Ark, B. & Pilat D. (1993). *Productivity Levels in Germany, Japan and the United States: Diferences and Causes*. University of Groningen, pp. 2-65.
- Vandeville, P. (1990). *Gestión y Control de la Calidad*. Madrid: AENOR N.A..
- Veen, B. (1974). Quality costs. *Quality, EOQC publication*, 2, pp. 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), p. 21.
- Waller, J.; Allen, D.; Burns, A. (1994). *The Quality Management Manual*. New Jersey: Nichols Publishing. pp. 10-11.
- Wheldon, B. & Ross, P. (1998). Reporting Quality Costs Improvement Needed. *Australian accountant* 68 (4), pp. 54-56.
- Yung, J.Y. & Wang, Y, J. (2006). Relationship between Total Quality Management (TQM), and Continuous Improvement of International Project Management (CIIPM). *Technovation* 26 (5-6), pp.716-722.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*. 8 (3), pp. 338-353.
- Zadeh, L.A. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy sets and systems*. 1, pp. 3-28.

Zadeh, L.A. (1983). The role of Fuzzy Logic in the management of uncertainty in experts systems. *Fuzzy sets and systems*. 11, pp. 199-227.

Zatzick, C.D.; Moliterno, T.P.; Fang, T. (2012). Strategic (Mis)Fit: The implementation of TQM in manufacturing organizations. *Strategic Management Journal*, 33 (11), pp. 1321-1330.

-----

## 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 t 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  
Departamento de Economía y Organización de Empresas  
Av. Diagonal 690 08034 Barcelona España  
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, entendiéndolo 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) enunciamos 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, que se mantiene intacto.

### **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 espongiforme 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. Obviamente 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), oscila entre el 5 y el 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.

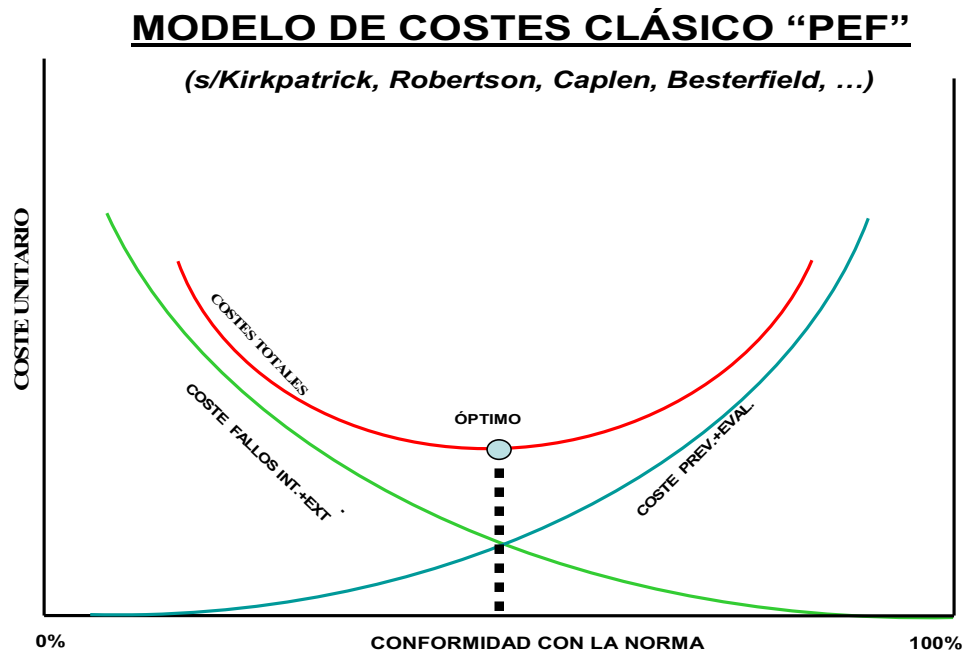
Llegados a este punto, nos parece oportuno adelantar un aspecto de vital importancia, que consiste en desterrar la creencia, ampliamente extendida, de que la calidad es un asunto que compete exclusivamente al responsable de la gestión de la calidad. Por el contrario, debe quedar claro que, todo el personal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

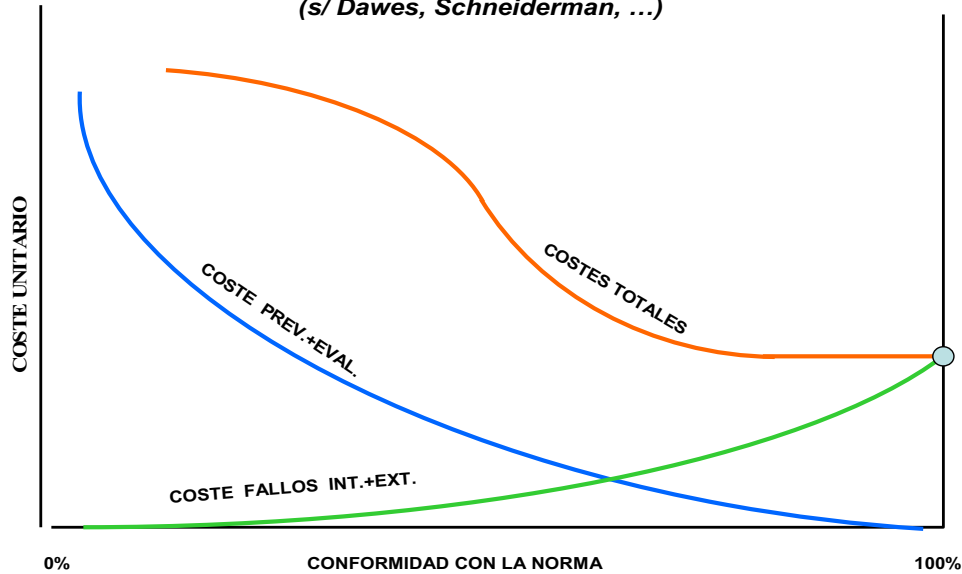


## C2) El modelo de costes “Actualizado”

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

## 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 valuación “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.

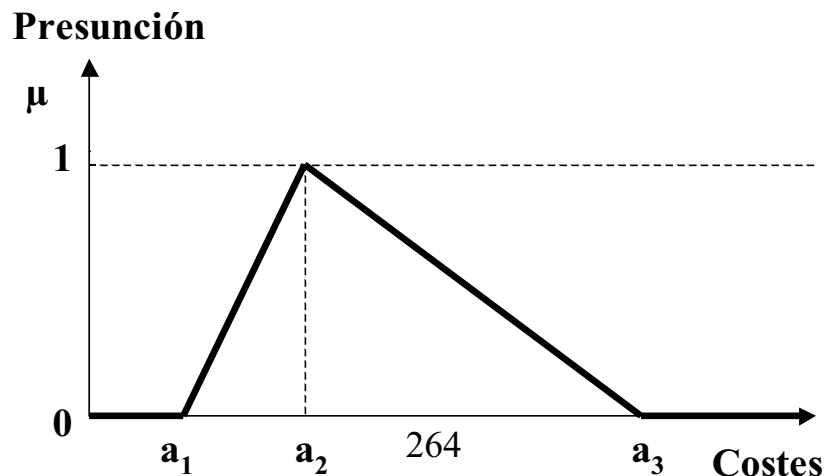
No es éste el lugar para describir la metodología del método Delphi. No es necesario, puesto que está en la mente del lector, y además podremos apreciar su funcionamiento práctico, a medida que desarrollemos el proceso de valuación de los proyectos de mejora.

## 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, ( $\sum a_1$ ), y de la misma manera se procede con los de máxima presunción, ( $\sum a_2$ ), y con los extremos superiores, ( $\sum a_3$ ).

## 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.

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

<b>CLAVE</b>	<b>COSTE</b>	<b>BENEFICIO</b>
<b>EF-1</b>	14.500 - 15.100 - 16.000	46.000 - 49.000 - 52.000
<b>EF-2</b>	14.400 - 15.000 - 15.800	46.000 - 49.000 - 54.000
<b>EA-1</b>	36.000 - 42.000 - 45.000	85.555 - 92.000 - 96.000
<b>EE-1</b>	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. Veámoslo:

## 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	2.466.500	2.442.500	2.407.500	2.365.000	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	1.466.500	1.442.500	1.407.500	1.365.000	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	4.865.800	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	17,53	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

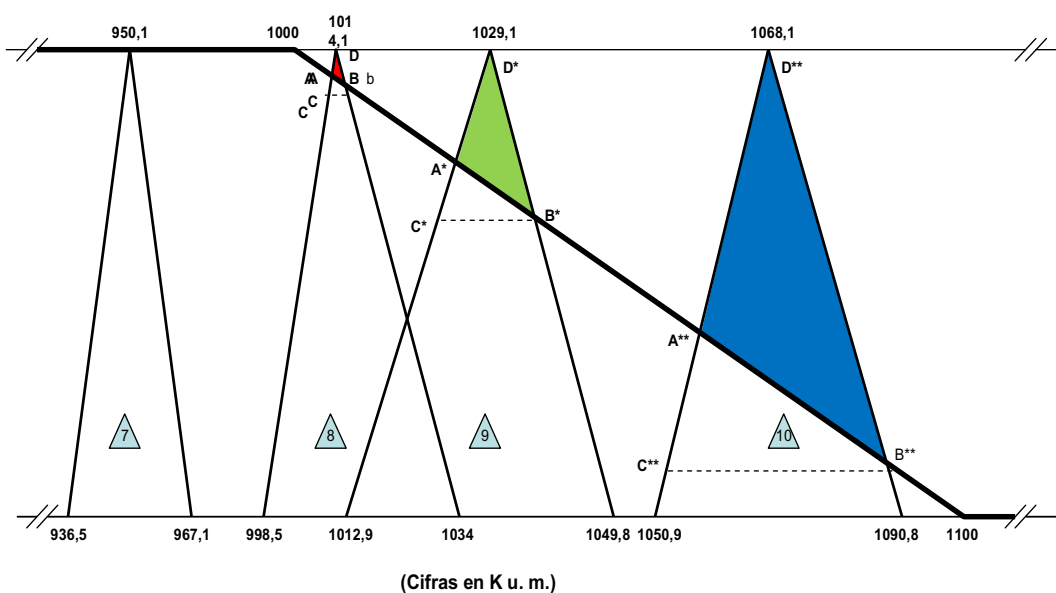
## Determinación de la mejor opción

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..

## DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO



### TRIÁNGULOS CRÍTICOS

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:

$$(x_1, y_1) = (998.500; 0)$$

$$(x_2, y_2) = (1.014.100; 1) \quad \text{Sustituyendo en la ecuación (1):}$$

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

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

$$\begin{aligned}(x_1 - y_1) &= (1.014100; 1) \\ (x_2 - y_2) &= (1.034000; 0) \quad \text{sustituyendo en la ecuación (1):}\end{aligned}$$

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

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

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

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

#### **Obtención del punto A:**

Igualemos las “y” de las ecuaciones (2) y (4), ya que A queda definido por el cruce entre ambas.

Es decir:

$$\begin{aligned}\frac{x - 998.500}{15.600} &= \frac{1.100.000 - x}{100.000} ; \text{ Resolviendo } x = 1.012.197 \\ y \text{ sustituyendo en (4); } y &= \frac{1.100.000 - 1.012.197}{100.000} ; \quad y = 0,87\end{aligned}$$

#### **Obtención del punto B:**

Igualemos 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):

$$\begin{aligned}y &= \frac{1.034.000 - x}{19.900} \quad \text{Si } x = 1.017.603 & y &= 0,82 \\ y &= \frac{1.100.000 - x}{100.000} \quad \text{Si } x = 1.017.000 & y &= 0,82\end{aligned}$$

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” sustuiremos 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:

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

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\*:

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

**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):

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

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):

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

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):

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

**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:

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

**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: 
$$I_{C10} = 1 - 0,511 = 0,49$$

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: Roulledge.
- 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 Ratón: 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.
-