

Optimización, sustentabilidad y políticas públicas: un enfoque robusto

Dedicado al Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina



Coordinadores

Alejandra Flores Sánchez
José Luis López Galván
Miguel Ángel Hernández Rivera

Gilberto Orrantia Daniel
German Alonso Ruiz Domínguez
Lorena Graciela Alvarado Coronado
Tania Guadalupe Ramos García
Diego Adiel Sandoval Chávez
Eduardo Rafael Poblano Ojinaga
Julio César Gómez Salazar
Carlos Jesús González Macías
Luz Isaura Rodríguez
Manuel Arnoldo Rodríguez Medina
Jorge Adolfo Pinto Santos
Gabriela Fuentes
Octavio García Alarcón
Adán Valles Chávez
Mario Macario Ruíz Grijalva
Hermenegildo Lagarda Leyva
Jeovany Rafael Rodríguez Mejía
Ricardo Olivares Rodríguez
Aida Yadira Reyes Escalante
María Luisa López Roa
Rigoberto Reyes Valenzuela
Raúl Torres Roa

Optimización, sustentabilidad y políticas públicas: un enfoque robusto

ISBN México (CENID): 978-607-8830-24-4

ISBN España (AEVA): 978-84-09-52252-1

Primera edición, 2023 Todos los derechos reservados.

© 2023, **coordinadores**. Alejandra Flores Sánchez, José Luis López Galván, Miguel Ángel Hernández Rivera

© 2023, **autores**. Gilberto Orrantia Daniel, German Alonso Ruiz Domínguez, Lorena Graciela Alvarado Coronado, Tania Guadalupe Ramos García, Diego Adiel Sandoval Chávez, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Julio César Gómez Salazar, Carlos Jesús González Macías, Luz Isaura Rodríguez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Jorge Adolfo Pinto Santos, Gabriela Fuentes, Octavio García Alarcón, Adán Valles Chávez, Mario Macario Ruíz Grijalva, Hermenegildo Lagarda Leyva, Jeovany Rafael Rodríguez Mejía, Ricardo Olivares Rodríguez, Aida Yadira Reyes Escalante, María Luisa López Roa, Rigoberto Reyes Valenzuela, Raúl Torres Roa.

Los conceptos expresados en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores. Esta obra cumple con el requisito de evaluación por dos pares de expertos.

Edición y diagramación: Orlanda Patricia Santillán Castillo.

Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. CENID AC es miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana Socio #3758.

Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de la presente obra mediante algún método sea electrónico o mecánico (INCLUYENDO EL FOTOCOPIADO, la grabación o cualquier sistema de recuperación o almacenamiento de información), sin el consentimiento por escrito del editor.

Indexación de datos

Bases de datos en las que Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente CENID A.C. está indexada: Dialnet (Universidad de la Rioja).

© 2023 Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. CENID AC Pompeya # 2705. Colonia Providencia C.P. 44670 Guadalajara, Jalisco. México
Teléfono: 01 (33) 1061 8187 Registro Definitivo Reniecyt No.1700205 a cargo de Conacyt.

© 2023 Editorial de la Asociación Científica para la Evaluación y Medición de los Valores Humanos c/ de les cases sert nº 11, C.P. 08193, Bellaterra – Cerdanyola del Vallés (Barcelona). CENID y su símbolo identificador son una marca comercial registrada.
Impreso en México / Printed in México

Si desea publicar un libro o un artículo de investigación contáctenos.

www.cenid.org

redesdeproduccioncenid@cenid.org



Editorial Cenid

Índice

Reseña

Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina5

Cadena de suministro de ciclo cerrado en la industria manufacturera automotriz. Una revisión sistemática de la literatura.

Tania Guadalupe Ramos García

Diego Adiel Sandoval Chávez

Eduardo Rafael Poblano Ojinaga.....7

La sustentabilidad social de parques urbanos: una revisión sistemática de la literatura.

Ricardo Olivares Rodríguez

Diego Adiel Sandoval Chávez

Aida Yarira Reyes Escalante.....25

Implementación de las siete herramientas administrativas en una obra de construcción de viviendas.

Gilberto Orrantia Daniel

Germán Alonso Ruiz Domínguez

Lorena Graciela Alvarado Coronado.....38

Costos de calidad en una compañía de proceso continuo. Un estudio de caso de seguimiento y confirmación.

Diego Adiel Sandoval Chávez

Manuel Arnoldo Rodríguez Medina

Eduardo Rafael Poblano Ojinaga.....59

Revisión sistemática de literatura sobre el uso del transporte público: experiencia, violencia y percepción del miedo a la victimización.

Julio César Gómez Salazar

Diego Adiel Sandoval Chávez

Carlos Jesús González Macías.....73

Aprovechando la inteligencia artificial como herramienta metodológica para la optimización del proceso de deshidratación de tomate.

Gabriela Fuentes

Octavio García Alarcón

Adán Valles Chávez.....92

Impacto de las políticas públicas en la seguridad alimentaria.

María Luisa López Roa

Rigoberto Reyes Valenzuela

Raúl Torres Roa..... **107**

Maker-space principio de un modelo de aprendizaje acelerado.

Mario Macario Ruiz Grijalva

Hermenegildo Lagarda Leyva

Jeovany Rafael Rodríguez Mejía

Jorge Adolfo Pinto Santos..... **121**

Modelación bayesiana para la remanufacturación y reutilización de recursos en una línea de productos de impresión

Luz Isaura Rodríguez Aguilar

Manuel Arnoldo Rodríguez Medina

Ericka Berenice Herrera Ríos..... **136**

Costos de calidad en una compañía de proceso continuo. Un estudio de caso de seguimiento y confirmación

Quality Costs in a Continuous-Process Company. A Follow-up and Confirmation Case Study.

Diego Adiel Sandoval Chávez

Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Juárez

dsandoval@itcj.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2536-1844>

Manuel Arnoldo Rodríguez Medina

Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Juárez

manuel_rodriguez_itcj@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0003-1676-0664>

Eduardo Rafael Poblano Ojinaga

Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Juárez

<https://orcid.org/0000-0003-3482-7252>

eduardo.po@cdjuarez.tecnm.mx

RESUMEN

Frecuentemente, los estudios para determinar el costo de la calidad son ejercicios transversales que no permiten apreciar la evolución de esta importante variable en una temporalidad longitudinal. La teoría que sustenta el estudio del costo de la calidad se ha visto enriquecida con la incorporación de costos intangibles y de oportunidad que la rigidez de los modelos clásicos no permitía considerar. Por eso, el objetivo de esta investigación fue conducir un estudio confirmatorio de determinación del costo de la calidad en una compañía manufacturera de bloques de concreto cuyo proceso es continuo. Para ello, se consideraron los apartados del modelo de costos tangibles prevención-evaluación-falla y tres elementos de costos de oportunidad. Durante seis meses, en la misma organización donde hace casi 30 años se realizó un estudio inicial, se recolectaron los costos tangibles y los de oportunidad, que incluyen inadecuado manejo de materiales, subutilización de la capacidad instalada y mal servicio postventa. Los resultados permitieron confirmar que es posible alcanzar el 100% de calidad de conformidad a costo finito. Además, se evidenció que los costos intangibles y de oportunidad son en conjunto el principal componente del costo de la calidad. También se corroboró la importancia estratégica del costo de la calidad como elemento de decisión para la identificación de estrategias rentables. Por último, se presentan las conclusiones derivadas del estudio, las recomendaciones, así como las limitaciones y la agenda de investigación para trabajos futuros.

Palabras clave: modelo PAF, costos intangibles de calidad, subutilización de la capacidad instalada, inadecuado manejo de materiales, inadecuado servicio inadecuado.

ABSTRACT

Frequently, studies to determine the cost of quality are cross-sectional exercises that do not allow for the appreciation of the evolution of the behavior of this important cost over a longitudinal timeframe. The theory underlying the study of the cost of quality has been enriched

by the incorporation of intangible and opportunity costs that the rigidity of classical models did not allow for consideration. The objective of this research was to conduct a confirmatory study to determine the cost of quality in a continuous process manufacturing company of concrete blocks. The sections of the tangible cost model - prevention-evaluation-failure - and three elements of opportunity costs were considered. Over a period of six months, in the same organization where an initial study was conducted almost 30 years ago, tangible and opportunity costs were collected, including inadequate materials handling, underutilization of installed capacity, and poor delivery service. The results confirmed that it is possible to achieve 100% quality of conformance at a finite cost. Furthermore, it was confirmed that intangible and opportunity costs together are the main component of the cost of quality. The strategic importance of the cost of quality as a decision element for the identification of profitable strategies was also confirmed. The conclusions derived from the study, recommendations, as well as the limitations and research agenda for future work, are presented.

Keywords: PAF model, intangible quality costs, installed capacity underutilization, inadequate materials handling, poor delivery service.

INTRODUCCIÓN

Desde hace décadas se hace referencia al estado de proceso perfecto (*perfect process state, PPS*) como un escenario ideal en el que la producción de una organización manufacturera opera a su máxima capacidad y en armonía para producir bienes que satisfacen los requerimientos de los clientes a un costo mínimo para la firma (Benneyen, 1992). Sin embargo, el PPS es difícil de lograr en la práctica cotidiana de las empresas de manufactura. El escenario más probable es que la compañía se vea en la necesidad de realizar desembolsos para recuperar la calidad de sus productos por diversas causas, tales como fallas en las pruebas, defectos de ensamble, daños en el manejo de las unidades o deficiencias en el diseño.

El aseguramiento de la calidad también incluye los costos por evaluar la conformidad de los productos durante el proceso, así como aquellos desembolsos tendientes a prevenir la ocurrencia de errores que puedan convertirse en defectos. Al respecto, existe abundante evidencia empírica que sustenta estas afirmaciones (Psomas *et al.*, 2022; Schiffauerova y Thomson, 2006).

El impacto económico de las desviaciones más comunes del PPS se relaciona con la calidad de los productos, lo cual se conoce como *costo de la calidad (cost of quality, COQ)*. Los orígenes del COQ se remontan a la década de los cuarenta del siglo pasado cuando se le identificaba con la metáfora “el oro en la mina” para referirse a que la inversión en prevención de problemas de calidad era rentable. Aunque aún restringido al costo de la conformidad con las especificaciones, el concepto se cimentó formalmente a raíz del trabajo seminal de Juran (1951), quien categorizó el COQ en tangible e intangible de acuerdo con la viabilidad de ser cuantificado.

El modelo prevención-evaluación-falla (*prevention, appraisal, failure, PAF*) se concibió a raíz de los postulados de Feigenbaum (1956), quien además acuñó el concepto *control total de calidad (total quality control, TQC)*. Antes de este esquema, las clasificaciones de COQ eran incipientes y ciertamente limitadas. Una vez desarrollado el modelo PAF, su uso se generalizó hasta desarrollarse el estándar MIL-Q-9858a en Estados Unidos y el BS 6143 en Gran Bretaña.

A pesar de su uso generalizado, el modelo PAF no está exento de críticas. A principios de la década de los 1960 se propuso un esquema que separaba el COQ en dos componentes: a) el costo del control, que se compone de los desembolsos relativos a la prevención y la evaluación de la calidad; y b) el costo de la falta de control, compuesto por los desembolsos por fallas internas y externas. Este modelo planteaba que el COQ total se encontraba en la intersección de las dos curvas relativas al costo del control y el de la falta de control. La principal crítica a este modelo es que para minimizar el COQ total era necesario la presencia de cierta fracción de productos defectuosos, ya que de otra manera las inversiones en los costos del control no se verían compensadas por una disminución en los costos de la falta de control (Schneiderman, 1986).

Sin embargo, en los mercados modernos de alto dinamismo la presencia de defectos erosiona la competitividad y el posicionamiento de las organizaciones. Por esta razón, se revisó el modelo tradicional hacia una versión en la que el COQ total encuentra el mínimo cuando se alcanza el nivel cero defectos (Juran y Gryna, 1993). El desarrollo de este modelo fue a nivel conceptual sin que se tuviera un correlato empírico que lo confirmara. Una discusión a fondo del estado de la cuestión hasta el desarrollo del modelo anterior es presentada por Sandoval-Chávez y Beruvides (1998).

En los años recientes el enfoque para el desarrollo de clasificaciones y modelos de COQ se ha vuelto más dinámico. Además de los rubros que establece el modelo PAF, es común encontrar otras categorías, principalmente relacionadas con los costos intangibles y de oportunidad (*intangible and opportunity costs, IOC*) (Kau y Nel, 2019). Los IOC adquirieron preponderancia a partir de diversos casos de estudio que reportaron cuantiosos ahorros en su aplicación; además, desde la academia se destacó su importancia (Carr, 1992; Tatikonda y Tatikonda, 1996).

Una cuestión que gravitaba en el tratamiento académico es que la calidad de conformidad —es decir, el apego a las especificaciones— era la condición crítica que determina la naturaleza del COQ. Sin embargo, el trabajo de Sandoval-Chávez y Beruvides (1998), basado en la aportación original de Sandoval-Chávez (1994), mostró que era posible alcanzar el 100 % de calidad de conformidad a costo finito, lo que constituyó un hallazgo inédito en la literatura. En la mencionada investigación se encontró que los IOC representaban el componente principal del COQ, tanto en ingresos no obtenidos como en utilidades perdidas, pues supera los montos de los rubros del modelo PAF, otro hallazgo inédito en la literatura. Desde entonces, la identificación y cuantificación del COQ en las organizaciones se ha extendido como una práctica estándar.

El trabajo de Psomas *et al.* (2022) reveló que en la literatura son numerosos los casos prácticos de éxito para determinar el COQ y el efecto positivo en el desempeño de las organizaciones que trae consigo el adoptar modelos. Esa investigación también destacó que organizaciones de diferentes sectores adoptan prácticas de monitoreo del COQ y que se han identificado los factores que influyen en su medición. Asimismo, que se han añadido nuevas categorizaciones al modelo PAF y que el rol del gobierno puede influir en la determinación del COQ, ya que sectores como el médico, el aeronáutico o el automotriz son sujetos de estrictas regulaciones gubernamentales.

Con esto, se percibe como firme la idea de que la identificación y el monitoreo de los elementos que conforman el COQ son estrategias rentables en las organizaciones. Sin embargo, desde la perspectiva académica prevalece una ventana de oportunidad, ya que los estudios que se reportan son ejercicios de temporalidad transversal.

Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue conducir un estudio confirmatorio de determinación del COQ en una compañía manufacturera de bloques de concreto para la construcción, considerando los apartados del modelo PAF y los elementos que conforman los IOC.

La originalidad de este trabajo reside en que no se conoce ningún caso en la literatura en el cual se haya conducido un estudio en el mismo lugar casi tres décadas después para dar cuenta de la manera en la que la conformación del COQ evoluciona a medida que la tecnología y métodos de gestión de manufactura lo hacen también. Con este marco, esta investigación pretende seguir y confirmar los estudios de Sandoval-Chávez (1994) y Sandoval-Chávez y Beruvides (1998), para lo cual se establecen dos objetivos secundarios: a) conocer la dinámica del COQ en cuanto a los rubros del modelo PAF y los elementos de los IOC en la organización bajo estudio, y b) evaluar la prevalencia de la importancia estratégica del COQ para la organización a partir de nuevos escenarios de tecnología, métodos y gestión de sistemas de manufactura.

MÉTODO

Tipo de investigación y consideraciones metódicas

Se estableció un estudio confirmatorio, longitudinal y cuantitativo, en un espacio temporal de seis meses. De acuerdo con el estudio original de Sandoval-Chávez (1994), para la recolección de los apartados del modelo PAF del COQ se adoptó una combinación de la taxonomía de la Sociedad Americana para el Control de Calidad (ASQC, hoy conocida como American Society of Quality, ASQ) (ASQC, 1961) y la clasificación BS-6143 del estándar británico BS6143 parte 2 (BSI, 1990). Esta clasificación, además de ser la considerada en la investigación anterior, ha permanecido en uso hasta la actualidad (Psomas *et al.*, 2022). Con este marco, se presenta la misma estructura en el mismo escenario, lo que permite el estudio confirmatorio.

Después de casi 30 años, las condiciones de la firma ABC han cambiado. Además de los adelantos en manufactura y prácticas de gestión, la situación fiscal de ABC está sujeta a mayor escrutinio. Por este motivo, para preservar la confidencialidad, a los datos originales se les aplicará una transformación lineal del tipo $ax + b$. Esta transformación no afecta la naturaleza esencial de los datos. Por otro lado, se asume que cuando el equipo de producción no está en paro por fallas o tiempo ocioso, las plantas operan a su máxima capacidad.

El sitio de estudio, el proceso de producción y las condiciones del mercado

La organización sujeta de estudio —a la que se le hará referencia como ABC— se localiza en Ciudad Juárez, México. La firma es una división de un corporativo ahora multinacional que se dedica principalmente a la manufactura de bloques de concreto para la construcción. En las instalaciones de ABC también se ubican unidades dosificadoras en las que se produce concreto de diferentes resistencias para su distribución en el mercado de la ciudad y sus alrededores. Los agregados, tanto para la producción de bloques como de concreto, son surtidos mediante proveeduría local desde una compañía filial. El cemento se adquiere a un consorcio también multinacional asentado en la ciudad.

La manufactura de bloques de concreto es un proceso continuo, es decir, se presenta un alto volumen de producción y una baja variedad de productos, sin que se cuente con inventario de producción en proceso (work in process, WIP). En su forma más simple, un bloque de concreto se conforma de una mezcla de material calcáreo —subproducto de la trituración de elementos pétreos—, grava, cemento y agua. Mediante maniobras de manejo de materiales, un trascabo acerca los agregados y un montacarga el cemento, si la presentación es en sacos; de otra manera, se almacena a granel en silos y se suministra por gravedad. Un transportador deposita los agregados y el cemento en una mezcladora en dosis preestablecidas y debidamente validadas para obtener una resistencia a la compresión de al menos 60 lb/in². Mediante un transportador de banda, la mezcla pasa a un equipo automático para el proceso de vibropresado en el que se aplica presión y vibración para consolidar la mezcla. En este mismo proceso, mediante dados calibrados, se le da forma al bloque de acuerdo con las dimensiones requeridas. A continuación, las unidades pasan mediante un mecanismo de transporte automático a una cámara de curado en vapor en el que se consolida el proceso de fraguado de la mezcla. Después de este proceso, se conforma la unidad de carga, la cual consiste en paletas de madera cubiertas con hule de embalaje y una etiqueta de identificación digital.

El mercado de bloques de concreto en la ciudad es amplio, la economía de la ciudad es boyante y la demanda de vivienda ha ido en aumento (Aguilar et al., 2023). La firma ABC opera tres plantas y la capacidad de instalada de ABC es vendida en su totalidad, de forma que la producción de bloques está comprometida por contrato a grupos constructores, principalmente de vivienda social. No se tiene venta a granel al público ni a minoristas.

El modelo empírico de estimación del COQ

El modelo empírico desarrollado por Sandoval-Chávez (1994) y Sandoval-Chávez y Beruvides (1998) para expresar el COQ se basó en las particularidades de la firma ABC, como sigue:

$$COQ_T = \zeta_P + \zeta_A + \zeta_F + \zeta_O \quad (1)$$

Donde:

COQ_T	Costo de calidad total expresado como ingresos perdidos y utilidades no obtenidas.
ζ_P	Costo total de los apartados de prevención.
ζ_A	Costo total de los apartados de evaluación.
ζ_F	Costo total de los apartados de falla.
ζ_O	Pérdidas causadas atribuidas a los factores de oportunidad.

El componente ζ_O incluye los factores de costos de oportunidad que identificó Sandoval-Chávez (1994). Cada factor se expresa como ingresos perdidos y utilidades no obtenidas. Considerando lo anterior, sea:

v_{PO}	total de unidades solicitadas en las órdenes de compra
v_{RD}	cantidad real de unidades entregadas ($v_{PO} > v_{RD}$).
v_{BT}	total de unidades dañadas debido al inadecuado manejo de materiales en planta.
v_{BD}	total de unidades dañadas debido al inadecuado manejo de materiales en la entrega.
w_p	precio ponderado de venta por unidad.
π_w	utilidad ponderada por unidad.
i_C	capacidad instalada por planta (unidades/hora, unidades/turno).
t_D	tiempo total ocioso o de paro

a. Pérdidas de oportunidad asociadas con el mal servicio de entrega.

$$C_{OD} = (v_{PO} - v_{RD}) * w_p \quad (2)$$

$$C_{OD}^* = (v_{BT} - v_{BD}) * \pi_w \quad (3)$$

Donde:

C_{OD} costos de oportunidad en ingresos perdidos atribuidos al mal servicio de entrega.

C_{OD}^* costos de oportunidad en utilidades no obtenidas atribuidos al mal servicio de entrega

b. Pérdidas de oportunidad asociadas con el inadecuado manejo de materiales.

$$C_{OM} = (v_{BT} + v_{BD}) * w_p \quad (4)$$

$$C_{OM}^* = (v_{BT} + v_{BD}) * \pi_w \quad (5)$$

Donde:

C_{OM} costos de oportunidad en ingresos perdidos atribuidos al inadecuado manejo de materiales.

C_{OM}^* costos de oportunidad en utilidad no obtenida atribuidos al inadecuado manejo de materiales.

c. Pérdidas de oportunidad asociadas con la subutilización de la capacidad instalada.

$$C_{OC} = (t_{ID})(i_c) * w_p \quad (6)$$

$$C_{OC}^* = (t_{ID})(i_c) * \pi_w \quad (7)$$

Donde:

C_{OC} costos de oportunidad en ingresos perdidos atribuidos a la subutilización de la capacidad instalada.

C_{OC}^* costos de oportunidad en utilidades no obtenidas atribuidos a la subutilización de la capacidad instalada.

Una vez que se definieron los componentes de oportunidad, el modelo COQ se expresa mediante:

$$COQ_T = \zeta_P + \zeta_A + \zeta_F + [(v_{PO} - v_{RD}) + (v_{BT} + v_{BD}) + (t_{ID})(i_c)]w_p \quad (8)$$

$$COQ_T = \zeta_P + \zeta_A + \zeta_F + [(v_{PO} - v_{RD}) + (v_{BT} + v_{BD}) + (t_{ID})(i_c)]\pi_w \quad (9)$$

RESULTADOS

Modelo PAF

El esquema de recolección de los apartados del modelo PAF se resume en la tabla 1. En este estudio confirmatorio se descubrió que, en lo referente a los costos de prevención, además de los apartados correspondientes a los rubros *mantenimiento de equipo de producción para aseguramiento de calidad y calibración* —que se presentaban en el estudio original— ahora se invierte en entrenamiento y capacitación de los empleados.

En cuanto a los costos de evaluación, se encontraron los mismos rubros del estudio anterior, que corresponden a pruebas de laboratorio para determinar la resistencia a la compresión y asegurar un valor mínimo de 60 lb/in² en las unidades, así como pruebas de revenimiento para el concreto que conforma los bloques.

Tabla 1. Resumen de los desembolsos en los apartados del modelo PAF

Estándares de COQ: BS6143 y ASQC	Desembolso incurrido 2022-202 (unidades monetarias, UM) ^a						
	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Total
Prevención							
Mantenimiento de equipo de producción para aseguramiento de calidad	11505.55	6653.63	14927.20	10966.24	12292.86	9672.85	66018.83
Calibración	2123.58		1255.25	2656.27	1413.52	1884.74	9313.36
Entrenamiento y capacitación	563.24	325.28	199.21	662.33	289.14	429.30	2468.50
Total	14192.37	6978.91	16381.66	14264.84	13995.52	11986.89	77800.19
Evaluación (solo comprende pruebas)							
Resistencia	20134.71	19362.06	16270.43	22991.13	23897.36	17507.85	120163.54
Mezcla y revenimiento	17257.32	19325.41	15293.21	14526.32	17778.85	12768.16	96949.27
Total	37392.03	38687.47	31563.64	37517.45	41676.21	30276.01	217112.81
Total, costos voluntarios	51584.40	45666.38	47945.30	51782.29	55671.73	42262.90	294913.00
Falla							
Merma	9650.00	13252.10	14328.50	19420.32	21585.54	22365.15	100601.65
Total, involuntarios	9650.00	13252.10	14328.50	19420.32	21585.54	22365.15	100601.65
COQ total	61234.40	58918.48	62273.80	71202.61	77257.27	64628.05	395514.61

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo y análisis de estados financieros.

^a Se trata de UM porque se aplicó una transformación a los datos originales por razones de confidencialidad.

Finalmente, en relación con los costos de falla del modelo PAF, el rubro principal se confirmó del estudio anterior, ya que, si bien las unidades cumplen cabalmente con las especificaciones, se consideran degradadas (merma) por aspectos cosméticos menores que en nada afectan su funcionalidad. Estas unidades se donan a instituciones de beneficencia o educativas. Para efectos de este trabajo, se consideran como desperdicio (*scrap*).

Los apartados del modelo PAF arrojaron como total UM\$395514.61, el cual se compone de un monto de UM\$294913.00 (74.56 %) de costos voluntarios (prevención y evaluación) y UM\$100601.61 (25.44 %). Estos porcentajes difieren de los encontrados en el estudio original, en el que los costos voluntarios representaban el 62.24 % del total de los apartados del modelo PAF y los involuntarios el 37.76 %.

Con el fin de examinar la relación que guardan los costos voluntarios y los involuntarios, se condujo un análisis de correlación (Rho de Spearman, ρ) que obtuvo un valor de 0.600, el cual no resultó significativo. Estos hallazgos contrastan con el estudio original en el que se observó una fuerte correlación negativa entre estos dos grupos de costos de calidad del modelo PAF ($\rho = -0.923$; $R^2 = 0.8562$) (Sandoval-Chávez, 1994).

Costos de oportunidad

La tabla 2 muestra los montos de los rubros de los IOC considerados y su relación con los apartados del modelo PAF. Como se reporta en el estudio de Sandoval-Chávez (1994), la subutilización de la capacidad instalada es por mucho el componente principal de los IOC (64.84 %) cuando se considera el COQ en términos de ingresos perdidos (figura 1). Le sigue en importancia los apartados voluntarios e involuntarios del modelo PAF (19.10 %) y con menos presencia el mal servicio de entrega (9.15 %) y el inadecuado manejo de materiales (6.91 %). En términos generales, los apartados del modelo PAF representan tan solo el 19.10 % del COQ total, mientras que los IOC el 80.90 %.

Por otra parte, en lo que se refiere al COQ expresado en utilidades no obtenidas, el rubro más importante lo constituye los apartados del modelo PAF con 46.99 % del total. En los componentes de los IOC destaca también la subutilización de la capacidad instalada, la cual se ubica en segundo lugar con 43.06 % del total, mientras que el mal servicio de entrega y el inadecuado manejo de materiales van a la zaga con 4.20 % y 5.75 %, respectivamente (figura 2). En términos generales, los apartados del modelo PAF representan un monto que llega al 46.99 % del COQ total, mientras que los IOC el restante 53.01 %.

Tabla 2. Monto de los rubros de los IOC considerados y su relación con apartados del PAF

Concepto y monto	Modelo PAF	Mal servicio de entrega	Subutilización de la capacidad instalada	Inadecuado manejo de materiales	Total
COQ en ingresos perdidos	395 514.61	189 357.11	1 342 320.48	143 096.29	2 070 298.50
% del total	19.10	9.15	64.84	6.91	100.00
Importancia	2	3	1	4	
COQ en utilidades no obtenidas	395 514.61	48 462.17	362 524.03	35 250.45	841 751.25
% del total	46.99	5.75	43.06	4.20	100.00
Importancia	1	3	2	4	

Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Composición de los IOC en formato ingresos perdidos



Figura 2. Composición de los IOC en formato utilidades no obtenidas



Importancia estratégica del COQ

En el estudio original se dio cuenta de la importancia estratégica del COQ para la organización considerando el formato ingresos perdidos y utilizando cifras reales. Dado que en esta investigación confirmatoria se ha adoptado una transformación lineal de los datos monetarios por motivo de confidencialidad, únicamente se reportarán los porcentajes. En este sentido, se consideraron cuatro factores financieros: ventas reales, ventas potenciales, activo circulante y activos totales. El COQ en ingresos perdidos sumó la cantidad de UM\$2070298.50, lo que representa el 32.30 % de las ventas reales, el 22.26 % de las ventas potenciales, el 21.13 % del activo circulante y el 7.82 % del activo total.

DISCUSIÓN

El estudio original de Sandoval-Chávez (1994) fue el primero en mostrar que era posible lograr el 100 % de calidad de conformidad a costo finito. Este resultado prevalece en este segundo estudio, ya que todas las unidades siguen cumpliendo con las especificaciones.

En otro aspecto, inicialmente se descubrió una muy fuerte asociación negativa entre los costos de voluntarios (prevención + evaluación) y los costos involuntarios (falla); sin embargo, en este estudio de seguimiento no se mostró esta asociación, ya que el valor encontrado fue positivo, lo que iría en sentido contrario al primer hallazgo, pero no resultó significativo.

Por otra parte, en el primer estudio se encontró que los IOC eran los componentes principales del COQ, tanto en ingresos perdidos como en utilidades no obtenidas, con el 83.08 % y el 56.33 %, respectivamente. En este estudio de seguimiento estas cifras resultaron ser 80.90 % y 46.99 %, valores ligeramente inferiores a los hallados anteriormente. Ahora bien, en este nuevo estudio los rubros del modelo PAF tienen mayor preponderancia en el formato utilidades no obtenidas. En efecto, de ser los segundos en importancia como porcentaje del COQ total con 43.67 %, ahora son los primeros con 46.99%. Un factor que parece explicar esta diferencia es la incorporación del rubro relativo a educación para la calidad en el que antes no se invertía y que ahora aparece.

En términos de ingresos perdidos, las pérdidas relativas al mal servicio de entrega y el in-

adecuado manejo de materiales representaron en el primer estudio el 15.58 %, lo que es muy similar al 16.06 % que se encontró en el estudio de seguimiento. Ahora bien, expresadas como utilidades no obtenidas, las pérdidas representaban el 10.57 % del COQ en el primer estudio, ahora son el 9.95 %, sin que se aprecie una diferencia importante. En este respecto, causa extrañeza que, pasados casi 30 años desde el primer estudio, en la organización ABC no se hayan mejorado las técnicas de manejo de materiales, tanto en el proceso interno como al momento de la entrega.

En cuanto a la importancia estratégica del COQ para la organización, al igual que en el estudio inicial solo se consideraron las pérdidas expresadas como ingresos perdidos. Inicialmente el COQ representó el 46.64 % de las ventas reales y el 32.84 de las ventas potenciales; ahora, representa el 32.30 % y el 22.26 %, respectivamente, una notoria disminución en ambos casos. De la misma forma, el COQ representaba el 34.63 % del activo circulante y el 15.46 % del activo total. Estos resultados contrastan con lo que arrojó el estudio de seguimiento, con cifras de 21.13 % y 7.82 %, una reducción importante. Indagando al respecto, fue posible constatar que se han mejorado las prácticas de facturación y que la compañía cuenta con mejor liquidez. Asimismo, se modernizaron las dos plantas de vibroprensado, con una inversión intensiva de capital que ha mejorado la operación.

CONCLUSIONES

Se confirma que es posible lograr el 100 % de calidad de conformidad a costo finito. Este hallazgo está en línea con las nuevas demandas del mercado que exigen niveles muy altos de calidad para elevar la competitividad de las organizaciones. No fue posible confirmar la relación de asociación negativa entre los costos voluntarios y los costos involuntarios en el modelo PAF. En este estudio de seguimiento se encontró que se hace más inversión en prevención, aunque los rubros de falla no se ven disminuidos. No es claro entonces de qué manera el incremento en los rubros de prevención incide en la disminución de los costos por falla.

Este estudio confirma que el conjunto de los IOC es el principal componente del COQ. Es, por tanto, un hallazgo que refuerza la postura de la investigación inicial, pues el COQ tiene mucho más significado que los costos explícitos del modelo PAF. Sin embargo, cuando se desagregan los componentes de los IOC, el factor subutilización de la capacidad instalada es ligeramente rebasado por el modelo PAF. Es posible concluir, por ende, que el conjunto de componentes de los IOC, específicos en esta organización, juega un rol predominante en la conformación del COQ.

Por último, se confirma que el COQ tiene una marcada importancia estratégica para la organización ABC, ya que en este estudio de seguimiento, si bien las cifras no son tan altas como en el primero, aun así representan el 32.30 % de las ventas reales y el 22.26 % de las ventas a capacidad instalada, lo cual concuerda con la literatura (Psomas et al., 2022). En este mismo sentido, se reveló que la importancia del COQ se redujo si se aprecia como porcentaje del activo fijo y del activo total. Sin embargo, esta reducción puede atribuirse a mejores prácticas de facturación y cobranza y a que se adquirió equipo de vibroprensado moderno.

Limitaciones y agenda de investigación futura

La investigación, al igual que el estudio inicial, estuvo limitada a dos plantas, a un conjunto de modelos de bloques de concreto que es el que más volumen de ventas presenta y a un periodo de seis meses. Por eso, es recomendable extender el estudio a las tres plantas, considerar la línea completa de productos y extender el estudio a un periodo mayor, quizás los 12 meses que comprende el periodo fiscal.

Asimismo, como limitación, solo tres rubros explican los IOC, por lo que para futuras investigaciones es recomendable ampliar o desagregar estos rubros para identificar otros componentes de oportunidad que revelen estrategia rentables y alternativas de gestión para elevar el desempeño financiero de la organización.

REFERENCIAS

- Aguilar, F., Castañeda, T., Montañez, F. y Morales, A. (2023). *Radiografía socioeconómica del municipio de Juárez 2022, así comenzó el 2023*. Instituto Municipal de Investigación y Planeación. <https://www.imip.org.mx/descargas/RadiografiaSocioeconomica2022-2023.pdf>
- ASQC. (1961). *Quality costs - What and How?* Quality Costs Technical Committee.
- Benneyen, J. C. (1992). Examine cost of system quality via perfect process analysis. *Industrial Management*, 24(3), 13–16.
- BSI (1990). *BS6143: Part 2, Guide to the Economics of Quality: Prevention, Appraisal and Failure Model*. British Standards Institution.
- Carr, L. P. (1992). Applying Cost of Quality to a Service Business. *Sloan Management Review (summer)*, 71–77. <https://sloanreview.mit.edu/article/applying-cost-of-quality-to-a-service-business/>
- Feigenbaum, A. (1956). Total quality control. *Harvard Business Review*, 34(6), 93–101.
- Juran, J. M. (1951). *Quality-control handbook*. McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Juran, J. M. and Gryna, F. M. (1993). *Quality planning and Analysis* (3rd ed.). McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Kau, L. and Nel, H. (2019). Cost of quality: A review and future research directions. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 10(3). <https://doi.org/10.4018/IJSESD.2019070103>
- Psomas, E., Dimitrantzou, C. and Vouzas, F. (2022). Practical implications of cost of quality: a systematic literature review. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 71(8), 3581–3605. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-10-2020-0524>
- Sandoval-Chávez, D. A. (1994). *A topological case study of the cost of quality in a continuous process manufacturing environment* (master of science thesis). The University of Texas at El Paso. <https://www.proquest.com/openview/3ae87f881f8a8f1615e461bdf1cb4f22/1?pq-origsite=gscholarycbl=18750ydiss=y>
- Sandoval-Chávez, D. A. and Beruvides, M. G. (1998). Using opportunity costs to determine the cost of quality: A case study in a continuous-process industry. *Engineering Economist*, 43(2), 107–124. <https://doi.org/10.1080/00137919808903192>
- Schiffauerova, A. and Thomson, V. (2006). A review of research on cost of quality models and best practices. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 23(6). <https://doi.org/10.1108/02656710610672470>
- Schneiderman, A. (1986). Optimum quality costs and zero defects: are they contradictory concepts? *Quality Progress*, (november), 28–31.
- Tatikonda, L. and Tatikonda, R. . (1996). Measuring and Reporting the Cost of Quality. *Production and Inventory Management Journal*, 37, 1–7. <https://www.proquest.com/openview/c877f2809a3a8e38c691e0f7983790a2/1?pq-origsite=gscholarycbl=36911>