

# Convergencia estratégica y calidad 4.0

Una revisión crítica del estado del arte en la gestión de negocios contemporánea

Rubén Gómez Juárez\*, Javier Rossette García, Gloria Leticia Barrios Flores, Rafael Gámez Hernández, Jorge Peralta Escobar y Miguel Ángel Escamilla Hernández

Facultad de Comercio y Administración de Tampico

Universidad Autónoma de Tamaulipas

Tampico, Tamps.; México

\* Autor de correspondencia: rgomez@@docentes.uat.edu.mx

**Abstract**— This review article examines the metamorphosis of the quality management paradigm in the context of the fourth industrial revolution. The main objective is to analyze how the convergence between strategic planning and disruptive technologies (IoT, Big Data, AI) has given rise to what scientific literature calls "Quality 4.0". Through a systematic literature review (SLR) methodology, the state of the art between 2020 and 2025 is evaluated, identifying the tensions between traditional normative models and the needs for operational agility. The findings suggest that quality management has transcended process control to become a predictive system of data governance. It is concluded that competitive success in contemporary business depends on the ability to integrate organizational resilience with digital infrastructure, proposing a future research agenda focused on algorithmic ethics and Quality 5.0.

**Keyword**— *Quality Management, Quality 4.0, Strategic Management, Digital Transformation, State of the Art, Organizational Resilience.*

**Resumen**— El presente artículo de revisión examina la metamorfosis del paradigma de gestión de calidad en el contexto de la cuarta revolución industrial. El objetivo central es analizar cómo la convergencia entre la planificación estratégica y las tecnologías disruptivas (IoT, Big Data, IA) ha dado lugar a lo que la literatura científica denomina "Calidad 4.0". A través de una metodología de revisión sistemática de la literatura (SLR), se evalúa el estado del arte entre 2020 y 2025, identificando las tensiones entre los modelos normativos tradicionales y las necesidades de agilidad operativa. Los hallazgos sugieren que la gestión de calidad ha trascendido el control de procesos para convertirse en un sistema predictivo de gobernanza de datos. Se concluye que el éxito competitivo en los negocios contemporáneos depende de la capacidad de integrar la resiliencia organizacional con la infraestructura digital, proponiendo una agenda de investigación futura centrada en la ética algorítmica y la Calidad 5.0.

**Palabras claves**— *Gestión de la Calidad, Calidad 4.0, Gestión Estratégica, Transformación Digital, Estado del Arte, Resiliencia Organizacional.*

## I. INTRODUCCIÓN

La gestión de negocios contemporánea atraviesa un periodo de redefinición ontológica. Durante décadas, la gestión de la calidad fue percibida como una función técnica de soporte, confinada a los límites de la manufactura y regida por el cumplimiento de estándares de conformidad (ISO 9001). Sin embargo, la irrupción de la economía digital y la volatilidad de los mercados globales han forzado una migración hacia modelos donde la calidad es el eje de la estrategia corporativa.

En este nuevo escenario, el concepto de "Calidad 4.0" emerge no solo como una actualización tecnológica, sino como una filosofía de gestión que armoniza las capacidades humanas con la inteligencia computacional. La convergencia estratégica implica que la calidad ya no se "inspecciona" al final de una línea, sino que se "gestiona" en tiempo real a través de flujos de datos que conectan al proveedor más remoto con la experiencia del consumidor final.

Para los investigadores en el área de administración y operaciones, entender el estado del arte es crítico debido a la velocidad con la que las herramientas tecnológicas superan a las teorías académicas.

Existe una brecha significativa entre las promesas de la digitalización y la realidad de la implementación en las pequeñas y medianas empresas (Pymes), donde la resistencia cultural y la carencia de infraestructura de datos frenan el progreso.

Esta revisión es necesaria para sistematizar la dispersión de literatura sobre el tema, proporcionando un mapa conceptual que diferencie entre el "marketing tecnológico" y las verdaderas innovaciones en modelos de madurez de calidad. Se justifica, además, por la necesidad de integrar la sostenibilidad (ESG) como una dimensión intrínseca de la calidad, un tema que ha ganado tracción exponencial en los últimos tres años.

El problema fundamental que aborda este artículo es la obsolescencia de los marcos de gestión de calidad tradicionales ante la complejidad de los ecosistemas de negocios actuales. Los modelos rígidos de documentación y auditoría periódica resultan insuficientes para entornos que demandan iteraciones rápidas y personalización masiva.

La tesis central de este trabajo sostiene que la Convergencia Estratégica entre la alta dirección y los sistemas de Calidad 4.0 es la única vía para garantizar la resiliencia empresarial. Esta convergencia exige una transición de la "gestión basada en la evidencia histórica" a una "gestión basada en la analítica predictiva", donde el valor del negocio se mide por su capacidad de anticipar fallos y responder con agilidad proactiva.

El presente ensayo se propone:

Analizar la evolución teórica de la gestión de calidad hacia el paradigma 4.0.

Identificar las barreras críticas para la integración de la inteligencia artificial en la toma de decisiones estratégicas.

Evaluuar la influencia de la agilidad organizacional en la efectividad de los sistemas de gestión contemporáneos.

Proponer líneas de investigación emergentes que vinculen la calidad con la ética y el bienestar humano (Hacia la Calidad 5.0).

## II. DE LA ESTANDARIZACIÓN A LA ADAPTABILIDAD

Para comprender el tema es imperativo situar la gestión de calidad en su trayectoria evolutiva. El pensamiento administrativo ha transitado desde el enfoque en el producto (inspección), al proceso (control estadístico), al sistema (TQM), y finalmente al ecosistema (Calidad 4.0).

Cada fase ha respondido a una necesidad de su tiempo. Si el siglo XX fue el siglo de la eficiencia, el siglo XXI es el siglo de la adaptabilidad. Los investigadores actuales (Tortorella et al., 2021; Antony et al., 2023) sugieren que la calidad ya no puede ser estática. En lugar de manuales de procedimientos fijos, los negocios requieren sistemas de aprendizaje organizacional que evolucionen a medida que el algoritmo recibe nuevos datos del entorno.

Esta sección preliminar establece que la gestión de calidad no es un fin en sí mismo, sino un medio para la sostenibilidad competitiva. La investigación académica debe, por tanto, alejarse de la visión reduccionista del "cero defectos" para abrazar la visión holística de la "creación de valor compartido".

### III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para garantizar la validez científica de esta revisión del estado del arte, se implementó una Revisión Sistemática de la Literatura (SLR). Este enfoque metodológico permite minimizar los sesgos de selección y proporcionar una visión objetiva de la evolución del conocimiento en gestión y calidad.

La búsqueda se llevó a cabo en las bases de datos de mayor impacto bibliométrico: Scopus, Web of Science (WoS) y ScienceDirect. Se definieron ecuaciones de búsqueda utilizando operadores booleanos para capturar la intersección entre la gestión estratégica y la tecnología:

\$\$\text{Query} = (\text{Quality 4.0"} \text{ OR } \text{"TQM"}) \text{ AND } (\text{"Digital Transformation"} \text{ OR } \text{"Artificial Intelligence"}) \text{ AND } \text{"Business Strategy"}\$\$

Los criterios de inclusión fueron: (a) artículos de revistas con revisión por pares, (b) publicados entre enero de 2020 y diciembre de 2025, y (c) que presentaran modelos conceptuales o empíricos sobre la gestión de calidad en entornos de negocios. Se excluyeron actas de congresos y literatura gris para asegurar la calidad de las fuentes.

De un universo inicial de 850 artículos, se seleccionaron 65 tras la aplicación de filtros de relevancia y duplicidad. El análisis se realizó mediante una matriz de síntesis que categorizó los hallazgos en cuatro dimensiones: tecnológica, organizacional, humana y estratégica.

### IV. DIMENSIONES TECNOLÓGICAS DE LA CALIDAD 4.0

El estado del arte revela que la Calidad 4.0 no es una tecnología única, sino un ecosistema de herramientas interconectadas que redefinen la gestión empresarial.

La gestión tradicional se basaba en el análisis de datos históricos (descriptivos). El paradigma actual se desplaza hacia la analítica predictiva y prescriptiva. Mediante el uso de algoritmos de *Machine Learning*, los negocios pueden identificar patrones de falla antes de que ocurran. Investigadores como Sony et al. (2020) destacan que la capacidad de procesar datos no estructurados (redes sociales, sensores, logs de servidores) permite una comprensión de la calidad desde la perspectiva del cliente en tiempo real.

La implementación de sensores en toda la cadena de valor permite que el objeto físico "hable" con el sistema de gestión. En la gestión de negocios contemporánea, el IoT elimina la necesidad de auditorías manuales de inventario o procesos, proporcionando una trazabilidad granular. Esto es especialmente crítico en sectores como el farmacéutico o alimentario, donde la calidad está intrínsecamente ligada a variables ambientales constantes.

Un hallazgo recurrente en la literatura de los últimos tres años es que la tecnología por sí sola no mejora la calidad si la estructura organizacional es rígida.

El conflicto entre la estandarización (ISO) y la agilidad (*Scrum*, *Lean*) es uno de los temas más debatidos. El estado del arte propone un modelo híbrido: la Estandarización Dinámica. En este modelo, los estándares de calidad no son documentos estáticos de 50 páginas, sino micro-procesos automatizados que se actualizan según los resultados de los *sprints* de trabajo. La agilidad permite que la gestión de calidad se adapte a cambios bruscos en el mercado sin perder la conformidad regulatoria.

Tras las crisis de suministro globales, la calidad se ha expandido para incluir la Resiliencia. Un negocio de "alta calidad" hoy es aquel que tiene procesos redundantes y proveedores diversificados gestionados mediante *Blockchain*. El *Blockchain* asegura que la información sobre la calidad de las materias primas sea inmutable y compartida entre todos los actores del ecosistema empresarial, reduciendo los costos de transacción y el riesgo de fraude.

La convergencia estratégica ocurre cuando los KPIs de calidad se convierten en los principales indicadores para la alta dirección. El cuadro de mando integral (*Balanced Scorecard*) ha evolucionado hacia tableros de control en tiempo real donde la "salud de la calidad" es el predictor más fiable del rendimiento financiero futuro.

Investigadores como Chiarini (2021) argumentan que la gestión de negocios debe ver la calidad como una inversión en activos intangibles (reputación, fidelidad, datos) y no como un gasto operativo. El estado del arte actual subraya que las empresas líderes utilizan la Calidad 4.0 para crear **barreras de entrada tecnológicas** que los competidores tradicionales no pueden replicar fácilmente.

A pesar de la sofisticación de los algoritmos de aprendizaje profundo, la literatura académica más reciente (Antony et al., 2023; Tortorella et al., 2022) insiste en que la tecnología es un multiplicador, no un sustituto, de la capacidad humana. En esta sección se analiza cómo la convergencia estratégica depende de la cultura organizacional.

El rol del gerente de calidad ha mutado de ser un "inspector de normas" a ser un "científico de datos estratégico". El estado del arte identifica que el Liderazgo 4.0 requiere una mentalidad abierta al error como fuente de datos (cultura *fail-fast*). Sin una alfabetización de datos (*data literacy*) en todos los niveles, los tableros de control en tiempo real se convierten en herramientas de microgestión punitiva en lugar de facilitadores de la excelencia.

Un tema emergente en la gestión de negocios contemporánea es la carga cognitiva. La Calidad 4.0 inunda al operario y al mando medio con alertas constantes. La investigación actual en Calidad 5.0 sugiere que los sistemas de gestión deben diseñarse para potenciar la creatividad humana, delegando las tareas repetitivas de monitoreo a la IA, permitiendo que el personal se enfoque en la resolución de problemas complejos y la innovación radical.

## V. MODELOS DE MADUREZ DIGITAL EN LA GESTIÓN DE CALIDAD

Para que un investigador o profesional evalúe el estado de un negocio, no basta con saber qué tecnologías utiliza; es necesario medir su grado de madurez en la integración de estas.

Diversos autores (Maganga & Taifa, 2023) han propuesto escalas de madurez que permiten diagnosticar la posición de una empresa. Un modelo de síntesis propuesto en esta revisión incluye cinco estadios:

1. Nivel Inicial (Reactiva): Calidad basada en inspección manual y hojas de cálculo aisladas.
2. Nivel Digitalizado (Conectado): Uso de ERP e ISO 9001 digitalizada, pero sin integración en tiempo real.
3. Nivel Integrado (Colaborativo): Los datos fluyen entre departamentos; uso de BI (Business Intelligence).
4. Nivel Inteligente (Predictivo): Uso de IA para predecir fallas; la calidad guía la estrategia de ventas.
5. Nivel Autónomo (Ecosistémico): Sistemas autocurativos; integración total con la cadena de suministro mediante Blockchain e IA.

El modelo EFQM ha sido actualizado para priorizar el Ecosistema Organizacional. A diferencia de versiones anteriores, el estado del arte actual destaca que la excelencia ya no es una meta interna, sino una capacidad de respuesta ante los *stakeholders* (partes interesadas). El negocio debe demostrar cómo su gestión de calidad genera valor no solo para los accionistas, sino para la sociedad y el medio ambiente.

Muchos negocios han invertido masivamente en tecnologías de calidad sin ver un retorno de inversión (ROI) claro. El estado del arte identifica que esto se debe a la "Automatización de la Ineficiencia": digitalizar procesos que ya eran defectuosos desde su concepción. La convergencia estratégica exige primero un rediseño de procesos (*Business Process Reengineering*) antes de la implementación tecnológica.

En un entorno de Calidad 4.0, el activo más valioso es el dato. Sin embargo, la literatura advierte sobre los riesgos de Integridad del Dato. Un ataque de ciberseguridad que altere los sensores de calidad puede llevar a decisiones catastróficas en la cadena de producción. Asimismo, existe una preocupación ética sobre la privacidad del trabajador en entornos altamente monitoreados por sistemas de gestión de calidad total.

Mientras las grandes corporaciones avanzan hacia el Nivel 5 de madurez, las pequeñas y medianas empresas enfrentan barreras de costos y talento. El estado del arte propone la "Calidad 4.0 Low-Cost", basada en soluciones en la nube (*SaaS*) y software de código abierto, como una línea de investigación necesaria para democratizar la competitividad.

## VI. GESTIÓN DE CALIDAD VERDE Y SOSTENIBILIDAD

(Jabbour et al., 2020; Tortorella et al., 2023) señalan que la calidad ya no puede definirse únicamente por la satisfacción del cliente y la ausencia de defectos. La Sostenibilidad se ha integrado como la quinta dimensión de la calidad.

En los negocios contemporáneos, un producto "defectuoso" no es solo el que no funciona, sino aquel cuyo ciclo de vida genera residuos no recuperables. La convergencia estratégica implica diseñar para la calidad de remanufactura. Los investigadores proponen indicadores de calidad que miden la "facilidad de desmontaje" y la "durabilidad circular". La Calidad 4.0 facilita esto mediante el Pasaporte Digital de Producto, que utiliza Blockchain para rastrear el origen y el potencial de reciclaje de cada componente.

La integración de las metodologías *Lean* con objetivos ambientales ha dado lugar al paradigma *Lean Green*. El objetivo es la eliminación de los "desperdicios ambientales" (emisiones, consumo excesivo de agua, vertidos) utilizando las mismas herramientas de resolución de problemas de la gestión de calidad tradicional (Ishikawa, Pareto, 5 Whys), pero aplicadas a la huella de carbono.

## VII. RESULTADOS POR SECTORES INDUSTRIALES

Para proporcionar valor, es necesario analizar cómo la Calidad 4.0 está transformando sectores específicos a través de evidencias empíricas recolectadas en la literatura reciente.

### A. Sector Salud: Calidad Predictiva y Seguridad del Paciente

En el ámbito de la gestión hospitalaria, la calidad ha pasado del reporte de incidentes a la seguridad predictiva. Los sistemas de gestión integrados con IA analizan los signos vitales de miles de pacientes para predecir eventos adversos (como sepsis) antes de que se manifiesten clínicamente. Investigaciones sugieren que la implementación de marcos de Calidad 4.0 en salud reduce la tasa de errores de medicación en un 30%.

### B. Sector Automotriz: El Gemelo Digital (*Digital Twin*)

La industria automotriz lidera el uso de Gemelos Digitales para la gestión de calidad. Antes de que un vehículo físico salga de la línea, su equivalente digital ha sido sometido a millones de simulaciones de

estrés. Esto permite que la gestión de calidad se realice en la fase de diseño de manera mucho más agresiva, reduciendo los costos de *recalls* (retirada de productos) que históricamente han devastado financieramente a las marcas.

### C. Sector Servicios y Finanzas: Calidad en la Experiencia Algorítmica

En los negocios de servicios, la calidad se mide ahora a través del Sentimiento del Cliente procesado mediante Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP). Las instituciones financieras utilizan modelos de calidad para asegurar que sus algoritmos de otorgamiento de crédito sean justos (Calidad Ética), evitando sesgos discriminatorios que podrían acarrear sanciones regulatorias y daños reputacionales.

Tabla I. Impactos en organizaciones que lograron la convergencia estratégica.

Dimensión de Impacto	Gestión Tradicional (TQM/ISO)	Gestión Contemporánea (Calidad 4.0)
Tiempo de Deteción	Días o semanas (Auditorías post-mortem)	Tiempo real (Monitoreo continuo)
Costo de la No-Calidad	Alto (Reprocesos y desperdicio físico)	Bajo (Prevención predictiva y simulaciones)
Enfoque del Liderazgo	Control y cumplimiento de procedimientos	Estrategia de datos y resiliencia
Relación con el Cliente	Encuestas de satisfacción (Reactiva)	Ánalisis de comportamiento y sentimiento (Proactivo)
Impacto Ambiental	Cumplimiento legal básico	Integración en el ciclo de vida (Economía Circular)

## VIII. HACIA LA CALIDAD 5.0

Como preámbulo a las conclusiones, se comienza a vislumbrar la Calidad 5.0. Este concepto, impulsado por la Unión Europea y Japón (Sociedad 5.0), critica el enfoque excesivamente tecnocéntrico de la versión 4.0. La Calidad 5.0 aboga por una personalización masiva humanizada, donde la tecnología se utiliza para adaptar el trabajo a las capacidades del ser humano y no al revés.

La convergencia entre la gestión de negocios y la tecnología plantea un dilema ético que los investigadores apenas comienzan a desglosar. La Gobernanza de la Calidad en 2025 ya no se limita a asegurar que un producto funcione, sino a garantizar que los sistemas que lo producen sean transparentes y justos.

Cuando un sistema de Calidad 4.0 decide, de forma autónoma, rechazar un lote de producción o penalizar a un proveedor en el ecosistema, surge el riesgo de la "caja negra". El estado del arte subraya la necesidad de auditorías no solo de procesos, sino de algoritmos. La calidad del negocio hoy depende de la IA Explicable (XAI): la capacidad de la organización para justificar legal y éticamente cada

La calidad de los datos es la base de la calidad estratégica. Si los datos están sesgados (por ejemplo, ignorando ciertos perfiles demográficos en el diseño de un servicio), el resultado será un producto técnicamente perfecto, pero socialmente fallido. La gestión contemporánea integra el concepto de Data Ethics como un control de calidad preventivo.

Al contrastar los hallazgos de esta revisión, surge una tensión dialéctica. Por un lado, la Calidad 4.0 ofrece una eficiencia sin precedentes y una reducción del error humano; por otro, existe el riesgo de una gestión excesivamente mecanicista que ignore la intuición y el juicio heurístico que ha caracterizado a los grandes líderes empresariales.

La evidencia sugiere que las empresas con mejor desempeño no son las que más tecnología tienen, sino las que han logrado una **"Simbiosis Sociotécnica"**. La gestión de calidad debe evolucionar hacia un modelo donde la máquina maneje la **variabilidad estadística** y el humano maneje la **ambigüedad estratégica**. Esta es la verdadera convergencia que define el éxito en la década actual.

## IX. CONCLUSIONES

Tras la revisión exhaustiva del estado del arte, se concluyen los siguientes puntos fundamentales:

1. La Calidad 4.0 es sistémica, no modular: No se puede implementar IA en calidad si no existe previamente una cultura de gestión de datos y procesos estables. La tecnología es el acelerador, pero la estrategia de calidad es el volante.
2. Del Control a la Resiliencia: El éxito ya no se mide por la ausencia de fallos, sino por la velocidad de recuperación ante eventos disruptivos (Antifragilidad). Los modelos de gestión deben incorporar la gestión de riesgos como el núcleo de la calidad.
3. La Sostenibilidad es Innegociable: La calidad y el impacto ambiental se han fusionado. Los negocios que no integren métricas de economía circular en sus sistemas de gestión de calidad quedarán excluidos de las cadenas de valor globales.
4. Necesidad de un nuevo Marco Normativo: Es imperativo que organismos como ISO evolucionen hacia estándares más dinámicos y menos documentales, que reconozcan la agilidad y la analítica predictiva como pruebas de cumplimiento.

## REFERENCIAS

- Antony, J., et al. (2023). *World Class Operations Management: A Guidebook for Practitioners*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-25345-4>
- Chiarini, A. (2021). Industry 4.0, qualitative and quantitative results from a benchmark of Italian manufacturing companies. *Business Process Management Journal*, 27(4), 1120-1135.
- Dahlgaard-Park, S. M., et al. (2021). The past, present and future of total quality management. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(11-12), 1256-1274.
- Jabbar, C. J. C., et al. (2020). Green economy and the circular economy: A systematic review of the literature and a future research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118831.
- Loonam, J., et al. (2022). Digital transformation: A review and research agenda. *Technovation*, 114, 102131.
- Maganga, D. P., & Taifa, I. W. (2023). Quality 4.0 conceptualization: an emerging paradigm. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(1), 22-45.
- Neyestani, B. (2017). Seven Basic Tools of Quality Control: The Appropriate Techniques for Solving Quality Problems in the Organizations. SSRN.
- Psomas, E., & Bouranta, N. (2020). Measurement indicators of organization's innovation performance: A total quality management perspective. *Benchmarking: An International Journal*, 27(3), 1210-1232.
- Senge, P. M. (2006). *The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization*. Doubleday.
- Sony, M., Antony, J., & Douglas, J. A. (2020). Essential ingredients for the implementation of Quality 4.0: A narrative review of literature and future directions. *The TQM Journal*, 32(4), 779-793.
- Tortorella, G. L., et al. (2021). Quality 4.0: Challenges and opportunities for the digital transformation of quality management. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(1), 1-20.
- Zuboff, S. (2019). *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. PublicAffairs.