

308717
31
203
UNIVERSIDAD PANAMERICANA

**ESCUELA DE INGENIERIA
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**CRITERIOS DE CALIDAD E IDENTIFICACION
Y SEGUIMIENTO DE LOS COSTOS DE LA
CALIDAD EN EL DISEÑO
Y LA CONSTRUCCION**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL

P R E S E N T A

JORGE LOPEZ FARJEAT

DIRECTOR: ING. CARLOS FRANCO MONCADA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F., 1993



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

Introducción	4
I. Conceptos Generales de Calidad	
1. Definición de Calidad	12
2. Etapas de la Calidad	14
3. Metodologías y Filosofías de los Expertos en Calidad	17
4. Herramientas de Calidad	27
II. Gestión de Calidad en el Diseño y la Construcción	
1. Definiciones	37
2. Actividades de la Gestión de Calidad durante el Diseño	39
3. Actividades de la Gestión de Calidad durante la Construcción	50
4. Fabricación del Concreto	52
5. Construcción de Plantas Nucleares	53
6. Construcción Industrial no Nuclear	56
7. Construcción no Industrial	58

III.	Costos de la Calidad en el Diseño y la Construcción	
1.	Concepto del Costo de Calidad	60
2.	Relaciones de los Costos de Calidad	66
3.	Importancia de determinar los Costos de Calidad	70
4.	Identificación y Comunicación de los Costos de Calidad	72
5.	Ejemplo práctico del Costo de Calidad en el Diseño	75
6.	Costos de Calidad en la Construcción	77
IV.	Sistemas de Identificación y Seguimiento de Costos en el Diseño y la Construcción	
1.	Identificación y Seguimiento de Costos en el Diseño	79
2.	Identificación y Seguimiento de Costos en la Construcción	81
3.	Códigos de Control de Proyecto Integrado	83
4.	Diagrama de Contabilidad con Planta Modelo	85
5.	Definiciones	89
6.	Relaciones entre los Componentes del Costo de Calidad	93
7.	Anatomía de una Desviación	93
8.	Matrices de Desviación y Códigos	101
9.	Actividades Codificadas de la Gestión de Calidad	104

V. Codificación y Sistemas de Control de Programas y Costos	
1. Generalidades	108
2. Codificación de Costos en el Diseño	109
3. Codificación de Costos en la Construcción	111
4. Recolección de Datos para el QPTS	114
5. Formatos para la Fase de Diseño	116
6. Formatos para la Fase de Construcción	119
Conclusiones	124
Anexos	127
Bibliografía	132

INTRODUCCION

La industria de la construcción, debido a las funciones que cumple y por la diversidad de factores que a ella concurren, tiene una conformación sui-generis, de características muy particulares, que la remite a un trato especial y único. Puede clasificarse indistintamente como una empresa comercial, de servicios, de transferencia, de transformación, de tecnología, de operación financiera, de administración o de bienes inmobiliarios, ya que de todo ello participa. Aunque en esencia es una industria de proceso (transformación o manufactura y aplicación), la diferencia con una industria típica de manufactura radica en el hecho de que su planta es móvil y su producto es fijo y diferente en cada caso.

La construcción ha desarrollado sus propios canales de operación y convivencia con los demás sectores económicos, por lo que en lo nacional, lo internacional y en los acuerdos multinacionales se maneja siempre con un trato especial, involucrando el capital privado y el público, el quehacer social y el político, la generación de empleo y la multiplicación de la planta industrial.

Este sector industrial reviste de una importancia primordial en el desarrollo económico de los países en crecimiento en general, y de México en particular. Por un lado, la construcción de obras de infraestructura, urbanización y de desarrollo regional permiten la generación de economías

externas que redundan en un mayor crecimiento y eficiencia de la actividad económica. Por el otro, el "derrame" económico que genera el sector a partir de las compras de materiales e insumos permite incrementar el empleo y ampliar la actividad manufacturera del país. Además, la construcción de vivienda, de entidades productivas, oficinas, edificios y obras de infraestructura, representa una parte importante de la formación de capital fijo de la economía.

La importancia de este sector como generador de empleo y de bienes de capital no se puede menospreciar si se toma en cuenta que la construcción representó el 5.16% del PIB en 1990, el 5.04% en 1991 y se estima que en 1992 represente alrededor del 5.06%. En lo que respecta a la dependencia de otros sectores de la economía en relación a la actividad de la construcción, ésta es innegable. De los setenta y dos sectores considerados dentro de la matriz Insumo-Producto de la nación, la industria de la construcción realiza compras directas a treinta y cuatro. Es decir, prácticamente la mitad de los sectores productivos de la economía se relacionan en mayor o menor grado con la construcción como proveedores directos. En promedio, la construcción contribuye con el 20.4% de las compras a los sectores industriales que realizan ventas. En general se observa que la producción de muchos insumos depende en más de un 10% de las compras de la construcción. Debe mencionarse explícitamente a las industrias del cemento y canteras, arena, agregados, grava y arcilla, cuya producción se destina a la construcción en un 87.6% y 78.4% respectivamente.

Al analizar históricamente esta industria, es posible realizar algunas inferencias sobre su comportamiento en México. Sobre todo en países en desarrollo, el sector construcción ha incurrido en costos innecesarios, altos niveles de riesgo y fuertes fluctuaciones que, de haber sido evitadas, hubieran implicado una empresa más eficiente, menos vulnerable y más rentable.

Ante la situación actual de México y la globalización de los mercados, el sector construcción necesita ajustar de inmediato los aspectos que lo hacen ser ineficiente, aprovechando la coyuntura de oportunidad que presenta el Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos de Norteamérica y Canadá, para lograr las condiciones para su adecuado funcionamiento a corto plazo.

Entre dichos aspectos se encuentran los siguientes:

1) Ley de Obras Públicas y su Reglamento.

Uno de los principales problemas existentes en la industria de la construcción es su dependencia del sector público (en el sector formal de la construcción la participación en obra pública fue de 65.4% en 1991 y se estima que sea de alrededor de 61.3% en 1992), así como la discontinuidad de los programas de inversión de dicho sector, cuya normatividad está comprendida en la Ley de Obras Públicas y su Reglamento. Dicha ley y la manera en que se ha venido aplicando, genera situaciones problemáticas, tales como la falta de precisión obtenida en las propuestas debido a que el proyecto de obra está incompleto cuando se lanza su licitación (no se

especifica el total de requerimientos correspondientes al proyecto) y el incumplimiento del programa de pagos a la empresa constructora.

2) Aspectos financieros.

Para apoyar la recapitalización de la industria de la construcción es necesario que pueda obtener crédito suficiente para sus operaciones mediante el establecimiento de mecanismos de financiamiento. El problema más grave es la falta de pago oportuno a las constructoras, lo cual origina que adopten un papel de autofinanciamiento que indebidamente se les ha adjudicado.

3) Maquinaria y Equipo.

La maquinaria y equipo que actualmente tiene disponible la industria de la construcción se ha vuelto obsoleto y requiere ser substituído por otro de más avanzada tecnología y de mayor eficiencia, el cual no se fabrica en México. Por esta razón se considera conveniente establecer sistemas y facilidades de crédito para importar estos equipos, así como sus refacciones.

4) Laboral.

Uno de los elementos primordiales para lograr la eficiencia y competitividad necesaria para la apertura de mercados internacionales es crear en el trabajador mexicano la conciencia de la necesidad de aumentar la productividad. Para esto es necesario tratarlo como ser humano, proporcionarle las herramientas necesarias mediante capacitación y orientar sus acciones hacia una mejora en la calidad de vida del mismo.

5) Calidad.

Los proyectos incluyen especificaciones y en algunos casos procedimientos de construcción. Es importante que estos elementos sean claros para que puedan ser exigibles por el propietario y más aún cuando se trata de obras públicas. Las empresas constructoras deben atender los siguientes puntos:

- a) Responder a las exigencias de las especificaciones y a la calidad de la obra, utilizando los materiales, equipos y procedimientos adecuados para la obtención de un producto final de la calidad requerida.
- b) Capacitar al personal de mando: superintendentes, sobrestantes, etc., para cumplir y exigir el cumplimiento de los requerimientos de las obras.
- c) Implantar la supervisión interna de la empresa en forma tal que la externa se convierta sólo en verificadora, como ya sucede en las obras otorgadas por concesión.
- d) Crear conciencia de que la calidad de la obra es responsabilidad del constructor y no del supervisor y evitar posibles negociaciones para la admisión, por parte de éste último, de obras defectuosas.
- e) Tomar en cuenta que la falta de calidad de las obras construidas puede ser motivo del desplazamiento de empresas mexicanas por extranjeras.

6) Ineficiencias estructurales del mercado.

Los precios de factores que enfrenta el productor de la industria, que a su vez determinan la tecnología (y la estructura de costos) adoptada por los constructores en la economía, muchas veces se encuentran sumamente distorsionados, lo cual implica un uso ineficiente de recursos, que redundan en costos innecesarios para la industria y para la economía en general.

Sin profundizar en todas las distorsiones existentes, se pueden mencionar de manera importante al control de precios, la inestable publicación de actualizaciones de precios de materiales e insumos para la construcción (que además no representan las condiciones reales del mercado), y la ineficiente forma de costear los proyectos de obra pública, así como la dificultad que se presenta al momento de identificar y dar seguimiento a los costos desde el diseño de un proyecto hasta su puesta en marcha.

Esto ha originado que las obras sean más costosas, de menor calidad y de menor efecto multiplicador sobre otros sectores. Además, ha reducido su margen de rentabilidad, lo cual ha incentivado una descapitalización del mismo. De manera que, en los años caracterizados por caídas de la demanda, se observa también una caída en los precios superior a la de los costos. Esto da pauta para que además de que se reduzca la actividad del sector, la caída de la demanda deteriore su margen de rentabilidad.

El presente trabajo de investigación hace referencia al aspecto de la calidad. Una de las principales causas del desprestigio y desplazamiento de las empresas constructoras mexicanas por extranjeras es precisamente la falta de calidad en sus obras, así como la carencia de una cultura de medición y evaluación del costo de los retrabajos. El mundo actual vive un proceso acelerado de cambio y transformación, que fomenta una mayor interdependencia a nivel mundial. Se abren posibilidades a los países o empresas con la capacidad de adaptación a estos cambios y que puedan insertarse fácilmente a las nuevas corrientes. El factor que determina esta capacidad es el de competitividad, el cual es alcanzable a través de la introducción de sistemas de calidad en las economías.

Una de las maneras más recomendables para crear una cultura de medición, así como una conciencia de lo que cuesta no hacer las cosas bien desde el principio en la industria de la construcción, es precisamente mediante la identificación y seguimiento de los costos de calidad por medio de un desglose del proyecto en piezas más pequeñas y manejables; para después codificarlos numéricamente e introducirlos en una base de datos, y entonces sea posible conocer el estado del proyecto en un momento dado.

Es importante mencionar que este tipo de sistemas aún no es muy común en México; sin embargo, se proponen los formatos básicos para poder identificar y rastrear costos de calidad en el diseño y la construcción para que una vez que el sistema sea desarrollado, se tengan cifras para cargarlo. Dada la novedad de estos sistemas, sus términos aún no existen en el idioma español, por lo que se han escrito en su graffa original.

Consta de cinco capítulos, el primero hace una introducción a los conceptos generales de calidad, sus principales autores y las herramientas estadísticas que utiliza para analizar situaciones; el segundo se refiere al concepto de calidad aplicado al diseño y la construcción, la manera en que es entendido y aplicado mediante el aseguramiento de calidad en la fabricación del concreto, en la construcción de plantas nucleares, en la construcción industrial no nuclear y en la construcción no industrial; el tercero habla sobre las principales teorías de los costos de calidad y su enfoque al diseño y la construcción; el cuarto se refiere a los sistemas de seguimiento e identificación de costos más comunes en el sector constructivo y finalmente, el quinto establece los formatos para registrar los costos de calidad con retrabajo en el diseño y la construcción así como los formatos de las actividades de gestión de calidad en ambas labores.

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES DE CALIDAD

1. Definición de Calidad.

En términos generales, la calidad puede ser considerada desde dos puntos de vista:

- a) Por parte del fabricante o proveedor de un producto o servicio.

- b) Por parte del usuario del producto o servicio.

Para el fabricante o proveedor, calidad es el cumplimiento de las especificaciones de trabajo. Dichas especificaciones deben ser completas, claras, precisas y acordadas.

Para el usuario, se tiene calidad en un producto o servicio cuando éste satisface las necesidades esperadas, tales como diseño, uso, información, oportunidad, duración, servicio, mantenimiento y precio.

De las premisas anteriores, podemos deducir que existe la posibilidad de que el fabricante pueda trabajar de acuerdo a sus especificaciones y que

sin embargo, su producto o servicio sea considerado de baja calidad por el usuario. Esto da pauta para que se establezca un punto de unión entre ambos lados que proponga otra definición:

Calidad es el cociente de la realidad (lo que es), entre la expectativa (lo que se espera):

$$\text{CALIDAD} = \text{REALIDAD} \div \text{EXPECTATIVA}$$

Así, el fabricante o proveedor puede tener la expectativa de que va a satisfacer al usuario y le asigna un valor. El valor de la realidad se da por las características del producto en sí. De la misma manera, el usuario puede tener una expectativa sobre el producto o servicio que le será brindado y evaluarla.

Si la razón es menor que 1 (la realidad es menor que la expectativa), no se tiene calidad y el producto o servicio no está cumpliendo algún o algunos requerimientos; mientras que si es igual a 1, se tiene calidad. Si el cociente es mayor que 1, (la realidad es mayor que la expectativa), se tiene, además de calidad, excelencia, pues se está cumpliendo de sobra con las necesidades que se esperan cubrir. Esto se da más generalmente cuando el producto o servicio tiene un valor agregado y no es común en la construcción debido a que ésta implica cumplir especificaciones.

Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente, podemos concluir que la calidad comienza desde el diseño del producto o servicio ¹, y que llegará a su punto óptimo en la medida en que el diseño sea acorde con lo esperado

por el usuario. Para esto, se recomiendan estudios previos al diseño, de tal manera que se puedan conocer los requerimientos específicos del usuario, además de constantes evaluaciones una vez que el producto ha sido colocado comercialmente para poder cuantificar el grado de satisfacción. La frase "Darle el cliente lo que pide, no importa qué" ², puede considerarse como el lema necesario para el éxito comercial de una empresa.

2. Etapas de la Calidad.

Conforme la calidad se fue aplicando en las empresas, siguió un orden de tres etapas secuenciales. Es importante mencionar que estas etapas son cronológicas históricamente, pero no indican una secuencia obligatoria de aplicación; de hecho, es común aplicarlas en paralelo, según los objetivos de la empresa.

La primera etapa, denominada control de calidad, considera únicamente la calidad en el producto final, por medio de la inspección de todas las piezas producidas. El trabajo es meramente correctivo, lo cual implica mayores costos por reprocesamiento del producto y mermas.

Control de calidad es responsable de regular el cumplimiento de los requerimientos, mediante las siguientes tareas:

- Control del material pedido
- Control y pruebas en construcción
- Control y pruebas de partes
- Control de montaje

- Pruebas de funcionamiento
- Pruebas de aceptación
- Control del equipo de pruebas y medición

La segunda etapa, llamada aseguramiento de la calidad, contempla la calidad en los procesos constructivos o de fabricación por medio de la supervisión y la aplicación de métodos en la producción. Es un proceso preventivo, aún cuando permite un cierto grado de retrabajo.

El sistema de aseguramiento de la calidad debe cumplir los siguientes requerimientos para funcionar adecuadamente:

- 1) Ser aceptado por los clientes, autoridades y organizaciones encargadas de pruebas y certificaciones.
- 2) Ser internamente suficiente para la multitud de procesos.
- 3) Ser realizable dentro de la organización de la empresa (en lo que respecta a pedidos y sistemas).

Aseguramiento de la calidad es el conjunto de actividades planeadas y sistemáticas que lleva a cabo una empresa, con el objeto de brindar la confianza apropiada de que un producto o servicio cumple con los requisitos de calidad especificados³.

La tercera etapa, llamada Calidad Total, observa la aplicación de la calidad en toda la empresa, por medio de programas de administración o

gestión de calidad. Su proceso es completamente preventivo y planeado; implica hacer el trabajo bien desde la primera vez, así como un cambio cultural permanente.

Calidad Total es una filosofía de trabajo, que adoptando forma de sistema, orienta a los integrantes de una organización con el afán de obtener una mejora continua en sus productos y procesos, para obtener la satisfacción del cliente al menor costo posible.

Los beneficios de adoptar un sistema de Calidad Total son, entre otros:

- Clientes satisfechos
- Aumento en la participación de mercado
- Menores costos
- Mayores utilidades
- Incremento de la productividad
- Mejor calidad de vida de los empleados
- Asegura permanencia y trascendencia de la empresa

3. Metodologías y Filosofías de los Expertos en Calidad.

Dentro de las personalidades dedicadas al estudio de la calidad, existen cuatro cuyos planteamientos y filosofías requieren una especial atención, ya que su labor ha sido reconocida por múltiples firmas en todo el mundo debido principalmente a que han logrado implantar planes que incrementan la productividad, la eficiencia, la calidad y las utilidades.

Estos cuatro expertos son:

- W. Edwards Deming
- Joseph M. Juran
- William E. Conway
- Philip B. Crosby

Todos ellos reconocen que no existen atajos para llegar a la calidad y que el proceso de mejoramiento es un ciclo que nunca termina, requiriendo del completo apoyo y participación individual de los trabajadores, de todos los departamentos y lo más importante, de los directores. Sin embargo, estos cuatro expertos no están de acuerdo acerca del camino idóneo para llegar a la calidad. A continuación se presentará un resumen de las propuestas de cada uno de ellos.

1) W. Edwards Deming.

Según este estrategia, buena calidad no necesariamente significa alta calidad, sino por el contrario, un grado predecible de uniformidad y dependencia a un precio bajo y adaptable al mercado. Reconoce que la calidad de cualquier producto o servicio tiene muchos niveles, pudiendo llegar a tener una alta calificación en un nivel y baja en otro. En otras palabras, calidad es todo lo que el cliente necesita y quiere, y como las necesidades y gustos del cliente cambian continuamente, la solución para definir la calidad en términos del cliente es conducir constantemente la investigación hacia sus necesidades.

La filosofía básica de calidad de Deming establece que la productividad mejora al disminuir la variabilidad; y como todo proceso es variable, propone el control estadístico de proceso (CEP) como una medida obligatoria. El control estadístico no implica la ausencia de artículos defectuosos, sino que es un estado de variación casual, en el cual los límites de variación son predecibles. Existen, según Deming, dos tipos de variaciones: aleatorias o comunes y especiales (éstas últimas controladas por el CEP).

Deming es extremadamente crítico con la administración y defiende la participación de los trabajadores en la toma de decisiones. Asegura que la dirección es responsable del 85% de los problemas de calidad y resalta que es tarea de ésta hacer que las personas trabajen con más inteligencia, no con más dificultad

Dentro de las acciones necesarias propuestas por Deming, sobresale la reacción en cadena, que consiste en:

- 1) Mejorar la calidad del producto o servicio.
- 2) Se reducen los costos, hay menos reprocesos, menos errores y hay un mejor aprovechamiento del tiempo del equipo y de los materiales.
- 3) La productividad se incrementa.
- 4) La calidad captura más mercado a precio más bajo.
- 5) Asegura la permanencia del negocio.
- 6) Se generan más empleos.

Deming propone catorce puntos para la gestión de calidad ⁴, que son la base para la transformación de las industrias. No es suficiente resolver únicamente los problemas grandes o pequeños, sino que la adopción y actuación sobre los catorce puntos indica que la dirección tiene la intención de permanecer en el negocio y apunta a proteger a los inversionistas y a los puestos de trabajo. Este sistema fue la base de la instrucción impartida a los altos directivos japoneses en 1950 y en los años siguientes. Los catorce puntos enumerados en la tabla 1.1 son aplicables en cualquier tipo de organización, ya sea grande o pequeña, manufacturera o de servicios.

TABLA 1.1 LOS 14 PUNTOS DE DEMING PARA LA ADMINISTRACION.

- | | |
|-----|---|
| 1. | Crear constancia de propósitos hacia el mejoramiento del producto y del servicio. |
| 2. | Adoptar la nueva filosofía. No podemos vivir más tiempo con los niveles comúnmente aceptados de retrasos, errores, materiales defectuosos y manufactura defectuosa. |
| 3. | Eliminar la dependencia de la inspección masiva, requerir en su lugar, de la evidencia estadística de la mejora de la calidad. |
| 4. | Terminar con la costumbre de establecer negocios en base al precio. |
| 5. | Encontrar los problemas. Trabajar en el sistema es responsabilidad de la administración. |
| 6. | Instituir métodos modernos de entrenamiento en el trabajo. |
| 7. | Instituir métodos modernos de supervisión de los trabajadores de producción. La responsabilidad de los supervisores debe ser cambiada de las cantidades a la calidad. |
| 8. | Eliminar el costo para poder trabajar efectivamente. |
| 9. | Romper las barreras entre los departamentos. |
| 10. | Eliminar las metas numéricas, carteles y lemas para la fuerza de trabajo, pidiendo nuevos niveles de productividad sin proporcionar métodos. |
| 11. | Eliminar los estándares de trabajo que prescriban cuotas numéricas. |
| 12. | Eliminar las barreras que existan entre el trabajador y su derecho a enorgullecerse de su trabajo. |
| 13. | Instituir un vigoroso programa de educación y reentrenamiento. |
| 14. | Crear una estructura en la alta gerencia que impulse los 13 puntos anteriores. |

2) Joseph M. Juran.

Juran propone la existencia de dos tipos de calidad: "adecuación al uso" y "conformidad según especificaciones"; por ejemplo, un producto peligroso puede tener las especificaciones pero no ser el adecuado para su uso. Considera también que los principales aspectos de la calidad son dos: técnicos (fáciles de cumplir) y humanos (los más difíciles de cumplir hoy en día).

Su planteamiento básico (Trilogía de Juran) identifica tres puntos claves para lograr la calidad:

- a) **Planificación de la calidad:** Consiste en la identificación de las actividades más importantes de un puesto o de un proceso, sus clientes, los productos que entrega, sus proveedores y sus insumos, tanto interna como externamente.
- b) **Acciones en el control de la calidad:** Consiste en la medición del comportamiento de los procesos (variables clave, estándares de trabajo) y su comparación contra los objetivos, para así poder actuar sobre las diferencias y aplicar alguna acción correctiva.
- c) **Acciones para la mejora continua de la calidad:** Entre las más sobresalientes se encuentra la formación de un comité directivo de la calidad, la designación y preparación de especialistas, la motivación, la identificación de proyectos prioritarios, la realización de un diagnóstico y el dar reconocimiento a la gente.

Además de su Trilogía, Juran habla acerca de tres pasos básicos para el progreso: programas anuales de mejora, programas masivos de educación y liderazgo en la dirección. Estima que menos del 20% de los problemas de calidad son debido a los trabajadores, con lo que recuerda a la administración ser el causante del 80%; para solucionar esto, propone entrenamiento en calidad a todos los niveles de la empresa.

Apoya el concepto de círculos de calidad, ya que mejora la comunicación entre gerente y obrero. Recomienda además, el uso del control estadístico, pero advierte que éste puede llevar a un acercamiento orientado a herramientas. Juran no cree que la calidad sea gratis y explica que hay un punto óptimo de calidad en donde la conformidad es más costosa que el valor de la calidad obtenida.

Reconoce el importante papel del comprador en el mejoramiento de la calidad, así como su conciencia de la necesidad de una mejor comunicación con los proveedores.

Propone diez pasos a seguir para el mejoramiento de la calidad dentro de un empresa ⁵, los cuales se enumeran en la tabla 1.2.

TABLA 1.2 LOS 10 PASOS DE JURAN PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD.

- | | |
|-----|---|
| 1. | Construya la conciencia de la necesidad y la oportunidad para el mejoramiento. |
| 2. | Establezca metas para el mejoramiento. |
| 3. | Organice el logro de objetivos (establezca un consejo de calidad, identifique los problemas, seleccione los proyectos, nombre equipos y designe ayudantes). |
| 4. | Proporcione el entrenamiento. |
| 5. | Realice proyectos para resolver los problemas. |
| 6. | Informe del progreso. |
| 7. | Dé reconocimiento a las personas. |
| 8. | Comunique los resultados. |
| 9. | Mantenga un registro. |
| 10. | Mantenga el impulso de hacer mejoras anuales como parte de la estrategia de la organización. |

3) William E. Conway.

Conway no habla en términos de una definición específica de calidad, sino que su concepto indica que es desarrollo, manufactura, administración y distribución de productos o servicios a bajos costos que los clientes quieren y/o necesitan. El manejo de la calidad consiste también en un constante mejoramiento en todas las áreas de operación, incluyendo proveedores y distribuidores para evitar pérdidas de material, capital y tiempo. La pérdida de tiempo es según Conway, la mayor pérdida que se tiene en las organizaciones. El exceso de inventario es otra forma importante de pérdida, porque el 60% del espacio comúnmente utilizado no es necesario y se tiene que pagar por él.

Desde el punto de vista de Conway, él se refiere a "la manera correcta de manejar la calidad" y no únicamente a como mejorarla. El problema principal es que la dirección no esté convencida de que la calidad aumenta la productividad y disminuye los costos; lo cual origina la necesidad de crear un nuevo sistema de dirección, en el que la tarea primordial es el mejoramiento de todas las áreas.

Conway apoya fuertemente la utilización de métodos estadísticos para obtener ganancias en calidad, y afirma que uno de los grandes obstáculos es intentar llevar calidad y productividad en generalidades. Argumenta que las estadísticas no resuelven problemas, sino que identifican donde se encuentran y llevan a la dirección y a los trabajadores hacia las soluciones.

Afirma que una vez que un proceso ha sido controlado, la gente responsable del proceso se hace más creativa en la eliminación de variaciones porque están conscientes de su capacidad para mejorar el sistema.

Propone seis herramientas para el mejoramiento de la calidad ⁶, basándose en que la operación crea calidad *en* el sistema, mientras que la gerencia crea calidad *sobre* el sistema. Estas seis herramientas se enumeran en la tabla 1.3.

TABLA 1.3 LAS 6 HERRAMIENTAS DE CONWAY PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD.

1.	Destreza en las relaciones humanas. La responsabilidad de la gerencia para crear a todo nivel entre los empleados, la motivación y el entrenamiento para hacer las mejoras necesarias en la organización.
2.	Inspecciones estadísticas. La reunión de datos acerca de los clientes (tanto internos como externos), empleados, tecnología y equipo se usan como una medida para el futuro progreso y para identificar lo que se necesita hacer.
3.	Técnicas estadísticas simples. Cartas y diagramas claros que ayudan a identificar problemas, el flujo del sistema y para medir el alcance de proyectos e indicar soluciones.
4.	Control estadístico de proceso. El diagrama estadístico de un proceso, ya sea de manufactura o de transformación, para ayudar a identificar y reducir la variación.
5.	Imaginación. Un concepto clave en la resolución de problemas. Involucra la visualización de un proceso, procedimiento u operación con todo el desperdicio eliminado.
6.	Ingeniería Industrial. Técnicas comunes de fijar los tiempos, simplificación del trabajo, métodos de análisis, distribución de la planta y el manejo de los materiales para lograr las mejoras.

4) Philip B. Crosby.

Crosby define la calidad como la conformidad de los requisitos y sólo puede ser medida con el costo de la inconformidad. No se debe hablar de baja o alta calidad, sino de conformidad o inconformidad. Esta propuesta significa que el único estándar de funcionamiento es "cero defectos", mediante el esquema de "hacer las cosas bien desde la primera vez".

Su filosofía se fundamenta en un ciclo de cuatro pasos:

- a) Planear y prevenir todas las actividades.
- b) Cumplir todos los requisitos negociados con los clientes.
- c) Controlar la calidad a través del "costo de calidad" medido en dinero.
- d) Buscar siempre la meta de "cero defectos" en el sistema.

Si Crosby tuviera que abreviar en una sola palabra lo que significa el manejo de calidad, ésta sería prevención. Mientras que el punto de vista convencional dice que la calidad se logra a través de la inspección, pruebas y verificación, Crosby establece que el único sistema que puede ser utilizado es la prevención; y al referirse a la prevención, quiere decir perfección. No existe lugar en su filosofía para niveles de calidad aceptables estadísticamente. Se nos ha enseñado que los errores son inevitables y se planea conforme a ellos, pero Crosby opina que no hay absolutamente ninguna razón para tener errores o defectos en algún producto.

Afirma que la mejora de calidad es un proceso que debe incluir decisión, educación e implementación y que depende de la dirección.

Menciona que en la compra de artículos, por lo menos la mitad de los problemas de calidad son originados por no establecer claramente cuáles son los requisitos. Como los defectos son definidos como desviaciones de lo publicado, anunciado o acordado con respecto a los requisitos, mucho esfuerzo y atención debe fijarse en esos requisitos.

Crosby propone catorce pasos para el mejoramiento de la Calidad ⁷, los cuales se incluyen en la tabla 1.4.

TABLA 1.4 LOS 14 PASOS DE CROSBY PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD.

1. Lograr el compromiso de la más alta gerencia con la calidad.
2. Lograr el compromiso de la gerencia intermedia con la calidad.
3. Medir la calidad, identificar áreas de oportunidad.
4. Evaluar en dinero lo que le cuesta a la empresa la mala calidad (costos de calidad).
5. Concientizar a todo el personal sobre el costo de la mala calidad.
6. Formar equipos de acción correctiva para eliminar los costos de la mala calidad.
7. Planear el programa "Cero defectos".
8. Capacitar a los supervisores para que promuevan la calidad.
9. Celebrar el día "Cero defectos" (Día del compromiso).
10. Fijar metas de mejoramiento de calidad.
11. Eliminar las causas (obstáculos) que impiden lograr la calidad.
12. Otorgar reconocimiento a la gente.
13. Analizar lo realizado y planear la fase siguiente.
14. Repetir los 14 pasos para enfatizar que el proceso de calidad nunca termina.

4. Herramientas de Calidad.

El proceso de calidad, ya sea mediante círculos de calidad ⁸, o en el trabajo individual, pasa cronológicamente a través de etapas que abarcan desde la identificación del problema hasta la presentación de resultados ante la gerencia. Al mismo tiempo, utiliza técnicas para extender ideas y luego analizarlas dentro de diferentes etapas del proceso y así poder simplificar la identificación de problemas.

Cada problema o efecto es provocado en general por varias causas, por lo que resulta difícil saber como atacarlos. Además, no todos los problemas tienen la misma importancia, y por otro lado, no es posible resolverlos al mismo tiempo. Por esta razón, es conveniente asignar prioridades a los distintos problemas e intentar resolver primeramente aquellos de mayor importancia. Para diferenciar el problema de un efecto o una causa, se requiere definir una cosa, situación o persona con un defecto.

Antes de comenzar con el análisis, es necesaria una tormenta de ideas, cuyo propósito es la generación de una cantidad de ideas u opiniones para estimular la creatividad, mediante el aprendizaje y la práctica del pensamiento divergente. Dichas ideas, como se verá adelante, serán la base del diagrama causa-efecto.

Existen siete herramientas estadísticas básicas para el análisis de problemas y que a la vez ayudan a verificar la efectividad de las acciones encaminadas a la realización de mejores procesos ⁹. Su uso permite desarrollar un proceso deductivo que va desde lo general a lo particular,

además de presentar diversos enfoques de un mismo problema. Según el estrategia japonés Kaoru Ishikawa, el 95% de los problemas de calidad y productividad se pueden resolver utilizando estas herramientas. Se muestran gráficamente en la figura 1.1

Las siete herramientas son:

- 1) Diagrama de Pareto
- 2) Diagrama Causa-Efecto
- 3) Histograma
- 4) Diagrama de Flujo
- 5) Hoja de Verificación
- 6) Gráfica de Control
- 7) Diagrama de Dispersión

1) Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto tiene como principal objetivo traducir el análisis de los datos a números y porcentajes de tal manera que se presenten al observador los "pocos vitales" y los "muchos triviales" (regla del 80-20).

En general, al formar una lista de los factores que afectan a un proceso o sistema, se pone de manifiesto que sólo un número pequeño de causas contribuyen a la mayor parte del efecto y que los restantes tienen una mínima participación en el fenómeno. El análisis del diagrama de Pareto persigue identificar las causas principales y en función de ello, establecer un orden de importancia permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos, canalizando eficazmente los esfuerzos de las personas que intervienen para atacar las causas más importantes, ya que si se consigue

hacerlas disminuir o desaparecer, se lograría una reacción significativa en la magnitud del problema.

El diagrama de Pareto se utiliza también para verificar si las acciones realizadas para lograr una mejora fueron o no eficaces, mediante la construcción de un nuevo diagrama cuando los efectos de dichas acciones se han manifestado.

La anatomía de un diagrama de Pareto es la siguiente: las causas aparecen en el eje de las abscisas del plano; la unidad de medición de porcentajes aparece como gráfica de barras, el ítem mayor aparece en el extremo izquierdo; los porcentajes acumulados aparecen como una gráfica de líneas y las causas menores aparecen como rendimientos decrecientes sobre esta línea.

2) Diagrama Causa-Efecto.

Como su nombre lo indica, establece las relaciones existentes entre los defectos o características de calidad y sus causas, también denominados factores. Esta herramienta de análisis también se conoce como diagrama de Ishikawa o espina de pescado.

El empleo de los diagramas causa-efecto no sólo se limita a la detección de las causas que originan la variación en la calidad de las características, sino que es aplicable en cualquier situación en la que se requiera establecer la relación entre factores y características.

Un rasgo importante del diagrama es su agrupación de las ideas originadas en la lluvia de ideas que fueron consideradas como causas en cinco ramos: mano de obra, materia prima, método, maquinaria y medio ambiente (conocidas como las cinco emes).

Es recomendable hacer uso de esta herramienta, ya que entre sus múltiples beneficios, podemos mencionar la ayuda que brinda para ilustrar con claridad los diversos factores que afectan un resultado, clasificándolos y relacionándolos entre sí, así como para determinar el tipo de datos que deben obtenerse para confirmar el efecto de los factores que fueron seleccionados como causas de los problemas. Este diagrama puede ser utilizado para la prevención de problemas, detectando sus causas potenciales; además de ser un facilitador del trabajo en equipo debido a su característica de "gufa para la discusión".

3) Histograma.

Siempre que sea posible, se debe procurar traducir la información recopilada a gráficas, ya que ahorran tiempo en el proceso de comunicación y facilitan el análisis global de la situación en estudio.

Una de las gráficas más utilizadas es el histograma, el cual presenta el resultado de las evaluaciones de muchas unidades idénticas mostrando la distribución de las variaciones. Es usado para medir la frecuencia con que ocurre un evento. La presentación del histograma puede ser mediante barras o gráficas de pastel.

Esquemáticamente, el eje de las ordenadas está graduado numéricamente para graficar frecuencias, mientras que el de las abscisas contempla los rangos de ocurrencia.

El uso común del histograma se debe a que se puede hacer uso de parámetros estadísticos tales como la media, el rango, la desviación estándar, la varianza y los cuartiles, entre otros, proporcionando una gran cantidad de información útil para el análisis.

Una modalidad del histograma es la estratificación, que es la clasificación de datos, tales como defectivos, causas fenómenos, tipos de defectos (críticos, mayores, menores, etc.), en una serie de grupos con características similares, con el propósito de poder comprender mejor la situación y encontrar la causa principal más fácilmente.

A cada categoría se le denomina estrato. Los estratos a utilizar dependerán de la situación analizada, aunque por lo general son cualitativos o cuantitativos. El propósito que persigue esta herramienta es similar al histograma, con la única diferencia de que los datos se clasifican en función de una característica común.

4) Diagrama de Flujo.

El diagrama de flujo constituye un método sumamente útil para delinear lo que está ocurriendo en un sistema. Son gráficas donde se representan las distintas etapas de un proceso, ya sea un servicio o una línea de producción.

El objeto que persigue esta herramienta es poder comparar el proceso teórico con el real, para identificar las fallas o discrepancias. Su funcionalidad radica en el hecho de que identifica fácilmente las redundancias, la ineficiencia, las malas interpretaciones y en que presenta un panorama amplio de la actividad.

En resumen, es una técnica para visualizar los pasos de un proceso y la relación y tiempos de ocurrencia entre éstos. Proporciona un método para documentar un nuevo proceso y compararlo con el anterior.

5) Hoja de Verificación.

En lo que respecta a la recopilación de datos, ésta se debe llevar a cabo cuando se desee información de las causas identificadas en la lluvia de ideas o sea necesario aislar alguna causa en particular. Algunos de los formatos más utilizados para la recolección de datos son: la lista de verificación (cortejo gráfico de la información necesaria que permite la recopilación de datos de manera ordenada y simultánea al desarrollo del proceso) y las hojas de trabajo (formato para registrar datos según parámetros previamente establecidos).

Las hojas de verificación se pueden aplicar paralelamente al proceso, lo cual les proporciona la flexibilidad de ser un instrumento de autocontrol orientado hacia la inspección

En resumen, la hoja de verificación es una lista de aspectos a verificar que permite recolectar datos fácil y rápidamente en un formato

estandarizado que conduce por sí mismo a un análisis cuantitativo y que persigue facilitar la captura de datos y su registro analítico.

6) Gráficas de Proceso y de Control.

El gráfico de proceso o tendencia es la herramienta estadística más simple. Consiste en la representación gráfica de los datos a través de un período de tiempo, con el objeto de conocer su tendencia. Por lo general, en el eje de las abscisas se gradúa tiempo, mientras que en el de las ordenadas la cantidad de eventos ocurridos.

El gráfico de control, conocido también como Control Estadístico de Proceso (CEP), es una representación gráfica del proceso de producción con límites superiores e inferiores estadísticamente determinados, trazados a uno y otro lado del promedio. Tanto el límite superior de control como el inferior, quedan determinados al permitir que un proceso estable siga su marcha sin interferencia externa y al analizar después los resultados usando métodos matemáticos. Cabe señalar que esta herramienta es más común en la industria manufacturera que en la de servicio.

Existen dos tipos de variación, las "causas comunes" (habilidades, capacidades, etc.) y las "causas especiales" (mal funcionamiento de maquinaria, falta de capacitación). Estas últimas aparecen en el gráfico de control fuera de los límites. La fórmula de los límites de control está diseñada para proporcionar un balance económico entre buscar con demasiada frecuencia causas especiales cuando no las hay y no buscar cuando podría descubrirse una causa especial.

Los gráficos de control se dividen en dos categorías según sea la naturaleza de los datos. Una es para datos mensurables: volumen, longitud, presión. La otra es para datos no mensurables y que en ocasiones pueden contarse: piezas defectuosas, errores tipográficos.

Este tipo de representación muestra gráficamente que existe variabilidad en todo proceso. En forma aproximada, la mitad de los puntos se encontrará por encima del promedio y la otra mitad por debajo. Como se elabora paralelamente a la producción, es sumamente útil para el autocontrol y se utiliza como un regulador en el proceso.

7) Diagrama de Dispersión.

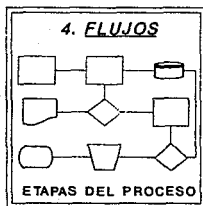
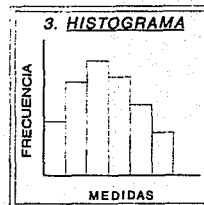
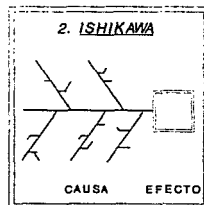
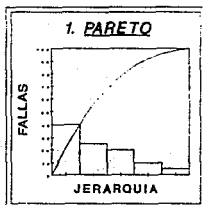
El diagrama de dispersión junto con la correlación lineal tienen como objeto determinar la relación que pueda existir entre dos variables, si es que ésta existe. Comúnmente las variables corresponden a dos diferentes causas o a la causa y efecto de un problema. Su uso permite demostrar hipótesis que pudieron haberse desprendido del diagrama causa-efecto.

El formato básico de la correlación consiste en un plano cartesiano en el cual el eje de las abscisas corresponde a la variable independiente y el de las ordenadas a la dependiente. Al tomar la medición, se toma lectura de ambas variables simultáneamente y se ubica el punto en el plano. Al incrementar el número de mediciones, se podrá distinguir la dispersión. Se procede entonces al ajuste de la curva que mejor describa el comportamiento, mediante el método matemático de regresión lineal. Si el resultado da un valor igual a 1, quiere decir que existe una alta correlación; conforme va disminuyendo, la correlación disminuye, de tal manera que

cuando toma el valor de cero, no hay correlación, es decir, es nula. Si el resultado es negativo significa que es inversamente relacional, y conforme se aproxima a -1 se va tornando completamente inversa.

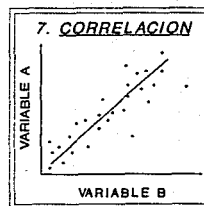
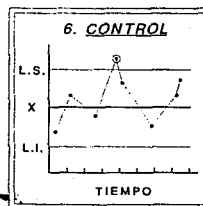
Las herramientas anteriormente mencionadas son de gran utilidad dentro del diseño y la construcción, y debido al enorme contenido de información que representan, es conveniente utilizarlas constantemente para analizar el comportamiento del proceso constructivo e identificar costos de calidad. Son además, un excelente soporte para el personal involucrado en el control de calidad de la obra.

FIGURA 1.1 HERRAMIENTAS ESTADISTICAS



5. HOJA DE VERIFICACION

EVENTO	C1	C2	C3	C4	TOTAL
A					
B					
C					
D					



CAPITULO II

GESTION DE CALIDAD EN EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCION

1. Definiciones.

En la industria de la construcción se presenta un problema al definir el concepto de necesidad y su satisfacción. El producto es único por lo general y la respuesta del mercado no es un método viable para determinar si se ha alcanzado la calidad. Cuando se presenta una falla considerable, es claro que la necesidad no ha sido satisfecha, pero medir la calidad bajo este concepto es aún más complicado. Existe otro problema al aplicar esta definición a la fase de construcción de un proyecto: la construcción debe ser llevada a cabo de acuerdo a un contrato, y al proceder de esta manera se garantiza que las necesidades del usuario serán satisfechas únicamente si el diseño en sí es adecuado. En otras palabras, la satisfacción del cliente está fuera del alcance del constructor en este caso.

La definición de calidad de Crosby, como el cumplimiento de requerimientos tiene dos efectos. En primer lugar, necesita el establecimiento y comunicación de los requerimientos. Para el diseño, los requerimientos funcionales son fijados por el cliente o propietario, lo cual no es tarea fácil y puede originar serios problemas; para la construcción, los

requerimientos deben ser correcta y claramente establecidos en el contrato, esto representa también un problema debido a que es materia de controversia y complicaciones legales. El segundo efecto es que la presencia o ausencia de calidad se torna objetiva o mensurable sólo cuando se han cumplido los requisitos. El grado de mejora o excelencia del producto pierde entonces importancia.

Aún cuando ambas definiciones han sido adoptadas, es conveniente considerar sus desventajas al utilizarlas dentro de la construcción.

Por lo general existe cierta confusión con las expresiones que involucran la palabra calidad, por esto, se presentan a continuación las definiciones de las cuatro expresiones más comunes:

- *Actividades de Calidad:* Todas aquellas actividades dentro de un proyecto que están directamente asociadas con la prevención y evaluación.
- *Aseguramiento de la Calidad:* Todas aquellas actividades planeadas o sistemáticas necesarias para proporcionar la adecuada confianza de que el proyecto estará de acuerdo a las especificaciones establecidas en el diseño.
- *Control de la Calidad:* Inspección, prueba, evaluación o cualquier otra actividad necesaria para verificar que el proyecto cumple con los requerimientos establecidos.

- **Gestión de la Calidad:** Actividad consistente en la optimización de las actividades de calidad presentes en la producción o desarrollo de un proceso. Incluye la dirección en funciones específicas de aseguramiento, control y auditoría de calidad para evitar desviaciones. Incluye también actividades de prevención y de evaluación.

2. Actividades de la Gestión de Calidad durante el Diseño.

Es evidente que aún hay mucho que hacer para mejorar la gestión de calidad en el diseño. Algunos problemas de baja calidad en el diseño pueden ser observados claramente en las fallas que se presentaron en San Juanico (1984), en la Ciudad de México (1985) y en Guadalajara (1992). Esto dá pauta para que las cuotas de aseguramiento, así como las reclamaciones, aumenten considerablemente. Otros problemas ocurren durante la construcción cuando los errores, las omisiones y las ambigüedades en los planos y especificaciones son evidentes. Esta falta de adecuación con lo especificado origina cambios, cuyo control y documentación atrasan el proyecto.

Al no ser entregado el proyecto conforme a lo pactado, se suscitan reclamos por parte del cliente o propietario. En México, se presentan dos casos en lo que a responsabilidad se refiere:

1. Existe un consorcio entre el diseñador y el constructor (varias firmas comparten el contrato).
2. El diseñador y el constructor son independientes.

En el primer caso, si se presenta una falla, la responsabilidad es compartida equitativamente. En el segundo caso, quien responde es el constructor; por esta razón, es conveniente que el diseñador este certificado con alguna norma o que el diseño sea verificado por un tercero.

En los Estados Unidos de Norteamérica si se presenta una falla de diseño, el responsable es el mismo diseñador, no el constructor.

Tradicionalmente el diseñador no trabaja mediante un estándar de perfección, sino que se basa en un estándar de experiencia; sin embargo, este criterio no es suficiente para disminuir su responsabilidad.

Una investigación realizada sobre los efectos del diseño en la construcción, basándose en la utilización de una matriz de objetivos y su ponderación, obtuvo como resultado siete criterios iniciales para la evaluación del desempeño en el diseño; dos de ellos directamente relacionados con la calidad ¹⁰. Tomando como base total el 100%, se concluyó lo siguiente:

1. Precisión en los documentos del diseño (25%).
2. Aprovechamiento/utilización. Los documentos de diseño deben estar completos y claros (15%).

En este estudio, el criterio más significativo es la precisión en los documentos de diseño. La precisión se relaciona con la frecuencia e

impacto de los errores en las especificaciones y dibujos. Para poder aplicar un análisis cuantitativo se sugiere comparar los costos actuales de diseño con el presupuesto original asignado, así como con el costo total del proyecto. Este sistema de medición es limitado, pues depende de la precisión de un cálculo estimado el cual puede ya haber considerado un número promedio de correcciones.

La calidad en el diseño es como se ha mencionado, de vital importancia, y aunque la necesidad de hacer uso de las técnicas de gestión de calidad en la construcción es bien vista por la profesión del diseño, al momento de su aplicación formal existe un cierto grado de resistencia.

Gran parte de la información disponible sobre la gestión de calidad en el diseño está orientada hacia la industria manufacturera, no obstante, es clara su necesidad y uso en la construcción; por esto muchos programas de gestión de calidad en esta industria se han derivado de su uso en el diseño manufacturero. La Sociedad Americana para el Control de Calidad (ASCQ) ha emitido un informe sobre el sistema de aseguramiento en el diseño y establece que éste "debe asegurar que los planos y especificaciones proporcionen una definición clara y cuantificable en costos del diseño que incorpore todos los requerimientos aplicables" ¹¹. La tabla 2.1 enumera los elementos específicos junto con una breve descripción.

TABLA 2.1 ELEMENTOS DE ASEGURAMIENTO EN EL DISEÑO

ELEMENTO	DESCRIPCION
Control de medidas	Especificación de parámetros mensurables
Validación del diseño	Evaluación del diseño en etapas determinadas
Revisión formal del diseño	Revisiones independientes basadas en criterios definidos y hechas a tiempo
Prueba de calificación del diseño	Prueba del diseño por prototipo, inspección, etc.,
Revisión de la disposición del mercado	Verificación de que la producción y el soporte en campo son adecuados
Bases de diseño	Verificación de que los documentos definen la base del diseño
Recalificación del diseño	Evaluación periódica del grado de adecuación del diseño
Control del cambio de diseño	Dirección de la elaboración, cambio y uso de documentos

No todos los elementos listados en la tabla 2.1 se aplican igual en el diseño para la construcción; los elementos 4 y 5 son poco relevantes, pero los restantes son de gran importancia. J.A. Burgess define el aseguramiento en el diseño como "todas aquellas acciones planeadas y sistemáticas que proporcionen la seguridad de que el diseño del producto satisficará los requerimientos de su uso propuesto" ¹². Los principales elementos del aseguramiento de acuerdo a este autor se enumeran en la tabla 2.2. Aunque se ha contemplado el diseño de producto, se puede observar que la mayoría de los elementos son importantes para el diseño en la construcción.

La Comisión de Energía Atómica publicó una serie de estándares (este documento, ahora llamado Criterios de Aseguramiento de Calidad para Plantas Nucleoeléctricas y Plantas de Reprocesamiento de Combustibles, constituye el apéndice B del título décimo del Código de Reglas Federales de los Estados Unidos de Norteamérica y se le denomina 10CFR50), en los que el control del diseño es uno de los dieciocho aspectos de aseguramiento de calidad ¹³. Aunque sus detalles son muy complejos, el análisis básico es similar al presentado en la tabla 2.2. Las diferencias más significativas radican en la cantidad de documentación requerida y en el énfasis sobre el análisis de fallas y control de las interfases del sistema. La tabla 2.3 presenta los elementos propuestos para el diseño en plantas nucleares ¹⁴.

TABLA 2.2 ELEMENTOS DE ASEGURAMIENTO EN EL DISEÑO

ELEMENTO	DESCRIPCION
Requerimientos del diseño	Fuentes internas y externas, listas de verificación
Control de planos	Revisión de planos definitivos y no definitivos, control de elaboración de documentos, control de revisiones
Control de especificaciones	Revisiones, control de elaboración de documentos, control de revisiones
Control de configuraciones	Documentación y revisión de cambios en el diseño
Diseño de métodos de control	Métodos estandarizados de diseño y verificación
Control de software de ingeniería	Codificación, verificación y control de programas de computadora para el diseño
Prueba de productos	Pruebas de planeación, ejecución y evaluación
Revisiones del diseño	Revisiones formales e informales
Control de quejas	Manejo y reporte de quejas, retroalimentación
Documentos de ingeniería	Métodos de identificación y archivo
Mejora de la confiabilidad	Pruebas, evaluaciones y reportes
Auditoría	Bases y procedimientos del diseño

TABLA 2.3 ELEMENTOS DE CONTROL EN EL DISEÑO

1. **Medidas documentadas para:**
 - Organizar y estructurar el diseño y la planeación
 - Traducir los requerimientos y objetivos del diseño en especificaciones y planos
 - Asegurar que los estándares de calidad están incluidos en los documentos de diseño
 - Identificar y controlar cambios en el diseño y estándares de calidad
 - Implementar registros de medidas de control en el diseño
 - Proporcionar estudios
2. **Control de interfase**
 - Organización y control de diseño
 - Coordinación de interfase documental
3. **Verificación del diseño**
 - Revisión del diseño, cálculos alternativos
 - Independencia de la revisión
4. **Revisiones del diseño**
 - Profundidad del criterio de revisión
 - Revisión de diseños aplicables según estándares
 - Métodos de revisión
5. **Control de cambios**
 - Los estándares de control se adecúan con los estándares originales de diseño
 - Técnicas de revisión y aprobación
6. **Verificación por prueba**
 - Asignación de los ingenieros
 - Condiciones de prueba
 - Modos operativos aplicables
7. **Problemas encontrados**
 - Especificaciones sobradas
 - Detecciones por auditorías

Por su parte, el Instituto Americano del Concreto ha sugerido algunos deberes adicionales, y recomienda que la coordinación y verificación de todas las revisiones y aprobaciones requeridas estén incluidas en el programa de aseguramiento de calidad ¹⁵. La tabla 2.4 presenta los elementos principales de este planteamiento.

La actividad más importante del aseguramiento de la calidad es la revisión de los proyectos para verificar la correcta aplicación de los principios ingenieriles. La efectividad de los costos en el diseño está incluida también en esta revisión. Las actividades de aseguramiento de la calidad comienzan en el momento en el que se inicia el diseño, continúan con el proceso del diseño y terminan con su firma de certificación.

Para monitorear las actividades de aseguramiento de la calidad y su relación con el progreso del proyecto, se utiliza un programa de seguimiento ¹⁶. La tabla 2.5 muestra las actividades específicas que se involucran.

TABLA 2.4 RESUMEN DE LOS ELEMENTOS DEL ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN EL DISEÑO

ELEMENTO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	DESCRIPCION
Organización	Autoridad/responsabilidad
Bases del diseño	Códigos, estándares, suposiciones
Cálculos	Documentación, verificación y aprobación
Planos	Revisión, aprobación, control, as-built
Cambios en campo	Revisión, aprobación, revisión de documentos, control
Supervisión de la constructora	Documentos de procuración, métodos, procedimientos de calidad, documentos generales
Resolución de quejas	Retrabajo, documentación

TABLA 2.5 ACTIVIDADES DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN EL DISEÑO.

1.	Establecimiento de los requerimientos de diseño
2.	Establecimiento de un plan de trabajo para el aseguramiento de la calidad
3.	Revisión del diseño
4.	Desarrollo de estándares para el diseño y planos
5.	Desarrollo de especificaciones estándar
6.	Verificación de cálculos
7.	Compilación y almacenaje de datos históricos del proyecto
8.	Seguimiento a las actividades de aseguramiento de calidad

La factibilidad de la construcción es otra consideración importante para poder llevar a cabo un diseño eficiente. Es "el uso óptimo de los conocimientos de construcción y de la experiencia en la planeación y la ingeniería" ¹⁷. Se han identificado siete aspectos sobresalientes: programa de actividades orientado a la construcción, diseños simplificados, estandarización, ingeniería/preensamble modular, alcance, accesibilidad, especificaciones y clima adverso. Se deben revisar específicamente los procedimientos de diseño y procuración para verificar que coincidan con estos factores. Esta es una actividad de gestión de calidad así como de evaluación. Aunque las actividades propuestas en las tablas presentadas son diferentes en énfasis, detalle y vocabulario, persiguen objetivos comunes; por esto se ha seleccionado una lista de las actividades representativas utilizadas más generalmente en la gestión de calidad orientada al diseño constructivo (tabla 2.6).

TABLA 2.6 ACTIVIDADES REPRESENTATIVAS DE LA GESTION DE CALIDAD PARA EL DISEÑO ORIENTADO A LA CONSTRUCCION

1. Verificación de requerimientos del diseño
2. Desarrollo del programa de calidad
 - Asignación de responsabilidades
 - Determinación del presupuesto
 - Suministro de especificaciones
3. Validación del diseño
4. Revisión del diseño
 - Bases y suposiciones
 - Cálculos
5. Revisión de factibilidad de construcción
6. Verificación del diseño
7. Revisión de especificaciones
8. Control de planos no definitivos o borradores
9. Control de cambios
 - Diseño
 - Especificaciones
 - Planos
10. Control de documentación
 - Planos
 - Registros de ingeniería
 - Datos históricos de trabajo
11. Preparación de documentos estándar
 - Métodos de diseño
 - Especificaciones
12. Auditorías de proceso de ingeniería
13. Inspección por parte de la empresa constructora
14. Revisión final

3. Actividades de la Gestión de Calidad durante la Construcción.

Hay varias razones por las cuales la calidad no se realiza fácil o automáticamente durante el proceso constructivo. En primer lugar, los requerimientos en sí, la esencia de la calidad, como se ha definido con anterioridad, no siempre están adecuadamente descritos. De hecho, los diseñadores niegan la posibilidad de poderse anticipar y detallar todas las características en los documentos de construcción. En segundo lugar, el medio ambiente que rodea a la construcción es inestable; el tamaño y complejidad de los proyectos varía; las condiciones de trabajo son en ocasiones incontrolables; la fuerza de trabajo es variable: su tamaño, composición y motivación cambian y la cooperación de los subcontratistas suele ser pobre. En tercer lugar, un proyecto de construcción se maneja por costo o tiempo y el tomar en cuenta a la calidad puede propiciar que el proceso se prolongue; aún cuando es posible argumentar que si la calidad es correctamente entendida no necesita sacrificar el costo o el tiempo y que existe un cierto intercambio de beneficios.

Finalmente, la presencia de un error humano en algún punto del complejo proceso puede arruinar las intenciones de entregar calidad.

Existe plena conciencia de la necesidad de aplicar esfuerzos especiales para obtener calidad en la construcción; y aunque los problemas asociados con la calidad en este ramo industrial no son nuevos, para la administración de la construcción sí lo son. Los programas de control de calidad propiciaron programas de inspección y están siendo formalizados en

México por muchas empresas constructoras. Sin embargo, aún no se perciben resultados claros y algunas actitudes negativas aún persisten.

La industria de la construcción tiene una historia de apatía y hostilidad sobre el concepto de la gestión de calidad. La bibliografía disponible es deficiente en temas fundamentales de calidad para este sector. No fue sino hasta 1982 que la Sociedad Americana para el Control de Calidad (ASQC) estableció un comité técnico de construcción para emprender una solución a esta necesidad.

En México, desafortunadamente la gestión de la calidad en la construcción es sumamente rudimentaria, incluyendo apenas inspecciones después de los hechos; en ocasiones se ha llegado al aseguramiento de calidad (Planta nucleoeléctrica Laguna Verde) y en casos sumamente particulares, el cliente ha asumido la responsabilidad del aseguramiento y el constructor la del control. Este sistema se denomina control de calidad del contratista. No existe una definición precisa sobre cómo debe desarrollarse la gestión de calidad debido principalmente a dos puntos conflictivos: La duplicidad de esfuerzos y funciones (gestión de calidad tanto por parte del dueño, como del constructor o contratista) y conflicto de intereses (gestión de calidad por una parte solamente). Una descripción completa de los sistemas de gestión de calidad para la construcción está fuera del alcance del presente trabajo de investigación, sin embargo, se analizan los factores primordiales para la consecución de una administración por calidad efectiva en este ramo industrial

4. Fabricación del Concreto.

La fabricación del concreto tiene muchas características que lo hacen un candidato primordial para la gestión de calidad, y mucho se ha escrito al respecto. A diferencia de otros materiales estructurales como el acero o la madera, el concreto es por lo general producido localmente según se requiere. El control de calidad en su manufactura, así como su prueba y graduación, con los que se cuenta para otros materiales, no puede asumirse, y debe ser parte del proceso constructivo. Hay muchas formas de hacer las cosas mal, y la mayoría de ellas facilitan o aceleran el proceso de fabricación del concreto; además, los efectos negativos de un trabajo incorrecto no son siempre visibles al instante debido al tiempo relativamente largo que tarda el concreto en ganar fuerza. Un tiempo largo de curado significa que el trabajo debe proceder bajo el supuesto de que el concreto fraguará gradualmente.

La gestión de calidad durante la fabricación del concreto envuelve muchas actividades, las cuales han sido propuestas por el Instituto Americano del Concreto. Dichas actividades se enumeran en la tabla 2.7.

TABLA 2.7 ACTIVIDADES DE LA GESTION DE CALIDAD EN LA FABRICACION DEL CONCRETO.

1.	Desarrollo del sistema de calidad
	Desarrollo del programa de aseguramiento de calidad
	Desarrollo del plan de aseguramiento de calidad
2.	Control de materiales
	Selección y evaluación del proveedor
	Documentación de la compra
	Inspección al momento de la recepción
	Calificación del material
	Manejo y almacenamiento de materiales
3.	Inspección
	Programa de inspección
	Mantenimiento de un registro de inspecciones
4.	Prueba y evaluación
5.	Identificación y solución de inconformidades
	Reparaciones
	Retrabajo
	Aceptar como está
	Rechazar

5. Construcción de Plantas Nucleares.

Es un requerimiento primordial que el propietario de la planta implemente un programa de aseguramiento de calidad independiente del diseño, procuración y construcción, que incluya los dieciocho criterios de diseño general para la construcción de plantas nucleares ¹³, mostrados en la tabla 2.8. Por las definiciones usadas, se puede apreciar que el control de calidad es un subelemento del aseguramiento de calidad. La empresa constructora debe cumplir con las actividades y esfuerzos de control de

calidad contenidos en los dieciocho criterios, y como éstos no son lo suficientemente explícitos, han requerido una interpretación más amplia y se ha profundizado en ellos al ordenarlos en normas o códigos.

TABLA 2.8 CRITERIOS DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD PARA PLANTAS NUCLEARES.

1.	Organización
2.	Programa de aseguramiento de calidad
3.	Control de diseño
4.	Control de documentos de compra
5.	Instructivos, procedimientos y planos
6.	Control de documentos
7.	Control de servicios, equipo y material comprados
8.	Identificación y control de materiales, partes y componentes
9.	Control de procesos especiales
10.	Inspección
11.	Control de pruebas
12.	Control de equipo de medición y pruebas
13.	Manejo, almacenamiento y embarque
14.	Estado de la inspección, prueba y operación
15.	Materiales, partes y componentes discordantes
16.	Acción correctiva
17.	Registros de aseguramiento de calidad
18.	Auditorías

Los criterios enumerados en la tabla 2.8 necesitan estar apoyados en varios tipos de actividades, tanto por parte del propietario como de la empresa constructora. Existen tres niveles de actividades: inspección, vigilancia y auditoría¹⁸. Las inspecciones se llevan a cabo en materiales,

fabricación y trabajo en la obra. La vigilancia incluye la revisión de las especificaciones y de otros documentos, además del seguimiento a los programas de control de calidad. La auditoría está constituida por los procedimientos para verificar el correcto funcionamiento del programa de gestión de calidad en sí. Se ha calculado que lo más recomendable es que al menos ochenta y tres trabajadores en una población de tres mil estén orientados a estas actividades ¹⁹, ya que la labor de aseguramiento y control de calidad escritas en políticas y procedimientos, así como la excesiva documentación que evidencia la calidad, no son trabajos fáciles.

Una actividad adicional no explícita en los dieciocho criterios y de suma importancia es la capacitación.

La estructura de la gestión de calidad impuesta por los dieciocho criterios tiene un impacto considerable. La tabla 2.9 enumera las actividades de gestión inherentes a la aplicación del estándar.

TABLA 2.9 ACTIVIDADES DE LA GESTION DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCION INHERENTES EN 10CFR50.

1.	Preparación de programas y planes de calidad
2.	Preparación y control de estándares de calidad: Instrucciones, procedimientos y planos, materiales comprados, partes y componentes, procesos especiales
3.	Control de documentos: Procuración, diseño y revisiones
4.	Inspección de materiales, fabricación y trabajo en obra
5.	Control de pruebas y de equipos de medición y pruebas
6.	Determinación y control de materiales, partes y componentes discordantes
7.	Control de la acción correctiva
8.	Preparación y mantenimiento de registros relacionados con la calidad
9.	Ejecución de auditorías de calidad
10.	Entrenamiento

6. Construcción Industrial no Nuclear.

Los estándares enumerados en la tabla 2.8 han proporcionado la base para la gestión de calidad en la construcción industrial no nuclear. La seguridad operacional fue la principal causa, pero el poder del concepto para realzar la seguridad, así como su potencial costo beneficio lo hicieron atractivo para otros proyectos industriales. La tendencia, sin embargo, ha sido relajar los estándares ligeramente, especialmente en lo relacionado a la documentación. Se ha propuesto un sistema para el control de calidad en la construcción ²⁰ que considera la responsabilidad del propietario, el diseñador y el constructor. Una matriz de control de calidad y un diagrama lineal de responsabilidades indican las actividades involucradas en el proceso de

control de calidad. La tabla 2.10 es una adaptación del diagrama lineal de responsabilidades.

TABLA 2.10 ACTIVIDADES DE CONTROL DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCION.

Preparar el manual de control de calidad y de procedimientos
Preparar documentos de compra y procuración
Evaluar la capacidad de calidad de los proveedores
Inspeccionar los productos fabricados fuera de la obra
Controlar la distribución de planos y especificaciones
Especificar los planes de muestreo
Entrenar y calificar al personal especializado
Entrenar y calificar al personal de inspección
Inspeccionar el trabajo en proceso: aceptar o detener
Inspeccionar los materiales al momento de su recepción
Dar seguimiento y evaluar tendencias de calidad
Investigar fallas
Liberar sistemas y componentes para las operaciones
Conducir actividades de higiene y limpieza
Conducir pruebas preoperacionales

En el desarrollo y prueba de un programa de gestión de calidad para la construcción, desde el punto de vista del propietario, los puntos claves para tener éxito son ²¹:

- 1.- Un programa de control de calidad formal por parte de la empresa constructora.

- 2.- Documentar cuidadosamente todo aquello relacionado con la calidad, incluyendo la causa de las fallas.
 - 3.- Uso de listas de verificación detalladas y formales tanto para control como para aseguramiento de calidad.
 - 4.- Contar con una provisión de recursos materiales para auxiliar el esfuerzo de aseguramiento de calidad.
 - 5.- Compromiso hacia el programa de calidad por parte del propietario.
7. **Construcción no Industrial.**

Se han comparado las diferentes proposiciones de gestión de calidad utilizadas en la construcción de plantas nucleares, puertos, carreteras y edificios y se ha concluido que en general, las actividades establecidas para el aseguramiento y control de la calidad son semejantes a aquellas utilizadas en la construcción industrial. Sin embargo, existe un gran énfasis en el uso de técnicas de control estadístico que involucran más atención a los procedimientos de muestreo y prueba.

Las técnicas de gestión de calidad utilizadas en la construcción de edificios tienden a ser menos extensas que aquellas usadas en la construcción industrial. Cuando se aplica el control de calidad, el mayor énfasis recae sobre la inspección. Las actividades más comunes se derivan de aquellas que se establecieron para la construcción industrial.

A partir de todos los casos de construcción anteriormente expuestos, se puede hacer un resumen de las actividades de gestión de calidad más representativas. Estas actividades se enumeran en la tabla 2.11.

TABLA 2.11 ACTIVIDADES REPRESENTATIVAS DE LA GESTION DE CALIDAD PARA LA FASE DE CONSTRUCCION.

Desarrollo de un programa de calidad
Desarrollo de un plan de calidad
Revisión de la factibilidad de la construcción
Evaluación de los proveedores
Evaluación del contratista y subcontratista
Inspección de materiales
Inspección del material fabricado fuera de la obra
Inspección de la construcción
Prueba y evaluación
Resolución de quejas
Entrenamiento
Mantenimiento de un registro
Auditorías de calidad

CAPITULO III

COSTOS DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCION Y EL DISEÑO

1. Concepto del Costo de Calidad.

El mayor desarrollo y uso de las herramientas de la Administración por Calidad moderna se ha dado en la industria manufacturera; como consecuencia, la información disponible se orienta hacia este ramo, por ejemplo, Feigenbaum opina que el control de calidad fue desarrollado para "Hacer frente a una amplia variedad de problemas industriales prácticos"²², y toma como referencia el ambiente típico de una fábrica. Juran establece que el control de calidad "fue diseñado principalmente para referenciación y uso por parte de ejecutivos, supervisores e ingenieros en la industria"²³.

En lo que respecta a los costos de calidad, existe sin embargo, un concepto que es aplicable a la construcción, y que en general es la base de todo trabajo práctico en relación a este tema. Sugerido por Juran ²³, el concepto establece que el costo de calidad puede ser entendido como "La economía de la calidad del diseño" o "La economía de la calidad del cumplimiento" La "calidad del diseño" como lo entiende Juran, se refiere en sí al producto terminado y no a su diseño. Sin embargo, hoy en día el concepto se aplica indistintamente al diseño y a la producción

El costo de calidad puede ser definido en términos generales o particulares, así como conceptual o específicamente. Como consecuencia, existen muchas definiciones al respecto. Conceptualmente se ha definido como todos los costos incurridos por la empresa o negocio debido a que el producto no fue diseñado o producido de manera perfecta desde su ciclo inicial o no se le dió el servicio adecuado. Una definición que suprime la palabra "perfecta" es "cuánto cuesta mantener un cierto nivel de calidad en los productos manufacturados o en el servicio de la compañía"²⁴. Ambas definiciones son particulares en el sentido de que se limitan al costo del productor.

Se ha admitido por algún tiempo que el concepto de costo de calidad debe ser aplicable durante todo el ciclo de vida del producto en servicio y uso; en otras palabras, algunos costos de calidad se apoyan en el cliente.

Hoy en día se ha tratado de extender la medición de este tipo de costos a la sociedad, sin embargo, esto no se ha definido aún con claridad y la medida de los costos de calidad aún es considerada invariablemente desde la perspectiva de los productores y no de los consumidores.

Feigenbaum, quien fue el primero en describir el concepto en 1956 ²⁵, propone una manera de entender el concepto en base a tres ecuaciones. Se refiere al control de calidad en un sentido amplio e incluye actividades de gestión de calidad. Las ecuaciones son las siguientes:

$$\text{Costos de Calidad} = \text{Costos de Control de Calidad} + \text{Costos de Falla} \quad (1)$$

$$\text{Costos de Control de Calidad} = \text{Costos de Prevención} + \text{Costos de Evaluación} \quad (2)$$

$$\text{Costos de Falla} = \text{Costos de Falla Interna} + \text{Costos de Falla Externa} \quad (3)$$

Los costos de prevención se refieren a las actividades de control de calidad llevadas a cabo antes y durante la producción. Los costos de evaluación son aquellos costos incurridos debido al control o aseguramiento de calidad después de la producción. Como la suma invertida en prevención y evaluación es opcional al productor, se les ha denominado costos discrecionales o controlables. Una falla se refiere a la no realización de los requerimientos. Se denominan fallas internas a aquellas que se descubren durante o al terminar la producción, pero antes de ser entregada al consumidor, y fallas externas a aquellas descubiertas cuando los productos ya están en manos del consumidor ²⁶. A los costos de falla se les ha llamado costos consecutivos o incontrolables. La figura 3.1 muestra las relaciones existentes entre estos costos.

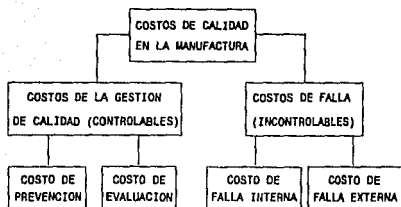


FIGURA 3.1 COSTOS DE CALIDAD (25)

Algunos otros autores han dado su propuesta, sin embargo, aunque la terminología y el organigrama varían, el contenido general es consistente y similar en todas ellas. Harrington ha elaborado una extensa lista de actividades ²⁷ y ha identificado 101 costos de prevención, 74 de evaluación, 139 de falla interna y 51 de falla externa. La tabla 3.1 contiene un resumen menos detallado, pero comprensible propuesto por Besterfield ²⁸.

Dhilon establece un punto de vista ligeramente diferente al dividir los costos en cinco categorías, como se muestra en la tabla 3.2 ²⁹. A diferencia de Besterfield, Dhilon ubica los costos administrativos en una categoría aparte.

TABLA 3.1 ELEMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD

CATEGORIA	ACTIVIDAD
Prevenición	
Planeación de la calidad	Creación del plan de calidad, implementación y auditoría
Desarrollo y diseño de equipo	Equipo para control de calidad
Planeación de calidad externa	Costos de personal ajeno al de calidad
Entrenamiento en calidad	Desarrollo, implementación y operación de un programa de entrenamiento
Otros gastos de prevención	Clinicos, viajes, suministros, etc.,
Evaluación	
Inspección y prueba de entradas	Inspección en la recepción, auditoría e inspección en la planta del proveedor
Inspección y prueba del proceso	Inspección del producto, prueba antes de su elaboración
Materiales/servicios consumidos	Destruídos o devaluados por pruebas
Calibración/mantenimiento de equipo	Equipo para control de calidad
Falla Interna	
Desperdicios	Pérdidas debido a productos defectuosos desechados
Retrabajo	Costo de corregir un producto defectuoso
Análisis de falla	Costo de determinar las causas de la falla
Reinspección	Costo de reprobador/reinspeccionar un producto reabajado
Falla del proveedor	Costo no recuperado ocasionado por fallas del proveedor
Disminuciones	Costo originado por una reducción en el precio de productos que no cumplen con los requerimientos
Falla Externa	
Quejas	Costo de resolución de quejas
Rechazo y regreso	Costo de manejo y reemplazo de un producto devuelto
Reparaciones	Costo de reparar un producto devuelto
Cargo de garantía	Costo de reemplazar productos durante el período de garantía
Error	Costo de reemplazar un producto debido a un error
Responsabilidad	Costos legales

COSTOS ADMINISTRATIVOS

Revisión de contratos
 Preparación de propuestas
 Análisis del desempeño de datos
 Preparación de presupuestos
 Proyecciones y pronósticos
 Dirección
 Empleados

COSTOS DE PREVENCION

Evaluación de proveedores
 Calibración y certificación de instrumentos de prueba
 Inspección en la recepción de materiales
 Revisión de diseños
 Entrenamiento de personal
 Recolección de datos relacionados con la calidad
 Coordinación de planes y programas
 Implementación y mantenimiento de planes de muestreo
 Preparación de planes de demostración

COSTOS DE DETECCION Y EVALUACION

Pruebas
 Inspección: fuente, receptor y en proceso
 Auditoría

COSTOS DE FALLA INTERNA

Mermas
 Análisis erróneos
 Pruebas
 Fallas internas en materiales y componentes
 Medidas correctivas

COSTOS DE FALLA EXTERNA

Investigación de las quejas de los clientes
 Responsabilidades
 Reparaciones
 Análisis de falla
 Cargos de garantía
 Reemplazo de artículos defectuosos

2. Relaciones de los Costos de Calidad.

Las relaciones entre las principales categorías de los costos de calidad se pueden representar por curvas. La figura 3.2, que es comúnmente usada en discusiones sobre los costos de calidad, relaciona los costos con el porcentaje de productos defectuosos. Muestra el conocimiento típico de que un incremento en el gasto o desembolso en prevención o evaluación es acompañado por un decremento en el porcentaje de unidades defectuosas, o un "nivel de calidad" más alto. También muestra que un incremento en el porcentaje de unidades defectuosas va acompañado de otro incremento en los costos de falla. El costo total de calidad es la suma de ambos y se representa con la línea punteada. El punto mínimo de la curva del costo total de calidad es el punto óptimo; pero es óptimo sólo desde el punto de vista de los costos de calidad y no necesariamente desde el punto de vista del beneficio. De hecho, Brown y Kane consideran que "el costo total de calidad mínimo es difícilmente el óptimo" ³⁰. Otros factores, como la economía de escala, los costos de falla ocultos y las condiciones del mercado tienen influencia sobre este punto óptimo.

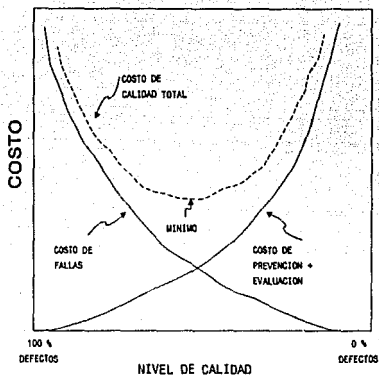


FIGURA 3.2 COSTO CONTRA NIVEL DE CALIDAD
VISION CLASICA

La figura anterior parece implicar que los costos totales de calidad se minimizan en el punto donde el costo de prevención sumado con el costo de evaluación es igual al costo de las fallas. Esta conclusión no es del todo aceptada. Es más importante que el lugar del punto mínimo de la curva total de calidad depende de las formas de las dos curvas inferiores, y las formas mostradas representan sólo suposiciones y no relaciones teóricamente prácticas o necesarias.

Otra característica de la teoría clásica indicada en la figura 3.2 es que los costos de calidad tienden al infinito a medida en que el porcentaje de unidades defectuosas tiende a cero. Si esto es cierto, el concepto de "cero defectos" propuesto por Crosby pierde validez. Schneiderman establece

una base teórica para dar viabilidad a este concepto, mediante las relaciones mostradas en la figura 3.3 ³¹.

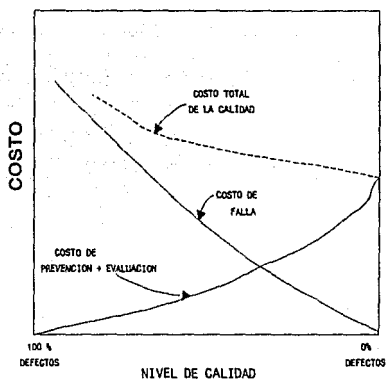


FIGURA 3.3 COSTO CONTRA NIVEL DE CALIDAD
PROPUESTO POR SCHNEIDERMAN

Brown y Kane han sugerido otra variación al modelo clásico ²⁷. De acuerdo a su investigación, el costo "real" de falla es de alrededor de cuatro veces más grande que el originalmente reportado; como consecuencia, los costos totales de calidad reportados son mucho menores que los costos de calidad totales "reales". Su hipótesis se ilustra en la figura 3.4.

El hecho de que la línea del costo total de calidad "real" se muestre en la parte superior y a la derecha, concuerda con las observaciones de

Brown y Kane sobre el incremento en los beneficios hasta que los costos de prevención y evaluación alcanzan de un 70% a un 80% del costo total de calidad reportado en lugar del porcentaje convencionalmente asumido del 40% al 60%.

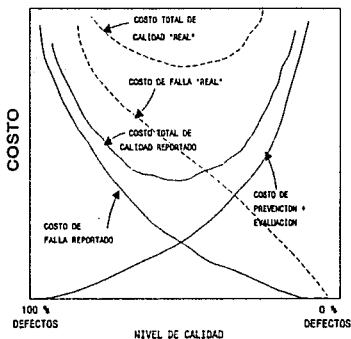
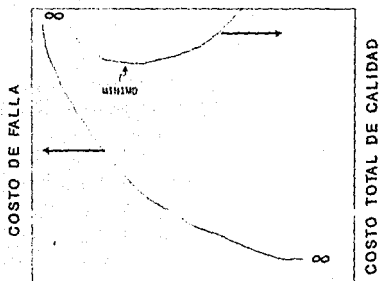


FIGURA 3.4 COSTO CONTRA NIVEL DE CALIDAD
PROPUESTO POR BROWN Y KANE

Otra relación hipotética entre las actividades del costo de calidad (prevención y evaluación) y el costo de fallas se ilustra en la figura 3.5. A diferencia de las figuras anteriores, no se incluye el porcentaje de unidades defectuosas; en su lugar, el costo de fallas es graficado contra la inversión en prevención y evaluación. Esta propuesta asume que al incrementar la inversión en prevención y evaluación, decrecen las pérdidas originadas por falla. Como consecuencia, la forma de la curva es muy lógica.

La curva superior representa la suma de los costos de las actividades de calidad y los costos de falla, es decir, el costo total de calidad. El nivel óptimo de gastos para actividades de calidad y de costo de calidad adicional viene dado por el punto mínimo de la línea del costo total de calidad.



COSTOS DE GESTION DE CALIDAD
(PREVENCIÓN Y EVALUACION)

FIGURA 3.5 COSTO DE FALLA CONTRA
COSTOS DE ACTIVIDADES DE CALIDAD

3. Importancia de determinar los Costos de Calidad.

Una razón importante de determinar los costos de calidad es su magnitud. Se estima que las compañías de servicio y manufactura típicas gastan alrededor de un 10% a un 20% del ingreso de sus ventas en costos de calidad. Juran por su parte, sugirió en 1974 que el porcentaje era entre el 5% y el 10%²³. Sin embargo, no fue sino hasta 1985 que Caplan

propuso que los costos de calidad figuraban en un rango del 8% al 30% del costo total de los productos, con un promedio ligeramente superior al 15%³².

En la construcción industrial se ha estimado que el costo de corregir desviaciones (costos de falla) es superior al 12% del costo total de construcción. Los porcentajes citados anteriormente son altos y merecen especial atención por parte de la dirección, ya que en general tener costos de calidad bajos está relacionado directamente con la utilización eficiente de los programas de gestión de calidad.

El costo de calidad óptimo está alrededor del 2% al 3% del costo total, sin embargo, estos porcentajes deben ser comparados con mucho cuidado, ya que no existen estándares industriales aplicables al proceso de identificación de costos de calidad.

Una segunda razón importante de determinar los costos de calidad es su gran impacto sobre las utilidades. Fabricar una mayor cantidad de productos requiere inyectar recursos adicionales, cuya utilidad se ve reflejada en el retorno de la inversión. En contraste, una reducción en los costos de calidad se refleja directamente en la utilidad antes de impuestos. Juran se refiere a este hecho como "El oro en la mina"³³. Caplan reporta que muchas compañías al ser conscientes de este concepto, consideran la calidad como "una estrategia de negocio en lugar de un necesario, pero indeseable, grupo de especialistas"³². La tabla 3.3 es un resumen de los beneficios obtenidos al medir los costos de calidad.

TABLA 3.3 BENEFICIOS OBTENIDOS AL CONOCER LOS COSTOS DE CALIDAD.

<u>Corto Plazo</u>
Informa sobre los logros obtenidos en calidad a la alta dirección
Eleva la conciencia y responsabilidad de calidad entre los trabajadores
Proporciona detección oportuna de áreas con problemas de calidad
Demuestra liderazgo en calidad a la industria y al público
<u>Mediano Plazo</u>
Proporciona un método para establecer y medir las metas de calidad
Proporciona una mayor precisión al estimar los costos
Orienta la función de calidad hacia el beneficio
Proporciona información para ser evaluada por la dirección
Proporciona información para ser evaluada por clientes potenciales
Indica dónde se encuentran los problemas serios de calidad para que puedan ser resueltos
<u>Largo Plazo</u>
Proporciona información para optimizar el programa de gestión de calidad y lograr una mayor competitividad
Reduce el desperdicio de recursos humanos y materiales

4. Identificación y Comunicación de los Costos de Calidad.

Para determinar información sobre costos de calidad se requiere un mecanismo de identificación de costos. Algunos costos de calidad pueden ser tomados y manejados en sistemas de contabilidad, pero por lo general se requiere un esfuerzo adicional ³³. Por ejemplo, los costos indirectos asociados con las actividades de calidad deben ser separados de los costos indirectos totales, y se deben tomar en cuenta las actividades de calidad efectuadas por personal ajeno a este departamento.

Algunos costos de falla son muy difíciles de determinar. Los costos de la "Planta Escondida" o la "Oficina Escondida" son ejemplos de fallas internas con este problema, y que incluyen además todos los costos de mantener un trabajo que no aporta sino productos defectuosos. Por otro lado, algunos costos de falla externa, como la pérdida de clientes originada por la mala reputación de la empresa, permanecen prácticamente inmensurables.

El objetivo de identificar costos de calidad es determinar donde se pueden hacer mejoras; por esto, no es recomendable manejar costos totales en categorías generales, sino individuales, ya que los costos hacen referencia a elementos únicos, tales como las actividades específicas de la administración por calidad y de las áreas de falla. Esto por lo general incrementa el trabajo escrito. Es importante mencionar que la precisión de los datos depende de la cooperación de toda la empresa.

En la industria manufacturera, la información sobre los costos de calidad es compilada y acomodada de tal manera que sea rápida y fácilmente entendida por la dirección. Es de particular interés la expresión del costo de calidad como porcentaje de un costo base o referencial (manufactura, ventas o utilidades). Esta información puede ser graficada contra tiempo para mostrar tendencias, como se aprecia en la figura 3.6.

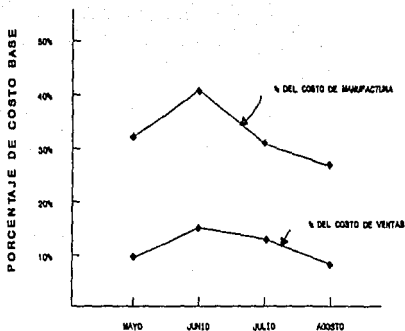


FIGURA 3.6 DIAGRAMA DE TENDENCIA
DE LOS COSTOS DE CALIDAD

Las áreas de oportunidad se definen mediante un análisis de Pareto, de esta forma se identifican los factores a estudiar y graficar, como se explicó en el capítulo I de este trabajo.

La Sociedad Americana para el Control de Calidad (ASQC) ha publicado un documento que proporciona información adicional sobre la forma de utilizar y comunicar los datos de costos de calidad una vez que han sido identificados³⁴.

5. Ejemplo Práctico del Costo de Calidad en el Diseño.

Uno de los pocos ejemplos que aplican los métodos de costos de calidad en el diseño consiste en un programa de mejora aplicado a 1700 empleados en una firma de ingeniería abocada al diseño ordinario ³⁵. El estudio, que tomó dos años y medio, fue realizado bajo el contexto de un apoyo total por parte de la alta dirección y utilizó los costos de calidad como "la piedra angular básica de medición".

Fue entonces cuando la gerencia de ingeniería adoptó una política de calidad; se escribieron las definiciones y se establecieron las categorías de los costos a partir de la fuerza de trabajo del personal involucrado. Se establecieron centros de costeo de calidad para los departamentos más afectados, incluyendo aseguramiento del producto, de la ingeniería y un soporte logístico. Un ejemplo de las actividades contenidas en las diferentes categorías de los costos de calidad en el diseño ingenieril se muestra en la tabla 3.4.

El desempeño de la calidad del diseño fue directamente proporcional al número de cambios en la ingeniería. Los errores en planos fueron clasificados y estudiados, y se aplicaron análisis de Pareto para orientar las mejoras. Los costos de falla, como un porcentaje de los costos totales, se redujeron significativamente conforme se incrementó el énfasis en la prevención y la evaluación. Los resultados se muestran en la tabla 3.5.

TABLA 3.4 DESGLOSE DE ACTIVIDADES DE CALIDAD.

<u>Prevención</u>	Preparación del manual de diseño
	Círculos de calidad
	Entrenamiento
	Preparación de procedimientos de calidad
<u>Evaluación</u>	Revisión y verificación del diseño
	Verificación de borradores
	Documentación de retrabajos
	Auditorías al sistema de calidad
<u>Falla Interna</u>	Rediseño antes de la liberación del plano
	Revisión de documentación antes de la liberación del plano
<u>Falla Externa</u>	Rediseñar después de la liberación del plano

TABLA 3.5 PORCENTAJES DE LOS COMPONENTES DE LOS COSTOS DE CALIDAD EN EL DISEÑO TOMANDO COMO BASE EL COSTO TOTAL.

COMPONENTE	1990	1991
Prevención	25	35
Evaluación	34	44
Falla interna	20	14
Falla externa	21	7
TOTAL	18.9	14.1

El énfasis en la prevención se justifica cuando el costo de corregir una falla externa en el diseño se compara con el costo de prevenir el error o inclusive con el costo de encontrar y corregir el error antes de elaborar el plano.

Como resultado del proyecto de mejora de calidad, el costo total de calidad de todos los departamentos disminuyó de 18.9% en 1990 a 14.1% en 1991.

Cada punto porcentual representó un ahorro de N\$3,000. El uso de los costos de calidad proporcionó elementos clave para lograr este objetivo.

6. Costos de Calidad en la Construcción.

No se ha establecido con claridad ningún sistema de identificación de costos de calidad completo para la construcción. Hay quienes estiman que los costos de mala calidad representan alrededor de un 7% del costo total del proyecto constructivo, sin embargo, un estudio reciente llevado a cabo en los Estados Unidos de Norteamérica indica que el costo promedio de corregir desviaciones en nueve proyectos industriales de inversiones multimillonarias era superior al 12% ³⁶. En el caso de México, donde el sistema de control y/o aseguramiento de calidad no es tan avanzado, se estima que este costo es de alrededor de un 25%. Para el estudio mencionado anteriormente, los datos fueron obtenidos de los cambios en las órdenes de trabajo una vez que se terminaron los proyectos y no representan el producto de un sistema de identificación de costos. De aquí

se puede concluir que el costo total real de las desviaciones fue significativamente mayor.

Una fuente de información sobre la proporción de los costos de calidad son los presupuestos asignados al control y aseguramiento de la calidad en los proyectos de construcción. Phillip Carroll, director de aseguramiento de calidad en F.I. Dupont considera que los porcentajes comunes que representa el aseguramiento y/o control de calidad son alrededor del 0.3% de los costos del proyecto durante la procuración y del 0.7% una vez que se empieza a construir ³⁷. Por su parte, Raymond Hays, director de aseguramiento de calidad en Rust Internacional, propone que el costo de la gestión de calidad en la construcción representa entre el 1% y el 2% del costo total del proceso constructivo ³⁸.

De acuerdo a W.B. Ledbetter, la gestión de calidad abarca del costo total un 4.9% en proyectos nucleares; un 3.1% en proyectos industriales no nucleares; un 1.6% en proyectos de manufactura o comerciales y un 1.5% en otros tipos ³⁹. Ninguna de las proporciones citadas anteriormente incluye el costo de las desviaciones, un componente fundamental del costo de calidad.

CAPITULO IV

SISTEMAS DE IDENTIFICACION Y SEGUIMIENTO DE COSTOS EN EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCION

1. Identificación y Seguimiento de Costos en el Diseño.

Diekmann y Thrush describen la aplicación de algunos sistemas complejos de control de proyecto en el diseño ingenieril ⁴⁰. Estos sistemas se apoyan en la utilización del Work Breakdown Structure (WBS) (Estructura de Desglose de Trabajo), del control de avance y de las técnicas de pronóstico. Un código típico se muestra en la figura 4.1; el primer dígito hace referencia al departamento, que puede ser gerencia de proyecto, ingeniería, construcción u otras áreas involucradas. El segundo dígito se refiere a disciplinas o áreas específicas. En el caso de la ingeniería, las disciplinas incluidas son: civil, mecánica, distribución de planta, tuberías y eléctrica. Por ejemplo, el número tres ha sido asignado para distribución de planta y tuberías. Los dos dígitos siguientes indican actividades específicas de la disciplina o área. Los códigos de actividades para la distribución de planta y tuberías se describen en la tabla 4.1. Los dos últimos dígitos pueden ser usados en proyectos grandes para diferenciar plantas, tareas o partes especiales del proyecto.

FIGURA 4.1 CODIGO UTILIZADO PARA EL DISEÑO SEGUN DIEKMANN Y THRUSH.

A - B - CC - DD	
A	= Departamento
B	= Disciplina de Ingeniería
CC	= Actividad de Ingeniería
DD	= Número de instalación

TABLA 4.1 CODIGOS DE ACTIVIDADES PARA DISTRIBUCION DE PLANTA Y TUBERIAS EN EL DISEÑO.

CODIGO	ACTIVIDAD
10	Planos y dibujos
20	Ingeniería de soporte, tensión y tuberías
30	Análisis de materiales
40	Construcción de un modelo
50	Isométricos
60	Criterios de diseño
70	Estudios
80	Soporte en campo
90	Supervisión, administración y aseguramiento de calidad

2. Identificación y Seguimiento de Costos en la Construcción.

Las compañías constructoras necesitan un método preciso para dar seguimiento a sus costos, ya que la contabilidad de éstos es requisito indispensable para conocer el monto destinado a impuestos y para proporcionar reportes externos; específicamente en la construcción, proporcionan información para futuros proyectos y permiten comparar el desempeño contra el presupuesto. En proyectos reembolsables, los registros contables son la base para el pago a la compañía constructora. La dificultad que se puede esperar de los sistemas de control de costos pueden apreciarse al revisar los requerimientos de los criterios de control de costos y planeación ⁴¹, mostrados en la tabla 4.2.

TABLA 4.2 CRITERIOS DE CONTROL DE COSTOS Y PLANEACION.

1.	Representar presupuestos y estimaciones en relación a un programa
2.	Indicar el porcentaje de avance
3.	Relacionar costos, programas, problemas y fallas técnicas
4.	Ser auditable y oportuno
5.	Proporcionar información clara y precisa

El departamento de Energía y Proyectos de Defensa de los E.U.A. utiliza una descripción más extensa, que enfatiza los atributos requeridos en los sistemas de control por parte de la compañía constructora. En la tabla 4.3 se muestran estos requisitos.

TABLA 4.3 CARACTERISTICAS NECESARIAS EN LOS SISTEMAS DE CONTROL DE LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS.

1.	Dividir las labores en piezas discretas de trabajo de acuerdo al WBS
2.	Asignar responsabilidades específicas de trabajo de acuerdo a la estructura organizacional
3.	Hacer cortes al programa para facilitar la planeación y medir el compromiso
4.	Proporcionar presupuestos reales para incrementos de trabajo programados y así poder establecer una base para la medida del desempeño
5.	Medir constantemente el valor del trabajo cumplido
6.	Controlar y documentar correctamente los costos relacionados con el progreso del trabajo
7.	Proporcionar comparaciones entre el valor del trabajo real y el programado, así como el valor del trabajo por ejecutar.
8.	Desarrollar estimaciones razonables de los costos al finalizar el proyecto
9.	Analizar la información disponible para identificar áreas de oportunidad de manera oportuna
10.	Proporcionar un procedimiento de cambio de control

Los sistemas de identificación y seguimiento de costos son fundamentales para poder cumplir con los requerimientos. Un problema importante es sin embargo, obtener la información necesaria y al mismo tiempo mantener el sistema lo suficientemente simple para que sea práctico. Debe intervenir un flujo de información por parte de todos los departamentos para lograr este objetivo.

La contabilidad es el elemento central del mecanismo de seguimiento de costos; por esto, se han establecido códigos únicos para su identificación y clasificación. Son acomodados por lo general en un orden jerárquico para facilitar su suma y contabilización. Algunas compañías constructoras cuentan con sus propios sistemas de codificación, otras han adoptado

algunos de los sistemas ya desarrollados. A continuación se presentan dos de los sistemas más utilizados. Su adaptabilidad para considerar costos de calidad es de particular interés.

3. Códigos de Control de Proyecto Integrado.

El control de proyecto integrado, el cual es usado durante todas las fases del proyecto, contiene información relevante sobre tres componentes principales: corte o desglose del proyecto, de responsabilidades y de tareas y recursos. El análisis utiliza el concepto del WBS como mecanismo de control. El paquete de trabajo identificado es una unidad definida que cuenta con un costo y un programa establecidos ⁴², y su alcance depende del tamaño del proyecto y del nivel de detalle deseado. Una visión tridimensional de un modelo de control de proyecto integrado se muestra en la figura 4.2. Cualquier unidad de trabajo en particular puede ser identificada por un código compuesto como se muestra en la figura 4.3.

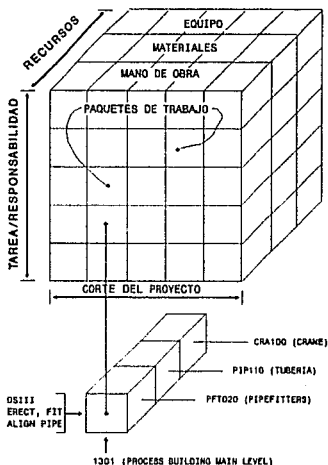


FIGURA 4.2. VISION TRIDIMENSIONAL DE UNA ESTRUCTURA DE CODIGOS DE CONTABILIDAD

FIGURA 4.3 DIAGRAMA DE CONTABILIDAD CON CONTROL DE PROYECTO INTEGRADO.

		XXXX - AANN - AAANN
XXXX	=	Corte del proyecto (Su formato y longitud varían)
AANN	=	Tarea/responsabilidad
AAANN	=	Recursos
		A ⇒ Alfa N ⇒ Numérico X ⇒ Indistinto

Es posible obtener información importante al clasificar y ordenar los datos del sistema, por ejemplo, el costo total de las operaciones relacionadas con tuberías se puede obtener al sumar los rubros contables con el código de tarea principal apropiado, y los costos directos de mano de obra (tuberos) se puede obtener al sumar los rubros con esta designación.

Es claro que el control de proyecto integrado es un método flexible y poderoso, y es factible que sus códigos se adapten para la identificación de costos de calidad. Si no se tiene espacio en el código, se necesitan añadir nuevos caracteres. Como la sofisticación y tamaño de los sistemas de codificación varían, la adaptación para identificar costos de calidad deberá ser elaborada sobre una base específica, según sea el caso.

4. Diagrama de Contabilidad con Planta Modelo.

El Instituto de la Industria de la Construcción ha desarrollado un diagrama de contabilidad para control de proyecto con modelo integrado ⁴³. Su código utiliza un número de dieciséis dígitos como se muestra en la figura 4.4. El número del proyecto identifica a éste basándose en un método establecido por la compañía; los indicadores de costos están constituidos por un dígito que representa categorías generales, como se aprecia en la tabla 4.4.

FIGURA 4.4 ESTRUCTURA DE CODIFICACION DEL DIAGRAMA DE CONTABILIDAD CON PLANTA MODELO.

AAAA - B - CCCC - DDDD - EEE	
AAAA =	Número de Proyecto
B =	Indicador de Costo
CCCC =	Area
DDDD =	Actividad
EEE =	Clasificación de costo
* NOTA: Todos los caracteres son numéricos	

TABLA 4.4 INDICADORES DE COSTO DEL DIAGRAMA DE CONTABILIDAD CON PLANTA MODELO.

0	(No utilizado)	5	Materiales de campo
1	Ingeniería	6	Costos de subcontratos
2	Mano de obra directa y materiales	7	Costos de oficina matriz
3	Costos indirectos	8	(No asignado)
4	Equipo y maquinaria	9	(No asignado)

El número de área identifica la zona geográfica y/o alguna unidad física en particular; el número de actividad se refiere a algún tipo específico de trabajo involucrado en el proyecto de construcción, cada uno asociado con su unidad de medida. Por lo general, los primeros dos dígitos hacen referencia a la función, el tercer dígito se refiere a un rasgo ó característica y el último dígito proporciona información sobre algún detalle adicional. El documento que describe las listas de códigos contiene cientos de códigos de actividades y es posible expandirlo.

El código de clasificación de costo se utiliza para fines contables primordialmente. Se divide en clasificaciones directas (que incluyen mano de obra directa y los costos de materiales), materiales indirectos y servicios, e ingeniería. Los cortes o desgloses de estos conceptos se incluyen en las tablas 4.5, 4.6 y 4.7, respectivamente. En las últimas dos tablas, las "X" se reemplazan por dígitos.

El uso del diagrama de contabilidad con planta modelo puede ser ilustrado al interpretar el código de costo siguiente:

1100-2-1025-1621-001

1100 Se refiere a un proyecto en particular;

2 Se refiere a mano de obra directa y materiales (tabla 4.4);

1025 Se refiere a la unidad 25 (por ejemplo, un calentador) en el lugar 10 de la obra;

1621 Los dos primeros dígitos indican que se trata de una tubería no subterránea soportada en canaleta.

Los dos últimos dígitos se refieren a la fabricación local de las canaletas;

001 Se refiere al costo de la mano de obra directa (tabla 4.5), (este código debe ser consistente con el indicador de costo).

**TABLA 4.5 DIAGRAMA DE CONTABILIDAD CON PLANTA MODELO
CLASIFICACIONES DEL COSTO DIRECTO.**

001	Mano de obra directa	005	Subcontratos
002	Maquinaria mayor	007	Suministros por parte del dueño
003	Material de construcción	008	Impuesto sobre ventas

**TABLA 4.6 DIAGRAMA DE CONTABILIDAD CON PLANTA MODELO
CLASIFICACIONES DEL COSTO INDIRECTO.**

01X	Equipo de construcción	051	Impuestos de nómina
02X	Herramienta menor y consumibles	07X	Seguros
03X	Supervisión en obra y gastos de oficina	08X	Cuotas y beneficios del contratista
04X	Instalaciones y servicios temporales	09X	Trabajo improductivo

**TABLA 4.7 DIAGRAMA DE CONTABILIDAD CON PLANTA MODELO
CLASIFICACIONES DE COSTOS DE INGENIERIA.**

2XX	Administración del contrato	6XX	Servicios
3XX	Ingeniería	7XX	Indirectos
4XX	Ingeniería	8XX	Cuotas y contingencias
5XX	Procuración	9XX	Trabajo adicional

El diagrama de contabilidad con planta modelo proporciona una posible base para la identificación de costos de calidad y existe la posibilidad de adecuarlo a otros diagramas de contabilidad existentes.

No existe un sistema de contabilidad de costos universal para el diseño o la construcción, no obstante hoy en día se han adoptado varios sistemas sofisticados. La codificación del WBS se utiliza para identificar costos de paquetes particulares de trabajo (desgloses); a partir de esta codificación, los costos pueden ser identificados por lugar, tarea/responsabilidad y recursos utilizados. Es factible obtener información razonablemente precisa de la obra y traducirla en sistemas contables

computarizados. Estos dos atributos, un sistema de codificación poderoso y la habilidad de utilizarlo en situaciones prácticas, proporcionan una base sólida para la identificación de los costos de calidad.

En teoría, aplicar el concepto de costos de calidad en el diseño y la construcción es simple, pero en la práctica es sumamente complejo. Los costos de calidad incluyen costos directos e indirectos asociados con mano de obra, material y equipo para las actividades de la gestión de calidad y para las desviaciones. Esto es válido cuando el responsable de los costos es el propietario o la firma constructora. Los costos de mano de obra para la gestión de calidad incluyen al personal de tiempo completo asignado a las tareas de calidad, así como al personal involucrado sólo ocasionalmente. Los costos de falla abarcan un amplio rango, incluyendo costos de retrabajo, de impacto, de riesgo y de trabajo de garantía. Para poder aplicar correctamente el concepto de costos de calidad es necesario considerar las definiciones, la relación de los componentes de los costos de calidad y los costos de falla.

5. Definiciones.

Un obstáculo para entender lo que puede lograrse a través de un sistema de identificación de costos es la dificultad para establecer la relación costo - beneficio. Mientras que determinar la cantidad de dinero gastado (invertido) en las actividades de gestión de calidad (los costos), es relativamente simple, establecer los beneficios no lo es. Surge entonces la pregunta ¿Cómo se determina el dinero ahorrado por los problemas de

calidad que nunca se suscitaron debido a una labor acertada de la gestión de calidad?. Este pensamiento puede ser la razón por la cual algunos directivos aún se cuestionan la posibilidad de medir la efectividad de los costos a través de las actividades de la gestión de calidad.

De hecho, es imposible medir algo que no ocurre, por esto los sistemas de identificación de costos no dan seguimiento a los beneficios directamente, pero sí lo dan a dos tipos de costos de calidad que ocurren: costos de la gestión de calidad y costos de falla. Este seguimiento se da de tal manera que la relación entre las dos clases de costos puede ser determinada, permitiendo entonces que los beneficios de la gestión de calidad sean determinados a partir del análisis de datos históricos.

La Sociedad Americana para el Control de la Calidad (ASQC) y la industria manufacturera se refieren al término "falla" al hecho de apartarse de los requerimientos. Esta definición no es apropiada para la industria de la construcción, ya que gran parte de los problemas de calidad en este ramo se deben particularmente a "cambios". El Instituto de la Industria de la Construcción (CII) ha adoptado el término "desviación" para referirse al hecho de apartarse de los requerimientos. De igual manera, se usa la expresión "costo de desviaciones" en lugar de "costo de fallas".

A continuación definen algunos términos adicionales que ha adoptado el Instituto de la Industria de la Construcción:

- Evaluación

Son las actividades de calidad empleadas en determinar si un producto, proceso o servicio se adecúa a los requerimientos establecidos; incluyendo: revisión de especificaciones, revisión de documentos, revisión de la factibilidad de construcción, inspección y pruebas de materiales, pruebas del personal y nivel de calidad de los documentos.

- Costo de Calidad

Es el costo asociado a la gestión de calidad junto con los costos directos e indirectos originados por desviaciones en los requisitos establecidos; incluyendo: impactos al no cumplir con el programa y los costos asociados con las actividades de calidad: prevención, evaluación y desviación.

- Desviación

Es el hecho de apartarse de los requerimientos establecidos. De acuerdo a su gravedad, las desviaciones se pueden clasificar en imperfecciones, discordancias o defectos.

- Costos de Desviación

Es la suma de los costos originados al apartarse de los requerimientos establecidos; incluyendo los costos de rechazo o retrabajo de un producto, proceso o servicio.

- Prevención

Son las actividades de calidad empleadas para evitar desviaciones; tales como: el desarrollo de sistemas y programas de calidad, la evaluación de la empresa constructora y de los subcontratistas, las actividades orientadas a la calidad y a la certificación y/o calificación.

- Work Breakdown Structure (WBS)

(Estructura de Desglose de Trabajo). Es una herramienta que proporciona información confiable sobre aspectos técnicos, de costos, de programa, y del estado actual del proyecto, mediante la identificación de éste como un todo y después desglosándolo sucesivamente en productos o elementos más específicos, detallados y manejables.

- Costos de la Gestión de Calidad

Es la suma de los costos asociados a las actividades de prevención y evaluación.

- Quality Performance Tracking System (QPTS)

(Sistema de Seguimiento al Desempeño de la Calidad). Es una herramienta de la dirección que proporciona datos para el análisis cuantitativo de ciertos aspectos relacionados con la calidad en los proyectos mediante la recolección y clasificación sistemática de los costos de calidad.

6. Relaciones entre los Componentes del Costo de Calidad.

El costo de calidad se puede expresar mediante las dos siguientes ecuaciones:

$$M = P + A \quad (4)$$

$$T = M + D \quad (5)$$

Donde:

M = Costo de la gestión de calidad

P = Costo de las actividades de prevención

A = Costo de las actividades de evaluación

T = Costo total de calidad

D = Costo de las desviaciones

Obsérvese que para que la información sea útil, cada factor en estas ecuaciones debe estar relacionado con la misma actividad o parte del proyecto, en otras palabras, debe ser consistente (por ejemplo, fabricación de tubería, concreto, proyecto total).

7 Anatomía de una Desviación.

Un aspecto importante a considerar antes de desarrollar un sistema de identificación de costos de calidad es el manejo de las desviaciones. Se han propuesto nueve importantes preguntas que deben contestarse con respecto

a una desviación. Cada una de estas preguntas tiene varias respuestas, como se muestra en la figura 4.5.

Un sistema de seguimiento e identificación diseñado para contestar todas estas preguntas involucraría miles de combinaciones. Por esto, sólo se ha considerado una porción de las combinaciones. La figura 4.5 indica también qué costos son identificados por el QPTS (Q), por el WBS (W), o si no es posible identificarlos.

A continuación se discuten las preguntas y se explica su relación con el QPTS y el WBS.

1) ¿Qué tarea?

La pregunta completa es ¿Qué tareas en específico están involucradas en la desviación?. Esta información es vital si se va a recurrir a alguna acción correctiva para prevenir futuras desviaciones, es identificada por el WBS y no se requiere de identificación separada por parte del QPTS. Los costos relevantes proporcionados son asignados a la tarea responsable de la desviación. Por ejemplo, si una tubería subterránea fue instalada incorrectamente y es necesario quitarla y reemplazar la placa de concreto, el costo del retrabajo del concreto debe ser cargado a la tarea de tuberías.

2) ¿Quién es el afectado?

La pregunta completa es ¿Qué fase del producto incurrió en los costos de calidad debido a la desviación?. Las desviaciones se pueden reflejar en costos de calidad que afectan a cualquiera de las siete fases

mostradas bajo esta pregunta en la figura 4.5. De nuevo, esta información es identificada por el WBS, no por el QPTS.

3) ¿Qué costos?

Esta pregunta deriva otras dos: ¿Cuál es el costo de la desviación en particular? y ¿Qué costos mensurables son originados por las desviaciones en general?. Aunque estos costos son identificados por los sistemas existentes, no son fácilmente distinguibles. El QPTS distingue estos costos y añade información acerca de ellos.

Además de los costos directos asociados con las desviaciones, se tienen los costos indirectos. Sin embargo el QPTS en combinación con el WBS, puede aproximar los costos indirectos, así como los directos. Si por ejemplo, el porcentaje total de costos indirectos es el 30% de los costos totales, es razonable asumir que este porcentaje se refiera a los costos de las desviaciones. De esta manera, el costo directo de una desviación de N\$ 70,000 representaría un costo indirecto adicional de N\$ 30,000, ó un costo total de desviación de N\$ 100,000.

Un elemento adicional que puede ser asociado con las desviaciones en el diseño y la construcción es el impacto. Una desviación originada por retrasos o interrupciones en una actividad puede afectar negativamente a la actividad consecutiva incrementando los costos. El QPTS no identifica costos originados por impacto, aún cuando éstos son parte del costo de calidad.

Los costos de deudas ó responsabilidades no atendidas pueden ser considerados costos de desviación ²⁸. Esto incluye algunos costos legales, los costos de ciertos tipos de seguros y, bajo algunas circunstancias, pagos de daños pasados ó actuales. Estos costos se tienen disponibles en el WBS y no son identificados por el QPTS. La determinación de los costos de deudas ó responsabilidades, así como los costos de garantía que deben ser considerados como desviaciones, está fuera de alcance del presente trabajo.

4) ¿Cuándo son detectados?

La pregunta completa es ¿Durante qué fase del proyecto fue descubierta la desviación?. Obviamente es mejor una detección temprana que una tardía. Además, la habilidad para detectar desviaciones internamente es una medida de la efectividad de la evaluación. La información sobre el momento en el que son detectadas las fallas ayuda a mejorar la gestión de calidad.

El QPTS está diseñado para identificar los tiempos de detección en el diseño, la construcción y la puesta en marcha.

5) ¿Quién la ocasionó?

La pregunta completa es ¿Quién ocasionó la desviación y porqué?. Una desviación por parte de cualquiera de los participantes puede originar costos de calidad para él mismo y/o para los demás. "Causa" no necesariamente significa "culpa" Por ejemplo, proceder con una labor sin tener la información adecuada del material a sabiendas de que esto puede originar retrabajo puede ser en algunas ocasiones la mejor decisión. En muchos otros casos, no obstante, el considerar a una desviación como

culpable es inevitable y apropiado. Esta pregunta está estrechamente relacionada con su similar ¿Qué tarea?. Siempre que se suscite una desviación y resulte retrabajo, la tarea que lo originó debe ser cargada al costo total, independientemente de las otras tareas afectadas. Esta consideración está fuera del alcance del QPTS.

6) ¿Se requiere que la gestión de calidad esté involucrada?

Esta pregunta se subdivide en otras dos: ¿Se llevó a cabo algún esfuerzo por parte de la gestión de calidad sobre la actividad que presentó la desviación? y ¿Necesita la desviación una repetición de la actividad de gestión de calidad?. La respuesta de la primera pregunta proporciona una manera de evaluar la efectividad de la labor de la gestión de la calidad. La segunda pregunta reconoce que las desviaciones pueden ocasionar que el personal de calidad repita su trabajo (el término "repetir" se utiliza en vez de "retrabajo" para esta situación). El costo de repetir un trabajo debe considerarse como un costo de desviación y no un costo de gestión de calidad ordinario. El QPTS proporciona respuesta a ambas preguntas.

7) ¿Qué tipo?

La pregunta completa es ¿Se dió la desviación como consecuencia de un error, una omisión ó un cambio? Un cambio se define como una acción dirigida que altera los requerimientos establecidos actualmente. Se pueden dar cambios en el diseño, la fabricación, la construcción, etc., y materialmente afectar los requerimientos aprobados, la base del diseño, el alcance existente de los planes del contrato y las especificaciones o la capacidad operativa

Es un problema de semántica diferenciar entre un cambio y una desviación, pero los cambios son un problema tan grave en la construcción, que son considerados por el QPTS. Actualmente, el QPTS identifica los costos relacionados con cambios únicamente cuando el cambio resulta en un retrabajo y no se pretende reemplazar el mecanismo de control de cambios. Aunque el propietario es el responsable de aprobar un cambio, el QPTS considera la posibilidad de que el cambio provenga de algún otro participante.

8) ¿Qué respuesta?

La pregunta completa es ¿Qué medida se toma en respuesta a la desviación?. Por lo general una desviación origina un retrabajo, por lo tanto, la respuesta a una desviación en el diseño es el rediseño y la respuesta a una desviación en la construcción es la reconstrucción. Todos los costos involucrados adicionalmente son costos de desviación. El WBS identifica estos costos tal y como se han dado, el QPTS los identifica como retrabajos y proporciona información descriptiva. En ocasiones es probable que el propietario acepte algún trabajo que no cumpla del todo con las especificaciones en vez de pedir un retrabajo; la aceptación de ese trabajo es entonces un cambio negociado en los requerimientos. El QPTS no considera esta situación.

9) ¿Qué clase?

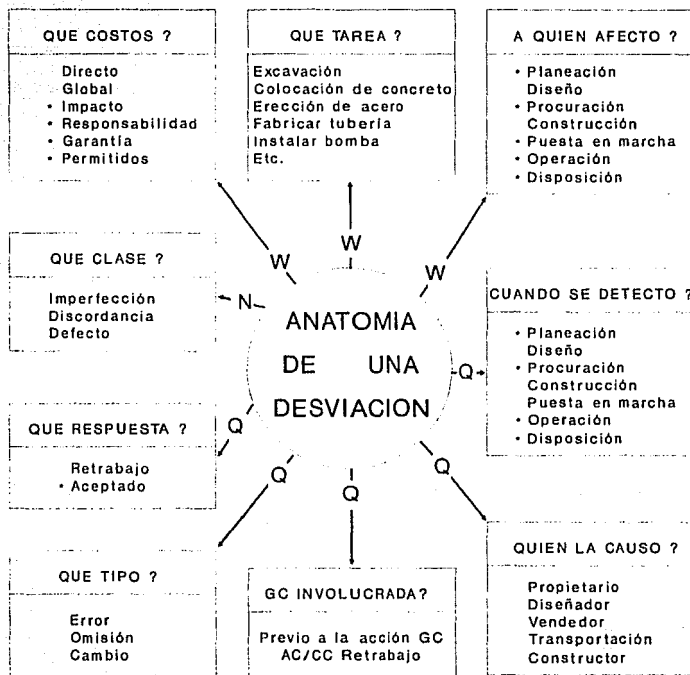
La pregunta completa es ¿Debe la desviación ser considerada como una imperfección, una discordancia o un defecto?. La clasificación de una desviación se refiere a su grado de profundidad ó severidad ⁴⁴. Las consecuencias de las imperfecciones son tan insignificantes que por lo

general son aceptadas ante la dificultad de producir el trabajo "perfecto" Gran parte del trabajo mal elaborado en la construcción se ubica en esta clase de desviación. Una discordancia es lo suficientemente importante como para requerir algún tipo de acción formal, pero su grado de severidad no es el suficiente, por lo que un trabajo con una discordancia puede ser aceptado por el propietario bajo su propio riesgo. Un defecto es una desviación de tal gravedad que siempre requiere retrabajo.

La utilidad de clasificar las desviaciones es cuestionable en la construcción, ya que se piensa que el distinguir entre discordancias y defectos resulta muy complejo para la persona que determina los códigos de costo. Se considera además irrelevante al hecho de catalogar imperfecciones.

Una pregunta importante no mencionada en la figura 4.5 es ¿Quién decide las respuestas?. En ocasiones las respuestas a las preguntas serán obvias; en otras ocasiones, sin embargo, requerirán un juicio adecuado y podrán tener consecuencias dañinas en caso de ser erróneas. Una pregunta relacionada es ¿Quién recopila la información? No tiene objeto contar con un sistema tan complejo que no podrá ser usado correctamente; en otras palabras, la asignación de códigos a las desviaciones debe ser consistente con la realidad de la obra. De esta forma puede asumirse que el QPTS es similar al sistema ya existente en algunas obras de construcción industrial en México.

FIGURA 4.5 ANATOMIA DE UNA DESVIACION Y DISPOSITIVOS DE IDENTIFICACION DE DESVIACIONES.



• Estas categorías se omitieron del sistema de identificación actual.

Identificación Q -- Identificado por el código adicional QPTS
 Dispositivos W -- Identificado por el código usual WBS
 Leyenda N -- No identificado por este sistema

8. Matrices de Desviación y Códigos.

En referencia a la figura 4.5, puede apreciarse que el QPTS complementa al WBS mediante la clasificación del retrabajo por tipo, causa y momento de detección. Esto se muestra en la matriz para el diseño (Figura 4.6) y la matriz para la construcción (Figura 4.7).

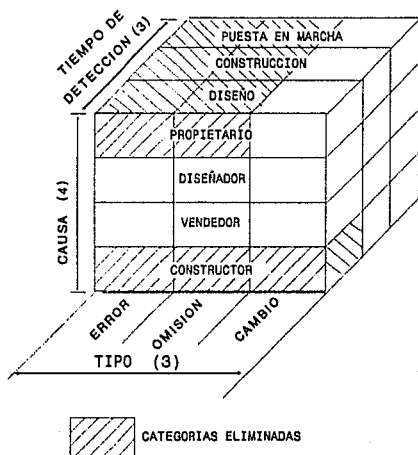


FIG. 4.6 MATRIZ DE DESVIACIONES QUE AFECTAN EL DISEÑO.

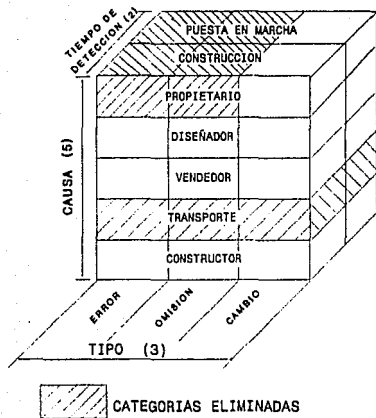


FIG. 4.7 MATRIZ DE DESVIACIONES QUE AFECTAN LA CONSTRUCCION.

Obsérvese que algunas combinaciones han sido eliminadas. Una ha sido eliminada lógicamente: errores, omisiones y cambios en la construcción detectados durante la fase del diseño; tres han sido eliminadas arbitrariamente: errores y omisiones por parte del propietario; desviaciones que afecten el diseño causadas por errores, omisiones y cambios en el transporte; y desviaciones que afecten a la construcción causadas por cambios y omisiones en el transporte. Esta información se presenta en las tablas 4.8 y 4.9 junto con los códigos (letra y número) que podrán ser usados en combinación con el sistema de codificación de costos.

TABLA 4.8 CATEGORIAS Y CODIGOS PARA EL RETRABAJO EN EL DISEÑO

CAUSA	TIPO	CODIGO DE TIEMPO DE DETECCION		
		DISEÑO	CONSTRUCCION	PUESTA EN MARCHA
Propietario	Cambio	01 (a)	09 (i)	20 (s)
Diseñador	Error	02 (b)	10 (j)	21 (t)
Diseñador	Omisión	03 (c)	11 (k)	22 (u)
Diseñador	Cambio	04 (d)	12 (l)	23 (v)
Proveedor	Error	05 (e)	13 (m)	24 (w)
Proveedor	Omisión	06 (f)	14 (n)	25 (w)
Proveedor	Cambio	07 (g)	15 (o)	26 (x)
Constructor	Error	-----	16 (p)	27 (y)
Constructor	Omisión	-----	17 (p)	28 (y)
Constructor	Cambio	-----	18 (q)	29 (y)
Otros	Cambio	08 (h)	19 (r)	30 (z)

TABLA 4.9 CATEGORIAS Y CODIGOS PARA EL RETRABAJO EN LA CONSTRUCCION

CAUSA	TIPO	CODIGO DE TIEMPO DE DETECCION	
		CONSTRUCCION	PUESTA EN MARCHA
Propietario	Cambio	35 (A)	47 (M)
Diseñador	Error	36 (B)	48 (N)
Diseñador	Omisión	37 (C)	49 (O)
Diseñador	Cambio	38 (D)	50 (P)
Proveedor	Error	39 (E)	51 (Q)
Proveedor	Omisión	40 (F)	52 (R)
Proveedor	Cambio	41 (G)	53 (S)
Constructor	Error	42 (H)	54 (T)
Constructor	Omisión	43 (I)	55 (U)
Constructor	Cambio	44 (J)	56 (V)
Transportista	Error	45 (K)	57 (W)
Otros	Cambio	46 (L)	58 (X)

Las nueve preguntas iniciales y las múltiples posibles combinaciones de categorías de desviaciones se han reducido a un número relativamente pequeño de códigos para el diseño (treinta) y para la construcción (veinticuatro). Se incluye además la categoría de "otros" para situaciones que no puedan adecuarse a las cinco causas. El valor del QPTS radica en su simplicidad y en que puede adaptarse a sistemas de codificación de costos existentes.

Los cincuenta y cuatro (treinta más veinte) códigos adicionales no deben presentar ninguna complicación para el personal del proyecto; de hecho, al omitir las diferencias en clase de desviación (imperfección, discordancia o defecto), el número de código puede ser reducido a únicamente veintitrés.

9. Actividades Codificadas de la Gestión de Calidad.

Varias fuentes ^{11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 35} han establecido una lista de actividades de gestión de calidad utilizadas en el diseño y la construcción. Como era de esperarse, hay variación en el énfasis, el grado de detalle y el vocabulario. En el diseño, la definición de lo que constituye la gestión de calidad varía de una firma a otra, y la diferencia entre la práctica del diseño ordinario y la gestión de calidad es algunas veces poco clara aún cuando existe cierto grado de acuerdo. Las actividades de la gestión de calidad en el diseño mostradas en la tabla 4.10 son consistentes con las referencias citadas y con las definiciones adoptadas. Las primeras cuatro son actividades de prevención, las siete siguientes son actividades de

evaluación. Así como en las desviaciones, sólo un número relativamente pequeño de actividades (once en total), son suficientes para categorizar las actividades de gestión de calidad.

La inspección de la construcción (también llamada observación o vigilancia), difiere de las otras actividades en que se lleva a cabo sobre la construcción y no sobre el diseño. Es responsabilidad de los diseñadores, pero para el análisis es un costo de calidad de construcción y no de diseño.

Como se muestra en la tabla 4.10, se pueden asignar códigos a las actividades. Se han dejado espacios en blanco para distinguir a las actividades (cuatro en este caso). Estos costos deben ser considerados costos de desviación y no costos de gestión de calidad. Si es necesario reducir el número de códigos, este refinamiento puede ser ignorado y las categorías se pueden combinar como se muestra en el "código corto".

Las actividades de la gestión de calidad en la construcción, que son también consistentes con las referencias citadas y con las definiciones adoptadas, se presentan en la tabla 4.11. Las siete primeras son actividades de prevención; las últimas ocho son actividades de evaluación. Obsérvese que quince actividades son consideradas suficientes para identificar adecuadamente las funciones de la gestión de calidad en la construcción.

Como se muestra en la tabla 4.11, es posible asignar códigos. Una vez más se han dejado espacios en blanco para distinguir a las actividades de gestión de calidad que pudieran requerir ser repetidas debido a

desviaciones detectadas durante la primera vez que se ejecutaron las actividades (seis en este caso). Al igual que en el diseño, estos costos deben clasificarse como costos de desviación, no como costos de la gestión de calidad, y si es necesario reducir su número, lo anterior puede ser ignorado y las categorías pueden ser combinadas como muestra en el "código corto".

Una vez que se han identificado cincuenta y cuatro categorías para los costos de desviación que incluyen retrabajo, y veintiséis categorías para los costos de gestión de calidad (más diez costos "repetidos" de este tipo), el paso siguiente es integrarlos en un sistema de codificación de costos existente para su seguimiento.

TABLA 4.10 CODIGOS Y ACTIVIDADES DE LA GESTION DE CALIDAD EN EL DISEÑO

ACTIVIDAD	CODIGO SELECCIONADO		CODIGO CORTO
	(PRIMERO)	(REPETIDO)	
<u>Prevención</u>			
Desarrollo del sistema de calidad	60		0
Desarrollo del programa de calidad	61		0
Orientación de actividades a la calidad	62		1
Capacitación del personal	63		2
<u>Evaluación</u>			
Revisión formal del diseño	64	71	3
Revisión formal de borradores	65	72	4
Revisión formal de otros documentos	66	73	5
Revisión de factibilidad de construcción	67		6
Inspección de la construcción	68	74	7
Documentación del estado de calidad	69		8
Revisión después del proyecto	70		9

TABLA 4.11 CODIGOS Y ACTIVIDADES DE LA GESTION DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCION

ACTIVIDAD	CODIGO SELECCIONADO		CODIGO CORTO
	(PRIMERO)	(REPETIDO)	
<u>Prevención</u>			
Desarrollo del sistema de calidad	75		0
Desarrollo del programa de calidad	76		0
Estudio de factibilidad	77		1
Evaluación de contratista/subcontratista	78		2
Orientación de actividades a la calidad	79		3
Prueba y calificación de personal	80		4
Entrenamiento de personal	81		4
<u>Evaluación</u>			
Revisión del diseño	82	90	5
Revisión de especificaciones	83	91	5
Revisión de otros documentos	84	92	5
Revisión de factibilidad de construcción	85	93	6
Inspección y prueba de materiales	86	94	7
Inspección	87	95	7
Documentación del estado de calidad	88		8
Revisión al final del proyecto	89		9

CAPITULO V

CODIFICACION Y SISTEMAS DE CONTROL DE PROGRAMAS Y COSTO

1. Generalidades.

Los sistemas de control de programa y costo varían de una firma a otra, tendiendo a ser más extensos aquellos que se utilizan en la construcción. Aquellos que son más compatibles con el QPTS son los que utilizan el esquema del WBS. Un sistema de codificación de costos del tipo QPTS/WBS consta de dos partes: la porción de WBS usual y la porción de costos de calidad. Por ejemplo, en un sistema de codificación de costos en el cual el QPTS ha sido simplemente añadido, el diseñador codificaría su tiempo como:

XXX-YYY-ZZZ-09

En referencia a la tabla 4.8, el código "09" indica que el diseñador está retrabajando un diseño cuya desviación se debe a un cambio por parte del propietario y que fue detectado durante la construcción. La parte de "XXX-YYY-ZZZ" podría ser el código usual del WBS

2. Codificación de Costos en el Diseño.

En referencia a la figura 4.1, se presenta un esquema de codificación de costos en el diseño en la figura 5.1.

FIGURA 5.1 EJEMPLO DE CODIGO DE COSTOS EN EL DISEÑO.

		2 - 3 - 10 - 14
2	=	Departamento (Ingeniería)
3	=	Disciplina de Ingeniería (tuberías)
10	=	Actividad de Ingeniería (planos)
14	=	Número de instalación

Al analizar el sistema de codificación ilustrado en la figura 5.1, se puede apreciar que las actividades de la gestión de calidad pueden ser integradas en el código. Una manera de hacer esto es mediante la designación de un cero (no designado previamente) como el primer caracter en el campo de actividades de ingeniería, utilizando además los dígitos del código corto de la tabla 4.10 como segundo caracter. Esto se ilustra en la figura 5.2. Alternativamente, el código numérico de la tabla 4.10 puede ser añadido al campo.

FIGURA 5.2 EJEMPLO DE CODIFICACION CON QPTS PARA ACTIVIDADES DE GESTION DE CALIDAD EN EL DISEÑO.

<u>Revisión del diseño de tuberías</u>	
	2 - 3 - 03 - 14
2	= Ingeniería
3	= Tuberías
0	= Actividad de gestión de calidad
3	= Revisión de diseño (tabla 4.10)
14	= Número de instalación

Identificar y dar seguimiento al retrabajo requiere que el código sea extendido, como se ilustra en la figura 5.3, utilizando una letra de la tabla 4.8.

FIGURA 5.3 EJEMPLO DE CODIFICACION CON QPTS PARA ACTIVIDADES DE RETRABAJO EN EL DISEÑO.

<u>Retrabajo en los planos de tubería debido a un cambio por parte del propietario durante la fase de construcción.</u>	
	2 - 3 - 10 - 14 - i
2	= Ingeniería
3	= Tuberías
10	= Planos
14	= Número de instalación
i	= Retrabajo (tabla 4.8)

3. Codificación de Costos en la Construcción.

Los códigos de control de costo integrado para la construcción que se basan en el esquema del WBS normalmente utilizan tres componentes importantes de información sobre costos: desglose del proyecto, desglose de responsabilidad/tarea y desglose de recursos ⁴². Esto se ilustra en la figura 5.4.

FIGURA 5.4 CODIGO DE CONTROL DE PROYECTO INTEGRADO.

1301 - DS111 - PFT020	
1301	= Corte del proyecto
DS111	= Tarea/responsabilidad
D	= Tipo de costo (D = directo)
S	= Tarea (tuberías)
111	= Detalle de la tarea (Montaje e instalación de tubería de acero de 2")
PFT020	= Recursos (tuberos)
2	= Detalle del recurso

Los códigos de las actividades de gestión de calidad pueden ser integrados en los sistemas de codificación de costos existentes. Esto puede ser llevado a cabo por el personal perteneciente al departamento de calidad utilizando el código de recurso como se muestra en la figura 5.5. La tarea sobre la que se aplica la actividad de calidad está indicada por el código de tarea/responsabilidad.

FIGURA 5.5 EJEMPLO DE CODIGO CON QPTS Y CONTROL DE PROYECTO INTEGRADO PARA PERSONAL PERTENECIENTE A GESTION DE CALIDAD.

1301 - NS111 - QMT007		
1301	=	Corte del proyecto
N	=	Actividad de gestión de calidad (N = costo indirecto)
S111	=	Código de tarea para tuberías
QMT007	=	Código de recurso de personal de gestión de calidad
7	=	Inspección (tabla 4.11)

El personal que no pertenezca al área de gestión de calidad requerirá un código de recurso diferente, aún cuando lleve a cabo alguna tarea de calidad. Para este caso se definen nuevos códigos de tipo de costo para manejar la información usual y para indicar que una actividad de calidad está llevándose a cabo. (Los costos directos, D, se convierten en costos directos de calidad, Q; los costos indirectos, I, se convierten en costos indirectos de calidad, N; los costos de soporte de proyecto, Z, se convierten en costos de soporte del proyecto de calidad, S). Esto ilustra en la figura 5.6.

En este caso, la actividad específica de calidad se codifica utilizando los códigos cortos de la tabla 4.11 como el último carácter del código de tarea/responsabilidad. El detalle perdido al reemplazar el último dígito es despreciable.

FIGURA 5.6 EJEMPLO DE CODIGO CON QPTS Y CONTROL DE PROYECTO INTEGRADO PARA PERSONAL NO PERTENECIENTE A GESTION DE CALIDAD.

1301 - SS115 - PMR100		
1301	=	Corte del proyecto
S	=	Actividad de gestión de calidad (N = soporte)
S11	=	Código de tarea para tuberías
5	=	Revisión de especificaciones (tabla 4.11)
PMR100	=	Código de recurso para la dirección del proyecto

Para identificar y dar seguimiento al trabajo es necesario extender el código. Lo anterior se muestra en la figura 5.7, utilizando caracteres (letras) de la tabla 4.9. Obsérvese que el costo del tubero es cargado al código de tarea correspondiente al montaje e instalación de tubería de acero de dos pulgadas. Mientras la causa del retrabajo sea el montaje de la tubería de acero de dos pulgadas, la codificación del costo será apropiada. Pero ¿Qué sucede si la causa del retrabajo del tubero es otra tarea (por ejemplo, la unión de la tubería fue mal instalada y esto ocasionó que el tubo se tuviera que quitar y ser reemplazado)? El WBS normal interpretaría este hecho como un error de la disciplina de tubería, originando problemas para tomar una acción correctiva debido a la falta de información. Una forma de manejar esta situación es permitir que el código de costo de la tarea refleje la "verdadera" tarea responsable para que le sea cargado el retrabajo. Naturalmente, esto es difícil de lograr, pero el porcentaje de error posible sería mínimo. Los efectos de este tipo de situación no podrán conocerse sino hasta que el sistema sea utilizado en el proyecto.

FIGURA 5.7 EJEMPLO DE CODIGO CON QPTS Y CONTROL DE PROYECTO INTEGRADO PARA ACTIVIDADES DE RETRAJO EN LA CONSTRUCCION.

1301 - DS111 - PFT020 - H		
1301	=	Corte del proyecto
D	=	Costo directo
S111	=	Código de tarea para tuberías
PFT020	=	Código de recurso (tubero)
H	=	Retrabajo (tabla 4.9)

4. Recolección de Datos para el QPTS.

Un sistema de codificación como el QPTS es el primer paso en la identificación de costos de calidad. Debe existir también un mecanismo para la recolección de la información y la asignación de los códigos apropiados. Algunos costos de calidad requieren un seguimiento frecuente, en ocasiones diario. En la tabla 5.1, se concentran estos costos. Afortunadamente, en la construcción es común registrar este tipo de información y no debe representar una carga adicional. La tabla 5.1 se aplica indistintamente al diseño, a la construcción y a la puesta en marcha. El tiempo de equipo en el diseño incluye el tiempo de computadora utilizado y las pruebas en borrador. Si algunos costos de calidad son considerados como muy pequeños y no se justifica su seguimiento (por ejemplo, materiales usados en el diseño), pueden ser omitidos, si los costos están disponibles directamente, se utilizan. Un ejemplo es un subcontrato para la prueba de especímenes de concreto. El precio total del subcontrato es un costo de gestión de calidad para la empresa constructora.

TABLA 5.1 INFORMACION QUE REQUIERE UN SEGUIMIENTO FRECUENTE PARA SER UTILIZADA EN EL QPTS.

<u>Tiempos de personal</u>	Por escala de salario o sueldo
	Por actividad de gestión de calidad o categoría de retrabajo
	Por disciplina de diseño o actividad de construcción
<u>Tiempos de equipo</u>	Por días u horas
	Por actividad de gestión de calidad o categoría de retrabajo
	Por disciplina de diseño o actividad de construcción
<u>Materiales</u>	Por costo
	Por actividad de gestión de calidad o categoría de retrabajo
	Por disciplina de diseño o actividad de construcción

Para obtener precisión, la información debe ser registrada en el momento y en el lugar donde produce u ocurre. La recolección de la información necesaria requiere el uso de tarjetas de tiempo o formas preparadas para este propósito. Las formas pueden ir provistas de campos o códigos impresos previamente, o de espacios en blanco para anotar el código. Independientemente del formato que se adopte, la persona encargada de llenarlo debe conocer el significado de los códigos y la categoría de trabajo que está registrando. Esto último, sobre todo cuando se trata de retrabajos, suele ser complicado. Por ejemplo, el tomador de tiempo en una obra de construcción puede desconocer el tipo y la causa de una desviación, o peor aún, ignorar que se ha llevado a cabo un retrabajo. Para hacer frente a estos problemas, se requiere una serie de instrucciones

y definiciones claras y precisas. Como va a ser necesario un esfuerzo adicional para recolectar los datos adecuadamente, es de suma importancia que la trascendencia de este esfuerzo sea comunicada por la dirección al personal que recolecta y registra la información.

5. Formatos para la Fase del Diseño.

A continuación se proponen dos formatos para la fase del diseño: el "Registro de Gestión de Calidad para el Diseño" y el "Registro de Corrección de Calidad en el Diseño". Se muestran en las figuras 5.8 y 5.9, respectivamente. Los códigos utilizados en los formatos son consistentes con aquellos enunciados en las tablas 4.8 y 4.10. Al utilizar códigos de disciplina, es factible identificar los costos del personal para ser incluidos en el QPTS.

Independientemente del método utilizado para recolectar costos, el objetivo básico es determinar una asignación clara para los costos de calidad. Los formatos han sido diseñados para esto y deben ser usados con conocimiento de causa; en ocasiones será necesario modificarlos para que se ajusten a situaciones específicas. Para el personal asalariado, a diferencia del personal por honorarios, es más apropiado registrar el tiempo por porcentaje y no por horas. Para áreas de soporte y personal de supervisión, donde la asignación de horas o porcentajes utilizados en actividades de calidad o retrabajo es prácticamente imposible, es válido utilizar una aproximación. Un método razonable podría ser asignar el mismo porcentaje utilizado para los diseñadores al tiempo de soporte y supervisión en las categorías de gestión de calidad y retrabajo.

6. Formatos para la Fase de Construcción.

A continuación se presentan dos formatos de registro para la fase de construcción: "Registro de Gestión de Calidad para la Construcción" y el "Registro de Retrabajo para la Construcción". Se muestran en las figuras 5.10 y 5.11, respectivamente.

Para estos formatos se asume que el código que define la actividad sobre la que se aplica la actividad de gestión de calidad o retrabajo se obtiene de una lista aparte. El código del QPTS se obtiene del formato en sí.

El uso del formato gestión de calidad no está limitado sólo al personal de tiempo completo orientado a esta materia. Se pretende que todos los directores y gerentes que estén involucrados en actividades de gestión de calidad participen activamente y estén conscientes del tiempo que invierten en dichas actividades. Cuando los tiempos exactos no están disponibles, se pueden utilizar estimaciones razonables. Es conveniente que incluso el personal que no pertenezca a una dirección o gerencia esté involucrado en actividades de calidad (por ejemplo, el tiempo de un sobrestante invertido en el entrenamiento de los trabajadores). La codificación y registro de lo anterior debe seguir un proceso normal de tomado de tiempo, utilizando un formato como el mostrado en la figura 5.10 ó por cartas de codificación de tiempo.

El formato mostrado en la figura 5.11 se usa para registrar el tiempo que se ocupó en el retrabajo. Esto incluye el tiempo gastado en quitar o desmantelar el trabajo defectuoso así como el trabajo adicional que tomó reparar las desviaciones. Determinar el código de desviación apropiado puede ser un problema; si la persona que lleva la hoja de registro de tiempos desconoce la información, debe obtenerla. Se da por hecho que la persona que tiene la autoridad para ordenar un retrabajo debe ser capaz de proporcionar la información requerida.

Finalmente, debe recordarse que los costos de calidad son los más significativos dentro del contexto general de los costos. Un retrabajo de tuberías con un costo de N\$ 10,000 tiene una connotación diferente en un proyecto de N\$ 1,000,000 que en uno de N\$ 20,000. El desglose de costo total ordinariamente disponible debe ser usado junto con los costos de calidad de tal forma que los porcentajes puedan ser calculados y se detecten tendencias. Estos costos deben ser analizados para cada actividad, en cada parte del proyecto, y finalmente para todo el proyecto en conjunto. Como los desgloses de proyecto se hacen por lo general en intervalos regulares, empezando por el estimado y terminando con una visión global, esta información puede ser integrada con la de los costos de calidad para dar seguimiento al desempeño de la calidad y para sentar las bases de una acción directiva adecuada.

CONCLUSIONES

1. Los costos de calidad son el parámetro de referencia para evaluar y medir la efectividad de un sistema de calidad.
2. Antes de instituir programas de control o aseguramiento de calidad, es requisito indispensable contar con el pleno convencimiento e involucramiento de la alta dirección.
3. El hecho de mostrar a la alta dirección de una empresa los costos de calidad en función de las pérdidas es una excelente arma para involucrarlos en un programa de calidad más detallado, como lo es un proceso de Calidad Total.
4. En México muy pocas empresas constructoras han implantado sistemas de calidad; y en base a las experiencias y documentos analizados para la elaboración de este trabajo, podemos concluir que es recomendable que la base del plan de aseguramiento de calidad para las empresas mexicanas avocadas a este ramo industrial sea aquel que se utiliza en las plantas nucleares (10CFR50-B), debido a que es el más completo y reconocido a nivel mundial.

5. Es importante mencionar que el mayor reto para establecer un sistema de calidad confiable está relacionado con las personas, más que con el sistema en sí. La comunicación, el compromiso y la cooperación son factores vitales que no deben descuidarse.

6. En la industria de la construcción resulta muy difícil identificar y dar seguimiento a los costos de calidad. Por esto es conveniente que se utilice el esquema del WBS/QPTS.

7. El esquema del WBS/QPTS es capaz de manejar información sobre los costos de calidad en situaciones prácticas del diseño y la construcción, mediante la utilización de técnicas adecuadas de recolección de costos. Este esquema puede, además, capturar la información en términos de los elementos del proyecto (tareas particulares), de las actividades de gestión de calidad y de las descripciones de retrabajo.

8. Una técnica útil para recolectar costos de calidad son los formatos propuestos en el capítulo V (ver anexos). Su aplicación en el diseño y la construcción fomentan una cultura de medición que permite llevar a cabo análisis estadísticos, lo cual es un factor primordial en todas aquellas empresas que han adoptado un sistema de calidad.

9. Aunque algunos de los conceptos manejados en este trabajo son todavía desconocidos debido a su novedad, su utilización en las empresas constructoras mexicanas está empezando a crecer considerablemente, sobre todo en aquellas enfocadas a la construcción industrial. Las principales barreras que ha encontrado la aplicación de estos conceptos radican en el

desconocimiento de sus beneficios, así como en la desesperada búsqueda de resultados a corto plazo por parte de los directivos.

10. Comprobar y evaluar el desempeño de este tipo de sistemas (WBS/QPTS) en las empresas constructoras mexicanas es aún muy prematuro; sólo mediante su aplicación y prueba en las obras, así como por medio de un constante programa de educación y auditorías, será factible conocer su resultado real.

A N E X O S

BIBLIOGRAFIA

- (1) Ishikawa, K., What is Total Quality Control?, The Japanese Way, Eaglewood Cliffs, Nueva Jersey, Prentice-Hall, 1985, (1a edición).
- (2) Wilson, T., Ford F-Series, Big, Brawny but no longer boxy, Revista Road & Track, Complete Truck and Van Buyer's Guide, Newport Beach, California, Abril 1992, p. 24.
- (3) Diario Oficial de lo Estados Unidos Mexicanos, lunes 17 de diciembre de 1990, p. 38.
- (4) Deming, W. E., Calidad, Productividad y Competitividad, España, Díaz de Santos, 1989, (1a edición), pp. 19-20.
- (5) Juran, J. M., Juran y la Planificación para la Calidad, España, Díaz de Santos, 1990, (1a edición).
- (6) Apuntes de la materia de Ingeniería Industrial I, cursada en la Escuela de Ingeniería de la Universidad Panamericana, México, 1990.
- (7) Apuntes del diplomado en Administración de la Calidad Total, 1er módulo, México, julio 1992, ITAM-CONCAMIN

- (8) Acle Tomasini, A., Planeación Estratégica y Control Total de la Calidad, México, Grijalbo, 1989, (1a edición), p. 219.
- (9) Walton, M., ¿Cómo Administrar con el Método Deming?, Colombia, Norma, 1992, (1a edición), pp. 106-128.
- (10) Tucker, R. L., Scarlett, B. R., Evaluation of Design Effectiveness, Universidad de Texas en Austin, Reporte del Instituto de la Industria de la Construcción, Julio 1986, p. 13.
- (11) American National Standards Institute, Generic Guidelines for Quality Systems, Milwaukee, Wisconsin, Sociedad Americana para el Control de Calidad, 1980, p.13.
- (12) Burgess, J. A., Design Assurance for Engineers and Managers, Nueva York, Marcel Dekker, 1984, (1a edición), p.2.
- (13) Código de Reglas Federales de los Estados Unidos de Norteamérica, Quality Assurance for Nuclear Power Plants and Fuel Reprocessing Plants, No. 10, pp. 503-506.
- (14) Bohannon, J. R., Quality Assurance Engineering for Nuclear and other Complex Facilities, Departamento de Energía de los Estados Unidos de Norteamérica, 1978, pp. 5.2.50-5.2.54.

- (15) Comité 121 del Instituto Americano del Concreto (ACI), Quality Assurance Systems for Concrete Construction, Boletín del Instituto Americano del Concreto, Volumen 82, Número 4, Julio-Agosto 1985, pp. 537-543.
- (16) Fuller, C. E., Quality Assurance in a Large Firm, Management Lessons from Engineering Failures, Nueva York, Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, 1986, pp. 6-11.
- (17) O'Connor, J. T., Rusch, S. E., Constructability Improvement during Engineering and Procurement, Universidad de Texas en Austin, Reporte del Instituto de la Industria de la Construcción, 1986, pp. 1-4.
- (18) Burati, J., Randolph, T. H., Willenbrock, J., Nuclear Construction Quality Assurance Systems, Boletín de la División de Construcción de la Sociedad Americana para el Control de Calidad, Volumen 107, Número 002, Junio 1981, pp. 349-360.
- (19) Shepard, S. H., Construction Quality Control Systems, A Comparative Analysis, Tesis de Maestría presentada a la Universidad Estatal de Pennsylvania en University Park, 1977, p.64.
- (20) Parsons, R., Systems for Control of Construction Quality, Boletín de la División de Construcción de la Sociedad Americana para el Control de Calidad, Marzo 1972, pp. 21-35.

- (21) Ledbetter, W. B., et al., Quality Management of Industrial Construction, Anaheim, California, Mayo 1986, Memoria del Congreso de la Sociedad Americana para el Control de Calidad.
- (22) Feigenbaum, A., Quality Control, Principles, Practice and Administration, Nueva York, McGraw-Hill, 1951, (1a edición), p. vii.
- (23) Juran, J. M., Quality Control Handbook, Nueva York, McGraw-Hill, 1974, (3a edición), p. 5.2.
- (24) Blank, L., Solorzano, J., Using Quality Cost Analysis for Management Improvement, Revista Industrial Engineering, Vol. 10, No. 2, Febrero 1978, pp. 46-51.
- (25) Feigenbaum, A., Total Quality Control, Revista Harvard Business Review, Vol. 34, No. 6, Noviembre-Diciembre 1956, pp. 93-101.
- (26) Feigenbaum, A., Total Quality Control, Nueva York, McGraw-Hill, 1983, (3a edición), pp. 110-111.
- (27) Harrington, J. H., Poor Quality Cost, Milwaukee, Wisconsin, ASQC Quality Press, 1987, (1a edición), pp. 167-184.
- (28) Besterfield, D., Quality Control, Eaglewood Cliffs, Nueva Jersey, Prentice-Hall, 1979, (1a edición), pp. 253-255.

- (29) Dhillon, B., Quality Control, Reliability and Engineering Design, Nueva York, Marcel Dekker, 1985, (1a edición), pp. 63-65.
- (30) Brown, F. B., Kane, R. W., Quality Cost and Profit Performance, Milwaukee, Wisconsin, Sociedad Americana para el Control de Calidad, 1984, pp. 203-209.
- (31) Schneiderman, A., Optimum Quality Costs and Zero Defects: Are they Contradictory Concepts?, Revista Quality Progress, Vol. 19, No. 11, Noviembre 1986, pp. 28-31.
- (32) Caplan, F., Managing for Success Through the Quality System, Revista Quality Progress, Vol. 18, No. 2, Febrero 1985, pp. 29-58.
- (33) Plunkett, J., Dale, B. G., Some Practicalities and Pitfalls of Quality-Related Cost Collection, Memorias del Instituto de Ingenieros Mecánicos, parte B: Management and Engineering Manufacture, Vol. 199, No. 81, 1985, pp. 29-33.
- (34) Sociedad Americana para el Control de Calidad, Guide for Reducing Quality Costs, Milwaukee, Wisconsin, ASQC, 1977.
- (35) Schrader, L., An Engineering Organization's Cost of Quality Program, Revista Quality Progress, Vol. 19, No. 1, Enero 1986, pp. 29-34.

- (36) Burati, J., Farrington, J., Cost of Quality Deviations in Design and Construction, Universidad de Texas en Austin, Reporte del Instituto de la Industria de la Construcción, Agosto 1987.
- (37) Carroll, P., What's at Stake in Industry?, Memorias de la Conferencia Nacional sobre Aseguramiento de Calidad en la Comunidad Constructora, Dallas, Texas, Julio 18-20, 1983, pp. 76-78.
- (38) Hays, R., Memorias de la Conferencia Nacional sobre Aseguramiento de Calidad en la Comunidad Constructora, Resumen de las ponencias, Dallas, Texas, Julio 18-20, 1983, pp. 209-210.
- (39) Ledbetter, W. B., A Construction Industry Cost Effectiveness Project Report, Memorias de la Conferencia Nacional sobre Aseguramiento de Calidad en la Comunidad Constructora, Dallas, Texas, Julio 18-20, 1983, pp. 7-45.
- (40) Diekmann, J. E., Thrush, K. B., Project Control in Design Engineering, Universidad de Austin en Texas, Reporte del Instituto de la Industria de la Construcción, Mayo 1986, pp. 124-125.
- (41) Departamento de Energía de los Estados Unidos de Norteamérica, Cost and Schedule Control Systems Criteria for Contract Performance Measurement Implementation Guide, Springfield, Virginia, Servicios Nacionales de Información Técnica, 1980, pp. 2-3.

- (42) Neil, J. M., A System for Integrated Project Control, Memorias de la Conferencia sobre la Práctica Actual de la Estimación y Control de Costos, Nueva York, Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, Abril 13-15, 1983, pp. 1-9.
- (43) Instituto de la Industria de la Construcción, Model Plant Chart of Accounts, CII Task Force 83-2 (Productivity Measurements), Universidad de Texas en Austin.
- (44) Freund, R. A., Definitions of Basic Quality Concepts, Boletín de Tecnología de la Calidad, Vol. 17, No. 1, Enero, 1985, pp. 51-56.