

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	08-07-2021	B
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		0(96)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Diomar Andrés Arévalo Criado Wilson Jesús Puello Carvajal		
FACULTAD	Ingenierías		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería Civil		
DIRECTOR	Jon Edinson Prado Pérez		
TÍTULO DE LA TESIS	Análisis de la implementación de la calidad en los proyectos de construcción de vías terciarias en Colombia		
TITULO EN INGLES	Analysis of the implementation of quality in construction projects of tertiary roads in Colombia		
RESUMEN (70 palabras)			
Este trabajo realizado desarrolla una amplia descripción del concepto de la calidad, la calidad total, los sistemas de gestión de calidad y la forma en que estos se aplican en la construcción de vías terciarias. Entendiendo que una de las dificultades que afronta todo tipo de proyectos de construcción, incluidas las vías, es la incertidumbre en el cumplimiento de las actividades que deben ejecutarse a medida que avanza el proyecto.			
RESUMEN EN INGLES			
This document carried out develops a broad description of the concept of quality, total quality, quality management systems and the way in which they are applied in the construction of tertiary roads. Understanding that one of the difficulties faced by all types of construction projects, including roads, is the uncertainty in the fulfillment of the activities that must be carried out as the project progresses.			
PALABRAS CLAVES	Vías terciarias, Calidad, Infraestructura vial, Control		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Tertiary roads, Quality, Road infrastructure, Control		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 98	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:



Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
 atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CALIDAD EN LOS PROYECTOS DE
CONSTRUCCIÓN DE VÍAS TERCIARIAS EN COLOMBIA

Diomar Andres Arevalo Criado

Wilson Jesus Puello Carvajal

Facultad de Ingeniería, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Ingeniería Civil

Esp. Jon Edinson Prado Pérez

15 de Marzo de 2022

Índice

Capítulo 1. Calidad: Principios Básicos	8
1.1 Costos de la calidad: definiciones y tipologías.....	9
1.2 Tipologías de madurez del sistema de calidad	10
1.3 Costo de la calidad.....	13
1.3.1 Definición del costo de la calidad.....	14
1.4 Categorías del costo de la calidad.....	16
1.4.1 Costo de prevención	16
1.4.2 Costo de evaluación.....	16
1.4.3 Costo de falla.....	17
1.5 Reducción de COQ.....	18
Capítulo 2. Evolución de la calidad y su influencia en el sector de la construcción.....	20
2.1 El costo de la calidad y los desafíos para el sector de la construcción.....	20
2.2 Gestión de la calidad total en el proceso de construcción	23
2.2.1 Definición de calidad.....	25
2.2.2 Aseguramiento de la Calidad y Control de Calidad.	27
2.2.3 Factores que afectan la Calidad.	30
2.2.4 Compromiso de la dirección y liderazgo.	31
2.2.5 Capacitación.	32
2.3 Los Costo de la calidad.....	33
2.3.1 Participación del proveedor.	34

	3
2.3.2 Servicio al cliente.	36
2.4 Influencia de la calidad en la industria de la construcción	36
2.4.1 Calidad de los códigos y normas.	40
2.4.2 Calidad de dibujos y especificaciones.	41
2.4.3 Constructibilidad del diseño.	42
2.5 Normas ISO	43
2.6 Consideraciones finales	44
Capítulo 3. Panorama general y proyectos de inversión e infraestructura en el país, análisis de factores que afectan la calidad.	48
3.1 Brecha de infraestructura.....	50
3.1.1 Problemas institucionales	52
3.2 Factores que contribuyen a las fallas de infraestructura.	53
3.2.1 Malas prácticas en ingeniería	53
3.2.2 Desastres naturales	57
3.2.3 Corrupción, transparencia y politización de la infraestructura.	61
3.2.4 Sabotaje de infraestructura.	64
3.3 El estado de la red vial y su disposición en el país.	65
Capítulo 4. Sistemas de calidad aplicados a los proyectos de vías terciarias.	68
4.1 Contexto Histórico.....	68
4.1.1 Gestión de calidad total en Ingeniería Civil.	69
4.2 Control de calidad durante la construcción	71

4.2.1 Logro de calidad vial.	74
4.3 Sistemas de aseguramiento de la calidad para proyectos de vías terciarias	75
4.3.1 Garantía de calidad.	76
4.3.2 Validación de terceros.	76
4.3.3 Normas ISO 9000	77
4.4 Control de calidad en obras de construcción de carreteras.....	78
4.4.1 Requisito previo para el control de calidad de la construcción de carreteras	78
4.4.2 Tipos de control de calidad.....	79
4.4.3 Control de calidad de materiales de construcción	79
4.4.4 Procedimientos de prueba.....	80
4.4.5 Capacitación en control de calidad	81
4.4.6 Parámetros críticos para el control de calidad de la construcción de carreteras	82
4.4.7 Control de calidad en vías terciarias en concreto rígido.....	84
4.4.8 Calidad Total (TQM) en vías terciarias	86
Conclusiones	89
Referencias	92

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación de los sistemas de calidad	11
---	----

Introducción

Como lo indica Moreno et al, (2001) la calidad en proyectos de construcción se estima como la capacidad para entregar una estructura en el tiempo, costo y calidad señalados, así como para lograr un estado aceptable de cumplimiento por parte del cliente. Adicionalmente, la calidad tal como se utiliza en la construcción incorpora los conceptos de control, mejora y confirmación de la calidad, así como las medidas necesarias para asegurarla. Así mismo, suele emplearse la calidad como uno de los indicadores para conocer la tasa de cumplimiento o fracaso de un proyecto. Algunos de estos proyectos suelen ser de tipo vial, en los cuales la conformación de las vías y su desempeño están directamente relacionados con el concepto de la calidad. La finalidad de los proyectos incluye la construcción de vías, las cuales deben proporcionar una superficie firme y duradera, capaz de resistir el estrés impartido por el tráfico y las condiciones climáticas.

En el caso particular de Colombia, las vías de tipo terciarias son un problema recurrente, que constituye una deficiencia de la comunicación terrestre con el sector rural, principalmente por el mal estado de las vías, que en ocasiones llegan a ser intransitables o presentan restricciones del tránsito. Incluso antes del 2016 en el país existía poca regulación técnica referentes a los procesos de intervención y mejoramiento de la red vial terciaria, y fue hasta ese año, que se aprobó el primer documento Conpes presentado por el DNP enfocado en las vías terciarias del país, titulado “Lineamientos de política para la gestión de la red terciaria” (DNP, 2016).

Vemos entonces que en el tema vial y en particular las vías terciarias, es necesario replantear los proyectos que se ejecutan, tanto para la construcción como para el mantenimiento de estas vías, los cuales deben considerar estándares de calidad, enmarcados en un sistemas de gestión de calidad que permita asegurar los estándares de dichas obras, entendiendo que la calidad en los proyectos de construcción se logra mediante la aplicación de varios principios, procedimientos, conceptos, métodos, herramientas y técnicas de control. En este sentido, el este trabajo realiza una amplia descripción del concepto de la calidad, la calidad total, los sistemas de gestión de calidad y la forma en que estos se aplican en la construcción de vías terciarias. Entendiendo que una de las dificultades que afronta todo tipo de proyectos de construcción, incluidas las vías, es la incertidumbre en el cumplimiento de las actividades que deben ejecutarse a medida que avanza el proyecto.

La metodología abordada fue de tipo documental, realizando recopilación de los principales documentos y trabajos relacionados al tema, disponibles en portales de búsqueda y repositorios de instituciones académicas. Posteriormente se analizaron a detalle estos documentos para establecer una línea base referente al tema, para identificar la trazabilidad de los avances desarrollados (Carrasco et al, 2017), analizando los antecedentes y la evolución del concepto de calidad, y su incorporación en el sector de la construcción. Y finalmente se estructuro la información recabada en cuatro capítulos, los cuales se desarrollan a lo largo del presente documento.

Capítulo 1. Calidad: Principios Básicos

Las alusiones a los costos de la calidad aparecieron por primera vez en la década de 1930 en el trabajo de Shewhart (1931) y, en menor medida, en Miner (1933) y Crocket (1935) (Giakatis et al., 2001). La formalización del concepto de costo de la calidad (COQ, por sus siglas en inglés) se desarrolló a partir del trabajo de Joseph Juran (1951), Armand Feigenbaum (1957) y Harold Freeman (1960). El Comité de Costos de Calidad de la American Society for Quality (ASQ), establecido en 1961, trabajó para formalizar el concepto y promover su uso. La publicación de Crosby (1979) de *Quality is Free* proporcionó probablemente el mayor impulso para popularizar el concepto de COQ más allá de la profesión de la calidad. La ASQ reconoce cuatro categorías de costos de calidad: prevención; tasación; falla interna; y falla externa.

Estas categorías han sido bien aceptadas dentro de las profesiones de calidad y contabilidad, y se han incluido en estándares internacionales. Sin embargo, en muchas empresas los costos de calidad no se calculan explícitamente, sino que simplemente se absorben en otros gastos generales (Zambrano et al. 2018). Cuando los costos de la calidad no son visibles, los gerentes no pueden utilizar esta información de calidad en sus procesos de toma de decisiones. En su estudio experimental, Viger y Anandarajan demostraron que los gerentes que tienen acceso a datos de costos de calidad toman decisiones diferentes a los gerentes que no tienen datos de costos de calidad disponibles (Alali et al, 2018).

Si bien existe acuerdo en que la calidad es un factor crítico de éxito para la competitividad en el mundo empresarial, muchas empresas están descubriendo que sus enfoques existentes para mejorar la calidad son ineficaces. Dos encuestas informadas por Schaffer y

Thomson (1992) indicaron que la mayoría de los sistemas de calidad implementados no produjeron mejoras reales o tuvieron un impacto significativo en la mejora de la competitividad. Chase (1998) informa que muchos programas de COQ son ineficaces porque consisten en poco más que una estimación vaga de la cantidad de chatarra producida en el corto plazo. Una conclusión que se puede sacar es que la simple existencia de un sistema de calidad o un programa COQ no es evidencia de su impacto en las operaciones (Giraldo et al, 2018).

Los programas de COQ por sí mismos no mejoran la calidad, proporcionan información y comentarios a los sistemas de calidad que son responsables de las mejoras de la calidad. Esto lleva a la conclusión de que, si bien la precisión de un sistema COQ puede evaluarse de forma independiente, la eficacia de ese programa está indisolublemente ligada a qué tan bien el sistema de gestión de la calidad utiliza la información COQ para mejorar la calidad. La evaluación de la efectividad de un sistema de calidad y un programa COQ debe medirse en términos de las mejoras que resultan de su implementación y uso (Giraldo et al, 2018).

1.1 Costos de la calidad: definiciones y tipologías

Según el experto en calidad Philip Crosby, la calidad es gratis. Lo que cuesta dinero son todas las acciones que implican no hacer las cosas bien a la primera. Según Crosby, la calidad se mide por el costo de la calidad, que es el costo de la no conformidad, el costo de hacer las cosas mal. Adicionalmente el concepto de Joseph Juran indica que el costo de la mala calidad como "la suma de todos los costos que desaparecerían si no hubiera problemas de calidad" es similar al de Crosby (Sansalvador, 2015).

La tipología más comúnmente aceptada divide los costos de calidad en costos de prevención, evaluación, fallas internas y fallas externas. Esta tipología a menudo se conoce como PEF (prevención, evaluación y falla) y es uno de los “modelos generales de costo de calidad más utilizados, se define estos costos de la siguiente manera:

- los costos de prevención son “los costos de todas las actividades diseñadas específicamente para prevenir la mala calidad de los productos y servicios”
- Los costos de tasación son “los costos asociados con la medición, evaluación o auditoría de productos o servicios para asegurar la conformidad con los estándares de calidad y los requisitos de desempeño”
- los costos de fallas internas son “los costos resultantes de productos o servicios que no se ajustan a los requisitos o necesidades del cliente / usuario (que) ocurren antes de la entrega o envío [...] al cliente”
- Los costos de fallas externas son "los costos que resultan de productos o servicios que no se ajustan a los requisitos o necesidades del cliente / usuario (que) ocurren después de la entrega o envío del producto, y durante o después de la prestación de un servicio al cliente" (Sansalvador, 2015).

1.2 Tipologías de madurez del sistema de calidad

Un sistema de calidad inmaduro hace un uso extensivo del muestreo de aceptación o la inspección de fin de línea. A medida que madura el sistema de calidad, el control del proceso reemplaza el muestreo de aceptación. En un sistema de calidad maduro, las herramientas

principales que se utilizan son el diseño de experimentos y el control de procesos. Gómez (2015) relaciona esta evolución con la reducción sistemática de la variación del proceso.

Actualmente, el modelo de madurez más aceptado es el de la norma ANSI / ISO / ASQ Q9004-2000 (American Society for Quality, 2000, p. 48). La norma ISO Q9004-2000 proporciona un marco formal para la clasificación de los sistemas de calidad en función de los niveles de madurez del desempeño. Estos niveles se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. *Clasificación de los sistemas de calidad*

Nivel de Madures	Nivel de desempeño	Guía
1	Sin enfoque formal	Sin enfoque sistemático evidente, sin resultados, resultados deficientes o resultados impredecibles
2	Enfoque Reactivo	Enfoque sistemático basado en problemas o correctivos; datos mínimos o resultados de mejora disponibles
3	Enfoque de sistema formal estable	Enfoque sistemático basado en procesos, etapa temprana de mejoras sistemáticas; datos disponibles sobre la conformidad con los objetivos y la existencia de tendencias de mejora
4	Mejora continua enfatizada	Proceso de mejora en uso; buenos resultados y tendencias de mejora sostenida
5	El mejor rendimiento de su clase	Proceso de mejora fuertemente integrado; Se han demostrado los mejores resultados comparativos de su clase.

El propósito principal de un sistema de costo de calidad (COQ) es la reducción de costos a través de la identificación de oportunidades de mejora. Varias empresas dan testimonio de la eficacia de los sistemas COQ en la reducción de costos. Sin embargo, también existen razones por las que fallan muchos programas de costos de calidad:

- (1) usar la información de COQ como una herramienta de registro de puntajes en lugar de un motor para la mejora continua;
- (2) preocupación por la perfección en la determinación de las cifras de COQ; y
- (3) subestimación de la profundidad y el alcance del compromiso necesario para la prevención.

Uno de los contratiempos de la aplicación de COQ ha sido que los costos de falla a menudo se basan en variaciones de costos que ocultan problemas específicos, como aumentos en las tasas de desecho por el estándar que se ajusta para permitir un mayor nivel de uso. Adicionalmente varios profesionales de la calidad ven los sistemas COQ como "pesadillas administrativas y como impedimentos para la calidad en lugar de contribuyentes a la calidad". Basándose en entrevistas con profesionales de la calidad, atribuye muchas fallas del sistema COQ "a una mala planificación, implementación y seguimiento de la gestión" más que a fallas en el concepto mismo del COQ (Gómez, 2015).

1.3 Costo de la calidad

Para mejorar la calidad, una organización debe tener en cuenta los costos asociados con el logro de la calidad, ya que el objetivo de los programas de mejora continua no es solo cumplir con los requisitos del cliente, sino también hacerlo al menor costo posible. Esto solo se puede obtener reduciendo los costos necesarios para lograr la calidad, y la reducción de estos costos solo es posible si se identifican y miden. Por lo tanto, medir y reportar el Costo de la Calidad (COQ) debe ser considerado como un tema importante para lograr la excelencia en la calidad (Parra, 2016).

En la industria de la construcción, las organizaciones generalmente no cuentan con un mecanismo de aprendizaje organizacional efectivo que pueda usarse para estimular las mejores prácticas, principalmente porque se han descuidado los principios y las herramientas de gestión de la calidad. Por lo tanto, se sabe poco sobre el costo de la calidad y el impacto que tiene en el desempeño y la competitividad de una organización. Con respecto al trabajo, se sugiere que la mayoría de las organizaciones han aprendido a aceptarlo como parte de su propio desempeño y del de un proyecto. Como resultado, se ha convertido en un problema endémico en la industria de la construcción.

En Australia, la Agencia de Desarrollo de la Industria de la Construcción estimó que el costo del retrabajo es del 12 por ciento del costo del proyecto. Por lo tanto, si se aplica un valor de reelaboración del 12 por ciento a la facturación anual de la industria de la construcción australiana, que se estima en \$A32 mil millones por año, entonces el costo de la reelaboración se

puede aproximar a \$A4 mil millones por año. Con un retrabajo tan grande, los beneficios netos de construir e implementar las mejores prácticas son sustanciales (Meléndez, 2021).

La industria de la construcción carece de exposición a las herramientas y métodos que se han aplicado con éxito en la industria manufacturera para promover la gestión de la calidad. Las herramientas existentes implican un ciclo de medición, comparación y acción. Ninguna de las herramientas proporciona un medio para prevenir fallas de calidad. Las investigaciones han encontrado que la ausencia de un enfoque de calidad a lo largo de la construcción a menudo da como resultado una repetición del trabajo, que invariablemente toma la forma de cambios, errores y omisiones y, como resultado, afecta negativamente el desempeño del proyecto (Meléndez, 2021).

1.3.1 Definición del costo de la calidad

Teniendo en cuenta que existen diferentes puntos de vista sobre la calidad y qué es lo que realmente genera costos, existen diferentes conceptos para los costos de calidad, además; cada concepto es definido de manera diferente por muchos autores/investigadores.

Un autor que utiliza el concepto de costo de la calidad es Campanella, quien define el costo de la calidad como “el costo total incurrido por (Laporta, 2016):

- invertir en la prevención de la no conformidad con los requisitos,
- evaluar la conformidad de un producto o servicio con los requisitos, y

- no cumplir con los requisitos

Lund et al. también discuten los costos de calidad, y su definición es, “el tiempo y aquellos otros recursos que una empresa debe utilizar para preestablecer requerimientos”. Dividen el costo de la calidad en dos categorías, donde la primera es el costo necesario para garantizar que se cumplan los requisitos de calidad, y la segunda categoría son los costos que resultan de las desviaciones de los requisitos (Laporta, 2016).

El enfoque del consultor de calidad estadounidense Philip Crosby comienza desacreditando la suposición de que existe una correlación entre calidad y costo. Crosby enfatiza el precio de la conformidad y el precio de la clasificación de no conformidad. Él define el Costo de la Calidad como la suma del Precio de la Conformidad (POC) y el Precio de la No Conformidad (PONC). El precio de la conformidad es el costo que implica hacer ciertas cosas que se hacen bien la primera vez y el precio de la no conformidad es el dinero desperdiciado cuando las obras no se ajustan a los requisitos del cliente (Laporta, 2016)

Abdul Rahman también analiza los costos de calidad, y su definición es “costo en que se incurre para garantizar los requisitos de calidad y evaluar que se cumplen los requisitos de calidad” y “cualquier otro costo en que se incurre como resultado de la producción de mala calidad” (Laporta, 2016).

1.4 Categorías del costo de la calidad

A principios de la década de 1960, Armand Feigenbaum clasificó los costos de calidad en las siguientes categorías: prevención, evaluación, falla interna y falla externa.

1.4.1 Costo de prevención

Los costos de prevención son costos relacionados con todas las actividades para evitar que ocurran defectos y para mantener la evaluación y fallas al mínimo. Estos costos incluyen revisión de nuevos productos, planificación de calidad, encuestas a proveedores, revisiones de procesos, equipos de mejora de calidad, educación y capacitación y otros costos similares (Ramos et al, 2016).

1.4.2 Costo de evaluación

Los costos de evaluación son aquellos costos que ocurren debido a la necesidad de controlar los productos y servicios para asegurar un alto nivel de calidad en todas las etapas, conformidad con los estándares de calidad y requisitos de desempeño. El control puede tener lugar antes de la fase de producción, durante la misma o inmediatamente después. Así, los costes de tasación se deben a actividades de tasación que impiden que los errores se trasladen al siguiente nivel del proceso o al cliente. No reducen el número de errores, pero reducen el número de errores que llegan al cliente. Estos costos incluyen inspección por primera vez, verificación, prueba, auditorías de procesos o servicios, calibración de equipos de medición y prueba,

vigilancia de proveedores, inspección de recibos, costo de evaluación de negocios, etc (Ramos et al, 2016).

1.4.3 Costo de falla

Los costos de falla son los costos resultantes de productos o servicios que no se ajustan a los requisitos o necesidades del cliente/usuario, es decir, se han producido problemas o errores que hacen que el producto o servicio sea de mala calidad. Se dividen además en costos de fallas internas y externas.

Los costos de fallas internas son los costos causados por las deficiencias encontradas antes de la entrega de los productos y servicios a los clientes externos, que de otro modo hubieran llevado a que el cliente no estuviera satisfecho. Las deficiencias son causadas tanto por errores en los productos como por ineficiencias en el proceso. Dichos costos pueden incluir costos por reelaboración, demoras, rediseño, escasez, análisis de fallas, nuevas pruebas, degradación, tiempo de inactividad, falta de flexibilidad y adaptabilidad, poca competencia y mala gestión.

Los costos de fallas externas son los costos causados por deficiencias encontradas después de la entrega de productos y servicios a clientes externos, que conducen a la insatisfacción del cliente. Estos pueden ser costos por reclamos, reparación de bienes y rehacer servicios, garantías, costos extra para los clientes, mala voluntad y pérdidas por reducción de ventas y costos ambientales (Ramos et al, 2016).

1.5 Reducción de COQ

Muchas organizaciones consideran que mejorar la calidad es la mejor manera de aumentar la satisfacción del cliente, reducir los costos de fabricación y aumentar la productividad. Para ello, se debe reducir el COQ. El seguimiento y control del COQ se están convirtiendo en actividades críticas de los programas de mejora de la calidad (Gonzales y Moreno, 2016).

No importa si esto se hace reduciendo los tres componentes o aumentando algunos y disminuyendo otros lo suficiente como para reducir el costo total. Tener un impacto significativo en el costo total; hay que reducir el coste del fracaso, y la estrategia habitual para lograr este objetivo es gastar más en prevención.

Gastar más en costos de prevención y evaluación reducirá el costo de fallas con el tiempo. El gasto adicional en prevención también reducirá el costo de la evaluación. el gasto en prevención también evita salarios de mala calidad. Por lo tanto, la mayoría de los costos de fallas pueden eliminarse con poca inversión en prevención y con una inspección oportuna (Gonzales y Moreno, 2016).

Según Dale y Plunkett, el 95 por ciento del costo de la calidad generalmente se gasta en la evaluación y el fracaso. El gasto en tasación agrega poco al valor de la obra de construcción. Sólo sirve para aumentar el costo de la construcción. El costo de la falla, al menos, puede considerarse evitable. La reducción del costo de falla al eliminar las causas de la no conformidad

también puede conducir a una reducción sustancial en el costo de evaluación (Gonzales y Moreno, 2016).

Si una empresa quiere reducir los defectos y con ello reducir el costo de la mala calidad, tendría que aumentar el costo de la buena calidad, lo que significa mayores inversiones en cualquier tipo de control, prueba, evaluación, capacitación de los operadores, etc. Siguiendo los Seis La filosofía de Sigma, sin embargo, de construir calidad en el proceso, el servicio y los productos y hacer las cosas bien la primera vez, el aumento del costo de la buena calidad, mientras se lucha por un desempeño con cero defectos, puede suavizarse si los procesos mejoran.

Capítulo 2. Evolución de la calidad y su influencia en el sector de la construcción.

Uno de los primeros escritos relacionados con el concepto general de costos de calidad se puede encontrar en el primer Manual de control de calidad del Dr. J. M. Juran (McGraw-Hill, 1951). El capítulo 1, La economía de la calidad, contenía la famosa analogía del Dr. Juran del "oro en la mina". como los conocemos hoy son el artículo de WJ Masser de 1957, "Quality Manager and Quality Costs", el artículo de Harold Freeman de 1960, "How to Put Quality Costs to Use", y el Capítulo 5 del libro clásico del Dr. AV Feigenbaum, Total Quality Control (McGraw -Hill, 1961). Estos escritos fueron de los primeros en clasificar los costos de calidad.

Hoy es más fácil que nunca medir los costos de calidad. Mejores aplicaciones de procesamiento de datos y empleados más calificados permiten una profundidad de medición que antes se consideraba demasiado costosa. Hoy, si no cuenta al menos sus costos de chatarra y reelaboración, está volando a ciegas. Algunas empresas han creado sofisticados programas de costos de calidad y se benefician de ellos de manera continua. Casi todos los consultores de gestión de calidad tienen programas de costos de calidad como parte integral de su repertorio. Las industrias de servicios están siendo objeto de un escrutinio más profundo por parte de grupos reguladores y de consumidores que cuestionan la validez de los aumentos de precios o tarifas. En estos tiempos, una comprensión clara de la economía de la calidad y el uso de un sistema de costos de calidad en apoyo de los esfuerzos de mejora de la calidad y la gestión de la calidad pueden marcar la diferencia entre el statu quo y vencer a la competencia (Madrigal, 2018).

2.1 El costo de la calidad y los desafíos para el sector de la construcción

Muchos conceptos relacionados con la Gestión de la Calidad se han originado en la industria manufacturera y se está intentando su implementación en la industria de la construcción. La industria manufacturera se caracteriza por procesos de estado estacionario, mientras que la industria de la construcción opera de manera bastante diferente (Giraldo et al, 2018). Algunos ejemplos de estas diferencias se dan a continuación:

- Diversidad en los tipos, formas y formas de los proyectos de construcción.
- Dispersión geográfica
- Relaciones contractuales
- Multiplicidad y diversidad de varios componentes.
- Desafíos en el control de las condiciones ambientales
- Dificultad (a veces imposibilidad) de rechazar un elemento defectuoso
- Requisito de 'durabilidad' mucho más alto

Por lo tanto, los métodos o principios utilizados para evaluar los parámetros relacionados con la calidad como la evaluación, el costo, etc. en la industria manufacturera deben modificarse adecuadamente para que puedan aplicarse de manera efectiva en la industria de la construcción.

El objetivo en un proyecto de construcción es cumplir con los requerimientos del cliente al menor costo posible. Cualquier intento de mejorar la calidad, por lo tanto, debe considerar los costos asociados. Es aquí donde el concepto de 'Costo de Calidad' (COQ) se vuelve relevante. Juran (2015) creía que era importante vincular los problemas de calidad con los costos. Vincular

los esfuerzos de Calidad a la conformidad, los defectos y los costos (y las ganancias) es la única forma de impulsar un cambio sostenible en el enfoque de la gestión hacia la Calidad.

Existen diferentes definiciones y modelos asociados de COQ propuestos por diferentes expertos/investigadores. Una de las definiciones/modelos más simples de COQ es el modelo PAF (Por sus siglas en inglés). Según esto, COQ es la suma de los siguientes elementos.

- Costo de cumplimiento (o prevención del incumplimiento)
- Costo de prueba e inspección para evaluar el grado de cumplimiento
- Coste de las reparaciones

Estos se denominan costos P (prevención), A (evaluación) y F (fallo) y el modelo que se desarrolla a partir de esto se conoce como modelo PAF. Este modelo es fácil de entender y puede utilizar gran parte de los datos ya disponibles en los proyectos. Además, puede ser aplicado por cualquier contratista, independientemente del sector, el tamaño del proyecto, la competencia de los empleados y la solidez del SGC implementado. Si bien lo anterior suena simple en teoría, existen bastantes desafíos para implementarlo en un proyecto.

Las partes interesadas en un proyecto de construcción incluyen al desarrollador, las empresas de diseño, el PMC, el contratista principal (contratista general) y los subcontratistas. Existe una tendencia a trasladar el costo de la Calidad por parte del desarrollador al contratista principal y del contratista principal al subcontratista(s), a través de disposiciones estrictas en el acuerdo de contrato (Giraldo et al, 2018).

Gran parte de la construcción actual se realiza mediante subcontratación. El desarrollador puede pensar que es el contratista principal el que debe ser responsable del COQ. El contratista principal puede, en parte, pensar que es el subcontratista el que debe ser responsable del COQ. Por lo tanto, algo que debería ser de interés para todos, se envía a la agencia que tiene menos recursos y menos ancho de banda para prestar atención al COQ (Giraldo et al, 2018).

Si bien es fácil identificar y aislar el costo de la evaluación, no es fácil hacerlo para el costo de la prevención. Hay muchas intervenciones indirectas para prevenir errores/defectos que no están enfocadas exclusivamente a la calidad. Parte de los costos asociados con la capacitación, la motivación de los empleados, el mantenimiento preventivo de los equipos, la precalificación de los proveedores, la logística del sitio, etc., se incurre no solo por la calidad, sino por otros objetivos del proyecto, como el costo, la velocidad y la seguridad.

Similar es el caso con el costo de falla. El costo medible de la falla (costo de las reparaciones) suele ser una pequeña parte del costo total de la falla que puede incluir aspectos inconmensurables como demoras, reclamos/litigios, daños a la marca y pérdida de negocios futuros. La práctica de contabilidad de costos también puede dificultar la identificación y el aislamiento de cualquier costo en el grupo COQ y no COQ (Giraldo et al, 2018).

2.2 Gestión de la calidad total en el proceso de construcción

El logro de niveles aceptables de calidad en la industria de la construcción ha sido durante mucho tiempo un problema. Grandes gastos de tiempo, dinero y recursos, tanto humanos como materiales, se desperdician cada año debido a procedimientos de gestión de calidad ineficientes o inexistentes. La industria manufacturera ha desarrollado conceptos de Gestión de calidad total (TQM), aplicados por primera vez en Japón y en los últimos años utilizados en los Estados Unidos, que han aumentado la productividad, reducido el costo del producto y mejorado la confiabilidad del producto. Estos conceptos también son aplicables a la industria de la construcción. Por ejemplo, las empresas de construcción japonesas, que se beneficiaron de las experiencias de los fabricantes japoneses, comenzaron a implementar TQM durante la década de 1970 (García y García, 2016).

Aunque la construcción es un proceso creativo que se realiza una sola vez, la industria japonesa de la construcción adoptó los conceptos de TQM que, según algunos, solo podían aplicarse a la producción en masa. La TQM es un esfuerzo que involucra a todas las organizaciones de la industria en el esfuerzo por mejorar el desempeño. Permea todos los aspectos de una empresa y hace de la calidad un objetivo estratégico. La TQM se logra a través de un esfuerzo integrado entre el personal en todos los niveles para aumentar la satisfacción del cliente mediante la mejora continua del rendimiento. La TQM se enfoca en la mejora de procesos, la participación de clientes y proveedores, el trabajo en equipo y la capacitación y educación en un esfuerzo por lograr la satisfacción del cliente, la rentabilidad y el trabajo sin defectos. La TQM proporciona la cultura y el clima esenciales para la innovación y el avance tecnológico (García y García, 2016).

2.2.1 Definición de calidad.

La calidad se puede definir como el cumplimiento de los requisitos legales, estéticos y funcionales de un proyecto. Los requisitos pueden ser simples o complejos, o pueden establecerse en términos del resultado final requerido o como una descripción detallada de lo que se debe hacer. Pero, como quiera que se exprese, la calidad se obtiene si los requisitos establecidos son adecuados y si el proyecto terminado se ajusta a los requisitos. La ley define la calidad en términos de responsabilidad profesional, concepto jurídico que obliga a todos los profesionales a conocer su oficio y ejercerlo con responsabilidad. Todo arquitecto e ingeniero que ofrece su experiencia a los propietarios está sujeto a las leyes de responsabilidad profesional. Algunos profesionales del diseño creen que la calidad se mide por la estética de las instalaciones que diseñan (Mayo et al, 2015).

Debido a que las definiciones estéticas de calidad son en gran medida subjetivas, surgen importantes desacuerdos sobre si se ha logrado la calidad o no. Dado que no existen definiciones objetivas de calidad estética, los profesionales del diseño generalmente se encargan de definir la calidad estética de sus diseños. La calidad también se puede definir desde el punto de vista de la función, por qué tan cerca se ajusta el proyecto a sus requisitos. Utilizando esta definición, un proyecto de alta calidad puede describirse mediante términos tales como facilidad para comprender los dibujos, nivel de conflicto en los dibujos y especificaciones, economía de construcción, facilidad de operación, facilidad de mantenimiento y eficiencia energética (Mayo et al, 2015).

En la industria de la construcción, la calidad se puede definir como el cumplimiento de los requisitos del diseñador, el constructor y las agencias reguladoras, así como del propietario. La calidad se puede caracterizar de la siguiente manera (Pérez et al, 2021).

- Cumplir con los requisitos del propietario en cuanto a la adecuación funcional; finalización a tiempo y dentro del presupuesto; costos del ciclo de vida; y operación y mantenimiento.
- Cumplir con los requisitos del profesional del diseño en cuanto a la provisión de un alcance de trabajo bien definido; presupuesto para reunir y utilizar un personal calificado, capacitado y con experiencia; presupuesto para obtener información de campo adecuada antes del diseño; disposiciones para decisiones oportunas por parte del propietario y del profesional del diseño; y contrato para realizar el trabajo necesario a una tarifa justa con asignación de tiempo adecuada.
- Cumplir con los requisitos del constructor en cuanto a la provisión de planes de contrato, especificaciones y otros documentos preparados con suficiente detalle para permitir que el constructor prepare una propuesta con precio o una oferta competitiva; decisiones oportunas del propietario y del profesional del diseño sobre la autorización y el procesamiento de órdenes de cambio; interpretación justa y oportuna de los requisitos del contrato por parte del personal de diseño e inspección de campo; y contrato para la ejecución del trabajo en un horario razonable que permita una ganancia razonable.
- Cumplir con los requisitos de las agencias reguladoras (el público) en cuanto a la seguridad y salud pública; consideraciones ambientales; protección de la propiedad

pública, incluidos los servicios públicos; y conformidad con las leyes, reglamentos, códigos y políticas aplicables.

Además, se debe diferenciar entre 'calidad de hecho' y 'calidad de percepción'. Los proveedores de servicios o bienes que cumplen especificaciones logran calidad de hecho. Un servicio o producto que cumple con las expectativas del cliente logra calidad en la percepción. En otras palabras, un producto puede ser de alta calidad y, sin embargo, puede no satisfacer las necesidades del cliente y viceversa.

También se debe diferenciar entre 'calidad del producto', es decir, la calidad de los elementos directamente relacionados con el producto físico en sí, y 'calidad del proceso', es decir, la calidad del proceso que hace que el producto sea aceptable o no. Por ejemplo, la 'calidad del producto' en la industria de la construcción puede referirse al logro de la calidad en los materiales, el equipo y la tecnología que intervienen en la construcción de una estructura, mientras que la 'calidad del proceso' puede referirse al logro de la calidad en la forma en que el proyecto está organizado y gestionado en las tres fases de planificación y diseño, construcción y operación y mantenimiento.

2.2.2 Aseguramiento de la Calidad y Control de Calidad.

El aseguramiento de la calidad implica establecer políticas relacionadas con el proyecto, procedimientos, estándares, capacitación, lineamientos y sistema necesarios para producir

calidad. El profesional de diseño y el constructor son responsables de desarrollar un programa apropiado para cada proyecto. El control de calidad brinda protección contra problemas de calidad a través de advertencias tempranas de problemas futuros. Estas advertencias tempranas juegan un papel importante en la prevención de problemas tanto internos como externos". Por otro lado, el control de calidad es la implementación específica del programa aseguramiento y las actividades relacionadas. El control de calidad efectivo reduce la posibilidad de cambios, errores y omisiones, lo que a su vez genera menos conflictos y disputas (Alfaro, 2008).

Como se mencionó anteriormente, la calidad en la construcción es demasiado importante como para dejarla al azar. Una mirada a la historia da una idea del problema. Durante la primera mitad de este siglo, los ingenieros y arquitectos tenían el control total durante la fase de diseño. Durante la fase de construcción desempeñaron un papel descrito como "supervisión", asegurándose de que el propietario recibiera el valor de su dinero en términos de calidad. En las décadas de 1950 y 1960, los propietarios se preocuparon cada vez más por el costo y el cronograma, áreas en las que los profesionales del diseño no brindaban un buen control.

El énfasis siguió estando en la calidad y el control de la exposición a la responsabilidad. Aproximadamente al mismo tiempo, el uso generalizado en el sector público y, en gran medida, en el sector privado, de la oferta pública sellada le dio al propietario la ventaja de precios competitivos, pero también obligó al contratista general a buscar todas las ventajas. Durante la construcción para controlar los costos y mantener una postura rentable. A medida que los sistemas mecánicos y eléctricos se volvieron más complejos, el contratista general transfirió la responsabilidad de dicho trabajo a los subcontratistas, incluido el control de calidad de su mano

de obra. A través de contrato, subcontrato y sub-subcontrato, el contratista general terminó delegando la responsabilidad de la calidad (Alfaro, 2008).

En la década de 1980 llegó el advenimiento del sistema de ejecución de proyectos de gestión de la construcción mediante el cual las empresas de gestión de la construcción surgieron como entidades que no eran responsables del diseño y/o la construcción, sino que realizaban únicamente funciones de gestión en nombre del propietario desde la fase inicial hasta la finalización de la fase de construcción. La inspección y el control de calidad que tradicionalmente habían sido realizados por arquitectos e ingenieros ahora eran realizados por empresas de gestión de la construcción.

Los términos garantía de calidad y control de calidad se utilizan con frecuencia como sinónimos. Dado que el control de calidad es parte del aseguramiento de la calidad, es difícil pero importante mantener una clara distinción entre ambos. El aseguramiento de la calidad son todas las acciones planificadas y sistemáticas necesarias para brindar la confianza adecuada de que una estructura, sistema o componente funcionará satisfactoriamente y se ajustará a los requisitos del proyecto.

Por otro lado, el control de calidad es un conjunto de procedimientos específicos que intervienen en el proceso de aseguramiento de la calidad. Estos procedimientos incluyen la planificación, coordinación, desarrollo, verificación, revisión y programación del trabajo. La función de control de calidad es la más cercana al producto en el sentido de que se utilizan varias

técnicas y actividades para monitorear el proceso y perseguir la eliminación de las fuentes que conducen a un desempeño de calidad insatisfactorio.

La mayoría de las actividades de garantía y control de calidad relacionadas con el diseño están cubiertas por los procedimientos de oficina estándar de una organización de diseño. El desarrollo y el seguimiento de las actividades dentro del programa de garantía de calidad en la fase de construcción son responsabilidad del diseñador o de la empresa de gestión de la construcción, según el sistema de entrega del proyecto (Alfaro, 2008).

2.2.3 Factores que afectan la Calidad.

El establecimiento de los requisitos del proyecto para la calidad comienza al inicio del proyecto. Es esencial un equilibrio cuidadoso entre los requisitos del propietario de los costos y el cronograma del proyecto, las características operativas deseadas, los materiales de construcción, etc. y la necesidad del profesional de diseño de tiempo y presupuesto adecuados para cumplir con esos requisitos durante el proceso de diseño. Los propietarios equilibran sus requisitos con las consideraciones económicas y, en algunos casos, con la posibilidad de falla. El profesional a cargo del proyecto está obligado a proteger la salud y la seguridad pública en el contexto del proyecto final terminado.

El constructor es responsable de los medios, métodos, técnicas, secuencias y procedimientos de construcción, así como de las precauciones y programas de seguridad durante el proceso de construcción. Los requisitos del proyecto son los factores clave que definen la calidad en el proceso de construcción. El proceso de construcción se puede dividir en tres fases

principales, a saber, (1) la fase de planificación y diseño, (2) la fase de construcción y (3) la fase de mantenimiento y operación (Alfaro, 2008).

2.2.4 *Compromiso de la dirección y liderazgo.*

El estudio de rentabilidad de la industria de la construcción de Business Roundtable concluyó que las causas principales de la disminución de la productividad de la construcción involucran directa o indirectamente prácticas de gestión deficientes. Dado que la calidad es parte de la productividad, el primer paso para la gerencia es reconocer que existe un problema. El éxito de un programa TQM depende en primer lugar de las prácticas de gestión. TQM es una cultura y una filosofía que debe impregnar una organización como método de gestión. Solo puede prosperar bajo una alta gerencia que establezca la TQM como una prioridad máxima. Este compromiso debe ir acompañado de una comprensión profunda de TQM. Solo si cuenta con el apoyo de este compromiso y comprensión, la alta dirección puede conducir a la empresa hacia la realización de una mayor calidad en sus compromisos (Mínguez y Moreno, 2004).

En el método de la gestión por control, no por participación, el énfasis está en el organigrama y los puntos clave de control dentro de la estructura. A todos los gerentes, comenzando por arriba, se les dan ciertas metas para el próximo año. Ellos, a su vez, establecen metas e imponen controles a cada uno de sus subordinados. En términos de construcción, se establecen metas de costo, cronograma y posiblemente calidad para cada proyecto. Los gerentes de proyecto son recompensados en base al cumplimiento de estos objetivos. Este método ha

tenido algo de éxito. Es simple, lógico y consistente. Pero hay problemas cuando el trabajo se ve desplazado por los propios controles.

Además, la competencia para cumplir objetivos a corto plazo puede generar conflictos internos, relaciones antagónicas, comunicación reducida, acusaciones cuando no se logran los objetivos e incluso informes falsos de conformidad. La administración por control alienta a una organización a mirar hacia adentro en lugar de mirar hacia afuera al cliente y las necesidades del cliente. Una vez que reconoce que existe un problema, el segundo paso para la administración es desarrollar una comprensión clara de los principios y elementos subyacentes de TQM. Luego, la gerencia demuestra su compromiso con la calidad a través de la acción. Sin este entendimiento, lo más probable es que la acción de la gerencia contradiga la TQM, lo que confirmará las dudas de la fuerza laboral y condenará el esfuerzo al fracaso (Mínguez y Moreno, 2004).

2.2.5 Capacitación.

La importancia de la capacitación es reconocida por todos los expertos en calidad. Bajo el enfoque de TQM, la calidad se convierte en responsabilidad de todos y la capacitación debe estar dirigida a todos los niveles de la empresa. Debe haber planes de capacitación personalizados para la gerencia, los ingenieros, los técnicos, el personal de la oficina local y de campo, el personal de apoyo y el personal de campo.

Se puede argumentar que la fuerza de trabajo transitoria de la construcción es bastante diferente de la fuerza de trabajo de manufactura relativamente estable. Esta naturaleza transitoria puede hacer que sea más difícil capacitar a los trabajadores, en particular a la mano de obra

artesanal, para la industria de la construcción. Sin embargo, hay muchos aspectos, como la capacitación y la concientización, que son similares entre la conciencia de seguridad de las empresas de construcción y la implementación de los conceptos de TQM (Mínguez y Moreno, 2004).

Si los conceptos de TQM se aceptan ampliamente en toda la industria de la construcción, los trabajadores que cambien de una empresa a otra deberían requerir menos capacitación en TQM, ya que todos los trabajadores habrían recibido una conciencia básica de calidad en su empleo anterior. El esfuerzo de capacitación puede incluir instrucción en los conceptos básicos de TQM, análisis de causa y efecto, resolución de problemas en equipo, comunicación e interacción interpersonal, métodos estadísticos rudimentarios y medición del costo de la calidad.

2.3 Los Costo de la calidad

Los costos de calidad consisten en el costo de prevención, el costo de evaluación y el costo de desviación. Los costos de prevención son aquellos que resultan de las actividades utilizadas para evitar desviaciones o errores, mientras que los costos de evaluación consisten en los costos incurridos por las actividades utilizadas para determinar si un producto, proceso o servicio se ajusta a los requisitos establecidos. El costo de las revisiones de diseño o constructibilidad, así como el costo de modificar los procedimientos de trabajo para cumplir con los estándares de calidad, pueden considerarse costos de prevención, mientras que la inspección es un ejemplo de costo de evaluación. Una encuesta de empresas estadounidenses indica que el principal obstáculo

para utilizar las normas ISO 9000 es el costo adicional de modificar los procedimientos de trabajo y el costo adicional de revisar las normas (Mínguez y Moreno, 2004).

Los costos de desviación son los que resultan de no cumplir con los requisitos. Se incurre en algunos costos de desviación en el sitio del proyecto debido a desechos, reelaboración, análisis de fallas, reinspección, error del proveedor o reducción de precios debido a la no conformidad. Se incurre en otros costos de desviación una vez que el propietario toma posesión de la instalación construida. Estos incluyen costos de ajuste de quejas, costos de reparación, costos de manejo y reemplazo de material rechazado, costos de mano de obra o equipo para corregir errores y costos de litigio.

En la industria de la construcción, los contratistas son seleccionados por los propietarios sobre una base competitiva. Si bien se considera que la oferta es el principal criterio de selección, especialmente los propietarios privados también consideran el historial de seguridad, el soporte técnico, las capacidades del equipo y, especialmente, la reputación de los contratistas con respecto a la calidad del trabajo realizado.

No es probable que los contratistas con una reputación de mala calidad obtengan muchos proyectos en el mercado competitivo existente. Por lo tanto, vale la pena que los contratistas inviertan en medidas para lograr una alta calidad del trabajo con el fin de aumentar las posibilidades de ganar contratos (Mínguez y Moreno, 2004).

2.3.1 Participación del proveedor.

La capacidad de producir un producto de calidad depende en gran medida de la relación entre las partes involucradas en el proceso; el proveedor, el procesador y el cliente. La calidad de cualquier etapa de un proceso depende de la calidad de las etapas anteriores. La calidad del proyecto construido por el constructor está directamente relacionada con la calidad de los planos y las especificaciones preparadas por el diseñador, la calidad de los equipos y materiales suministrados por los proveedores y la calidad del trabajo realizado por los subcontratistas. Se requieren relaciones cercanas y de largo plazo con estos proveedores del proceso de construcción si el constructor quiere lograr la mejor economía y calidad (Mínguez y Moreno, 2004).

Tradicionalmente, en la industria de la construcción, los contratistas, subcontratistas y proveedores se enfrentan entre sí para competir sobre la base de contratos de oferta baja. Sin embargo, la cuarta de las recomendaciones de Deming para alcanzar un alto nivel de calidad enfatiza que las empresas deben poner fin a la práctica de otorgar negocios sobre la base únicamente del precio. Según Peters, es probable que los proyectos exitosos en el futuro se decidan en función de la calidad, los costos del ciclo de vida (no el costo inicial) y la capacidad de respuesta del proveedor, que solo se pueden lograr a través de relaciones de asociación; estas relaciones involucrarán a menos proveedores y se espera que se basen en la confianza mutua. Esto ya se está demostrando en ciertas áreas del mercado de la construcción industrial. Se han formado acuerdos de asociación a largo plazo entre varios propietarios y contratistas. Algunos propietarios requieren que sus contratistas tengan programas TQM formales, y tanto los propietarios como los contratistas exigen que sus proveedores implementen TQM si desean ser considerados para trabajos futuros (Mínguez y Moreno, 2004).

2.3.2 Servicio al cliente.

TQM es un proceso que requiere una participación universal para tener éxito. Esto incluye la participación del cliente. A medida que más y más empresas se involucran en el proceso TQM y aumentan las demandas de una mejor calidad, este concepto se vuelve cada vez más importante.

Los clientes pueden ser internos o externos. Satisfacer las necesidades de estos clientes es parte esencial del proceso de suministro de un producto de calidad al cliente final externo. Juran afirma que las partes en un proceso (proveedor, procesador y cliente) tienen un "rol triple". El diseñador es el cliente del propietario porque el diseñador debe recibir los requisitos del proyecto del propietario para proporcionar un diseño factible. El diseñador proporciona planos y especificaciones al constructor; en este caso, el constructor es el cliente del diseñador porque el constructor usa los planos y las especificaciones del diseñador, luego lleva a cabo el proceso de construcción y finalmente entrega el edificio terminado al propietario. El propietario es ahora el cliente del constructor. La calidad en cada fase se ve afectada por la calidad en las fases anteriores. Por lo tanto, el servicio al cliente en cada fase es importante para el desempeño de calidad general del proceso (Mínguez y Moreno, 2004).

2.4 Influencia de la calidad en la industria de la construcción

Si bien la evolución del control de calidad en la industria de la construcción es paralela a la de la industria manufacturera, muchas características diferentes distinguen a las dos industrias. Las siguientes diferencias, algunas de ellas significativas, deben ser consideradas al aplicar un programa de calidad a la construcción.

- Casi todos los proyectos de construcción son únicos. Son productos de un solo pedido y de una sola producción.
- A diferencia de otras industrias, que suelen tener un sitio fijo con condiciones similares para la producción, cada sitio de producción de la construcción siempre presenta condiciones diferentes.
- El ciclo de vida de un proyecto de construcción es mucho más largo que el ciclo de vida de la mayoría de los productos manufacturados.
- No existe un estándar claro y uniforme para evaluar la calidad general de la construcción como lo hay en los artículos y materiales fabricados; por lo tanto, los proyectos de construcción generalmente se evalúan subjetivamente.
- Dado que los proyectos de construcción son un proyecto de diseño de orden único, el propietario suele influir directamente en la producción.
- Los participantes en el proyecto de construcción (propietario, diseñador, contratista general, subcontratista, proveedor de materiales, etc.) difieren para cada proyecto.

Debido a estas características distintivas, la industria de la construcción generalmente se ha considerado muy diferente de las industrias manufactureras. Por eso, los procedimientos de control de calidad que funcionan de manera efectiva en una industria de producción en masa no

se han considerado adecuados para la industria de la construcción. En consecuencia, el control de calidad en toda la industria de la construcción no ha evolucionado hasta el nivel alcanzado en las industrias manufactureras (Alfaro, 2008).

Según Asakaoru, el diseño del proyecto y la planificación de la construcción se llevan a cabo según un estándar derivado de los códigos pertinentes, los requisitos del propietario y la práctica estándar de la empresa de diseño. Luego, la construcción se gestiona para ajustarse a este estándar compuesto tal como lo interpreta el constructor. El aseguramiento de la calidad a través del propietario, el diseñador o la autoridad de construcción, o una combinación, ocurre después de la finalización y, en algunos casos, después de una compensación parcial. Este proceso da como resultado las siguientes tendencias (Alfaro, 2008):

- La calidad se diseña y evalúa para cada proyecto individual cada vez. Con excepción de algunas áreas especializadas de la construcción, como las plantas de energía nuclear y la construcción de carreteras interestatales, no se emplea una política de calidad integral para establecer el aseguramiento de la calidad para toda la industria o grandes segmentos de la industria.
- No existe un sistema de retroalimentación para reexaminar el trabajo de control de calidad. La corrección solo ocurre cuando el propietario, el diseñador o la autoridad de construcción señalan defectos en el proyecto. Esto dificulta la evaluación de la calidad.
- Es difícil establecer un sistema de recolección de datos para construir una base de información que pueda conducir a la identificación temprana de defectos. Dado que

la corrección posterior a la finalización de un trabajo inaceptable daña la reputación de una empresa o de una persona, o ambas, el defecto que se produce durante la construcción suele corregirse u ocultarse antes de que la dirección superior o el propietario lo descubran. Por lo tanto, la falta de información significa que no hay cambios en los procedimientos y permite que el defecto vuelva a ocurrir durante el próximo proyecto.

- No existe ningún mecanismo para la implementación práctica de las normas. Esto no se debe solo a que existen demasiados estándares, sino también a que no existen medios eficientes para ingresar nueva información y, por lo tanto, mantener los estándares relevantes.
- No existe un sistema para gestionar la calidad a lo largo del proceso de diseño/construcción.

Según Kubal, el concepto de control de calidad debería cambiarse de "control de calidad" a "control de gestión para la calidad". Esto daría como resultado el uso de un estándar de calidad integrado, basado en la experiencia actual de toda la industria, para definir políticas y organización para gestionar la calidad. Se definen políticas para la calidad, para el control de calidad y para la gestión del sistema de control de calidad (Alfaro, 2008).

La organización creada para implementar políticas de control de calidad debe tener responsabilidades y autoridad bien definidas. En la construcción, la falla puede deberse a un mal funcionamiento por parte del constructor, el diseñador o incluso el propietario. En la mayoría de los casos, sin embargo, es el resultado de una combinación de acciones de varias o todas estas

partes. La organización de gestión de la calidad debe, por lo tanto, tener la capacidad de tratar eficazmente con todas las partes involucradas. Adicionalmente:

- El estándar de calidad se deriva de una base de datos actual creada a partir de la retroalimentación de proyectos anteriores, proporcionando un estándar más uniforme y completo.
- La gestión de la calidad en las fases de planificación y diseño, construcción y operación y mantenimiento se integra a través del sistema de entrega de proyectos de gestión de la construcción.
- Los defectos se identifican y corrigen a tiempo.
- La retroalimentación amplía la base de datos de calidad para eliminar la repetición de los defectos identificados.

2.4.1 Calidad de los códigos y normas.

El objetivo principal de los códigos y normas es proteger la salud y la seguridad del público. El cumplimiento de los códigos y estándares debe ser un problema que se aborde en las primeras etapas de la fase de diseño. Sin una identificación temprana de los códigos y estándares apropiados, los planes y especificaciones de reelaboración pueden generar costos y demoras considerables. El profesional del diseño debe conocer las disposiciones de los códigos y normas antes de comenzar el proceso de diseño porque los códigos de construcción controlan directamente los estándares mínimos de muchos componentes de un proyecto de construcción y son responsables de gran parte de la calidad del producto terminado.

Kubal afirma que las normas que controlan el proceso de construcción son mucho más restrictivas que en la mayoría de las industrias manufactureras y de servicios. Stasiowski y Burstein subrayan que el diseño de calidad comienza con principios científicos y de ingeniería sólidos, debe satisfacer los criterios de los códigos y estándares aplicables, pero también los requisitos del proyecto del propietario. Los códigos y normas se refieren a los criterios mínimos. Los propietarios, sin embargo, pueden tener requisitos particulares (Alfaro, 2008).

2.4.2 Calidad de dibujos y especificaciones.

Los planos y las especificaciones son los dos conjuntos de documentos entregados al constructor que brindan información técnica sobre los materiales, el rendimiento de la instalación construida y los requisitos de calidad. Los dibujos son los únicos documentos entregados al constructor que muestran el concepto de diseño, el tamaño y el alcance del trabajo, la cantidad y el tamaño de los materiales o artículos, y cómo se ensamblan en un proyecto final. Oberlender también subraya que el producto final del trabajo de diseño es un conjunto de documentos de contrato (dibujos y especificaciones) para guiar la construcción física del proyecto. A menudo hay inconsistencias entre los dibujos y las especificaciones. Por eso es fundamental que los dibujos sean claros, concisos y uniformes. De hecho, los hallazgos de Gunaydin indican que la calidad de los dibujos y las especificaciones recibidas del diseñador afectan la calidad en las fases de diseño y construcción y, en consecuencia, la calidad de la instalación construida.

2.4.3 Constructibilidad del diseño.

La constructibilidad es uno de los principales factores que afectan la calidad del diseño. Según el manual de la ASCE, el profesional del diseño debe considerar los requisitos del constructor. El proyecto debe ser construible por aquellos contratados para construir el proyecto. Al igual que los códigos, la constructibilidad y las técnicas de construcción varían en diferentes áreas geográficas. Kubal indica, por ejemplo, que además de las revisiones generales de constructibilidad, los diseños también deben revisarse para comprobar su eficacia y compatibilidad con los requisitos locales, incluidas las operaciones de construcción inicial y posterior a la construcción. Tanto la constructibilidad del diseño inicial como el diseño operativo completo deben revisarse en los programas de construcción de calidad instituidos por los miembros del equipo de diseño. Además, los profesionales del diseño deben comunicar clara y adecuadamente la intención del diseño al constructor. Esto se hace inicialmente con los documentos del contrato, tanto planos como especificaciones. La calidad del diseño se extiende a lo largo de la fase de construcción del proyecto (Alfaro, 2008).

Oberlender indica que, tradicionalmente, la ingeniería y la construcción se han separado al principio del proyecto. La adopción de nueva tecnología, como el diseño y dibujo tridimensional asistido por computadora, la robótica y la automatización en la construcción, ha generado un mayor interés en la constructibilidad del proyecto. Con estas nuevas innovaciones, los diseños se pueden configurar para permitir una construcción eficiente, lo que pone más énfasis en fusionar la ingeniería y la construcción para incluir el aporte de la constructibilidad en el esfuerzo de

diseño. El resultado deseado es facilitar el intercambio de ideas entre la construcción y el diseño antes y durante el diseño, en lugar de después del diseño.

De acuerdo con el manual de ASCE, el equipo de diseño del proyecto debe incluir ingenieros con experiencia en el campo. Muchas organizaciones tienen estos ingenieros en el personal. Sin embargo, en algunos casos puede ser necesario contratar ingenieros con la experiencia necesaria o formar una empresa conjunta con una preocupación adecuada.

2.5 Normas ISO

La Organización Internacional de Normalización, con sede en Ginebra, publicó por primera vez una serie de normas en 1987. El término ISO describe la serie de normas internacionales relacionadas con el diseño, la producción, la entrega, el servicio y las pruebas de productos. La serie ISO 9000 comprende dos tipos básicos de normas: las que abordan el aseguramiento de la calidad y las que abordan la gestión de la calidad. Los estándares de garantía de calidad están diseñados para fines contractuales y de evaluación y son ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003. El estándar de gestión de calidad es ISO 9004 y está diseñado para brindar orientación a las empresas que desarrollan e implementan sistemas de calidad. Las normas ISO han demostrado a un tercero acreditado (un auditor externo aprobado) que sus procesos han sido documentados y que la empresa está auditando y siendo auditada sistemáticamente que están siguiendo las políticas y procedimientos necesarios para producir productos de alta calidad.

Las normas ISO están dirigidas a mejorar los procesos de producción de una empresa. Un sistema de TQM es el panorama general y se ocupa de la satisfacción del cliente y de todas las actividades realizadas por una empresa. Una buena forma de ver la ISO es que el énfasis en el registro de la ISO está en la gestión de la calidad del proceso. Esto no pretende minimizar el papel de ISO en un sistema TQM. Las normas ISO proporcionan un excelente punto de partida para una empresa que inicia un programa TQM.

2.6 Consideraciones finales

Existe un gran potencial para la mejora de la calidad en la industria de la construcción. En el mundo competitivo de hoy, el término 'calidad' y sus conceptos son vitales para la industria de la construcción. No hay mucho tiempo ni recursos que desperdiciar. No se aceptan reelaboraciones ni retrasos. Al igual que en las industrias manufactureras, la industria de la construcción debe centrarse en la calidad del proceso. Está claro que TQM y sus principios se aplican a la industria de la construcción. La filosofía TQM de trabajo en equipo y cooperación, no de confrontación y conflicto, es algo que la industria de la construcción debería haber hecho desde hace mucho tiempo. Adicionalmente los gerentes de proyecto y los administradores de la empresa deben considerar los siguientes puntos al desarrollar sus sistemas de calidad:

- El compromiso de la dirección con la calidad y la mejora continua de la calidad es muy importante en cada fase del proceso de construcción. La gerencia debe participar en el proceso de implementación y estar totalmente comprometida con él si se quiere que la TQM tenga éxito.

- Los profesionales del sector de la construcción son conscientes de la importancia de una formación de calidad. Los estudiantes de ingeniería, arquitectura y administración de la construcción que eventualmente se conviertan en los futuros líderes de la industria deben ser instruidos en los conceptos básicos de la gestión de la calidad. La educación y la formación en la teoría y la práctica de TQM en todos los niveles (tanto administrativos como operativos) y en todas las fases (fases de diseño, construcción y operación) son esenciales para mejorar la competitividad.
- El trabajo en equipo es necesario para permitir que cada persona obtenga la ayuda necesaria para tener éxito individualmente y colectivamente como equipo. Toda la industria de la construcción está orientada a proyectos; por lo tanto, el desempeño de calidad mejorado debe estar relacionado con el proyecto y debe incluir a todo el equipo del proyecto. El fabricante, los subcontratistas, el contratista principal, los vendedores, los diseñadores profesionales, los gerentes de proyectos y, sobre todo, el propietario deben estar involucrados en el proceso. Los acuerdos de asociación entre estas partes mejorarán la calidad total.
- Los métodos estadísticos son herramientas esenciales para resolver problemas y son muy importantes para monitorear la calidad en las industrias manufactureras. Pero no son percibidos como muy útiles por los profesionales de la construcción; sin embargo, parece haber potencial para un sistema de retroalimentación en el proceso de construcción. A medida que se completa el proyecto, los circuitos de retroalimentación que se originan al final de cada fase podrían usarse para mejorar los estándares de calidad originales adoptados al comienzo del proyecto.

- Tomar medidas para lograr una alta calidad costo dinero. Este costo no debe ser considerado un gasto sino una inversión. Las organizaciones de construcción que logran una reputación de alta calidad pueden maximizar su competitividad y aumentar sus oportunidades comerciales.
- El proyecto de construcción debe ser considerado como un proceso donde todos los clientes deben quedar satisfechos. Estos clientes incluyen clientes internos (empleados, unidades, departamentos dentro de una organización) y clientes externos (propietario, diseñador, contratista, etc.).
- Los requisitos del propietario deben estar claramente definidos al comienzo del proyecto y ser aceptados tanto por el propietario como por la empresa de diseño. Cuanto más tiempo y esfuerzo se dediquen al principio a definir los requisitos, mejor progresará el proyecto. El establecimiento de objetivos es importante porque proporciona un enfoque para la definición del alcance, guía el proceso de diseño, controla el proceso de construcción e influye en la motivación del equipo del proyecto.
- Los planos y especificaciones recibidos del diseñador afectan la calidad de la construcción. Los dibujos son los únicos documentos entregados al constructor que muestran el concepto de diseño, el tamaño y el alcance del trabajo. Es fundamental que los planos y las especificaciones sean claros, concisos y uniformes. El proyecto debe ser construible por aquellos contratados para construir el proyecto. Los profesionales del diseño deben estar familiarizados con los materiales y técnicas de construcción que los constructores utilizarán en el proyecto.

Capítulo 3. Panorama general y proyectos de inversión e infraestructura en el país, análisis de factores que afectan la calidad.

Debido a las malas prácticas de ingeniería civil, la corrupción, los desastres naturales, el sabotaje de la infraestructura asociada con el conflicto armado de Colombia y la politización de los grandes proyectos de infraestructura, Colombia gasta anualmente una cantidad significativa en mejorar y reconstruir una infraestructura relativamente nueva. A medida que la población y la economía del país continúan creciendo, también lo hacen sus pérdidas económicas. Esta revisión rápida de la literatura sintetiza los hallazgos de la literatura académica, profesional y de políticas publicada en los últimos cinco años que analizan los factores que influyen en la recurrencia de fallas en los proyectos de infraestructura en Colombia que generalmente atentan contra la calidad de las obras.

La ingeniería civil deficiente se asocia con un diseño inicial inadecuado y cambios de diseño, un presupuesto inicial insuficiente, falta de supervisión, eventos inesperados, falta de experiencia y competencia profesional, calidad inadecuada del trabajo, mala gestión del presupuesto y los recursos y falta de conocimiento de la construcción. y política de planificación (Forcada, et al., 2017). En algunos casos, las políticas de inclusión social han resultado en el empleo de contratistas y trabajadores locales sin experiencia. Estas principales características definitorias conducen a una alta tasa de reconstrucción y un esfuerzo innecesario en la repetición de trabajos mal terminados o incompletos que resultan en sobrecostos presupuestarios. En el envejecimiento de la infraestructura, la preferencia por la construcción nueva sobre el

mantenimiento ha resultado en un deterioro cada vez mayor de la infraestructura existente, lo que aumenta aún más las tasas de fallas.

Los desastres naturales se asocian principalmente con eventos de lluvias extremas y terremotos y pueden causar frecuentes inundaciones y deslizamientos de tierra que afectan importantes corredores de transporte. Las fuertes lluvias complican aún más el mantenimiento y la operación del transporte de superficie al inhibir las reparaciones y mejoras (Wettling, et al., 2015).

La corrupción es un obstáculo serio para el gobierno y las empresas que operan o invierten en la infraestructura de Colombia. Varios factores contribuyen a la corrupción, incluidos el crimen organizado, el narcotráfico, la falta de transparencia del gobierno y regulaciones débiles para asegurar las inversiones y su monitoreo. Para abordar esto, el Gobierno de Colombia está tratando de mejorar la transparencia y el acceso a la información y fortalecer el marco legal y las estructuras gubernamentales (Fondo Monetario Internacional, 2018).

El sabotaje a la infraestructura perpetrado principalmente por las fuerzas guerrilleras y los grupos criminales (las “BACRIM”, anteriormente los grupos paramilitares), durante el curso de más de 50 años de conflicto armado en Colombia, ha resultado en frecuentes ataques a la infraestructura petrolera y eléctrica.

La politización de los grandes proyectos de infraestructura. Una serie de documentos en curso del IABD (2018, próxima publicación) sobre megaproyectos en América Latina destaca

cómo los megaproyectos de infraestructura tienden a politizarse, por lo que los criterios políticos y las elecciones a menudo dominan la toma de decisiones.

Mientras tanto, los estudios de prefactibilidad, los estudios de factibilidad y las evaluaciones suelen estar dominados por actores y procesos políticos, y por las empresas constructoras o los financistas de los proyectos.

El producto interno bruto (PIB) de Colombia se ha triplicado durante la última década, sin embargo, la infraestructura inadecuada e insuficiente es una gran amenaza para su economía, y se necesita mejorar su infraestructura para impulsar la competitividad del país. Aunque se ha realizado una inversión significativa en infraestructura en Colombia, las fallas en los proyectos de infraestructura están limitando severamente los impactos de estas inversiones.

La literatura sugiere que la corrupción es la principal razón de la ineficacia de los controles y equilibrios de contratación pública. Esfuerzos para mejorar la organización del sector público por parte de agencias/actividades históricamente propensas a la corrupción. Esto ha sido liderado por una serie de iniciativas gubernamentales anticorrupción, incluido el establecimiento de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI)

3.1 Brecha de infraestructura

El Gobierno de Colombia ha implementado una serie de reformas a su sistema institucional y regulatorio para mejorar el nivel de inversión y mejorar el papel de las Asociaciones Público Privadas (APP). Por ejemplo, se creó la Agencia de Infraestructura

(Agencia Nacional de Infraestructura, ANI) para supervisar la estructuración y gestión de las concesiones viales y la Financiera de Desarrollo Nacional (FDN) para proporcionar al sector de infraestructura financiamiento a largo plazo y productos financieros innovadores. (Banco Mundial, 2014a). Varias agencias públicas recibieron el mandato de proporcionar servicios de estructuración de proyectos para desarrollar una cartera de proyectos y la Ley de Infraestructura de 2013 fue diseñada para abordar algunos de los cuellos de botella de transporte más apremiantes que históricamente han llevado a sobrecostos y demoras en proyectos de transporte (Banco Mundial, 2014a).

A pesar de estos logros, aún persiste una brecha de infraestructura, arraigada en un marco institucional y regulatorio fragmentado y bajos niveles de inversión que carecen de una visión estratégica. La infraestructura de transporte de Colombia va a la zaga de otros países, particularmente en sus carreteras donde tiene un 26% menos de kilómetros de carreteras que un país de similares características (Yepes Ramírez & Villar, 2013, p.1; Deloitte, 2017). La infraestructura vial de Colombia tiene 214.400 kms, pero solo el 12% está pavimentada (Wettling, et al., 2015) y gran parte de sus vías secundarias y terciarias se encuentran en regular o mal estado. Los bajos niveles de inversión en infraestructura de transporte de Colombia se ven agravados por problemas con la mala calidad de su infraestructura, como lo demuestra su baja clasificación en el Informe de Competitividad Global del WEF (Yepes Ramírez & Villar, 2013, p.2). Esto se debe a que el sector del transporte se ha caracterizado por una política y una capacidad de planificación inadecuadas, la falta de una política multimodal, una gestión reactiva y a corto plazo, y una escasez de personal técnico en las agencias y asignaciones presupuestarias volátiles (Banco Mundial, 2014a). Estos han impedido una estrategia de mantenimiento a largo

plazo, lo que implica que se necesitan mayores requisitos financieros para superar el retraso resultante del mantenimiento diferido.

La falta de inversión en infraestructura se ha dado debido a que Colombia tiene una geografía compleja con áreas pobladas distantes entre sí, un clima extremo y también por niveles históricamente bajos de inversión pública (especialmente en la década de 1990), y debilidades institucionales en la inversión privada estimulada. Los bajos niveles de inversión pública sugieren una falta de valor otorgado a: (a) la inversión productiva en comparación con la inversión social; y (b) inversiones de capital a mediano y largo plazo en comparación con la economía política del gasto público. Por ejemplo, la infraestructura de transporte es ‘lo primero que se recorta en una crisis y lo último que se aumenta durante las fases de crecimiento’ (Yepes, Ramírez & Villar, 2013, p.3)

Se necesitará un gran esfuerzo para cerrar la brecha en la inversión en infraestructura. Sin embargo, ha ido mejorando. Entre 2001 y 2009 se invirtió el 0,8% del PIB en infraestructura de transporte. Esta aumentó a 1,25% del PIB en 2010 y 2011. Uno de los éxitos recientes en la atracción de inversión privada en infraestructura ha sido el desarrollo de la Asociación Público Privado (APP) y la creación de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) (Deloitte, 2017).).

3.1.1 Problemas institucionales

Las instituciones son particularmente críticas para el sector de infraestructura ya que el sector requiere la interacción permanente de los agentes públicos y privados, y la inversión a largo plazo, por lo que la confianza es de importancia central (Yepes, et al., 2013, p. 60). Sin

embargo, el sector de infraestructura de transporte de Colombia tiene un bajo nivel de desarrollo institucional (Yepes, et al, 2013, p.60). Si bien el gobierno ha logrado avances en la reforma institucional en los últimos años (por ejemplo, la creación de la ANI), no ha sido suficiente. Yepes, et al. (2013, p.60) comparan los éxitos de las instituciones de infraestructura energética de Colombia después de la década de 1990 con las debilidades de sus instituciones de infraestructura de transporte. Encuentran que las reformas regulatorias al sector de la infraestructura energética mejoraron la credibilidad de sus instituciones y esto ayudó a Colombia a convertirse en un exportador e inversionista exitoso en otros países. Estas reformas se promulgaron sin grandes fondos públicos, pero con una financiación y administración sustanciales del sector privado.

3.2 Factores que contribuyen a las fallas de infraestructura.

3.2.1 Malas prácticas en ingeniería

Los principales factores asociados con las malas prácticas de ingeniería civil que provocan el fracaso de los proyectos de infraestructura incluyen un diseño inicial inadecuado y cambios de diseño, un presupuesto inicial insuficiente, falta de supervisión, eventos inesperados, falta de experiencia y competencia profesional, calidad inadecuada del trabajo, mala gestión de presupuestos y recursos y falta de conocimiento de la política de construcción y planificación, encontrar Forcada, et al. (2017). En muchos de estos casos, la repetición del trabajo de construcción no se mide ni reconoce formalmente, ya que existe una percepción negativa de que

la admisión dañaría la reputación corporativa del contratista (Forcada, et al., 2017). Los hallazgos de este estudio incluyen (Forcada, et al., 2017):

Diseño inicial inadecuado y cambios de diseño: la documentación y los diseños/especificaciones técnicas deficientes, particularmente cuando no hay una inspección y validación técnica en el sitio, pueden resultar en modificaciones del alcance y del presupuesto asociado. Estos aumentan significativamente los costos de construcción y pueden retrasar el programa de hitos del proyecto. El efecto colateral de un diseño inicial inadecuado es una mayor presión sobre los consultores para completar la revisión en un corto período de tiempo, lo que genera errores y más problemas de diseño.

Presupuesto inicial insuficiente: las consecuencias de un presupuesto inexacto son la incertidumbre por los cambios frecuentes, un aumento significativo de la obra con los recursos disponibles y la confusión general sobre la terminación de las obras.

Falta de supervisión: se requiere la supervisión del proyecto para garantizar que los proyectos se construyan de acuerdo con los requisitos de la documentación, las especificaciones y las normas del contrato. Esto a menudo falta debido a la falta de experiencia específica requerida. La falta de visitas técnicas por parte del municipio al definir el alcance del proyecto y la inexperiencia de los usuarios finales (comunidad) en la definición de las necesidades del proyecto también contribuye al trabajo adicional durante la construcción. Muchos proyectos de infraestructura se dividen en diferentes subproyectos y son llevados a cabo por contratistas independientes sin supervisión coordinada ni hitos independientes (Forcada et al., 2017). Por

ejemplo, el proyecto de la carretera Ruta del Sol de 1.000 km, que conecta a Bogotá con otras áreas urbanas del país y la costa Caribe, fue concebido inicialmente por el gobierno como un solo proyecto, pero luego se dividió en tres concesiones para facilitar su construcción y financiamiento, y para mitigar el riesgo (Banco Mundial, 2014b). La construcción de la vía fue adjudicada a la firma brasileña de ingeniería Odebrecht y socios locales. Sin embargo, debido a presuntos sobornos de funcionarios colombianos, el proyecto se suspendió inicialmente y luego se canceló (Banco Mundial, 2011).

Inadecuada calidad de ejecución: el contratista incurre en costos de reelaboración debido a una mala ejecución del proyecto y problemas de gestión, mientras que el cliente incurre en costos de reelaboración debido a modificaciones del alcance, pero deben asignarse en el presupuesto adjudicado. Las modificaciones constantes y los cambios de alcance creados por una mala ejecución y la incapacidad del cliente para terminar el proyecto a tiempo son los factores más importantes de aumento de costos.

Eventos inesperados: la poca comprensión y conocimiento de la naturaleza de los eventos inesperados conduce a la subestimación de los riesgos. La realización de revisiones y verificaciones de diseño es el primer paso para minimizar el impacto potencial de las incertidumbres, aunque no evitarán que se produzcan errores.

Falta de experiencia y competencia: la inexperiencia e incompetencia de los contratistas da como resultado un trabajo deficiente. La falta de experiencia y competencia profesional dificulta el desarrollo del alcance, aumenta la carga de trabajo y, en consecuencia, reduce el

tiempo disponible para que los consultores completen su trabajo a tiempo, lo que provoca errores de diseño y omisiones en la documentación del contrato. Esto se debe principalmente a que no se realizan visitas técnicas, revisiones y verificaciones. Si tales errores y omisiones no se identifican hasta que se inicia la construcción, surgirá una cantidad significativa de modificaciones de diseño.

Calidad inadecuada del trabajo: el trabajo inviable aparece cuando un proyecto o una actividad no se pudo realizar de acuerdo con el contenido del contrato debido a errores en la documentación del diseño o la falta de recursos asignados a esa actividad o proyecto. Esto se ve agravado por la falta de una supervisión adecuada.

Gestión presupuestaria y de recursos: la mala situación financiera de muchos contratistas puede verse agravada por una gestión presupuestaria inadecuada a la hora de asignar los recursos materiales y equipos entre los distintos proyectos. Por lo tanto, puede ocurrir escasez de recursos, lo que resulta en retrasos y la necesidad de rehacer el trabajo, lo que aumenta el costo.

Falta de conocimiento de la política de construcción y planificación: la falta de experiencia profesional en la construcción impone presión sobre los trabajadores para completar el trabajo y provoca inconsistencias entre el trabajo real y las especificaciones estipuladas en la documentación de contacto.

3.2.2 *Desastres naturales*

Colombia tiene una de las tasas de recurrencia de desastres naturales más altas de América Latina y tiene un promedio de 600 eventos de este tipo cada año; Los desastres resultantes de peligros naturales representan un desafío importante para la sostenibilidad y estabilidad fiscal de Colombia (Banco Mundial, 2016a; Hoyos, et al., 2012). Las inundaciones y los deslizamientos de tierra son los principales eventos perjudiciales para la infraestructura (Hoyos, et al., 2012). Por ejemplo, las fuertes inundaciones durante la construcción del proyecto de represa hidroeléctrica más grande de Colombia en el noroeste de Colombia provocaron la evacuación de miles de personas y la destrucción de dos puentes, dos escuelas y un centro de salud. La situación se ha visto agravada por la falla de grandes bombas y la mala gestión de desastres.³ Las fuertes lluvias complican aún más el mantenimiento y la operación del transporte de superficie al inhibir las reparaciones y mejoras y causan deslizamientos de tierra frecuentes en rutas importantes (Wettling, et al., 2015). La Figura 3 ilustra la distribución de la exposición de la masa terrestre de Colombia a inundaciones, terremotos y deslizamientos de tierra.

El pozo Lizama 158 en el norteño departamento de Santander tuvo un derrame de crudo a partir de marzo de 2018. La empresa tardó alrededor de tres semanas en reaccionar ante la fuga, momento en el que enormes cantidades de petróleo habían dañado el medio ambiente, matado animales y desplazado comunidades. En un artículo de la Universidad Nacional Periódico Digital, basado en una investigación doctoral, García Sierra (2018) argumenta que los desastres en los pozos de Hidroitungo, Chirajara y Lizama se deben a deficiencias en la forma en que se tomaron las decisiones sobre los riesgos ambientales. Explica que las propuestas y estudios ambientales para megaproyectos en Colombia se evalúan internamente, no de manera

independiente. Los que lideran los megaproyectos -las constructoras o las financiadoras- son los que seleccionan al pequeño grupo de “expertos” para evaluar los riesgos ambientales (García Sierra, 2018).

Los estudios ambientales escritos por estos expertos internos descartan la idea de “imprevisibilidad”, declarando que los posibles escenarios ambientales son totalmente “predecibles”, deterministas y resolubles. Sin embargo, el hilo conductor de estos tres desastres es que los hechos ocurridos han sido “impredecibles” y de difícil solución. Después del desastre, muchos de los expertos involucrados en estos proyectos han atribuido los desastres a situaciones “impredecibles”, lo que contradice sus estudios ambientales originales que negaban la imprevisibilidad (García Sierra, 2018).

3.2.2.1 Políticas para gestionar y mitigar los riesgos de desastres naturales. El

Gobierno de Colombia reconoce la importancia de mitigar los riesgos de desastres naturales y ha tomado varias medidas para incorporar la gestión del riesgo de desastres en sus políticas y programas, como se establece en el Plan Nacional de Desarrollo, “Prosperidad para Todos 2010 – 2014” y el Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (MHCP) Plan Estratégico. El MHCP está comprometido con el desarrollo de estrategias para reducir los pasivos relacionados con desastres y gestionar el riesgo fiscal resultante de tales eventos (Banco Mundial, 2013). El MHCP trabaja con la Agencia Nacional de Compras, Colombia Compra Eficiente (CCE), la ANI, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) (Banco Mundial, 2016a). El MHCP identifica tres objetivos de política para fortalecer

la gestión de los pasivos contingentes del Gobierno de Colombia y apoyar la estabilidad macroeconómica (Banco Mundial, 2016a):

1. Identificación y comprensión del riesgo fiscal por desastres
2. Gestión financiera del riesgo de desastres naturales
3. Seguro de riesgo de catástrofe para bienes públicos

3.2.2.2 Identificación y comprensión de los desastres naturales. La identificación y comprensión del riesgo fiscal debido a desastres naturales es el primer paso en la gestión de riesgos de desastres naturales. Los efectos dañinos de los eventos extremos se evalúan mediante el análisis de la vulnerabilidad de la infraestructura expuesta. Por ejemplo, la cantidad de tierra sujeta a inundaciones es una indicación del grado de exposición (Banco Mundial, 2016a). La exposición se refiere a la frecuencia, gravedad y alcance de un peligro específico. Además, la resiliencia de las infraestructuras ante los desastres naturales es importante. Un plan adecuado de gestión de riesgos reduce la vulnerabilidad de la infraestructura expuesta a amenazas naturales (Bernal, et al., 2017).

Si bien el Gobierno de Colombia ha avanzado en la evaluación de la confiabilidad de su infraestructura en relación con los desastres naturales, se requiere un análisis adicional para refinar esta evaluación. El Gobierno de Colombia solo tiene información parcial, y la información disponible se encuentra dispersa en varias entidades gubernamentales. Para mejorar la comprensión del riesgo fiscal generado por desastres, el MHCP priorizará las siguientes actividades (Banco Mundial, 2016a):

- Mejorar la información sobre la exposición de la infraestructura a los desastres naturales, así como la información histórica sobre pérdidas por desastres al sector público. En particular, el MHCP necesita comprender mejor las pérdidas potenciales en caso de desastres, informar la toma de decisiones sobre inversiones en la mitigación del riesgo de desastres y en nuevos activos, y mejorar la cobertura de seguros para sus activos existentes.
- Utilizar y promover el uso de herramientas para la toma de decisiones financieras. Estas herramientas ayudan a MCHP a evaluar su capacidad de respuesta financiera después de un desastre y a mejorar la toma de decisiones sobre su financiamiento del riesgo de desastres. Esto también permite que el MCHP diseñe una combinación óptima de instrumentos financieros a través de análisis de costo-beneficio y financiero dinámico.
- Evaluar y adoptar herramientas para evaluar posibles aumentos en el riesgo de desastres naturales generados por nuevas obras públicas y asociaciones público-privadas (APP). El MHCP aplica herramientas de evaluación de riesgos para evaluar las contribuciones de las nuevas inversiones propuestas al riesgo final, incluidas las realizadas a través de APP. Un aspecto importante de este trabajo es la mejora de los requisitos de seguro para los concesionarios por parte del MHCP. El MHCP y la ANI, con el apoyo técnico del Banco Mundial, han establecido conjuntamente términos y condiciones estándar y requisitos mínimos que cumplen con la práctica del mercado internacional de seguros y deben incluirse en los nuevos contratos de concesión.

3.2.2.3 Gestión financiera del riesgo de desastres naturales. Los desastres naturales pueden generar volatilidad fiscal como resultado de gastos repentinos e inesperados requeridos durante y después de los desastres. Después de un desastre, el gobierno requiere acceso oportuno a los recursos financieros necesarios para una respuesta eficaz de emergencia y recuperación (Banco Mundial, 2016a). En 2012 y 2013, el MHCP ha logrado avances significativos en el diseño de una estrategia integral para la gestión financiera de desastres (Banco Mundial, 2016a). La estrategia del MHCP considera instrumentos ex-ante y ex-post, como líneas de crédito contingentes y seguros, para complementar los recursos financieros ex-post a los que se accederá después de un desastre. El MHCP promueve una estrategia de estratificación multirriesgo para la gestión financiera del riesgo de desastres basada en la evaluación de sus pasivos contingentes.

3.2.3 Corrupción, transparencia y politización de la infraestructura.

La corrupción le cuesta al país \$7200 millones anuales, lo que suma casi el 10 % del presupuesto del gobierno para 2017 (Fondo Monetario Internacional, 2018). En el Índice de Percepción de la Corrupción 2012 de Transparencia Internacional, Colombia recibió su peor puntaje en diez años y ocupó el puesto 94 entre 176 países (Gutiérrez, 2013). Debido a la corrupción, las obras públicas a menudo no se terminan o se abandonan, desperdiciando el dinero del gobierno y de los contribuyentes (Fondo Monetario Internacional, 2018).

3.2.3.1 Políticas para reducir la corrupción. El Gobierno de Colombia ha introducido lo siguiente para reducir la corrupción (Fondo Monetario Internacional, 2018):

Marco legal integral anticorrupción: en 2013, Colombia se adhirió a la Convención para Combatir el Cohecho de Funcionarios Públicos a fin de proporcionar un marco para combatir los delitos transnacionales y las sanciones relacionadas con la contratación pública. Otras medidas recientes incluyen un decreto que establece la lista de personas expuestas políticamente que estarían sujetas a vigilancia adicional. En mayo de 2017, Colombia obtuvo la aprobación de adhesión del comité de Gobernanza Pública de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), que supervisa cuestiones relacionadas con la estructura de gobernanza, la transparencia y la rendición de cuentas.

Mejoras en el marco legal y mayor acceso a la información y cambios organizacionales dentro del sector público: la Ley de Transparencia y Acceso a la Información (2014) definió un conjunto de empleados y entidades del sector público que están obligados a publicar información. La Ley de Participación Ciudadana (2015) establece principios organizacionales para guiar la selección y planificación comunitaria de proyectos de inversión pública. Otras fuentes de datos disponibles públicamente incluyen el sistema de información de contratación pública que ha ayudado a identificar instancias en las que los contactos públicos se modifican ilegalmente. Además, la agencia ANI está ayudando a lidiar con una fuente clave de corrupción (contrataciones/adquisiciones públicas) y representa un ejemplo de los esfuerzos para mejorar la organización del sector público, p. por agencias/actividades de delimitación históricamente propensas a la corrupción.

Aunque Colombia ha fortalecido su marco legal anticorrupción y la transparencia de datos y los cambios organizacionales como se discutió anteriormente, algunas indicaciones

sugieren una percepción débil de la corrupción. Las encuestas sugieren que la corrupción se ha mantenido entre los dos factores más problemáticos para hacer negocios en Colombia desde 2012, y la confianza de Colombia en los políticos ha empeorado alcanzando una puntuación de 1,7 (de 7) en el informe WEF 2017-18 (International Monetary Fondo, 2018). Por ejemplo, la agenda de infraestructura de Cuarta Generación (4G) sufrió retrasos en 2017. Durante 2016, cerca de ocho proyectos 4G alcanzaron el cierre financiero y algunos iniciaron la fase de construcción (Fondo Monetario Internacional, 2018).

El desarrollo de los escándalos de Odebrecht (una gigantesca organización brasileña de ingeniería y construcción que sobornó \$27 millones a funcionarios colombianos para ganar el contrato de construcción de la carretera Ruta del Sol), llevó a la anulación de un proyecto que no formaba parte de la agenda 4G, pero que sin embargo creó inseguridad jurídica sobre los valores de liquidación en casos de corrupción. En respuesta al escándalo, los bancos endurecieron las condiciones crediticias para proyectos de infraestructura (Fondo Monetario Internacional, 2018). Además, la FDN recibió una inyección de capital y facilitó la diversificación del financiamiento de infraestructura fuera de los bancos locales. Debido a los esfuerzos de FDN, la agenda 4G ha recibido financiamiento de otras fuentes locales y extranjeras (Fondo Monetario Internacional, 2018). Alrededor de dos tercios del financiamiento hasta ahora ha sido local, lo que incluye principalmente capital y préstamos bancarios locales. La deuda y el capital han atraído financiamiento de inversionistas institucionales locales e internacionales. Además, los proyectos 4G han emitido algunos bonos globales y han recibido capital extranjero y préstamos bancarios (Fondo Monetario Internacional, 2018).

3.2.4 Sabotaje de infraestructura.

El sabotaje de la infraestructura asociado con el conflicto armado en curso en Colombia puede causar grandes pérdidas económicas e interrupciones del servicio (Beittel, 2015). Históricamente, el sabotaje de la infraestructura ha sido llevado a cabo por diferentes grupos guerrilleros y grupos paramilitares durante sus más de 50 años de conflicto. El conflicto también provocó daños generalizados a la infraestructura (no por sabotaje), y el Estado colombiano ha sido un actor clave en eso. El conflicto de Colombia ha pasado por muchas fases diferentes a lo largo de más de 50 años, y el conflicto actual (incluidos los sabotajes y los daños a la infraestructura) ha disminuido considerablemente en comparación con otros puntos de la historia (en particular, el pico de violencia y actividad del conflicto alrededor de 2002) (Herbert y Menocal, 2014). El narcotráfico ha sido una causa y una dinámica importante en el conflicto de Colombia; entre otras cosas, ha sido una fuente clave de financiamiento para muchos de los grupos armados asociados con la violencia centrada en el sabotaje de infraestructura (Herbert & Menocal, 2014; Beittel, 2015). Por ejemplo, en 2015, el vandalismo de dos cables de fibra óptica provocó la interrupción de uno de los mayores proveedores de servicios de Internet de Colombia (Beittel, 2015).

Aunque es difícil evitar estos eventos o predecir cuándo y dónde ocurrirán actos de sabotaje, una evaluación rápida de la situación puede ayudar a los operadores a tomar las medidas adecuadas para evitar eventos en cascada y la falla parcial o total de la infraestructura resultante (Corredor & ME, 2011) . Por ejemplo, las fallas mecánicas que resultan de ataques maliciosos a una línea de transmisión son básicamente las mismas que ocurren cuando eventos naturales extremos afectan una porción de la línea de transmisión (Corredor & M.E, 2011). Así,

cualquier análisis realizado respecto a eventos naturales también puede ayudar a tomar acciones preventivas y correctivas cuando los actos de sabotaje se dirijan a la infraestructura.

El actual acuerdo de paz entre el Gobierno de Colombia y las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) es probablemente la oportunidad más importante para fomentar el crecimiento inclusivo y cerrar las disparidades regionales que Colombia ha tenido durante décadas. Las inversiones acordadas cubrirán más de la mitad del territorio de la nación y un tercio de sus ciudades con infraestructura y gasto social muy necesarios. Se espera que la implementación del acuerdo de paz cobre impulso a lo largo de 2018 a medida que se fortalecen las capacidades institucionales del programa (Fondo Monetario Internacional, 2018).

3.3 El estado de la red vial y su disposición en el país.

En los últimos años según datos de la Cámara Colombiana de Infraestructura (CCI) indica que en los últimos años la inversión en el sector se duplicó pasando de un 1,2% a 2012 a un 2% en 2013. Esto ubica al país en el tercer puesto de mayor inversión en Latinoamérica. No obstante, aun con el nivel de inversión, las calidades de las construcciones en el país son equiparables de países como Zambia, Bolivia, Zimbabue y Camerún. Sin embargo, según los reportes del DPN entre los años 2011 y el 2013 se avanzaron en los contratos de vías concesionada, por ejemplo, se mejoraron más de 1.200 km de vías y alrededor de 554 km de doble calzada, más de 120 puentes y 6,1 km de túneles.

La perspectiva de inversión en obras civiles para el año 2014, fueron positivas, logrando un aumento anual de 111,8% con la construcción de vías de doble calzada, mediante contratos de

concesión de cuarta generación, y los proyectos me de mejoramiento a los sistemas de transporte masivo de pasajeros. Sin embargo, fueron varias las dificultades respecto a los planes de desarrollo, reflejados en la falta de agilidad para la adjudicación de los contratos, las demoras en la entrega de licencias de construcción y la complejidad en el sistema contractual.

De acuerdo con el informe “La inversión en infraestructura en Colombia 2012 – 2020, eventos fiscales y requerimientos financieros”, de la Asociación Nacional de Instituciones Financieras (ANIF), las cifras del DNP indican que los recursos proyectados para inversión hasta el 2020 llegarían a los COP112 billones. Este valor estaría dividido en cinco sectores: vivienda, ciudad y desarrollo territorial le corresponden COP16,6 billones, 15% del total. Le siguieron tecnologías de información y comunicación (TIC), con COP9,9 billones (9%); transporte urbano, con COP8,4 billones (8%); minas y energía, con COP13,7 billones (12%), y transporte, con COP63,7 billones (57%).

Respecto al sector transporte, existe una alta inversión, cerca del 0,8% del PIB, que fueron distribuidos en aspectos como: obras de mantenimiento vial (COP9,8 billones), proyectos de gran formato (COP32 billones), conexión regional (COP13 billones) y transporte férreo, fluvial, aéreo y portuario (COP8,7 billones). En Colombia, el 71% de la carga en el interior del país se transporta por carreteras, y un 28% se hace por cas férreas, cerca del 1% por medios fluviales y solo el 0,5% se hace por vía aérea.

Para Édgar Higuera, director ejecutivo de la Cámara de Servicios Logísticos de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), Colombia podrá asumir los TLC

(tratados de libre comercio) en la medida que se propenda por la construcción de dobles calzadas, se vinculen las vías de acceso a los puertos, terminales marítimos, aeropuertos y pasos de frontera. Adicionalmente, para competir a nivel internacional, es necesario que se tengan las carreteras principales y los pasos viales de las pequeñas ciudades en buen estado.

Para todo lo anteriormente mencionado, es evidente que el país requiere de mayores esfuerzos en materia de planeación y estructuración de proyectos de infraestructura, si lo que realmente se quiere es alcanzar un impulso en la modernización vial, especialmente en los próximos años.

Capítulo 4. Sistemas de calidad aplicados a los proyectos de vías terciarias.

4.1 Contexto Histórico.

Desde los primeros días, para resistir la lucha con la naturaleza, incluso cuando se realizaban las tareas más simples, apareció la necesidad de planificar, organizar, administrar la calidad de los productos y servicios. En un principio el hombre lo hizo de manera intuitiva, luego por su experiencia y últimamente tiene una base completamente científica. En el período prehistórico el hombre fundó el control de calidad, que se basaba en la experiencia pero que más tarde alcanzaría el nivel de una disciplina científica en el curso del desarrollo, sin la cual la sociedad humana no puede desarrollarse eficazmente. La Gestión de Calidad Total es un enfoque contemporáneo para la mejora de la calidad y representa los esfuerzos adicionales de una empresa para satisfacer la creciente demanda de los clientes. Es una nueva filosofía empresarial que es al mismo tiempo una ciencia y una habilidad, y está conectada con el esfuerzo de la humanidad por sobrevivir en la lucha constante llamada vida (Martínez y Kadi, 2019).

En nuestro país, así como en muchos otros países que enfrentan la animación del mercado comercial, la mejora de la calidad comenzó a ser tratada masivamente por varias empresas económicas y no económicas. Eso era de esperar, porque el negocio comercial es inseparable de la gestión de la calidad, como es inseparable de la gestión. Puede decirse que un negocio de mercado eficaz no puede existir sin los métodos contemporáneos de gestión de la calidad. En la práctica de la ingeniería civil, la gestión de la calidad encontró la gran y significativa aplicación desde los primeros días de su existencia, lo que podría esperarse si se toman en cuenta las inmensas finanzas que esta rama de la economía emplea para la realización

de los proyectos de inversión. Se puede decir que la gestión de la calidad es una herramienta indispensable y universal de la ingeniería civil contemporánea (Martinez y Kadi, 2019).

La gestión eficaz de la calidad es necesaria para el funcionamiento normal de cada sistema en una empresa, pero también para la empresa en su totalidad. Junto con la progresiva especialización de los ejecutivos de determinados procesos productivos en la ingeniería civil, las actividades más complejas asignadas a los ejecutivos, mayor abanico de actividades y mayor número de personas en las empresas que se dedican a la preparación y ejecución de un trabajo. La gestión de la calidad se vuelve cada vez más importante. La gestión de la calidad o la gestión de la calidad total es una disciplina científica ineludible y la habilidad en muchas ramas económicas y no económicas (Martinez y Kadi, 2019).

4.1.1 Gestión de calidad total en Ingeniería Civil.

La gestión exitosa en la ingeniería civil es hoy en día inconcebible sin la Gestión de Calidad Total - TQM. El TQM comprende tres esferas de cambios en las empresas: los empleados, la tecnología y la estructura. Y cuando hablamos de calidad al final de este milenio, no deben perderse de vista sus características:

- La mejora de la calidad como concepto global de la empresa;
- La alta calidad de los productos y servicios es un objetivo de todos los empleados de la empresa;
- La única medida de la calidad es un cliente satisfecho;

- El mensaje de marketing más eficiente es la alta calidad de un producto o servicio.

La TQM se define de muchas maneras, pero es cierto que representa la mayor orientación de la empresa hacia: los consumidores – clientes, mayor calidad de productos o servicios y el cambio de la cultura de trabajo y de vida (Morocho, 2015).

De la multitud de definiciones de TQM, debemos señalar la definición de ISO 8402: La TQM es el enfoque en la gestión de una empresa, concentrado en la calidad de los productos o servicios y basado en la participación de todos sus miembros, dirigido a el éxito a largo plazo por la satisfacción de los clientes y en beneficio de todas las personas en la empresa y la sociedad entera. Los elementos básicos y clave de la TQM son: y trabajo en equipo en todos los niveles, y apoyo total y sin reservas a la TQM por parte de los gerentes en todos los niveles y mejora permanente del sistema de producción y medición y evaluación de los resultados obtenidos, y permanente la formación de los empleados a todos los niveles y la satisfacción de las demandas de los clientes, como árbitro último e infalible de la calidad El TQM es una revolución en el pensamiento y una evolución en el sistema de trabajo y de negocios. Puede considerarse una filosofía de gestión que comienza con un cliente, y de ninguna manera con las líneas de producción, ganancias, pérdidas, etc. (Morocho, 2015).

4.2 Control de calidad durante la construcción

El material para la construcción de carreteras y el proceso de construcción se controla antes de que aparecieran las normas de la serie ISO 9000. El control de calidad del material se ejecuta en diferentes períodos de la construcción de la carretera en diferentes períodos de tiempo de construcción. Estos controles de materiales tienen su lugar en el sistema de compras de calidad. Ha sido regulado por las normas ISO 9001, 9002 y 9003 las cuales están dedicadas a la aceptación previa de los materiales, coordinación de los procedimientos, exámenes de aceptación y equipos de prueba.

Los programas de control deben introducirse en los procedimientos operativos o en los planes de calidad del proyecto. El material puede usarse solo después del resultado positivo del control ejecutado antes de la instalación en la construcción. En el curso de la construcción, se realiza la supervisión y el control de los procedimientos de construcción establecidos, lo que verifica la coincidencia con los requisitos estandarizados. Al final, el control se realiza para determinar si se han ejecutado todas las pruebas establecidas para el control de materiales en el desarrollo de la construcción de la carretera.

Los planes de control de la estructura vial deben contener:

- Control y prueba de los materiales enviados inmediatamente antes de la construcción (certificado de material, control en el lugar de producción y en el sitio de construcción);

- Control y prueba de tramos de vías en las diferentes fases de construcción;

Esos controles y pruebas se ejecutan en tres niveles separados:

El primer nivel de control lo realiza el fabricante, y es el control interno o autocontrol. En el dominio del sistema de calidad, la mayor parte de la verificación de la calidad se transfiere al contratista. El cual está obligado a probar, en el curso de la construcción y después de ella, que las obras han cumplido con todos los requisitos del contrato. Los resultados del autocontrol representan los datos de entrada para el control de calidad;

El segundo nivel de control lo ejerce el inversionista, representado por el órgano de control. El órgano de supervisión ejecuta controles y pruebas en el curso de la construcción, y presta especial atención a los puntos "vulnerables". Los puntos vulnerables deben estar definidos con precisión por el contrato y los planes de control. Luego de obtener los resultados positivos del control y testeado de los puntos vulnerables, el órgano de control aprueba con su firma la continuación de las siguientes actividades. En caso de resultados negativos, es necesario corregir los defectos, y después de adquirir los resultados positivos de control continuar las actividades en el objeto; y

El tercer nivel de control es el llamado control externo, realizado a través de los laboratorios independientes. Tienen que estar autorizados por las instituciones estatales para esa actividad.

Para cada prueba es necesario definir:

- las actuaciones que deben proporcionarse,
- tolerancia permitida,
- criterios de admisión,
- métodos de prueba y medición,
- equipo necesario, y
- requisitos con respecto a la precisión de la medición.

Los métodos de medición pueden ser emitidos por las diferentes organizaciones: método estándar internacional; método nacional; métodos responsables de gestión vial; y los métodos comúnmente aprobados por la administración vial, las oficinas de diseño, los fabricantes de materiales, los ejecutivos de la construcción y los investigadores. Cabe señalar que en la construcción de carreteras en los últimos años se está desarrollando una nueva técnica y tecnología para comprobar y establecer la calidad de la construcción, control y ensayo en los campos de la construcción de carreteras (automatización, robótica, teledetección...).

Cuando se trata de equipos de medición, control y pruebas, el proveedor del equipo debe verificar, estandarizar y mantener su equipo operativo. De esa manera se habilita la medición precisa, de lo contrario no sería confiable. Esto es posible sólo cuando una institución nacional unificada para las mediciones y normalización, que autorizaría a los laboratorios para la emisión del certificado de normalización.

De acuerdo con las normas ISO 9000, el control y las pruebas se ejecutan mientras se construye el objeto, porque es la única forma de un control integral y total y una condición para construir un objeto de acuerdo con la calidad contratada.

Tanto en la construcción de una estructura vial como en la construcción de toda la vía, como en cualquier proceso productivo, existe una certificación de los materiales y de la propia construcción. Contiene la garantía del fabricante del material y del ejecutivo de la construcción (control interno) y la certificación de una institución autorizada para ello (control externo)

4.2.1 Logro de calidad vial.

El desempeño de las vías está directamente relacionado con la calidad de la construcción, la cual se ha mejorado con la implementación de nuevas técnicas y métodos en los cuales se incorpora el uso de materiales alternativos para todo tipo de vías, principalmente en aquellas de bajo tráfico. Adicionalmente, es claro que el propósito de la construcción de vías es proporcionar una superficie firme y duradera, capaz de resistir el estrés impartido por el tráfico y las condiciones climáticas.

Alcanzar la calidad requerida de las vías, comprende la realización de todos los procesos productivos: proceso de licitación, contratación, diseño, construcción, explotación y mantenimiento de la carretera.

A diferencia de otras ramas industriales, en la ingeniería civil no es necesario que el diseño y la producción se realicen dentro de la misma empresa. Sin embargo, es necesario que

todos los participantes en la realización de las vías trabajen en lograr la calidad final de los caminos. El producto de no calidad (material, producto semielaborado, producto...) en cualquier nivel afecta en cierta medida a un producto de no calidad en un nivel superior de producción. Eso puede dificultar significativamente el cumplimiento de la calidad de la carretera y provocar el retraso en la realización del objeto en sí, el aumento del precio del objeto construido, malentendidos y confrontaciones de los participantes en el proceso de construcción de la carretera.

Para lograr la calidad de la carretera, la calidad deseada, los métodos y procedimientos para la cuantificación de la calidad de la construcción deben determinarse con precisión de antemano. La cuantificación de la calidad de la construcción de carreteras es un problema en algunos casos y es interesante para la investigación y el estudio.

El diseñador y el contratista deben demostrar que tienen el cuadro, la economía y los medios materiales (herramientas, mecanización, plantas, equipos...) y que pueden cumplir con sus obligaciones sin problemas, y lograr la calidad requerida de sus productos y el carretera en su totalidad. Cuando se cuestionan las condiciones y la calidad que deben cumplir el diseñador y el contratista. Para no afectar la disminución de la calidad, el órgano de supervisión (supervisión de diseño e inversionista) observa el proceso completo de producción de carreteras y los procesos y procedimientos simples relacionados con la producción del material de entrada y productos semielaborados (por ejemplo, prefabricados elementos) con sumo cuidado.

4.3 Sistemas de aseguramiento de la calidad para proyectos de vías terciarias

El control de calidad juega un papel crítico para garantizar el éxito del proyecto de construcción de carreteras de una agencia de carreteras. El control de calidad es necesario para asegurarse de que cada fase del proceso de desarrollo de la construcción se complete de una manera económica, precisa y coordinada. El control de calidad también se implementa a lo largo de todo el proceso de construcción de carreteras o autopistas de principio a fin. El aseguramiento de la calidad (QA) es un aspecto del control de calidad que alienta a los trabajadores a emplear las mejores prácticas para un proyecto de construcción de carreteras y, lo que es más importante, ayuda a garantizar que los planificadores se mantengan en el objetivo con el proceso de diseño.

4.3.1 Garantía de calidad.

La Administración Federal de Carreteras (FHWA) ha desarrollado especificaciones de control de calidad para que las agencias de carreteras las utilicen cuando desarrollen sus planes de control de calidad. Cada fase del proceso de construcción se describe dentro de este plan. El control de calidad también implica monitorear el progreso de un plan de construcción de carreteras y permite que una agencia de carreteras adapte o ajuste el plan cuando sea necesario. FHWA brinda información a las agencias de carreteras sobre el diseño de planes, y esta información explica cómo elegir características de calidad y cómo medir estadísticas en el proceso de control de calidad.

4.3.2 Validación de terceros.

El uso de un tercero para evaluar el proyecto durante y después de la fase de construcción es una parte importante del proceso de control de calidad. Los inspectores externos podrían determinar problemas con la calidad durante la fase de construcción de una carretera y también podrían evaluar el desempeño de los trabajadores para asegurarse de que están utilizando las mejores prácticas de construcción. Los inspectores externos también pueden determinar si el plan de control de calidad de una agencia de carreteras es efectivo y ayuda a fortalecer las áreas de control de calidad que están por debajo del estándar.

4.3.3 Normas ISO 9000

Las normas ISO 9000 dan las instrucciones para la gestión de la calidad y la consecución de la calidad en función del modelo seleccionado. La selección del modelo deseado depende del objetivo requerido en el sistema de calidad. Es necesario que el sistema de gestión de la calidad sea establecido por los inversores, diseñadores y ejecutivos en el campo de la construcción de vías. Además, deben tenerse en cuenta las interdependencias de las diversas actividades en el área de la construcción de carreteras, de las que se habla en el texto anterior.

Es importante destacar que el proceso de desarrollo del sistema de calidad en el área de la construcción de carreteras (las normas ISO 9000) ha comenzado en muchos países, y muchos aplican el sistema de gestión de calidad completo, mientras que los países más avanzados utilizan el TQM. Nuestro país no ha logrado la gestión de calidad en la construcción de carreteras, aunque la gestión de calidad individual se realiza en algunas áreas, como es la gestión de calidad vial. Es evidente que no estamos a la altura de los países desarrollados del mundo.

4.4 Control de calidad en obras de construcción de carreteras

El control de calidad de los materiales y productos de construcción es un requisito esencial para obtener un estándar mejorado y uniforme de construcción de carreteras. El control de calidad es una parte esencial de cualquier proceso de producción y las construcciones de carreteras no son una excepción. La necesidad de control de calidad sobre estas especificaciones ha aumentado considerablemente en los últimos tiempos debido a un aumento significativo de las intensidades de tráfico.

Un mejor nivel de servicio de carreteras resultará en ahorros considerables en el costo operativo del vehículo y en la reacción favorable de los usuarios de la carretera y la opinión pública. El costo adicional de ejercer el control de calidad es solo una fracción de los beneficios resultantes. El costo de ejercer el control de calidad sería del 1-2 por ciento del costo total de construcción. El retorno económico directo e indirecto del control de calidad podría ser del orden del 5 al 10 por ciento del costo total de construcción.

4.4.1 Requisito previo para el control de calidad de la construcción de carreteras

Principalmente las especificaciones y estimaciones de construcción de carreteras proporcionan la base para un control de calidad efectivo. Además, las organizaciones establecen sistemas de gestión de calidad, personal adecuadamente capacitado y una buena agencia de monitoreo para ejercer el control de calidad.

Establecer una evaluación periódica de los datos de control de calidad no solo para la implementación durante la construcción, sino también para efectuar posibles mejoras en el control de calidad y las técnicas de construcción. Otro enfoque es la actualización de los conocimientos mediante la mejora de la cultura de la formación en el puesto de trabajo.

4.4.2 Tipos de control de calidad

Control de calidad del proceso: el diseñador toma las decisiones con respecto al tipo de equipo, el procedimiento de construcción y la cantidad de trabajo requerido para obtener el resultado deseado.

Control de calidad final: en el tipo de control de calidad de resultado final, la agencia de construcción, que puede ser un contratista privado, tiene las manos libres en la selección de métodos y equipos de construcción de carreteras para lograr el producto final deseado.

En el tipo de especificación de "resultado final", el personal de ingeniería de campo lleva a cabo pruebas en el trabajo terminado a intervalos regulares para evaluar si cumple o no con los requisitos de especificación, mientras que en el "control de tipo de proceso", la responsabilidad del personal de campo es asegurarse de que el trabajo se lleve a cabo según las especificaciones establecidas.

4.4.3 Control de calidad de materiales de construcción

Las pruebas de control de calidad de los materiales en el sitio del proyecto son esenciales para garantizar que los materiales que se incorporan en la construcción sean de calidad especificada.

Todos los materiales introducidos en el emplazamiento se apilarán y almacenarán según se especifique para evitar el deterioro o la intrusión de materias extrañas y garantizar la conservación de su calidad e idoneidad para el trabajo.

Los materiales que se hayan almacenado incorrectamente o que se hayan almacenado durante largos períodos se volverán a someter a ensayo cuando su idoneidad en el trabajo sea dudosa.

4.4.4 Procedimientos de prueba

El procedimiento de ensayo de los diferentes materiales y trabajos se ajustará a las normas y especificaciones pertinentes. Cuando no se indique un procedimiento específico de ensayo, los ensayos se llevarán a cabo según la práctica habitual en la dirección del Ingeniero Encargado.

- Frecuencia y extensión de las pruebas en el sitio

La frecuencia y el alcance de las pruebas es el mínimo que se considera necesario para condiciones normales. Llevar a cabo pruebas adicionales para detectar condiciones anormales en las que las variaciones puedan ser excesivas o cuando las circunstancias justifiquen lo contrario.

- Criterios de aceptación del sitio

Los criterios de aceptación para diferentes elementos de trabajo pueden basarse en valores mínimos o en el análisis estadístico que se considere juicioso. Para un control de calidad eficaz de la construcción de carreteras de los materiales y el trabajo, generalmente será necesario establecer los criterios de aceptación en los documentos del contrato.

- Instalaciones de prueba del sitio del proyecto

Las instalaciones de prueba normalmente comprenden laboratorios a nivel central, regional y de campo. Los laboratorios Regionales están a nivel de círculo y dirigidos por Ingenieros Ejecutivos (Control de Calidad) Además, deberán brindar todas las facilidades para la capacitación de todo el Personal de Control de Calidad en la Región.

4.4.5 Capacitación en control de calidad

A fin de sensibilizar a los funcionarios del departamento y actualizar sus conocimientos sobre los métodos de ensayo, deberían celebrarse talleres periódicos sobre control de calidad. Concientizar a los participantes sobre las necesidades básicas como las especificaciones, los criterios de aceptación de las pruebas requeridas, la frecuencia de las pruebas y la metodología de las pruebas para comprender el sistema de control de calidad y el funcionamiento de los laboratorios regionales/de campo.

La capacitación podría ser impartida por institutos de investigación vial conocidos o mediante capacitación en el trabajo.

4.4.6 Parámetros críticos para el control de calidad de la construcción de carreteras

Los siguientes puntos para el control de calidad en proceso de construcción deberán ser debidamente atendidos:

- La gradación de los agregados combinados y el contenido de aglutinante deberá satisfacer los criterios de diseño de las especificaciones IRC pertinentes.
- Las proporciones de la mezcla de diseño a las que se llegue en el laboratorio se basarán en muestras representativas de materiales realmente disponibles en el sitio.
- Cuando sea necesario, se aplicará una capa de imprimación sobre la base preparada en la proporción especificada antes de colocar la superficie bituminosa.
- La planta mezcladora deberá tener la capacidad adecuada para producir una mezcla de calidad adecuada y uniforme.
- Se deben alimentar al secador cantidades de varios tamaños de agregados en proporciones tales que la combinación resultante cumpla con la fórmula de mezcla del trabajo.
- La temperatura del aglutinante en el momento de la mezcla debe estar en el rango de 1500C-1770C y la de los agregados en el rango de 1550C-1630C. Se debe

tener cuidado para que la diferencia de temperatura entre los agregados y el aglomerante no exceda los 140C.

- El tiempo de mezclado debe ser lo más corto posible para obtener una distribución uniforme del aglomerante y una mezcla homogénea.
- El contenido de aglomerante con la mezcla se verificará periódicamente para garantizar que se ajuste a las especificaciones.
- Sin embargo, se permitirá una variación en el contenido de ligante de + 0,3 por ciento en peso de la mezcla total.
- La mezcla será transportada al sitio por medio de volquetes y esparcida y compactada para obtener una alfombra del espesor requerido. El esparcimiento se hará con pavimentadoras mecánicas autopropulsadas, provistas de reglas para esparcir, apisonar y terminar la mezcla a ras de rasante y sección transversal. La temperatura de la mezcla al momento de la colocación deberá estar en el rango de 1210C-1630C.
- Inmediatamente después de la colocación de la mezcla, se iniciará el laminado con rodillos vibratorios de 8-10 toneladas a una velocidad no superior a 5 Km por hora. El rodillo final debe continuar hasta que la mezcla esté completamente compactada y no queden marcas de rodillo en la superficie. La densidad no debe ser inferior al 95 por ciento de la densidad del laboratorio. Durante el laminado, las ruedas de los rodillos deben mantenerse húmedas para evitar que la mezcla se adhiera a las ruedas de los rodillos y sea recogida.
- Se permitirá el tráfico en la superficie solo cuando la alfombra, después del enrollado final, se haya enfriado a la temperatura ambiente.

- La superficie acabada se comprobará durante el proceso de control de calidad en cuanto a línea, grado y regularidad.

4.4.7 Control de calidad en vías terciarias en concreto rígido

La Dirección de Control de Calidad (QAM) debe incluir los procedimientos acordados para los elementos que se enumeran a continuación para lograr control de calidad / control de calidad en el diseño.

- Organización y responsabilidades funcionales (incluidas las cualificaciones personales).
- Responsabilidades para garantizar la calidad de las personas a cargo del diseño y asegurando que la calidad estipulada de diseño de hecho se ha logrado (función de garantía del equipo de control de calidad).
- Calidad del informe de diseño de base para el Desarrollo del Diseño:

Requisitos de Proyecto / Cliente

- dibujos preliminares y la fuente de datos, la responsabilidad de suministro y métodos de verificación.
- enfoque de diseño, los códigos, detalles de construcción.
- Métodos de análisis, cálculo, control y aprobaciones internas.

- Cálculos Contenido de los informes detallados de diseño)
- dibujos finales
- Comprobación y aprobación por autoridad de aprobación externa en su caso
- Elaboración y aprobación del diseño de calidad y aprobación del diseño

Esto incluye:

- control de calidad en el software (ensayos previos y verificación)
- Preparación de Diseño
- Verificación del diseño (revisión independiente, análisis alternativo y control de calidad de pruebas)
- Control de los fabricantes / proveedores de diseño.
- Aprobación para el diseño, la distribución de los documentos de diseño y control de documentos.
- Diseño solicitudes de cambio
- Comprobación y aprobación por la aprobación de la autoridad externa, si los hubiere.
- Auditoría y correctivas acciones
- Diseño registros de documentación
- proforma de Calidad Diseño Records- exhaustiva y detallada proforma tendrá que ser desarrollado y prescrito para la finalidad anteriormente mencionada para cada uno de la carretera importante para satisfacer los requisitos especiales, que forman parte del manual de garantía de calidad para el proyecto.

4.4.8 Calidad Total (TQM) en vías terciarias

La introducción de la gestión de la calidad total en la construcción de carreteras es una necesidad y una obligación. La tarea debe abordarse como la introducción de TQM en otras empresas, teniendo en cuenta las especificaciones de las empresas de ingeniería civil que se ocupan de la construcción de carreteras.

Lo básico en la introducción del TQM es que no existe una receta uniforme para esa actividad. Sin embargo, existen reglas ampliamente aceptadas que deben ser obedecidas en la práctica. La introducción de TQM generalmente pasa por siete etapas:

1. La etapa inicial en la introducción de TQM es la evaluación de la condición existente y los problemas;
2. Definición e introducción de los objetivos precisos;
3. Estudio detallado y análisis de las causas de los problemas de calidad;
4. Sobre la base de la etapa anterior, se elaboran los planes y programas detallados para la mejora de la calidad;
5. Ejecución de los cambios necesarios y planificados para la introducción de la calidad;
6. Análisis y evaluación de los resultados de los cambios ejecutados;
7. Vigilancia continua de la nueva calidad establecida, mediante la observación, registro y análisis de la calidad establecida.

El comienzo de una transformación empresarial de construcción de carreteras y el comienzo de la introducción de TQM se encuentra en los gerentes. Los directivos se convierten en líderes (y no en controladores), establecen los programas de mejora, establecen los procesos de coordinación interna (control, formación y ayuda a la mejora de la calidad), toman medidas para cambiar la cultura organizacional (que es un apoyo importante en la calidad programas de mejora), son los defensores de la formación y la educación, promueven la nueva filosofía de gestión de la calidad, se motivan a sí mismos y a los empleados en la realización del programa dado, fomentan el trabajo en equipo en la mejora de la calidad, pero también en los otros problemas del negocio.

No obstante el hecho de que el TQM desde su introducción recae en los gerentes, no puede ser implementado o funcionar sin el apoyo y el compromiso constante de todos los empleados en una empresa.

Para introducir con éxito el TQM en las empresas de construcción de carreteras, así como en muchas otras empresas, es necesario comenzar con una pequeña cantidad de problemas, introducir la gestión de calidad en fases, explicar el sistema de calidad a los empleados, simplificar y mejorar los procesos y procedimientos, y acortar los tiempos de ejecución con los costes óptimos. No es aconsejable tratar de copiar el modelo de gestión de la calidad ya existente, porque cada empresa tiene sus especificidades y características, por lo que es probable que tenga dificultades para copiar. Cada empresa debe definir su propio modelo, siguiendo los principios generales de la introducción de TQM en el proceso.

Conclusiones

Desde el campo de la ingeniería civil, es necesaria la introducción de los Sistemas de Gestión de Calidad, principalmente por razones de mayor eficacia de la producción, pero también para ser competitivos en el mercado. Esto se enfatiza por el hecho de que la necesidad de la introducción de los sistemas de calidad no es una recomendación, sino una obligación. La aplicación de la gestión de la calidad en la construcción de vías aumentará junto con los sistemas de calidad total. Y cuando se trata de la introducción del TQM, se deben obedecer las siguientes reglas generales, por orden de aparición:

Es necesaria la educación de los empleados, familiarizándolos con el sistema de gestión, sus posibilidades y resultados esperados, así como los efectos positivos para la empresa y (con especial énfasis) para los empleados (mayor calidad, mayor competitividad en el mercado, mayor rentabilidad, mayor seguridad de los empleados). Esto, sobre todo, comprende el cambio de hábitos, la comprensión y el significado de la calidad.

La introducción de los empleados en el nuevo sistema de gestión comienza desde arriba, desde los gerentes, y luego se extiende gradualmente a todos los niveles de una empresa. Para posibilitar la implantación del nuevo sistema de gestión, la conformación de los equipos y otros modelos organizacionales, así como el compromiso continuo de los líderes formales e informales.

Luego sigue la identificación y la cuantificación de las pérdidas en la empresa, después de lo cual los gerentes y los equipos de expertos intentan eliminar todas las pérdidas innecesarias o reducirlas a los límites aceptables, es decir, lograr un resultado de mejor calidad. Todos los empleados deben estar motivados e interesados en aceptar la nueva forma de trabajo (el cambio de las soluciones organizacionales, reglas, procedimientos y comportamiento). En esta fase entran en juego los equipos y expertos para la mejora del negocio. Con el fin de motivar al individuo para el nuevo sistema de gestión, debe aceptar los cambios libremente, estar psicológicamente bien preparado para los cambios, contar con el apoyo de las otras partes de la organización y participar activamente. parte de los cambios.

Los equipos y los expertos para la mejora se dedican a la formación experta de los empleados para la aplicación y la mejora del nuevo modelo de gestión de calidad. El personal recibe capacitación sobre cómo mejorar su propio trabajo y el proceso de trabajo en el que participan. Sin la mejora del conocimiento no puede haber ningún sistema de mayor calidad. La formación se utiliza para el cambio de opinión sobre la calidad en una empresa, y no se debe escatimar dinero ni tiempo en ella, tiene que incluir a todos los empleados de la empresa, y la formación se inicia cuando realmente se puede realizar, porque el entrenamiento parcial no sirve de nada, y en algunos casos puede hacer más mal que bien.

El proyecto de introducción del nuevo nivel debe contener todos los niveles, sin excepciones, ya que todos en una empresa deben comprender y aceptar la nueva forma de hacer negocios. Es necesario que este proyecto tenga una estructura de gestión formada, a fin de

intervenir adecuadamente ya tiempo en caso de cualquier desviación de la realización de la introducción del proyecto TQM.

Referencias

- Alali, F., Siregar, D., & Anandarajan, A. (2018). A Test of the Functional Fixation Hypothesis Using Derivative Financial Instruments. *Quarterly Journal of Finance and Accounting*, 56(1/2), 1-35.
- Alfaro Félix, O. C. (2008). *Sistemas de aseguramiento de la calidad en la construcción*. (Tesis de pregrado) Universidad Pontificia católica del Perú.
- Benavides J. (2010), Reformas Para Atraer La Inversión Privada En Infraestructura Vial en Colombia 2010- 2014: Propuestas De Política Pública. *Fedesarrollo*, 1, 279-320.
- Benavides J. (2014). *Estudios sobre el régimen jurídico de las asociaciones público privadas*. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Externado de Colombia.
- Cárdenas, M. Gaviria, A. y Meléndez, M. (2005). *La infraestructura de transporte en Colombia*. Bogotá: Fedesarrollo Centro de investigación Económica y social. Obtenido de <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/1913>
- Crocket, H. (1935). Quality, but just enough. *Factory management and maintenance*, 93(6), 245-246.
- de Parra, H. C. R. (2016). Calidad, Productividad y Costos: Análisis de relaciones entre estos tres conceptos. *FACE: Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, 2(2), 46-65.
- Engel E., Fischer R. y Galetovic A. (2007). The Basic Public Finance of Public-Private Partnerships, *NBER Working Papers National Bureau of Economic Research*.
- Feigenbaum, A. V. (1957). The challenge of total quality control. *Industrial quality control*, 13(11), 22-23.

- Forcada, N., Alvarez, A. P., Love, P. E., & Edwards, D. J. (2017). Rework in urban renewal projects in Colombia. *Journal of Infrastructure Systems*, 23(2), 04016034.
- Freeman, H. (1960). *How to put quality costs to use*. In Transactions of the Metropolitan Conference, ASQC.
- García-Bernal, J., & García-Casarejos, N. (2016). Determinantes de la adopción de la gestión de la calidad total (gct) en el sector de la construcción desde la perspectiva de la gestión empresarial. *Revista de la construcción*, 15(2), 28-36.
- Giakatis, G., Enkawa, T., & Washitani, K. (2001). Hidden quality costs and the distinction between quality cost and quality loss. *Total Quality Management*, 12(2), 179-190.
- Giraldo, C. A. S., Mendoza, J. S. D., & Jálabe, A. M. (2018). Impacto de los costos de calidad en la ejecución de los proyectos de construcción en Colombia. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 33-54.
- Gómez, J. A. (2015). Las etapas de madurez de la organización y su relación con el proceso de mejora de la calidad. *Papers de Turisme*, (13), 19-29.
- González-Reyes, L., y Moreno-Pino, M. (2016). Procedimiento para implementación de un sistema de gestión de costos de calidad. *Ciencias Holguín*, 22(2), 1-14.
- Juran, J. M. (2005). Pareto, lorenz, cournot, bernoulli, juran and others. *Critical evaluations in business and management*, 47.
- Laporta, R. (2016). *Costos y gestión empresarial: incluye costos con ERP*. Ecoe Ediciones.
- Larrahondo, P. A. (2017). The fourth generation of road concessions in Colombia and the new ppp legal model: The fourth generation of road concessions in Colombia and the new ppp legal model. *Derecho Público*, (38), 9.

- López, L. (2006). *Valoración de garantías en proyectos tipo BOT Aplicación a concesiones viales en Colombia* (Tesis de maestría), Universidad de los Andes, Bogotá. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/9261/u276750.pdf?sequence=1>
- Martínez, L., & El Kadi, O. (2019). Logística integral y calidad total, filosofía de gestión organizacional orientadas al cliente. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 4(7), 202-232.
- Mayo Alegre, J. C., Loredó Carballo, N. A., & Reyes Benítez, S. N. (2015). En torno al concepto de calidad. Reflexiones para su definición. *Retos de la Dirección*, 9(2), 49-67.
- Meléndez Guaylupo, J. C. E. (2021). *Influencia del método de gestión y optimización en los costos, tiempos y calidad de las empresas constructoras: una revisión sistemática entre 2010-2020*.
- Mínguez, J. B. P., & Moreno, A. S. (2004). *Calidad del diseño en la construcción*. Ediciones Díaz de Santos.
- Morocho, T. (2015). Gestión de la calidad en los procesos constructivos, situación actual de la mano de obra civil ecuatoriana. *Ciencia*, 17(1).
- Nieto-Parra, S., Olivera, M., & Tibocha, A. (2013). *The politics of transport infrastructure policies in Colombia*.
- Palacio Hincapié, J. A. (2014). *Contratación de la Entidades Estatales*. Bogota: Editorial Jurídica Sánchez R. Ltda.
- Pedroza Villegas, Katherinne (2016). *Caracterización financiera de los contratos de concesiones viales en Colombia. Estudio de caso* (Tesis de maestría), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C., Colombia.

- Pérez, S. P. M., Ramirez, B. P. C., & Martínez, A. D. R. G. (2021). Beneficios de la aplicación de Lean Construction en la industria de la construcción: 35-46. *Revista Cubana de Ingeniería*, 12(1).
- Ramos-Alfonso, Y., Acevedo-Suárez, J. A., Ramírez-Betenacourt, F., & García-Rodríguez, E. (2016). Modelo de gestión de la eficiencia basado en los costos de la calidad con enfoque generalizador. *Ingeniería Industrial*, 37(1), 59-69.
- Ruiz, J. D. (2010). *Valoración y análisis de riesgos para concesiones viales en Colombia Marco teórico y Desarrollo* (Tesis de pregrado), Unievrnsidad de los Andes, Bogota. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/14362/u402070.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sansalvador Sellés, M. (2015). *El coste de la calidad:¿ Qué es y cómo calcularlo?*. Universidad Miguel Hernández.
- Shewhart, W. A. (1931). *Economic control of quality of manufactured product*. Macmillan And Co Ltd, London.
- Yepes, T., Ramírez, J. M., Villar, L., & Aguilar, J. (2013). *Infraestructura del transporte en Colombia*.
- Zambrano Zambrano, M. I., Véliz Briones, V. F., Armada Trabas, E., & López Rodríguez, M. (2018). Los costos de calidad: su relación con el sistema de costeo ABC. *Cofin Habana*, 12(2), 179-189.