



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2024,
Volumen 8, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3

LA GESTIÓN DE LA CALIDAD EN LA INDUSTRIA MAQUILADORA MEXICANA A PARTIR DE LA TECNOLOGÍA 4.0

**QUALITY MANAGEMENT IN THE MEXICAN MAQUILADORA
INDUSTRY BASED ON TECHNOLOGY 4.0**

Vicente Alvarez Castillo

Instituto Tecnológico de Matamoros, México

José Javier Treviño Uribe

Instituto Tecnológico de Matamoros, México

Claudio Alejandro Alcala Salinas

Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, México

Apolinar Zapata Reboloso

Instituto Tecnológico de Matamoros, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11356

La Gestión de la Calidad en la Industria Maquiladora Mexicana a Partir de la Tecnología 4.0

Vicente Alvarez Castillo¹M22260825@matamoros.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0005-5576-685X>
Instituto Tecnológico de Matamoros
México**José Javier Treviño Uribe**jose.tu@matamoros.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0002-3811-9379>
Instituto Tecnológico de Matamoros
México**Claudio Alejandro Alcala Salinas**claudio.as@matamoros.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0001-9441-7971>
Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria
México**Apolinar Zapata Reboloso**apolinar.zr@matamoros.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2590-8368>
Instituto Tecnológico de Matamoros
México

RESUMEN

En el entorno de la gestión de la calidad en las organizaciones, sobre todo en aquellas de corte industrial, la penetración de las tecnologías es una realidad que permite desde perspectivas diversas como el Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés), las tecnologías 4.0, el aseguramiento de la calidad, la mejora continua, basadas en software e infraestructura basada en dispositivos electrónicos son una realidad en la actualidad. El enfoque de la “calidad 4.0” que es el que se analiza en este artículo dentro del ámbito de las operaciones de una empresa maquiladora con operaciones en Matamoros, Tamaulipas, México, si bien de enormes expectativas, sigue siendo, al menos en el entorno de dicha empresa maquiladora, pero también desde la perspectiva de los estudios científicos en tal sentido, una fortaleza competitiva para las empresas que logren iniciar su adopción en el marco de sus operaciones industriales, en este caso. A lo largo del presente artículo se analizan las posturas teóricas de distintos investigadores en la materia en torno a la calidad 4.0 y se concluye con una investigación empírica cualitativa sobre la postura que alrededor de esta visión de la gestión de la calidad, se aplica en la empresa maquiladora mencionada.

Palabras clave: gestión, calidad, industria maquiladora, tecnología

¹ Autor principal

Correspondencia: M22260825@matamoros.tecnm.mx

Quality Management in the Mexican Maquiladora Industry based on Technology 4.0

ABSTRACT

In the environment of quality management in organizations, especially those of an industrial nature, the penetration of technologies is a reality that allows from diverse perspectives such as the Internet of Things (IoT), 4.0 technologies, quality assurance, continuous improvement, based on software and infrastructure based on electronic devices are a reality today. The “quality 4.0” approach, which is the one analyzed in this article within the scope of the operations of a maquiladora company with operations in Matamoros, Tamaulipas, Mexico, although with enormous expectations, continues to be, at least in the environment of said maquiladora company, but also from the perspective of scientific studies in this sense, a competitive strength for companies that manage to initiate its adoption within the framework of their industrial operations, in this case. Throughout this article, the theoretical positions of different researchers on the subject regarding quality 4.0 are analyzed and it concludes with a qualitative empirical investigation on the position that, around this vision of quality management, is applied in the maquiladora company mentioned.

Keywords: management, quality, maquiladora industry, technology

Artículo recibido 10 abril 2024

Aceptado para publicación: 20 mayo 2024



INTRODUCCIÓN

La entrada en vigor en 1994 del primer Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), actualizado hace unos años al TMEC (Tratado México, Estados Unidos y Canadá) ha venido imponiendo condiciones operativas, administrativas, legales, ambientales y de calidad a las empresas mexicanas que se han integrado como parte de las cadenas productiva que, localizadas en nuestro territorio, conforman los procesos productivos de empresas maquiladoras que exportan su producción principalmente a Estados Unidos y Canadá y que han venido actualizando sus sistemas de calidad, en este caso, para no perder competitividad ni posicionamiento en dichas cadenas productivas. Sin embargo, los avances tecnológicos tan acelerados en el ámbito del control de calidad no siempre van de la mano con las intenciones de permanencia en determinados mercados de exportación por dichas empresas maquiladoras.

Por ejemplo, en el caso de la denominada Industria 4.0 y de la Transformación Digital han sido estudiadas predominantemente desde un punto de vista tecnológico (Crosby, 2020). Como resultado, los avances se observan principalmente a nivel técnico y tecnológico. A menudo se argumenta que la tecnología no es el impulsor más importante de la Transformación Digital, sino que es solo una parte del complejo rompecabezas que debe resolverse para que las organizaciones sigan siendo competitivas en un mundo cada vez más digital.

Es desde esta perspectiva que, en el ámbito de la operación de las empresas maquiladoras en el norte de México, se promueve la importancia de discutir las implicaciones para la Calidad que traen consigo las tecnologías digitales. Se ha afirmado que, en el ámbito de la Transformación Digital, ha habido una innovación limitada en el ámbito de la Calidad (William, 2000). La verdad, sin embargo, es que ha habido un debate activo en este campo científico y profesional, que a menudo ha girado en torno a la marca “Calidad 4.0” (Ueno, 2021). Ha adoptado dos formas: una, liderada por expertos en Calidad, que se ha centrado en cómo avanzar en el campo ante las nuevas oportunidades tecnológicas y organizativas que trae la Transformación Digital. El otro, liderado principalmente por tecnólogos, ha sido impulsado por el esfuerzo por garantizar el desempeño técnico de nuevas tecnologías y sistemas.

Estos diferentes enfoques tienen un profundo impacto en las percepciones generales de la Gestión de Calidad en el futuro. En este sentido, es importante tener una visión general de cada uno y entender



cómo integrarlos mejor. El enfoque impulsado por expertos e investigadores de la Calidad se ha centrado en conceptos, estrategias, métodos y herramientas de la Calidad en esta transición. Ejemplos de ello son el tema del Aseguramiento de la Calidad en los procesos de fabricación (Kumar et al., 2012) o la revisión de iniciativas de mejora del desempeño bajo el concepto de Excelencia Organizacional. Algunos autores han analizado las oportunidades y desafíos para la Calidad en diferentes áreas organizacionales, incluida la alineación estratégica (Giakatis et al., 2010), que es el caso de la industria maquiladora de exportación en México, la integración de la cadena de suministro o la combinación de proceso de seguimiento e información del producto. Otros se han centrado en el ajuste entre las herramientas y métodos de calidad existentes y el nuevo paradigma industrial. Sin embargo, en el ámbito de la operación de empresas de calidad mundial o que pretenden alcanzar esa categoría, todos estos elementos resultan relevantes y de interés para su sustentabilidad.

Reseña de la literatura

La literatura sobre la Transformación Digital a menudo muestra un enfoque generalista de la Gestión de la Calidad, con integración e innovación limitadas en el campo (Radziwill, 2018).

En esta revisión, se intentó cubrir los trabajos existentes que pueden ayudar a contrarrestar esta opinión. Para ello, este trabajo enumera no sólo los beneficios reportados de la relación entre la tecnología y la Gestión de la Calidad, sino que también ofrece una perspectiva integrada sobre cómo esta relación puede explorarse más a fondo para mejorar el desempeño de las organizaciones. Su objetivo es enfatizar la aplicabilidad práctica de las nuevas tecnologías en pos de una mejor Calidad.

Al analizar la literatura, se encontró que surgen tres áreas principales. Son (a) la Gestión de la Calidad Digital (es decir, la aplicación de la industria 4.0 a la Gestión de la Calidad en sí, sus herramientas, métodos y sistemas, así como el impacto en las personas), (b) la gestión de la Calidad de los productos y servicios digitales, y (c) la gestión de la Calidad de los procesos de producción y desarrollo de productos digitales. Estos se utilizaron para estructurar la revisión de la literatura. Gestión de la Calidad Digital.

La Gestión de la Calidad Digital se entiende aquí como la aplicación de tecnologías digitales a la Gestión de la Calidad, con impacto en sus herramientas, métodos y sistemas, tanto a nivel técnico como humano. Los trabajos relacionados se centran en las circunstancias que enfrentan estas Gestión de Calidad en un

entorno industrial cada vez más conectado y basado en datos. Con sistemas cada vez más integrados y conectados, la evaluación y el control de procesos aislados se vuelven obsoletos.

Maye et al., (2018) argumenta sobre la necesidad de una nueva perspectiva para el Control Estadístico de Procesos (SPC), argumentando que la tecnología en sí está reemplazando el control de procesos. En este sentido, el autor sugiere que el SPC puede tener un impacto renovado si se utiliza como herramienta de gestión, trasladando su atención del control de procesos aislados a una perspectiva de gestión organizacional y de sistemas.

Una perspectiva similar se encuentra en lo que respecta a las metodologías *Six Sigma*. El uso de métodos seis sigma tiene que estar dirigido a la creación de estrategias de datos para nuestras organizaciones con respecto a la Calidad, la mejora de procesos y el análisis. Sin embargo, todavía hay una integración deficiente de *Six Sigma* con *Big Data* y, para mejorar esta realidad, es imperativo que se comprendan y aborden las brechas fundamentales (Radziwill, 2008).

Six Sigma debe soportar el uso de *Big Data*, conectarse con nuevas tecnologías y ampliarse con el uso de análisis predictivos y análisis multivariados. Halldorson et al., (2003) ofrecen un ejemplo de dicha integración. Los autores exploran el uso de técnicas de minería de procesos en iniciativas de mejora de procesos basadas en *Six Sigma*, mostrando los beneficios que ofrece el uso de minería de procesos para recopilar datos sobre sus procesos comerciales a través de sus registros de eventos.

Como resultado, se propone un procedimiento operativo estándar para aumentar la eficiencia y eficacia de los esfuerzos de mejora de procesos en sus organizaciones.

Process Mining permite la recopilación de datos de diferentes procesos, en función de sus registros de eventos. Su aplicación da como resultado una descripción mejorada de procesos, productos y sistemas organizacionales, y puede usarse para mejorar la calidad, la auditoría, el cumplimiento y la gestión de riesgos. Además, permite descubrir automáticamente modelos de procesos a partir de datos de eventos sin procesar, realizar comprobaciones de conformidad y análisis de cuellos de botella.

En consecuencia, la minería de procesos lleva la digitalización y la ciencia de datos a los sistemas de gestión de calidad. Refuerza la visión centrada en los procesos de una organización, proporcionando importantes insumos a los Sistemas de Gestión integrados y permitiendo promover mejor la mejora de los procesos y garantizar el cumplimiento y la estandarización.

En la misma línea, la forma en que se recopilan y tratan los datos es fundamental para la creación de dicho valor. Por lo tanto, el uso de estas tecnologías basadas en datos debe combinarse con herramientas y métodos de calidad, ampliando su capacidad como instrumentos de gestión en la era digital.

En cuanto al lado humano de la Gestión de la Calidad, Gunasekaran, Subramanian y Ngai (2019) proponen una vía de investigación para explorar su alineación con la tecnología. Se presentan diferentes escenarios de acuerdo con los diferentes niveles de participación. Un compromiso individual más profundo y la tecnología más nueva se conoce como compromiso a nivel micro y se centra en cuestiones específicas como seguridad, riesgos, gestión del cumplimiento, alineación de los sistemas de gestión de calidad y el uso de nuevas tecnologías.

El compromiso a nivel macro tiene más que ver con cuestiones de mejora continua abordadas tanto por los aspectos humanos como por la revolución tecnológica (Gunasekaran, Subramanian y Ngai, 2019). Sin embargo, los autores todavía identifican una clara brecha en la investigación para comprender cómo los aspectos humanos afectan la integración entre la Gestión de la Calidad y los aspectos tecnológicos. Esto se alinea con una tendencia general en la industria.

Saif et al., (2019) utilizaron una perspectiva antropocéntrica para observar el entorno empresarial antes y durante la transición hacia la Industria 4.0. Los autores destacan el papel central que tiene un enfoque centrado en el ser humano en ambos paradigmas, pero identifican diferentes perspectivas antes y durante esta transición. Antes, el entorno estaba moldeado por un cambio desde un diseño de producción orientado a la tecnología hacia un diseño centrado en las personas. Sin embargo, los autores afirman que durante la transición se ha producido una transformación de los sistemas físicos y cognitivos impulsada por la tecnología, dejando a menudo olvidado el lado humano.

Calidad de los productos y servicios digitales

La Transformación Digital aceleró la llegada de los productos digitales, y con ellos, compró nuevas perspectivas para la gestión de la Calidad. Un ejemplo es el uso del Internet de las Cosas (IoT) en estos productos. Los dispositivos IoT están vinculados en una red y son capaces de interactuar entre sí y con un sistema centralizado. Como tales, no solo brindan nuevas funciones para los usuarios finales, sino que también crean una oportunidad para el monitoreo, la detección de fallas y el diagnóstico constante de estos productos.

Los sistemas de IoT admiten niveles más altos de garantía de calidad al integrar y validar las diferentes partes y componentes de un sistema: sus dispositivos y sensores, puertas de enlace y aplicaciones. Además, después de la venta, brindan a las organizaciones un mejor acceso a datos en tiempo real y un mayor uso para compartir información.

La integración se facilita con nuevos productos y servicios que pueden recopilar, generar o utilizar Big Data. Sin embargo, cuando se utilizan grandes volúmenes de datos, es importante comprender que la calidad de la información recopilada es fundamental. Reunir grandes volúmenes de datos no crea valor; eso sucede solo cuando los datos recopilados conducen a ganancias organizacionales. Del mismo modo, no garantiza el correcto uso de dichos datos. Eso ocurre solo cuando los datos recopilados se tratan y utilizan de tal manera que creen estrategias viables con claros beneficios organizacionales (Albers et al., 2016).

La Calidad de Datos se convierte así en un componente crítico de la Gestión de la Calidad en la Transformación Digital. Con nuevos productos cada vez más conectados e interactuando con grandes volúmenes de datos, la integración se ve facilitada por la creación de bucles de información, que permiten nuevas funcionalidades basadas en la colaboración entre sistemas. Promueven una integración entre lo digital con las dimensiones “reales” de un producto. Sin embargo, es importante entender que las ideas de digitalización, conectividad y análisis van más allá del simple uso de plataformas y herramientas tecnológicas. y deben centrarse en adaptarse a ellas para mejorar la productividad y generación de valor para los clientes (Ali et al, 2011).

En el ámbito de los productos digitales y basados en datos, el uso de Machine Learning (ML) y la Inteligencia Artificial (IA) también ofrece un potencial prometedor. El aprendizaje automático y la inteligencia artificial se pueden utilizar para combinar el control de calidad y el análisis de confiabilidad con el fin de respaldar el mantenimiento predictivo y reducir el número de quejas de los clientes. Sin embargo, aún se plantean importantes interrogantes sobre la seguridad en el Machine Learning, tema que tendrá un fuerte impacto en la Calidad de estos productos, procesos y sistemas.

Lo mismo ocurre con el sesgo hacia ciertos grupos o poblaciones. Además, el ML se puede utilizar para la mejora de la calidad a lo largo de las fases de diseño y desarrollo de nuevos productos, así como para sus procesos de producción. Por lo tanto, el aprendizaje automático se convertirá en parte de las

herramientas de diseño y ayudará a mejorar la calidad del producto, pero también la eficiencia de la producción.

Con una conectividad mejorada, el acceso a mayores volúmenes de datos y el uso de aprendizaje automático e inteligencia artificial, el mantenimiento y la asistencia posventa entran en funcionamiento, lo que permite un nivel de "supercuidado", uno con un mayor enfoque en la mejora continua del servicio brindado al cliente. Que predice y previene errores antes de que ocurran, y que reduce la frustración de averías y quejas. Sin embargo, y con la mayor integración de lo digital con las dimensiones "reales" de un producto, la Calidad de los Datos y la seguridad se convierten en componentes críticos para la gestión de la Calidad. Calidad de los procesos de producción y desarrollo de productos digitales.

La Transformación Digital y el mayor uso de tecnologías de Fabricación Inteligente ofrecen una buena opción para una mayor integración entre Ingeniería de Sistemas y Calidad. La Ingeniería y Gestión de Sistemas se ocupa del desarrollo de productos y proyectos de alta complejidad, promoviendo la integración entre diferentes áreas organizacionales (Geissbauer et al., 2016). Dicha integración se considera fundamental para el mapeo y la evaluación de este nuevo paradigma industrial en su conjunto (GKN, 2018).

Entre las posibles aplicaciones se encuentra el uso de *Digital Twins*. Los *Digital Twins* permiten la representación y modelado digital de sistemas inteligentes. Ayudan a las organizaciones a crear una realidad virtual experimental que puede usarse no solo para desafíos de ingeniería sino también para abordar diferentes aspectos de la organización (Herman et al., 2015).

Los gemelos digitales ofrecen un enfoque de sistemas interdisciplinarios basado en simulación, que permite el uso consistente de simulaciones para evaluar distintos escenarios a lo largo del ciclo de vida. Integrados con tecnologías de fabricación inteligentes, los gemelos digitales sientan las bases de productos innovadores y trazabilidad de la calidad.

Aprovechar las crecientes posibilidades de integración que ofrecen los sistemas ciberfísicos (CPS) también ofrece oportunidades. Al crear sistemas interconectados, estos CPS permiten estructurar y gestionar diferentes tecnologías de forma colaborativa. A través de su uso, la información se monitorea y sincroniza estrechamente entre la planta física de la fábrica y el espacio computacional cibernético, lo que permite mejorar la eficiencia, confiabilidad y calidad de los equipos.



De manera similar, la fabricación de circuito cerrado (CLM) también permite que los datos relacionados con la calidad, recopilados durante la fabricación en la máquina de producción, se compartan en un circuito cerrado con diferentes sistemas a lo largo del ciclo de vida del producto (Leineweber et al., 2018). Esto permite compartir información inmediata con las actividades de desarrollo de productos, lo que conduce, por ejemplo, a la actualización de dibujos y simulaciones CAD, lo que reduce la variabilidad del proceso y el riesgo de no conformidades (Mayr et al., 2018).

La calidad de los procesos también se puede mejorar mediante el uso de una mayor automatización, como la automatización robótica de procesos (RPA). RPA permite la eliminación del riesgo operativo y brinda a las empresas la oportunidad de gestionar mejor sus recursos, logrando ahorros en tiempo y costos. RPA brindará una mayor calidad al estandarizar operaciones y procesos, y reduce los errores humanos al disminuir o eliminar la posibilidad de que un proceso se realice de manera incorrecta o por parte de un operador sin el conocimiento adecuado.

Otra área que gana interés desde una perspectiva de sistemas es que las personas colaboran cada vez más con robots y sistemas de asistencia inteligentes. Las tecnologías que respaldan estos sistemas incluyen robots colaborativos (COBOT), realidad aumentada (AR) e interfaces humanas inteligentes (SHI), y una serie de tecnologías inteligentes como pantallas, gafas 3D o exoesqueletos.

Estos sistemas, en lugar de reemplazar a los humanos, colaboran y aumentan las capacidades humanas. Como tales, también permiten a las empresas lograr la estandarización, lograr un desempeño superior y evitar errores humanos. En el mismo ámbito, la relación entre Fabricación Aditiva (AM) y Gestión de Calidad merece atención por los avances en los procesos que aporta. Al promover una alianza entre las tecnologías digitales y de la información y las tecnologías de producción avanzadas, la Fabricación Aditiva crea realidades de fabricación verdaderamente nuevas. La fabricación aditiva va más allá de las características y la usabilidad de los productos e incluye beneficios como un diseño, desarrollo y creación de prototipos más rápidos, nivel superior de personalización y una relación más cercana con los clientes (Schmidt et al., 2015).

AM ofrece una oportunidad tanto para una calidad superior como para reducir los costos de proceso, ya que reduce la inversión en herramientas, reduce el tiempo entre el diseño y la producción y, al permitir que el diseño final sea aprobado por el cliente, reduce los costos de resignación o retrabajo. esta realidad



conduce a un empoderamiento futuro y una voz amplificada del cliente, creando una experiencia personalizada e individualizada de colaboración y co-creación (Zairi, 2020).

En definitiva, la Transformación Digital ofrece una mayor automatización y mayores recursos para el control de Calidad. Los mismos dioses para la optimización e integración entre procesos, sistemas y áreas organizacionales. Además, ayuda a incorporar al cliente en el proceso de diseño y desarrollo, mejorando la experiencia del cliente y mejorando el potencial de satisfacción.

Objetivos y metodología de la investigación

La investigación sobre el impacto de las tecnologías de Transformación Digital en la Calidad es todavía algo limitada y, sobre todo, poco conectada. Para contrarrestar esta realidad, este documento revisa, enumera e integra diferentes conceptos y ejemplos existentes en la literatura. Se elabora con el triple objetivo de (1) comprender las contribuciones de las nuevas tecnologías a la Gestión de la Calidad, y (2) comprender cómo gestionar la Calidad de productos y procesos profundamente modificados por las tecnologías de Transformación Digital y, finalmente, conocer los puntos de vista de la administración de una empresa maquiladora con operaciones en la ciudad de Matamoros, Tamaulipas, en torno a las aplicaciones de la calidad digital en dicha organización mediante una entrevista estructurada. El resultado de esta revisión no pretende ser una exploración en profundidad de las relaciones individuales entre diferentes tecnologías y su impacto en la Calidad, o viceversa. Más bien, su objetivo es identificar algunas de las diferentes tecnologías que ofrecen un potencial de integración con la Calidad, basándose en aplicaciones ya demostradas y publicadas.

Para concluir esta revisión, se consideraron trabajos de autores tanto académicos como profesionales. La selección inicial de fuentes se centró en trabajos científicos con alto impacto y tasas de citación, utilizando bases de datos como Ebsco. Si bien, estas garantizaron fuentes de calidad y relevancia para el campo, también dejaron fuera del alcance de esta investigación una serie de trabajos – que, ya sea por su origen, medio de publicación o novedad, no figuraron en estas bases de datos, pero podrían brindar diferentes fuentes. perspectivas y aportes valiosos para la revisión de la literatura. En consecuencia, en una segunda fase se hicieron esfuerzos especiales para incluir trabajos recientes con nuevas tendencias de investigación, pero de impacto limitado y perspectivas no académicas.



Una de las bases de datos/buscadores agregados –el de mayor impacto en la búsqueda de literatura– fue Google Scholar. En última instancia, las fuentes de esta revisión incluyeron libros, artículos de revistas y actas dentro de los campos de investigación de ingeniería y gestión de calidad, gestión de operaciones, ingeniería industrial y gestión de ingeniería, informática, ciencias de la información y ciencias organizacionales (negocios y gestión). La selección se realizó sobre la base del análisis crítico de su calidad y ajuste a las brechas identificadas, o la promoción de perspectivas relevantes.

Información cualitativa (entrevista a la gerencia)

Aplicaciones tecnológicas de la Industria 4.0 en la transformación digital en la maquiladora

Para la administración de la maquiladora examinada si bien considera que la tecnología es un impulsor de suma importancia en los procesos de Transformación Digital, para la administración de la empresa se constituye en un factor, entre otros, que conforman las estrategias de gestión de la calidad en la empresa que respalde su sustentabilidad en los mercados internacionales a los que atiende.

Avances en la empresa

En la empresa maquiladora los procesos de adopción de tecnologías 4.0 en respaldo a la gestión de la calidad ha sido aún limitado a la fecha, si bien el debate en torno a la visión tecnológica, científica y profesional de estas alternativas es un tema que está presente en la mente del consejo de administración de la empresa y de su administración, sin que a la fecha se hayan hecho grandes avances en tal sentido. Políticas de aseguramiento de la calidad y mejora continua se han venido adoptando y adaptando en cierta medida a la influencia tecnológica en tal sentido.

Otras estrategias de apoyo a la industria 4.0

La empresa maquiladora considera que los elementos esenciales para la industria 4.0 deben centrarse en la excelencia organizacional, como base para el lanzamiento de estrategias, métodos y herramientas de la calidad en esta transición. Los aspectos considerados de alineación estratégica, enfatizar los aspectos relacionados con la cadena de suministro hacia la maquiladora y sus clientes, los ajustes necesarios entre las herramientas y métodos de calidad existentes y el nuevo paradigma industrial son aspectos que se están evaluando por la gerencia de la empresa.

Integración de perspectivas



Una adecuada integración de las perspectivas mencionadas permitirá ir evaluando los impactos que tienen en los procesos productivos y el papel del impacto que éstas pueden tener en los procesos de desarrollo tecnológico para la Gestión de la Calidad en la Transformación Digital en el ámbito de las operaciones de la maquiladora y el papel de las tecnologías relacionadas y su impacto en la gestión de la calidad.

Una ventaja comparativa considerada por la gerencia de la maquiladora analizada sobre sus competidores es que los esfuerzos que se vienen desarrollando al interior de dicha empresa, es un paso adelante respecto a las que, se asumen, nulas acciones de la competencia en tal sentido.

CONCLUSIONES

Esta revisión parte del entendimiento de que existe una limitada investigación y alineación, en la literatura y en la práctica, como es el caso de la empresa maquiladora analizada, entre las cuestiones eminentemente tecnológicas de la Transformación Digital y la Gestión de la Calidad en las organizaciones. Frente a esta realidad, el examen de la literatura a lo largo de este documento ha buscado la existencia de diferentes ejemplos prácticos de cómo la Gestión de la Calidad puede impactar y verse impactada por el uso de nuevas tecnologías. Al hacerlo, se crea una mejor comprensión de la relación entre la Gestión de la Calidad y las tecnologías que respaldan la Transformación Digital. En primer lugar, se demuestra que, aunque dispersos en la literatura, ya existen una serie de trabajos que exploran los impactos de la tecnología en la gestión de la Calidad en el ámbito de la Transformación Digital. Además, este trabajo resultó en la clasificación e integración de los trabajos revisados en tres áreas: (a) Gestión de la Calidad Digital, considerando la aplicación de las tecnologías digitales a la Gestión de la Calidad misma, sus herramientas, métodos y sistemas, y su lado humano; (b) Implicaciones para la gestión de la calidad en productos y servicios digitales, a menudo basados en datos y marcados por una mayor conectividad; (c) Implicaciones para la gestión de la Calidad en procesos de diseño, desarrollo y producción de productos cada vez más digitales. La Tabla 1 siguiente resume estos hallazgos.

Figura 1 - Resumen de la revisión de la literatura sobre las implicaciones de la tecnología para la Calidad dentro la Transformación Digital (DT)

Área	Descripción	Integración tecnológica	Recomendaciones
------	-------------	-------------------------	-----------------

Administración de la Calidad Digital	Gestión de las herramientas de calidad, métodos, y sistemas; lado humano en la calidad	▪ Big Data ▪ Minería de procesos ▪ Ciencia de los datos	(1) Nuevas tecnologías de manejo de datos pueden ser utilizadas junto con herramientas de calidad y métodos, ampliando su capacidad como instrumentos directivos. (2) Los estudios sobre el impacto de tecnología en el lado humano de la Gestión de la Calidad (QM) son limitados, frenando su comprensión.
Calidad en el desarrollo de productos y servicios digitales y procesos de producción	La administración de calidad en productos y servicios digitales	▪ Internet de las Cosas ▪ Big Data ▪ Aprendizaje automático	(3) Mantenimiento y servicios post venta se ponen en marcha, lo que permite nivel de “supercuidado”. (4) Con la integración de lo digital con los aspectos “reales” de un producto, la calidad de los datos y la seguridad se vuelven componentes críticos de QM en el DT.
Calidad en el desarrollo y diseño de los procesos de los productos digitales	La administración de la calidad en cada vez más procesos digitales	▪ Gemelos digitales ▪ Fabricación de circuito cerrado ▪ Proceso Robótico, Automatización ▪ Robots colaborativos ▪ Realidad aumentada ▪ Interfaces humanas inteligentes ▪ • Fabricación aditiva	(5) Aumentan las ofertas de DT automatización de los recursos y aumento de recursos para el control de calidad. (6) DT permite aumentar la optimización e integración entre procesos, sistemas, y áreas organizativas. Además, ayuda a acercar la cliente en el desarrollo de los procesos.

En esta revisión se demuestra que existen claros beneficios que aportan estas tecnologías para la gestión de la calidad en una organización. Entre esos beneficios se encuentran una mayor integración y conexión. Varias tecnologías nuevas apoyan y promueven la integración y la conectividad en una organización, permitiendo que diferentes unidades funcionales y sistemas trabajen mejor juntos. Esto

mejora el intercambio de información, la garantía de calidad y la eficiencia, al tiempo que reduce los riesgos, la incertidumbre y los costos. Sin embargo, está claro que una perspectiva antropocéntrica y una estrategia combinada de calidad son las principales limitaciones de esta relación.

Limitaciones y trabajo futuro

Hay algunas limitaciones de este trabajo que deben informarse, especialmente porque también pueden configurar futuras oportunidades de investigación. Esta revisión se centró en las tecnologías que ofrecen el mayor potencial de integración con la Gestión de Calidad, basándose en aplicaciones ya demostradas y discutidas. Básicamente, analiza nuevas tecnologías para la integración de procesos y sistemas, la gestión de datos y la integración con herramientas, técnicas y sistemas de calidad existentes. Lo que no considera es la relación entre la Calidad y la Gestión de Riesgos bajo este escenario disruptivo, especialmente para (1) los procesos de Calidad que tratan principalmente con incertidumbre y fenómenos probabilísticos, y (2) la mayor integración de procesos y tareas a lo largo del ciclo de vida de un producto.

La Gestión de Riesgos puede servir como puente de eficiencia en el desarrollo de productos digitales y capacidades de producción digital. Esta relación puede mejorar significativamente la calidad durante las primeras series de producción al aprovechar mejor las pruebas y los datos de los sensores para comprender los riesgos de calidad relacionados con la producción: retroalimentación de información desde la producción a las áreas de desarrollo (para evitar riesgos de producción durante el diseño), así como la alimentación. enviar información desde I+D a producción (para prepararse mejor para desafíos de producción inevitables).

La gestión de riesgos es especialmente relevante para productos radicalmente nuevos, ya que hay mucha más incertidumbre y la gestión de calidad se extiende a fases anteriores del desarrollo y del caso de negocio. Otra limitación se relaciona con la profundidad con la que se ha presentado en esta revisión cada tecnología o sus oportunidades resultantes para la Gestión de la Calidad. El objetivo de este trabajo es identificar, enumerar y organizar algunas de las diferentes oportunidades tecnológicas para la Gestión de la Calidad en la Transformación Digital. Debido a limitaciones de tamaño y restricciones narrativas, solo se pudieron resaltar algunos aspectos de lo que cada tecnología aporta a la Gestión de Calidad. En

consecuencia, una revisión más profunda y una mejor comprensión de la relación entre cada oportunidad tecnológica y la Gestión de la Calidad ofrece una clara oportunidad para futuras investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Albers, A., Gladysz, B., Pinner, T., Butenko, V. and Stürmlinger, T. (2016). Procedure for Defining the System of Objectives in the Initial Phase of an Industry 4.0 Project Focusing on Intelligent Quality Control Systems. *Procedia CIRP*
- Ali, A. and Yusof, H. (2011). Quality in Qualitative Studies: The Case of Validity, Reliability and Generalizability. *Issues In Social And Environmental Accounting*,
- Allmark, P., Boote, J., Chambers, E., Clarke, A., McDonnell, A., Thompson, A. and Tod, A. (2009). Ethical Issues in the Use of In-Depth Interviews: Literature Review and Discussion. *Research Ethics*.
- Crosby P. B. (2020). "Quality is free: the art of making quality certain".
- Giakatis G., Enkawa T. y Washitani K. (2010). "Hidden quality costs and the distinction between quality cost and quality loss," *Total Quality Management*, vol. 12, no. 2.
- GKN (2018). Engine Systems. The world's leading technology supplier of high performance engine components to the aerospace industry
- Gunasekaran, A., Subramanian, N., & Ngai, W. T. E. (2019). Quality management in the 21st century enterprises: research pathway towards industry 4.0. *International Journal of Production Economics*,
- Hermann, M., Pentek, T. and Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios.
- Kumar R., Chandrakar R., Kumar A. y Ram Chandrakar Haldhar. (2012). "Taguchi loss function as optimised model for supplier selection and evaluation," *International Journal of Advanced Engineering Technology*, vol. 3, no. 1
- Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia CIRP*,
- Leineweber, S., Wienbruch, T., Lins, D., Kreimeier, D. and Kuhlenkötter, B. (2018). Concept for an evolutionary maturity based Industrie 4.0 migration model. *Procedia CIRP*, 72.
- Mayr, A., Weigelt, M., Kühl, A., Grimm, S., Erll, A., Potzel, M. and Franke, J. (2018).



- Oliff, Harley, and Ying Liu. "Towards industry 4.0 utilizing data-mining techniques: a case study on quality improvement." *Procedia CIRP*
- Radziwill, N. (2018). Designing a Quality 4.0 Strategy and Selecting High-Impact Initiatives. In: ASQ Quality 4.0 Summit, Disruption, Innovation and Change. Dallas: ASQ.
- Saif, Y., & Yusof, Y. (2019, January). Integration models for closed loop inspection based on step-nc standard. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1150, No. 1
- Ueno K. (2021). "Company-wide implementations of robust-technology Development." https://books.google.com/books/about/Company_wide_Implementations_of_Robust_t.html?id=Otp6QgAACAAJ
- Völker, R., Friesenhahn, A., & Seefeld, D. (2019). Innovationsmanagement 4.0. In *Management 4.0 – Unternehmensführung im digitalen Zeitalter*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Waller, V., Farquharson, K. and Dempsey, D. (2016). *Qualitative social research*. Los Angeles: SAGE
- William E. Deming. (2000). "The new economics: for industry, government, education".
- Xiao, X., Jiang, W., & Luo, J. (2019). Combining process and product information for quality improvement. *International Journal of Production Economics*.
- Zairi, M. (2020). Amplifying the Voice of the customer. From passive recipient to engaged influencer. *Qualidade*
- Závodská, Z., & Závadský, J. (2018). Quality managers and their future technological expectations related to Industry 4.0. *Total Quality Management & Business Excellence*