



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ingeniería
Colegio de Ingeniería Industrial

“Diagnóstico de la Transformación Digital en Control de Calidad de Producción en una Empresa Automotriz”

T E S I S

para obtener el título de
Licenciado en Ingeniería Industrial

PRESENTA:

Brian Guillermo Sotelo Martínez

DIRECTOR DE TESIS:

M.A.E. Karina Martínez Morales

ASESORES:

Dr. Francisco Javier Méndez Ramírez
M.A.E. Augusto Pérez Pérez

Puebla, Pue., a 17 de septiembre de 2019



Oficio D-SA 1452/2019

C. BRIAN GUILLERMO SOTELO MARTÍNEZ
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL
Presente.

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

"DIAGNÓSTICO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ".

Por lo anterior hacemos de su conocimiento que se asigna como asesor a la Mtra. Karina Martínez Morales.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente
 "Pensar bien, para vivir mejor"
 H. Puebla de 2 a 10 de junio de 2019

M. en I. **Fernanda Daniel Larciano Hernández**
 Director

M^{FDLH}/M^{SAJT}/BARV
 C.c.p. Interesado
 C.c.p. Archivo



Facultad
de Ingeniería

Bld. Valsequillo y Av. San Claudio
 s/n. edif. ING - 4, Col. San Manuel,
 Ciudad Universitaria,
 Puebla, Pue. C.P. 72570
 01 (222) 329 55 00 Ext. 7010

H. en I. Fernando Daniel Lazcano Hernández
Director de la Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Presente.

La que suscribe: Mtra. Karina Martínez Morales, Asesor del tema de tesis:

"DIAGNÓSTICO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ".

Presentada por el C. Brian Guillermo Sotelo Martínez, pasante del Colegio de Ingeniería Industrial, y en atención al oficio No. D SA 1452/2019 con fecha de emisión 10 de junio de 2019, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión de la misma.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

Atentamente
"Pensar bien, para vivir mejor"
H. Puebla de Z. a 16 de junio de 2019



Mtra. Karina Martínez Morales
Asesora

M'KMM/BARV
C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo

Agradecimientos

A mi familia, por el amor, la confianza y la educación que me han dado, que me ha permitido luchar por mis metas y desarrollarme en la persona que soy.

A la Universidad y mis profesores, que me han abierto las puertas a un universo de conocimientos y oportunidades para el inicio de mi formación profesional.

A mis amigos, con quienes la vida universitaria se convirtió en una aventura nueva cada día y aprendimos juntos las lecciones que nos da la vida.

Resumen

Uno de los mayores retos que enfrentan las empresas de la industria automotriz en México es la adaptación de sus modelos de negocio y de producción a los métodos y conceptos de la Industria 4.0. Dentro de los proyectos de desarrollo más importantes en la industria se encuentra la digitalización de las empresas, la cual no sólo conllevará a la implementación de nuevas tecnologías, también a la creación de una estrategia de transformación digital que gestiona desde los objetivos de negocio hasta los modelos de trabajo y la cultura organizacional. La complejidad de la estrategia será definida según el grado de madurez de la transformación digital en el que se encuentra la organización.

A pesar de que el control de calidad es una función principal para asegurar la competencia de las empresas automotrices, se han estudiado las implicaciones de la Industria 4.0 y la Transformación digital en menor medida en el área. En el presente trabajo se diagnostica el estado de la madurez digital de una empresa automotriz de grandes volúmenes de producción que está ubicada en México; se presentan las fortalezas y áreas de oportunidad de su estrategia, se señalan recomendaciones para la implementación de herramientas digitales y de Industria 4.0 y se presentan conclusiones para orientar al control de calidad de producción de la empresa hacia un modelo digitalmente maduro.

Abstract

One of the biggest challenges that face the automotive industry in Mexico is the adaptation of their business and production models to the methods and concepts of the Industry 4.0. The digitalization of the businesses belongs to the most important innovation projects in the industry, which will demand the implementation of new technologies and the creation of a digital transformation strategy that defines topics

such as the business goals, working methods and corporate culture. This strategy should be defined according to the status of the digital transformation maturity of the organization.

Despite having a key function to ensure the competitiveness of the automotive businesses, the implications of the quality control in the Industry 4.0 have been studied to a lesser extent. In this paper, the status of the digital maturity in an automotive enterprise in Mexico with a large production volume is diagnosed. Strengths and opportunity areas of the corporate strategy, recommendations for the implementation of digital technologies in the quality control and conclusions to help the enterprise to aim for a digitally mature company are provided.

Índice

Resumen	4
Abstract.....	4
Índice	6
1. Protocolo de tesis.....	10
1.1 Problema de investigación.....	10
1.2 Justificación	11
1.3 Objetivos de la investigación	11
1.3.1 Objetivo general	11
1.3.2 Objetivos específicos	11
1.4 Preguntas de investigación	12
1.5 Hipótesis.....	12
1.6 Diseño metodológico	12
1.7 Alcances y limitaciones.....	14
2. Revisión de literatura	15
2.1 Sistemas de información	16
2.2 Industria 4.0.....	18
2.3 Industria automotriz 4.0	22
2.4 Industria 4.0 en México.....	24
2.5 Transformación digital	26
2.5.1 Etapas de la madurez en la transformación digital	27
2.6 Estrategias de transformación digital	33
2.6.1 Barreras	34

2.6.2	Visión de la estrategia	35
2.6.3	Cultura corporativa en la transformación digital.....	36
2.6.4	Desarrollo de talentos	37
2.6.5	Liderazgo	38
2.7	Evolución de la calidad	39
2.8	Calidad 4.0	41
2.8.1	Planeación de la calidad	42
2.8.2	Aseguramiento de la calidad en la Producción 4.0	44
2.8.3	Ganancia de calidad	47
3.	Caso de estudio: Situación actual de la empresa	49
3.1	Control de Calidad de la Producción (QP)	49
3.2	Información generada en QP	51
3.2.1	Calidad estampado	53
3.2.2	Calidad hojalatería	54
3.2.3	Calidad pintura	56
3.2.4	Calidad ensamble	57
3.2.5	Calidad pruebas finales	58
3.3	Sistemas Informáticos QP	60
3.3.1	Sistema de Información de Producción	60
3.3.2	Sistema de Auditoría de Producto	62
3.4	Estrategias de la empresa	63
4.	Caso de estudio: Evaluación de la transformación digital en QP	68
4.1	Herramientas tecnológicas en pruebas de calidad.....	68
4.1.1	Instrumentos digitales individuales	68
4.1.2	Centro de control integrado a línea de producción	70

4.1.3 Instrumentos digitales conectados	71
4.1.4 Terminales de información fijas	72
4.1.5 Dispositivos <i>handheld</i> (móviles)	73
4.2 Madurez de Transformación digital en Control de Calidad de Producción ..	74
4.2.1 Cultura corporativa	75
4.2.2 Digitalización de procesos	75
4.2.3 Infraestructura digital (hardware y dispositivos)	76
4.2.4 Sistemas informáticos	77
4.2.5 Modelos de trabajo	78
4.2.6 Orientación hacia el cliente	78
4.2.7 Conclusiones – Madurez de la transformación digital	79
4.3 Proyecto: Integración y automatización en QP	81
4.3.1 Grupo de procesos de inicio	81
4.3.2 Grupo de procesos de planificación	81
4.3.3 Solución de integración	84
5. Caso de Estudio: Propuestas para la transformación digital en QP	87
5.1 Transformación digital en la estrategia	87
5.2.1 CE: Barreras en la estrategia	87
5.2.2 CE: Visión de la estrategia	88
5.2.3 CE: Cultura de la empresa	89
5.2.4 CE: Desarrollo de talento	90
5.2.5 CE: Liderazgo	91
5.2.5 CE: Conclusión de transformación digital en la estrategia	92
5.3 Propuesta: Estrategia de calidad 4.0 QP	93
5.3.1 Propuesta: Objetivos	94

5.3.2 Propuesta: Ejes estratégicos	95
5.3.3 Propuesta: Implementando la Calidad 4.0.....	98
5.3.4 Conclusiones de propuestas de transformación digital	108
6. Conclusiones	109
Índice de ilustraciones.....	113
Índice de tablas	115
Índice de términos.....	116
Referencias.....	117

1. Protocolo de tesis

1.1 Problema de investigación

La presente Tesis expone el caso de estudio de una empresa automotriz de capital extranjero, ubicada en el territorio mexicano. En el departamento de Control de Calidad de Producción de la empresa se controla la calidad de aproximadamente dos mil productos ensamblados diariamente, mediante la medición y el registro de diversas especificaciones de calidad en los procesos de transformación: hojalatería y pintura, en el proceso de montaje, a través de estaciones de control de calidad ubicadas en las líneas de producción, además de controles posteriores a la finalización del ensamble y auditorías de procesos y productos.

Como resultado de los controles de calidad, se genera un gran volumen de información, la cual se almacena en distintos sistemas informáticos que no tienen conectividad entre ellos. En estos sistemas se elaboran algunos reportes de indicadores de calidad de manera automática. Sin embargo, los reportes automatizados no satisfacen por completo las necesidades de análisis del departamento.

A causa de la evolución hacia la Industria 4.0 y de las condiciones de la industria automotriz, se experimentan cambios cada vez más complejos y rápidos en las empresas, por lo que requieren una transformación digital de sus sistemas de producción y operativos. En este estudio, se analizan las condiciones actuales del departamento de control de calidad de producción automotriz y se plantean como una oportunidad para establecer la estrategia de transformación digital e implementar soluciones que contribuyan a obtener una ventaja competitiva dentro de la industria.

1.2 Justificación

En la presente tesis se realizará un diagnóstico de la empresa automotriz mencionada para la problemática de la transformación digital e indicar las líneas de acción para mejorar el proceso en el departamento de Control de Calidad de Producción (QP), aplicando los conocimientos y habilidades adquiridas con los estudios de la Licenciatura en Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, específicamente con las asignaturas de Ingeniería de calidad, Sistemas de Información, Administración de proyectos y Planeación Estratégica.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un diagnóstico del estado actual de la empresa automotriz e indicar las líneas de acción para mejorar el proceso de transformación digital de la información del departamento QP.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir las tareas a realizar para lograr la transformación digital de la información QP.
- Automatizar la realización de reportes de calidad del departamento Control de Calidad de Producción
- Integración de la información de los distintos sistemas de información de la calidad en Control de Calidad de Producción en un mismo ambiente informático
- Establecer las bases de planeación estratégica para la transformación digital a futuro del departamento de Control de Calidad de Producción.

1.4 Preguntas de investigación

- ¿Qué grado de transformación digital se tiene en los procesos de Control de Calidad de Producción?
- ¿Cómo es el proceso de reporte del estado de la calidad de los productos ensamblados?
- ¿Qué rol tienen los distintos sistemas informáticos para el proceso de Control de Calidad de Producción?
- ¿Cómo puede mejorar la estrategia de la empresa para transformarse en una empresa digitalmente madura?

1.5 Hipótesis

Mediante una estrategia estructurada con objetivo de la transformación digital de los procesos de Control de Calidad de Producción, se podrá gestionar la calidad de los productos desde su captura en la línea de producción, automatizando el reporte y los pronósticos de los indicadores clave (KPIs) y disponiendo de la información en tiempo real para una toma de decisiones oportuna y la ejecución de medidas preventivas y de corrección, mejorando así la calidad de los productos elaborados.

1.6 Diseño metodológico

Para la realización de la propuesta de la estrategia de la transformación digital se mencionarán referencias bibliográficas a documentos relevantes al tema, se presentará el caso de estudio, mostrando el estado actual de la empresa, analizando características como los equipos tecnológicos utilizados y la estrategia corporativa y se presentarán las propuestas de mejora.

Como introducción a la tesis, en el Segundo Capítulo se realizará la revisión de la literatura relevante, la cual cubrirá los temas de Sistemas de Información, Industria 4.0, Industria 4.0 en México, Transformación Digital y Calidad 4.0.

En el Tercer Capítulo se describirá la situación actual de Control de calidad de producción de la empresa. Se presentan los puntos de la estrategia actual de la empresa para su digitalización y se explica el flujo de la información de la calidad entre los diferentes procesos de control de calidad, mencionando su captura y los sistemas informáticos que se utilizan.

En el Cuarto Capítulo se presentarán los hallazgos encontrados en el flujo actual de la información en QP y se determinará el grado de transformación digital en el que se encuentra en dicho departamento. Se presentan los principales retos a vencer para el proceso de transformación digital y se mencionarán sus posibles soluciones.

En el Quinto Capítulo se desarrollará la propuesta de la estrategia para la transformación digital en el departamento de Control de Calidad de Producción, mencionando tanto el plan de acciones para la transformación digital del reporte de la información de calidad

Finalmente, se presentarán las conclusiones pertinentes a la realización del presente proyecto y se expondrán los contratiempos encontrados, así como los puntos de consideración para una futura ampliación del proyecto de transformación digital hacia los demás departamentos de control de la calidad de la empresa.

1.7 Alcances y limitaciones

El estudio y las propuestas que se presentarán en esta tesis se basarán únicamente en el estudio de las gerencias control de calidad de la producción, la cual gestiona los procesos de hojalatería, pintura y ensamble, así como para el área de pruebas finales y de auditorías de producto terminado.

La extensión de tiempo disponible para la fase de planeación del proyecto de mejora del Capítulo 4.3 fue comprendido por un periodo de cuatro meses durante el año 2018. En este capítulo se abordarán las fases de estudio de la situación actual, propuesta de solución para la transformación digital y el plan de acciones a seguir.

Además, no se considerará la posibilidad de modificaciones a las líneas de producción de las naves, debido a que estas responsabilidades están fuera de la responsabilidad del departamento QP. De la misma manera, no se planteará en el desarrollo del proyecto la modificación de los procesos, controles, especificaciones, planes de control ni auditorías de calidad.

2. Revisión de literatura

En la historia moderna, la industria automotriz ha sido una fuente importante de innovación tecnológica y un objeto de estudio relevante para diferentes áreas del conocimiento como la economía, la sociología y los estudios del medio ambiente. No obstante, según señala Mary Barra, CEO de General Motors, “la industria automotriz está por enfrentar la época de cambios más grande de su historia, en la que se producirán más cambios en los próximos cinco a diez años, que en sus últimos 50 años” (2016).

En el estudio de la disrupción digital en la industria automotriz de Wollschläger, Foden, Cave & Stent, se exploran los posibles cambios que se presentarán en ella. Se menciona que, desde sus inicios, la industria automotriz ha sido muy propicia para la innovación tecnológica de manera continua, producto de los esfuerzos de los *OEM*¹ para crear ventajas competitivas mediante avances en ingeniería mecánica y eléctrica. Por otro lado, esta innovación se ha visto limitada por las barreras de entrada que existen en la industria automotriz para nuevos participantes. Ellos explican que estas barreras se deben a que, comparada con otras industrias, el consumidor ha sido un pasajero pasivo en el ciclo de la innovación por un largo tiempo. Actualmente la industria automotriz se encuentra ante la entrada de una tormenta de influencias tecnológicas como el Big Data, el cómputo en la nube, la socialización de los negocios y en el ojo del huracán, el Internet de las Cosas (IoT), las cuales prometen la apertura a nuevos participantes en la industria. El surgimiento del automóvil conectado, desde un punto de vista del análisis de datos, es solo otro objeto en el esquema del IoT y es literalmente un problema de Big Data en movimiento. El automóvil conectado producirá hasta 25 GB de datos por cada hora, dando lugar a una amplia gama de posibilidades de

¹ OEM (Original Equipment Manufacturer): Un fabricante de equipo original se define tradicionalmente como una compañía cuyos productos son usados como componentes en los productos de otra compañía, la cual comercializa el objeto a los usuarios finales (Kagan, 2018).

servicios digitales, comenzando a crear valor económico que apenas comenzamos a comprender (2015).

Los cambios de la digitalización alterarán el statu quo de la industria automotriz. La cadena de valor tradicional formada por los OEM, proveedores, concesionarios y servicios de posventa y mantenimiento se verá transformada tras la llegada de los nuevos participantes digitales, dado que las nuevas tecnologías han promovido nuevos modelos de negocio innovadores que retan a la actual cadena de valor. Como menciona Moder, “ya no tiene sentido ser un fabricante de automóviles, se necesita ofrecer una solución integrada para la movilidad” (Spelman et al., 2016).

La transformación digital o “Transformación digital” es sólo uno de los fenómenos pertenecientes al concepto de la “Industria 4.0”, la cual es actualmente la base de las innovaciones tecnológicas y de nuevos modelos de negocio en desarrollo, no sólo en la industria automotriz, sino en una gran variedad de industrias desde el entretenimiento hasta el cuidado de la salud.

2.1 Sistemas de información

Según González-Longatt, el término Sistemas de Información (SI) ha sido empleado en una gran cantidad de campos de estudios y disciplinas, por lo que se le ha otorgado diferentes significados. Entre las definiciones que se destacan, está la definición de la Teoría General de Sistemas, en donde “un Sistema de Información es un sistema automático o manual que está formado por personas, máquinas y métodos organizados para agrupar, procesar, transmitir y diseminar datos que representan información para el usuario”. Por lo tanto, una visión que abarca los distintos enfoques de un sistema de información según el autor:

Un sistema de información consiste en tres componentes: sistema humano, tareas y aplicación [...] El Sistema de Información Gerencial es un nombre atribuido a la disciplina académica que cubre el uso de las personas, tecnologías y procedimientos para problemas de negocios. Así mismo, en los negocios los Sistemas de Información proveen soporte tanto a los procesos de negocios y operaciones como al proceso de toma de decisiones y de estrategias competitivas.

Además, González-Longatt distingue tres categorías de SI: transaccionales, SI de soporte para la toma de decisiones y estratégicos. Los SI transaccionales logran la automatización de procesos operativos dentro de una organización, ya que su función primordial consiste en procesar transacciones como pagos, cobros, pólizas, entradas y salidas. Su uso permite ahorros significativos de mano de obra. Además, pueden recolectar grandes volúmenes de información. Los SI de soporte para la toma de decisiones son la segunda etapa en la implantación de una cultura de la información, basándose en los transaccionales. Por último, los SI estratégicos tienen como objetivo lograr ventajas competitivas, a través del uso de la tecnología de la información (González-Longatt, 2007).

Una base de datos (BD) de un sistema de información, definida por Camps, et. al, es:

La representación integrada de los conjuntos de entidades instancia correspondientes a las diferentes entidades tipo del SI y de sus interrelaciones. Esta representación informática debe ser utilizada de forma compartida por muchos usuarios de distintos tipos. En otras palabras, una BD es un conjunto estructurado de datos que representa entidades y sus interrelaciones. La representación será única e integrada, a pesar de que debe permitir utilizaciones varias y simultáneas.

Los autores también mencionan que entre los objetivos de las bases de datos es permitir que los usuarios hagan consultas de cualquier tipo y complejidad, es decir, la BD deberá responder inmediatamente sin que las consultas estén preestablecidas, sin que se tenga que escribir, compilar y ejecutar un programa para cada consulta. Otra característica que debe presentar una BD es la flexibilidad a los cambios, por lo que se busca obtener la máxima independencia posible entre los datos y los procesos usuarios para que se puedan realizar cambios y variaciones en la BD. Las Bases de Datos deben ser capaces de detectar que un programa o usuario quiere hacer una operación que va en contra de las reglas establecidas de la BD e impedir devolviendo un estado de error. Además, la BD debe tener seguridad en cuanto a la confidencialidad de los datos, las autorizaciones para realizar cambios y los derechos de acceso a la información (Camps et al., 2005).

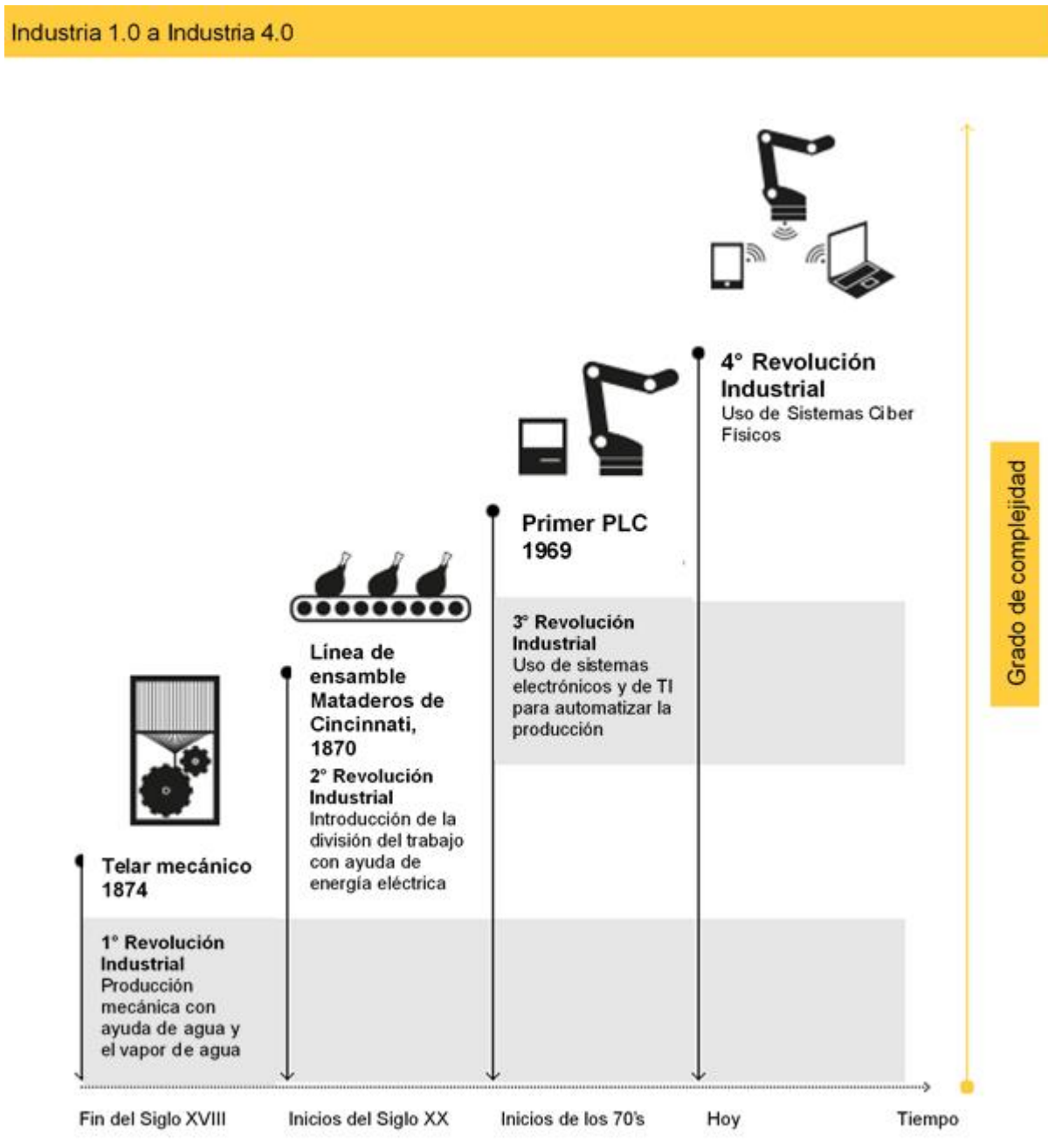
2.2 Industria 4.0

Las asociaciones industriales alemanas Bitkom, VDMA y ZVEI definen el término de la Industria 4.0:

La Industria 4.0 es un concepto complejo, que hace referencia a la cuarta revolución industrial, percibida como la siguiente fase en la organización y el control de la cadena de valor completa durante el ciclo de vida de un producto, el cual está basado en la creciente personalización de las demandas del cliente y abarca desde la idea de producto, la orden, el desarrollo, la producción y la entrega del producto al consumidor final hasta su reciclaje. (2016).

La Industria 4.0, a diferencia de la tercera revolución industrial, se enfoca en la transformación digital de inicio a fin de todos los activos físicos y su integración en ecosistemas digitales, integrados por todos los socios dentro de la cadena de valor de los productos (GTAI, 2018).

Ilustración 1 – De la Industria 1.0 a la Industria 4.0



Traducción. Obtenido de GTAI, 2018

En el reporte de la Industria 4.0 de la empresa consultora PwC, se establece el siguiente esquema de tecnologías: la Industria 4.0 incluye elementos tecnológicos dentro de la transformación digital como el Internet of Things (IoT)², Realidad Aumentada (AR)³, Realidad Virtual (VR)⁴, Sistemas Ciber-Físicos (CPS)⁵, Colaboración Hombre-Máquina (HRK)⁶, Big Data⁷, Cómputo en la nube⁸, Sensores Inteligentes⁹, Manufactura Aditiva¹⁰, entre otros (Geissbauer, Vedso, & Schrauf, 2016).

Además, la Cuarta revolución industrial se diferencia de las anteriores debido a que no se basa en una sola innovación tecnológica, sino que apunta a la introducción del internet al mundo físico productivo como el gran desencadenador de cambio y se presenta un nuevo paradigma para los entornos productivos mediante la utilización de todas las tecnologías, modelos organizacionales y medios de comunicación como un concepto en conjunto (Artischewski & Sommerhof, 2014).

² Internet of Things: (IoT): El concepto del Internet of Things es básicamente conectar cualquier aparato con un interruptor al internet. Esto incluye desde electrónicos hasta componentes de máquinas. El IoT es una red gigante de "cosas" conectadas (Morgan, 2014).

³ Realidad Aumentada (AR): Es la mezcla de elementos interactivos digitales, como capas de elementos visuales u otras proyecciones sensoriales, en el entorno del mundo real (Bonsor & Chandler, 2019).

⁴ Realidad Virtual (VR): El término de VR se usa para describir un ambiente tridimensional generado por computadora, con el cual una persona puede interactuar y explorarlo (Virtual Reality Society, 2017).

⁵ Sistemas Ciber-Físicos (CPS): Los CPS integran sensores, computadores, controles y redes con objetos físicos e infraestructura, conectándolos al internet y entre ellos mismos (National Science Foundation, 2018).

⁶ Colaboración Hombre-Máquina (HRK): En la HRK, el robot asiste al operador humano, complementando las capacidades del colaborador y lo prescinde de labores arduas y riesgosas, como levantar cargas pesadas. (KUKA AG, 2019)

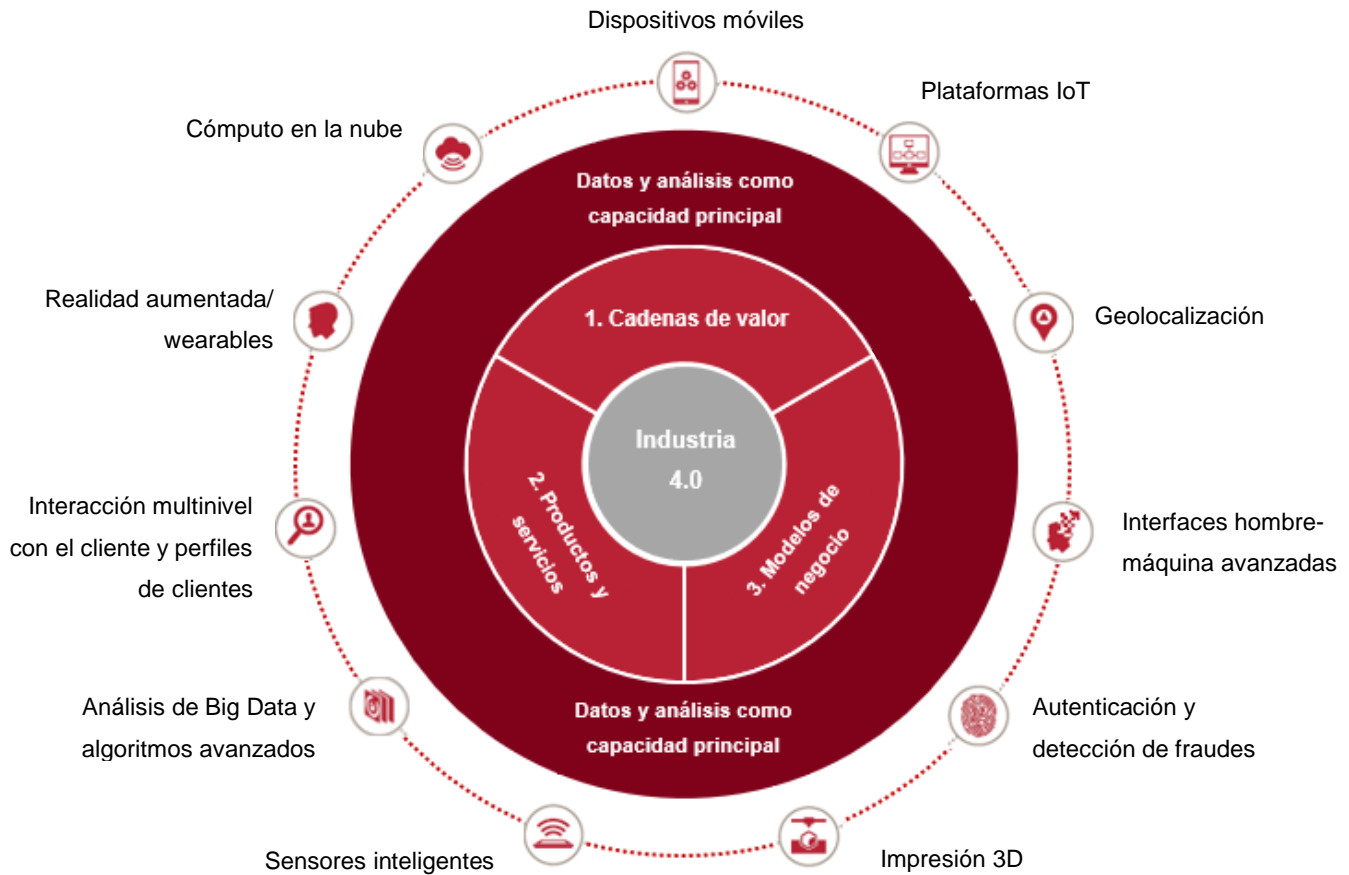
⁷ Big Data: Se refiere al conjunto de técnicas y procedimientos empleados para almacenar, procesar, interpretar y extraer valor de grandes volúmenes de datos (Olmos, 2018).

⁸ Cómputo en la Nube: Es la entrega de servicios de computación bajo demanda, desde aplicaciones a centros de datos por medio de internet, en una esquema de pago por uso. (IBM, 2019).

⁹ Sensores inteligentes: Son sensores con electrónicos integrados que pueden ejecutar una o más funciones lógicas, como la comunicación de dos vías y toma de decisiones. (Dayashankar, 2012).

¹⁰ Manufactura Aditiva: Es un enfoque transformador a la producción industrial que usa el diseño asistido por computadora (CAD) o escáneres de objetos en 3D, para depositar material capa por capa en formas geométricas precisas (General Electric, 2019).

Ilustración 2 – Industria 4.0: Esquema de trabajo y tecnologías



Traducción. Obtenido de Geissbauer, Vedso & Schrauf. 2016

Strategy&, organización perteneciente a la empresa de consultoría estratégica PwC, determina en su estudio de oportunidades y retos de la Industria 4.0 que existen tres principales conductores para la introducción de soluciones I4.0 a los entornos productivos: la buena administración de las cadenas de valor horizontales y verticales, la transformación digital mediante la conexión de productos y servicios y los nuevos modelos de negocio digitales. El estudio concluye que la considerable magnitud de los cambios y la gran cantidad de necesidades de inversión son preocupaciones importantes para los ejecutivos de las industrias. Otros asuntos de interés son una definición más clara de los casos de negocio, la incertidumbre sobre la seguridad de la información y las cualificaciones de sus

empleados en competencias digitales, las cuales serán cruciales en un futuro próximo (Koch, Kuge, Geissbauer, & Schrauf, 2014).

2.3 Industria automotriz 4.0

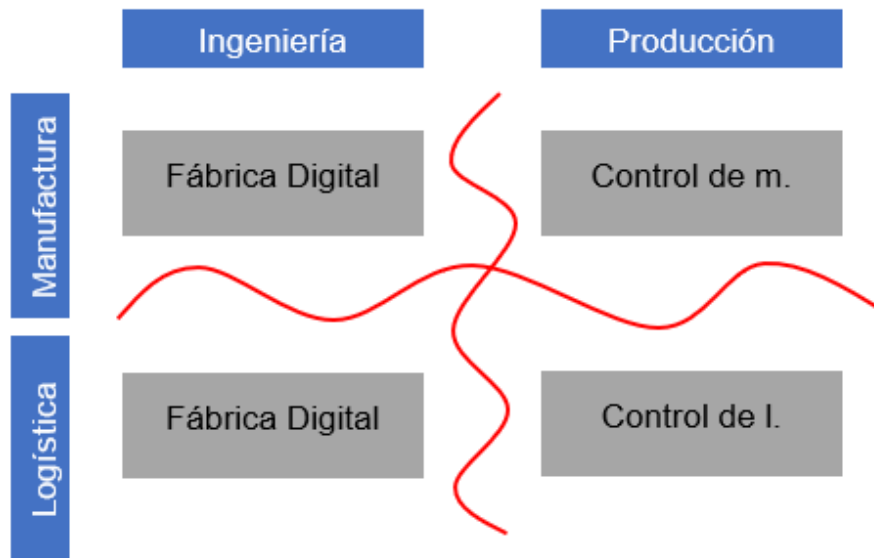
En la actualidad, en muchos sectores de la industria automotriz se tienen paradigmas y sistemas de producción que fueron iniciados entre los años setentas y noventas, los cuales producen barreras entre los procesos tecnológicos (IT) y los procesos físicos productivos., ocasionando que las industrias no estén listas para la transformación digital. Con esto se muestra la gran necesidad de un nuevo ecosistema integrado, que posibilite la inserción de tecnologías I4.0 con los sistemas físicos productivos.

Es gracias al uso de un sistema integrado que se pueden diseñar nuevos modelos de producción industrial, así como modelar nuevos procesos de soporte para la producción 4.0. Basándose en principios como la estandarización de procesos, la mejora continua y la responsabilidad del personal, se pueden implementar tecnologías como *Machine-Learning*¹¹, el control de producción en tiempo real e implementar recursos completamente digitalizados, basados en el IoT. Estas tecnologías cumplirán con los objetivos del aseguramiento de la calidad y facilitarán otros procesos como el establecimiento de tiempos de tacto y la organización del *Just-in-time*¹². Resultado de ello, se obtendrán mejoras en la productividad, en la calidad de los productos y la confiabilidad de entrega. La integración de la producción 4.0 sucede gracias a la combinación de plataformas digitales, la ingeniería, la producción y la logística (Ziemke, Stöckel, & Thomsen, 2016).

¹¹ Machine Learning: Es el conjunto de técnicas que pretenden dotar a las computadoras y a las máquinas en general, de la capacidad de aprender por sí mismas (Olmos, 2018)

¹² Just-in-Time (JIT): El sistema de inventario Just-In-Time (Justo a tiempo) es una estrategia de administración que alinea ordenes de proveedores de materia prima directamente con la programación de la producción (Kenton, 2018)

Ilustración 3 – Barreras en los sistemas de producción actuales



Obtenido de Ziemke & Stöckel, 2017

Un ejemplo de un caso de implementación de la I4.0 en la industria automotriz, se presenta en el ensayo de integración de *RFID* (Identificación de radio frecuencia)¹³ como habilitador para una primera generación de Sistemas ciber-físicos (CPS) en la producción de una empresa automotriz altamente automatizada en el Reino Unido. Como resultado final concluyó que las compañías manufactureras y *OEMs* deben proveer interfaces abiertas, flexibles y seguras para la implementación de *CPS*, permitiendo a los aparatos, a las personas y a las organizaciones conectarse y colaborar en tiempo real. Además, es deseable que los sistemas independientes a la organización sean integrados en la base del IT de las organizaciones, con el objetivo de alimentar más datos a los algoritmos de análisis para el modelado de los sistemas (Segura-Velandia, 2016).

¹³ Identificación por Radiofrecuencia (RFID): La Identificación por Radiofrecuencia se refiere a la tecnología por la cual información digital es codificada en etiquetas y esta puede ser capturada por un lector por vía de ondas de radio. Su principal ventaja es que pueden ser leídas incluso fuera de vista (AB&R, 2018).

Como muestra de las oportunidades que crea la Industria 4.0 para la apertura a para nuevos participantes que tengan la capacidad de desarrollar las tecnologías I4.0, está el caso de la empresa WAGO Kontakttechnik GmbH. Esta empresa produce originalmente componentes eléctricos para soluciones de automatización. Hoy en día, es capaz de proveer soluciones completas e integradas de *Smart factories*¹⁴, abarcando el proceso completo de la producción automotriz, desde hojalatería, pintura, ensamble de tren motriz, ensamble final hasta la construcción de instalaciones, incluyendo soluciones de ingeniería de software, comunicaciones y control en la nube (WAGO Kontakttechnik GmbH, 2015).

2.4 Industria 4.0 en México

México es un centro de manufactura que exporta productos por más de mil millones de dólares al día, siendo el 50% de estas exportaciones productos altamente sofisticados, posicionándose como el mayor exportador de productos de alta tecnología en América Latina y con una participación del 80% de estas exportaciones en la región. Esto ha sido posible debido a tratados de comercio internacionales, la correlación de la moneda nacional con el Dólar estadounidense y la experiencia obtenida con las industrias automotriz de electrónicos, creando una zona altamente competitiva para el desarrollo de industrias de exportación manufacturera, especialmente atractiva para las industrias cuyo mercado final son los Estados Unidos de América.

No obstante, pese a las ventajas competitivas que ofrece este modelo de desarrollo económico que ha permitido a México mantener su volumen de exportaciones, no es suficiente para mantener la posición del país en el sector de la

¹⁴ Smart factory: La fábrica inteligente representa un avance de la automatización tradicional hacia un sistema completamente conectado y flexible. Puede integrar datos de sistemas físicos completos, operacionales y activos humanos para manejar la manufactura, mantenimiento, inventario y digitización de operaciones a través de la red de manufactura entera (Burke, Mussomeli, Laaper, Hartigan, & Sniderman, 2017).

manufactura. Las deficiencias de dicho modelo limitan la capacidad de generar una cadena de valor asociada y de generar una base de proveedores con capacidad innovadora, además de limitar el desarrollo del nivel de propiedad intelectual necesario para aumentar el valor añadido de los bienes producidos. Resultado de ello, en el país se presenta una economía de dos velocidades: la altamente competitiva multinacional y la economía de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) mexicanas con baja productividad. En otras palabras, grandes compañías conscientes de la evolución hacia la generación de modelos de I4.0 y la comunidad PyME estancada en modelos de producción de primera o segunda generación. Debido a esto, el reto para cumplir las expectativas de un exportador de manufactura a nivel mundial está en aprovechar la ventaja competitiva de costos con una visión a largo plazo y como una fuente de recursos para desarrollar capacidades más allá de los costos. A diferencia de la manufactura tradicional, la manufactura avanzada no se basa en bajos costos de mano de obra ni en grandes volúmenes de producción, sino es una industria que aprovecha las habilidades y la creatividad para resolver problemas complejos de manufactura (Secretaría de Economía, 2016).

Según el estudio del índice de competitividad global realizado por el Foro Económico Mundial, las deficiencias más notorias del país son la capacidad de innovación, investigación y desarrollo, la disponibilidad para adquirir productos de alta tecnología y la disponibilidad de científicos e ingenieros. Además, México obtuvo el lugar número 73 en el pilar de preparación tecnológica, obteniendo un resultado mejor que en ediciones anteriores gracias a la absorción de tecnología, la inversión extranjera y la transferencia extranjera de tecnologías (Schwab, 2017).

En cuanto a la industria automotriz, México es el séptimo mayor productor en el mundo y el cuarto mayor exportador, generando aproximadamente 800 mil empleos directos al cierre del 2017. No obstante, México debe mejorar en cuanto al desarrollo automotriz, ya que el enfoque actual ha sido desarrollar proveedores *Tier*

2 y Tier 3¹⁵, así como un enfoque hacia la producción de autos convencionales (motores de combustión interna). Se reconocen como los tres principales retos para la inserción de México en la industria automotriz del futuro: el esfuerzo conjunto de participantes de la cadena de valor para evolucionar a la Industria 4.0, la necesidad de utilizar de una mayor cantidad de componentes electrónicos para la fabricación de vehículos e impulsar la tecnología de materiales para la estructura física del automóvil. También es una oportunidad el desarrollo de software para el desarrollo de Apps y generación de contenidos, aprovechando el talento tecnológico del país y la posibilidad de insertar la industria de TI con los proveedores que atenderán la conectividad de nuevos autos, como lo son Google y Apple (Pacheco & Morales, 2018)

2.5 Transformación digital

Ante la promoción que se percibe hoy en día entorno a la transformación digital, los términos digitización y digitalización se suelen utilizar sin indistintamente, lo que ocasiona confusión. Estos tres términos tienen significados diferentes, o al menos se vuelven diferentes dependiendo de qué autoridad los mencione. Por lo tanto, esta situación provoca que se subestime al poder de la transformación digital, poniendo en riesgo la supervivencia de las organizaciones.

Según el Glosario IT de Gartner “La digitización es el proceso de cambiar de análogo a forma digital” (2019). En otras palabras, codificar la información de modo que las computadoras puedan almacenarla y transmitirla. Por otro lado, la digitalización no tiene una definición simple y clara. De la misma manera, en el

¹⁵ Tier 1: Término que se refiere a las compañías que proveen partes o sistemas directamente a los Fabricantes de Equipo Original (OEM). En el sector automotriz se especializan en realizar hardware de grado automotriz (Silver, 2016).

Tier 2: Término que se refiere a las compañías que proveen partes que toman lugar en el producto final y son proveedores de empresas de Tier 1. Las empresas Tier 2 normalmente son expertos en su dominio específico, pero también suelen tener muchos clientes de diferentes industrias (Silver, 2016).

Glosario de Gartner se define: “La digitalización es el uso de tecnologías digitales para cambiar un modelo de negocio y proveer nuevos beneficios y oportunidades que produzcan valor [...], es el proceso de moverse a un negocio digital” (Gartner, 2019). Conforme a esta definición, la digitalización trata más sobre operaciones de negocios. La automatización también forma gran parte de la digitalización, ya sea cambiando roles de trabajo o transformando procesos de negocio por completo. No obstante, la digitalización es bastante diferente a la transformación digital. Este último término es más amplio y se refiere a la transformación de negocio encabezada por el cliente, la cual requiere cambios en toda la organización además de la implementación de tecnologías digitales. En otras palabras, se digitaliza la información, se digitalizan procesos y roles que conforman los procesos de un negocio y se transforma digitalmente al negocio y su estrategia. Cada una es necesaria, pero no lo suficiente para suplir a la siguiente. La digitización y digitalización se tratan de tecnología, mientras la transformación digital se trata acerca del cliente (Bloomberg, 2018).

La velocidad con la que sucede esta transformación está dictada por los avances en la tecnología de conectividad, cambios en la conducta del consumidor, tendencias ambientalistas y prácticas regulatorias. El impacto se ha visto principalmente en el sector de posventa. Sin embargo, también ha tenido un impacto significativo en los sectores de investigación y desarrollo, marketing, autopartes y servicios (Spelman et al., 2016).

[2.5.1 Etapas de la madurez en la transformación digital](#)

Según la investigación del Massachusetts Institute of Technology / Sloan, un 63% de ejecutivos revelaron que el ritmo con el que la tecnología cambia en su organización es muy lento, además de que la “falta de urgencia” es el obstáculo más citado contra la transformación digital. Los cambios son difíciles de implementar en

cualquier organización, pero más en una era de Darwinismo digital¹⁶ donde los negocios deben “adaptarse o morir” e ignorar el cambio no es una opción. Todo negocio se enfrenta al Darwinismo digital, algunas compañías se encuentran muy avanzadas con el proceso de transformación digital, cuando otras todavía no han comenzado formalmente una estrategia. El modelo de los seis niveles de la madurez de la transformación digital organiza los momentos clave en el camino de la transformación digital y ofrece visibilidad y guía a los agentes de cambio (Solis, 2015).

A continuación, se explican las seis fases de la madurez de la transformación digital presentadas por Solis:

1. Los negocios, como siempre.

Las empresas ignoran o no están conscientes de los riesgos del darwinismo digital y continúan su curso planeado. Existe una falta de urgencia y cualquier necesidad de cambio es rotundamente rechazada. La cultura de la organización está en contra de los riesgos. Si bien el enfoque digital no es ignorado, no es usado como directriz formal, ya que se prefieren tecnologías y procesos con años de estar probados. Hay poco entendimiento e infraestructura digital. La experiencia del cliente es manejada únicamente por departamentos individuales. La información está seccionada para cada departamento.

¹⁶ Darwinismo Digital: Es el fenómeno que ocurre cuando la tecnología y la sociedad evolucionan más rápido de lo que una organización puede adaptarse a los cambios (Solis, 2015).

Ilustración 4 – Los niveles de la madurez en la transformación digital

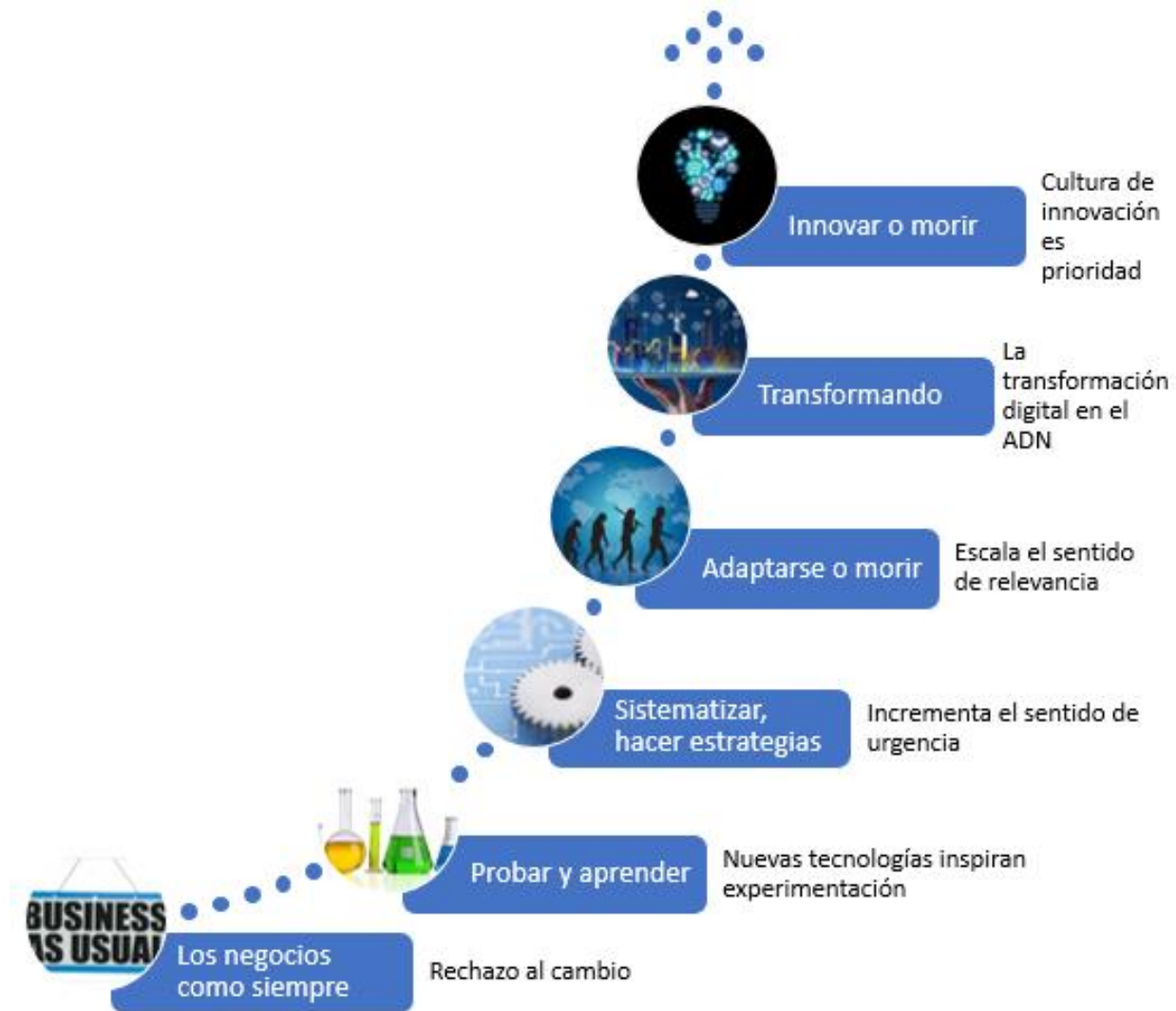


Ilustración propia, basada en Solis, 2015

2. Probar y aprender

Las compañías frecuentemente entran en esta fase debido a que surge un agente de cambio en la organización, quien reconoce que las cosas no funcionan como deberían, u observa que otras compañías utilizan métodos diferentes. Se reconoce que las nuevas tecnologías disruptivas ofrecen oportunidades para probar y aprender. Los agentes de cambio toman acciones de manera descentralizada, lo

que puede generar caos. Los grupos de trabajo aún trabajan en silos, pero incrementan su eficiencia tras la experimentación. La información de las necesidades del cliente es tratada como responsabilidad de un solo departamento.

3. Sistematizar y hacer estrategias

La transformación digital comienza a traducirse inversiones en personal, procesos y tecnología. La organización se vuelve más inteligente, gracias a los agentes de cambio que tienen una visión y trabajan para llegar al objetivo. Se presenta un trabajo en conjunto entre IT y otros departamentos. El conocimiento digital se convierte en un enfoque primario para ayudar a los grupos de interés a convertirse en maestros de estos nuevos dominios digitales. Los equipos buscan proyectos formales para optimizar esfuerzos y recursos, lo que requiere la colaboración de un promotor del nivel ejecutivo. Esto introduce nuevas estructuras de trabajo y se forman equipos interfuncionales.

4. Adaptarse o morir

Se presenta un momento importante para la transformación digital, debido a que esta se ha convertido en un objetivo que toda la organización reconoce y desea. La organización se vuelve más resiliente. Los esfuerzos de la transformación digital se presentan en escala internacional, con objetivos a corto y largo plazo, respaldados por inversiones en infraestructura. Las metas vuelven más ambiciosas y organizadas formalmente. Se introducen nuevas funciones en toda la empresa que tratan mejorar la experiencia de los clientes, entre las que se encuentran el *Customer Relations Management*, *Governance*, etc. Los contenidos son optimizados para cada canal en la empresa. El conocimiento digital es imperativo en la mayoría de la organización. Las inversiones en IT proveen resultados mediante el monitoreo del desempeño de la organización y detección de distintas áreas de oportunidad.

5. Transformado y transformando

La transformación digital ya es parte del ADN de la compañía y se presenta de manera constante, dando como resultado una reformatión a la empresa, creando nuevos modelos y estándares de operaciones, beneficiando al personal, al proceso, la tecnología y las funciones. La organización opera de manera unificada y la transformación digital es encabezada por una autoridad gobernante. Cada unidad de negocio de la compañía gestiona aspectos de la transformación digital de manera local y hacia toda la empresa. IT y otras funciones invierten en infraestructura dinámica y sofisticada para empoderar los nuevos modelos. Nuevos productos y servicios son desarrollados como resultado de la transformación. El liderazgo trasciende al establecimiento de una nueva agenda alrededor de la cultura organizacional, la misión y la visión.

6. Innovar o morir

La cultura de innovación prevalece. Los nuevos modelos, roles e inversiones se dirigen para acelerar la transformación e identificar nuevas oportunidades no convencionales de crecimiento. Los grupos de trabajo, dedicados con anterioridad a la transformación, se enfocan a la innovación y la disrupción. Se forman centros de innovación para reclutar nuevo talento e identificar oportunidades de tecnología e inversión. La organización está soportada por una gestión más horizontal, en vez de manera jerárquica. La generación de ideas forma parte del día a día de la estructura gerencial. Se espera que los empleados contribuyan al progreso y los gerentes son medidos por su habilidad de identificar y atacar oportunidades. Se ofrece educación superior para promover la adquisición de nuevos conocimientos y mantener la formación de los empleados dentro de las necesidades

cambiantes de la organización digital. Se plantea la inversión o adquisición de startups¹⁷ (Solís, 2015).

Tabla 1 – Etapas de la madurez de la transformación digital

Etapa	Cultura corporativa	Digitalización de procesos	Infraestructura digital	Sistemas informáticos	Modelos de trabajo	Orientación hacia el cliente
1 Los negocios, como siempre	Ignora riesgos y oportunidades. Falta de urgencia. Rechazo al cambio.	Sólo como mecanismo de optimización.	Falta de infraestructura digital. Uso de tecnologías viejas y/u obsoletas	Sistemas ad hoc a necesidad de un depto. Datos separados para cada canal	Procesos fragmentados.	Falta de visión a lo largo de la organización. Sólo manejada por un depto.
2 Probar y aprender	Se reconocen oportunidades. Cambios no organizados.	Se comienza el mapeo digital de procesos. Experimentación de procesos digitales.	Experimentación con nuevas tecnologías digitales	Los datos aún se encuentran en silos. Se comienzan a experimentar sistemas.	Experimentos digitales aislados sin colaboración. Trabajo en silos.	Poco entendimiento del cliente conectado.
3 Sistematizar y hacer estrategias	Organización más inteligente. Comienzan cambios formales. Conocimiento digital con enfoque principal. Innovación es principal.	La transformación está en los objetivos de negocio. Programas piloto de nuevos procesos.	Inversiones en equipo tecnológico y se forman cooperaciones tecnológicas. Programas piloto de nuevas tecnologías.	Bases de datos fundamentales para el entendimiento del estado del negocio. Datos en silos.	Primeras alianzas entre IT y otras áreas. Se forman grupos interdisciplinarios formales. Organización matricial. Se forman nuevas áreas digitales.	Programas piloto para conocer oportunidades y prioridades de satisfacción. Proyectos para entender al cliente digital.
4 Adaptarse o morir	Objetivos a corto y largo plazo. Agentes de cambio en la dirección. Conocimiento digital predominante en la organización.	Nuevas estrategias inician de manera digital, móvil o social. Contenido optimizado para cada canal	Inversiones en infraestructura incluidas en objetivos a corto y largo plazo. Se implementan nuevas tecnologías y procesos digitales.	Inversiones en sistemas ayudan a monitorear desempeño y detectar áreas de oportunidad. Seguridad y privacidad de datos es prioridad.	Nuevas habilidades técnicas mejoran capacidades de colaboradores. Enfoque en innovación permite nuevas formas de organización.	Inversiones formalizadas para mejorar la experiencia del cliente. Enfoque dinámico que se adapta a cambios en tendencias y tecnologías.
5 Transformado y transformando	La transformación digital es el ADN de la compañía. Nuevos modelos afectan procesos, personas y negocio.	Todas las funciones y unidades de negocio manejan aspectos de la transformación digital. Surgen nuevos productos y servicios gracias a la transformación.	Se invierte en arquitectura sofisticada para posibilitar nuevos modelos y procesos.	Permiten la optimización de toma de decisiones y se enfocan en los resultados establecidos en los nuevos modelos digitales. Se rompen los silos de información	Se hacen esfuerzos para transformar el negocio. Surgen nuevos modelos de trabajo basados en las nuevas funciones de IT y tecnología.	La experiencia del cliente es prioridad de los cambios. Toda la organización es responsable por la experiencia del cliente.
6 Innovar o morir	Prevalece la cultura de la innovación. Nuevos modelos y roles aceleran la transformación. Organización más plana y modelo enfocado en decisiones.	Organización completamente digital. El enfoque de transformar procesos cambia a innovar y romper paradigmas.	Se desarrollan nuevas tecnologías en los centros de innovación. Se crean nuevas oportunidades de adquisición e inversión a largo plazo.	La información está disponible para toda la organización, en todo momento. Los sistemas evolucionan en sistemas de toma de decisiones.	Se crean formalmente centros y equipos de innovación. Se establecen centros de innovación alrededor del mundo.	Todos los empleados contribuyen a la mejora de la experiencia del cliente.

Tabla basada en la obra de Solís, 2015

¹⁷ Startup: Eduardo Morelos, director de Startupbootcamp Fintech México define este concepto como: “Es una empresa en su etapa temprana [...] a diferencia de una PyME, se basa en un negocio que será escalable más rápida y fácilmente, haciendo uso de tecnologías digitales” (Dorantes, 2018).

2.6 Estrategias de transformación digital

Para poder alcanzar la madurez digital, es necesario construir una estrategia de transformación o incluir a la transformación digital como una parte central de la estrategia corporativa en cualquier empresa, independiente de la industria o el tipo de actividad económica.

El Instituto *Massachusetts's Institute of Technology Sloan (MIT Sloan)* realizó un estudio en 2015, en colaboración con la empresa consultora Deloitte, sobre las características de las empresas digitalmente maduras, donde se estudiaron a más de 4,800 en más de 129 países y se encontró que las estrategias de transformación digital son las que hacen posible el alcanzar la madurez digital. Este estudio define a las empresas digitalmente maduras como “una organización donde la digitalización ha transformado procesos, compromiso del talento humano y los modelos de negocio” (Kane, Palmer, Nguyen Phillips, Kiron, & Buckley, 2015). A continuación, se describirán los hallazgos encontrados en el estudio del MIT Sloan & Deloitte y se compararán las estrategias de las organizaciones digitalmente maduras que se proponen en dicho estudio, contra las estrategias de la empresa, que se mencionarán en la Sección 5.1 de este documento.

Según el estudio, las características en las que se pueden diferenciar a las empresas digitalmente maduras son: las barreras para desarrollar una estrategia, la visión de la estrategia, la cultura corporativa, el desarrollo de talento y el liderazgo digital. A continuación, se presenta una tabla donde se resumen los hallazgos del estudio de Kane et. al. Posteriormente se explora cada aspecto de las características de una estrategia digital acorde al estudio y se comparan los aspectos correspondientes de la estrategia de la empresa.

Tabla 2 – Resultados del estudio de estrategia según madurez digital

Problemática	Temprana	Desarrollándose	Madurando
Barreras	<i>Falta de estrategia</i> Más de la mitad citan “falta de estrategia” como una de las tres barreras más importantes	<i>Gestionando distracciones</i> Casi la mitad indica que tener “muchas prioridades compitiendo” es una barrera top 3, “falta de estrategia” aún es un reto para un tercio.	<i>Enfoque en seguridad</i> Casi 30% cita la seguridad como una barrera del top 3; gestionar demasiadas prioridades permanece como prioridad importante para el 38%
	<i>Enfoque en el cliente y productividad</i> Aprox. 80% citan el enfoque en la experiencia del cliente (CX) y crecimiento en la eficiencia	<i>Visión creciente</i> CX y crecimiento de eficiencia; más del 70% cita su enfoque en transformación, innovación y toma de decisiones	<i>Visión transformativa</i> Más del 87% cita un enfoque en transformación, innovación y toma de decisiones
Cultura	<i>En silos</i> 34% colaborativa; 26% innovativa comparando con los competidores	<i>Integrando</i> 57% colaborativa; 54% innovativa comparando con competidores	<i>Integrada e innovativa</i> 81% colaborativa; 83% innovativa comparando con competidores
Desarrollo de talento	<i>Interés tibio</i> 19% dicen que su compañía provee recursos para obtener habilidades digitales	<i>Invirtiendo</i> 43% dice que su compañía provee recursos para obtener habilidades digitales	<i>Comprometidos</i> 76% dice que su compañía provee recursos para obtener habilidades digitales
Liderazgo	<i>Falta de habilidades</i> 15% dice que los líderes tienen suficientes habilidades digitales	<i>Aprendiendo</i> 39% dice que los líderes tienen suficientes habilidades digitales	<i>Sofisticado</i> 76% dice que los líderes tienen suficientes habilidades digitales

Traducción, obtenida de Kane et. al, 2015

2.6.1 Barreras

Uno de los principales hallazgos del estudio indica que más del 80% de las organizaciones digitalmente maduras cuenta con una estrategia digital clara y coherente, mientras que sólo un 15% de las organizaciones con una madurez digital en etapa temprana cuenta con una estrategia digital. Además, en el estudio se concluye que el valor de las tecnologías digitales tiene su origen en cómo son integradas por las empresas para transformar sus negocios. A su vez, se encontró que las empresas suelen desarrollar las tecnologías, ya sean sociales, móviles,

analíticas o de la nube, en la misma medida y que las diferencias del nivel de madurez radica en los aspectos de negocio de la organización.

El estudio menciona que es común que las empresas encuentren obstáculos en el camino hacia la madurez digital. La completa falta de una estrategia suele ser una causa de estancamiento en las empresas en etapas tempranas de la madurez digital, así como la gran cantidad de prioridades y la falta de comprensión de estas tecnologías por parte del nivel gerencial. Para empresas en desarrollo, surgen otras preocupaciones como la seguridad informática y la falta de habilidades tecnológicas entre sus trabajadores (Kane et al., 2015).

2.6.2 Visión de la estrategia

Un elemento importante para la creación de una estrategia de transformación digital efectiva es la visión que se plasma en ella. Como menciona Nicholas Carr en su artículo en la revista *Harvard Business Review*,

A menos que una tecnología sea propiedad de una compañía, esta no provee de una ventaja competitiva por sí misma [...] La trampa a evadir es enfocarse en una tecnología como el fin mismo. En su lugar, la tecnología debería ser un medio para potenciar los fines estratégicamente. (Carr, 2003)

Esta afirmación cobra relevancia al observar el resultado del estudio del MIT Sloan, en donde se encontraron que las compañías en etapas tempranas se enfocan en la tecnología en vez de la estrategia y tienen un enfoque operacional. Estas compañías opinan que mejorar la eficiencia y la experiencia del cliente son objetivos de sus estrategias digitales. A pesar de ello, apenas la mitad mencionan que transformar el negocio está dentro de su estrategia digital, a diferencia de las compañías maduras quienes señalaron a la transformación del negocio como la directriz de sus estrategias digitales. La importancia de la innovación refleja en este

caso un alcance amplio de la estrategia, el cual va más allá de las propias tecnologías. Para construir una estrategia digital avanzada, el estudio propone tomar un enfoque tradicional en el proceso de desarrollo (Kane et al., 2015).

Como responde Konsynski en la entrevista “Una predicción: Los negocios necesitan aprender a improvisar”:

El futuro es mejor visto con un arranque inicial. En vez de analizar las capacidades actuales y después trazar los siguientes pasos de la organización, las organizaciones deberían trabajar en el otro sentido, desde una visión al futuro [...] A pesar de que todas las tecnologías disponibles no estén disponibles todavía, probablemente lo estén en los próximos años y la estrategia para tomar ventaja de ellas ya estará establecida. (Konsynski, 2015)

2.6.3 Cultura corporativa en la transformación digital

Phil Simon, autor sobre tecnologías digitales, establece que “hoy más que nunca, los costos de no hacer son mucho más grandes que los costos de hacer. Las acciones decisivas no deberían depender de la exactitud” (Simon, 2014). Según el estudio del MIT Sloan, para hacer una cultura menos aversiva al riesgo, los líderes ejecutivos deben mostrar una mentalidad en donde se reconozca que el riesgo es un prerrequisito para alcanzar el éxito. No obstante, no sólo los líderes deben cambiar la mentalidad, también es importante motivar a los empleados a ser audaces. Para fomentar esto, es probable que las empresas deban tomar acciones, tales como implementar tácticas como la *gamification*¹⁸. Así mismo, el estudio encontró que “contar historias” (*storytelling*) se ha convertido en un método popular

¹⁸ Gamification: Es el uso de elementos de juego y pensamiento de juego en ambientes ajenos al juego, para promover comportamientos deseados o el compromiso (Van den Boer, 2011).

para ganar convencimiento de los empleados y generar tracción organizacional, así como para crear orgullo en la compañía.

En cuanto a la promoción de la innovación, los autores mencionan que, contrario a como se piensa normalmente, la innovación no tiene su origen en destellos de unos cuantos, sino a través de esfuerzos colaborativos entre colaboradores con distintos contextos. Las compañías en madurez reconocen los beneficios de la colaboración y concuerdan en que sus espacios de trabajo favorecen la colaboración, además de que es más probable que las empresas maduras puedan utilizar equipos interdisciplinarios para implementar iniciativas digitales, diferenciándose de las empresas en etapas tempranas de la madurez, donde apenas la mitad de las compañías favorecen espacios colaborativos y sólo el 16% adopta métodos de trabajo interdisciplinarios. Además, en el estudio se discute si la cultura conduce a la adopción de tecnología o viceversa. Entre varias opiniones de distintos autores, se presenta la opinión de un ejecutivo del sector de la manufactura, el cual menciona que “La respuesta debe alinearse con la cultura en general y la dirección que los líderes quieran darle a la compañía” (Kane et al., 2015).

[2.6.4 Desarrollo de talentos](#)

Las organizaciones con madurez digital, según Kane et. al., no toleran las brechas en las competencias de su personal, ya que más de tres cuartos de las empresas estudiadas aseguran que sus organizaciones son capaces de proveer de las habilidades necesarias para alinearse con las tendencias digitales. Una habilidad que las empresas en etapas tempranas carecen muy frecuentemente, es la capacidad de conceptualizar cómo las tecnologías digitales pueden impactar al negocio de la empresa. Otra habilidad crucial es la de adaptarse rápidamente al cambio. Una propuesta de entrenamiento para eliminar las brechas de habilidades es mediante la capacitación en línea, la cual se puede realizar bajo esquemas bajo

demanda y *Just-in-Time*, permitiendo a los empleados buscar el conocimiento cuando y donde lo necesiten.

Otro aspecto importante en el desarrollo del personal es reducir el riesgo de la fuga de talentos. Los autores consideran importante desmentir que la tecnología digital es solamente un juego de jóvenes, ya que en su estudio se demuestra que el 80% de los empleados, entre 22 y 60 años, mencionó que prefieren trabajar para un líder digitalmente competente. Igualmente, los empleados no sólo buscan trabajar para un líder digital, sino también buscan a las mejores compañías y oportunidades digitales. Muchos empleados de empresas con poca madurez digital se mostraron insatisfechos con la postura de su organización con respecto a las tendencias digitales. De esta manera, el estudio determina que para la atracción, desarrollo y retención del talento humano, es muy importante el desarrollo de los componentes de la cultura y el liderazgo de la organización (Kane et al., 2015).

2.6.5 Liderazgo

Con respecto al liderazgo observado en las empresas en madurez digital, el estudio del MIT Sloan muestra que en más de la mitad de las empresas la agenda digital está liderada por una persona con alto grado dentro del nivel ejecutivo o con nivel de vicepresidencia. En estas organizaciones, más del 75% de los empleados confía en las capacidades digitales de sus líderes, a diferencia de empresas en etapas tempranas, donde únicamente 15% de los empleados responden creen que sus líderes tienen el suficiente conocimiento y entendimiento de tecnologías digitales. Sin embargo, la fluencia digital no requiere que los ejecutivos sean usuarios avanzados en las tecnologías. El énfasis está en que los líderes conozcan las tecnologías y el negocio, para poder crear nuevas estrategias y poder influenciar a toda la organización.

Además de las habilidades digitales, la habilidad de escuchar es crucial para el buen desempeño de los líderes en las organizaciones en madurez digital, según se establece en el estudio. Una menor proporción de líderes de las empresas expresaron que ven un riesgo en las tecnologías digitales. Ante esta situación, los autores señalan que no debe ignorarse el hecho de que las cosas buenas para una compañía pueden ser igual de buenas para otra, por lo que al no estar consciente de los competidores existe el riesgo de que estos puedan sobrepasar rápidamente. Escuchar al ambiente y aprender de él es importante para el liderazgo. A pesar de ello, los líderes y empleados también deben acostumbrarse al proceso de escuchar, ya que a veces puede no reconocerse algo de valor, aunque se esté oyendo. Es difícil valorar formas de conocimiento recientemente creadas cuando no se reconoce su existencia (Kane et al., 2015).

Como menciona el profesor Leonardi de la Universidad de California Santa Barbara, tras el experimento que realizó acerca del aprendizaje a ciegas, existe una paradoja entre la habilidad de escuchar y la mentalidad actual de la búsqueda en internet:

Anteriormente se aprendía tras escanear proactivamente el ambiente, sin tener idea de que algo de lo que se escuchara sería útil en el futuro [...] Ahora se busca información y se recolectan datos únicamente cuando se encuentra con un problema y solamente se escucha a la información que lo menciona. (Leonardi, 2014)

2.7 Evolución de la calidad

La búsqueda por hacer las cosas mejor, más rápido y a un menor costo mediante los componentes de una estrategia de calidad: innovación, control y mejora, ha provocado un cambio continuo en los conceptos y métodos de la calidad. Cada etapa es una mezcla de los mejores métodos, prácticas e ideas de las etapas anteriores, más las ideas y prácticas que generan los profesionales de la calidad y

administración. Gutiérrez (2010) menciona cinco etapas del movimiento por la calidad:

1. Etapa de la inspección: Se busca que un producto reúna los atributos que desea el cliente. Tras el inicio de la producción masiva surge la necesidad de responsabilizar a empleados para evaluar la calidad y detectar errores.

2. Etapa del control estadístico: En 1931 Walter Shewhart dio un fundamento científico a la calidad mediante la publicación de *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, dando a conocer las cartas de control. Desarrolló el muestreo de aceptación como sustituto a la inspección al cien por ciento. El conocimiento y metodologías desarrolladas en E.U.A. se trasladaron a Japón, lugar donde la etapa del control estadístico alcanza su plenitud y fue semilla de nuevos conceptos sobre calidad. Deming presenta el ciclo *PDCA (Plan, Do, Check, Act)* e influencia a otros líderes de la calidad como Ishikawa, Taguchi, Shingo, entre otros.

3. Etapa del aseguramiento de la calidad: El concepto de la calidad evolucionó de una perspectiva centrada en la manufactura a una intervención en otras áreas como ingeniería, planeación y actividades de servicio. Adquiere un enfoque más proactivo y aparecen nuevos conceptos. En la década de los 50s Feigenbaum y Juran introducen los costos de la calidad, demostrando que la no calidad aumenta los costos. Además, se publica el libro sobre calidad total, demostrando que la calidad comienza con el diseño. Estas ideas enfatizan la responsabilidad de la administración por la calidad. Ishikawa formaliza los círculos de calidad y Philip Crosby comienza el movimiento cero defectos.

4. Etapa de la administración de la calidad total: En la década de 1980 se tomó plena conciencia de la importancia estratégica de la calidad, de su mejora y la satisfacción del cliente. En 1987 aparecen la serie de normas ISO-9000, con el objetivo de unificar y estandarizar los enfoques de sistemas de aseguramiento de la calidad que hasta la fecha existían. En 1988 Motorola inicia la aplicación del programa seis sigma, con el propósito de mejorar la calidad de sus electrónicos logrando ahorros millonarios. En el año 2000 se reemplaza el sistema de aseguramiento de la calidad por el de sistema de gestión de calidad en las normas ISO-9000.

5. Etapa de reestructurar las organizaciones y de mejora sistémica de procesos en la era de la información: Al final de la década de 1990 se siguen proponiendo enfoques renovados para reinventar a las empresas para que logren sobrevivir en un mundo globalizado. Este contexto de globalización y era de la información ha llevado a que muchas organizaciones líderes se reestructuren. El movimiento por la calidad ha evolucionado hasta profundizar en prácticas directivas, metodológicas y estrategias para impactar la cultura y efectividad de la organización (Gutiérrez, 2010).

No obstante, se puede observar la necesidad de actualizar la lista de las etapas de calidad, considerando los elementos modernos faltantes. En una etapa más reciente, se ha reconocido la necesidad de desarrollar los conceptos del trabajo de calidad para cumplir con las demandas crecientes de información, de la producción en masa completamente personalizada y de la conectividad de los procesos en un ambiente CPS propio de la Industria 4.0.

2.8 Calidad 4.0

La calidad y el aseguramiento de la calidad tienen un gran valor para las empresas que logran el éxito económico. Esto no cambiará con el complejo contexto

de la Industria 4.0, pero presentará nuevos retos y dificultades. Además del aseguramiento de la calidad de los productos físicos y de los procesos, obtendrá una mayor importancia el flujo de la información. Artischewski y Sommerhof han identificado en su documento para la Asociación Alemana para la Calidad (*Deutsche Gesellschaft für Qualität*) 16 puntos o problemáticas clave, en las distintas fases de la calidad: planeación de la calidad, aseguramiento de la calidad y ganancia de calidad.

A continuación, se aclaran las problemáticas dentro de las tres fases de la calidad.

2.8.1 Planeación de la calidad

Según Artischewski & Sommerhof, los procesos de producción actuales que planeados por personas y aplicados en los tiempos de producción automatizada cambiarán para cada producto en la Industria 4.0, debido a la individualización. Para las premisas de planeación se presenta el reto de que no existirá un periodo de inicio como el que se tiene hoy en día en la producción en masa, además de que los procesos de preparación deberán ser automatizados y acelerados. La planeación debe ser asumida por los CPS para lograr la producción personalizada. Así mismo, los parámetros de control en la producción personalizada experimentarán una dinámica previamente desconocida. Junto a los parámetros de producto, proceso y de sistemas, los parámetros de control establecerán un nuevo nivel de influencia en la Calidad 4.0, ya que los cambios rápidos y continuos en la producción pueden representar un riesgo para la calidad del producto. Por lo tanto, se requerirá de una flexibilización, lo cual podría alcanzarse mediante su administración por medio de la nube (Artischewski & Sommerhof, 2014).

Tabla 3 – 16 puntos para la Calidad 4.0

Fase de calidad	Problemática	Necesidad	Propuesta de solución	Requerimientos de solución
Planeación de la Calidad	Premisas de planeación	Automatización de fases de planeación para la producción personalizada	Automatización con Sistemas Cíber Físicos (CPS)	Desglose, descripción y registro de procesos de producción a CPS
	Parámetros de control	Determinación autónoma de parámetros de control	Sistemas de control basados en la nube	Disponibilidad de datos en tiempo real, bases de datos robustas, integridad y seguridad funcional del sistema
Aseguramiento de la Calidad en la Producción 4.0	Interrupción de medios	Disponibilidad de datos análogos de sectores operativos	Integración de datos análogos a bases de datos digitales	Ancho de anda suficiente, infraestructura IT
	Análisis de datos de máquinas	Monitoreo de proceso, alertas tempranas, mantenimiento mejorado	Sensores inteligentes en máquinas, conectados a CPS	Suficiente ancho de banda y capacidad de procesamiento
	Sistemas expertos	Automatización de generación de conocimiento	Creación de sistemas expertos	CPS, Integración de datos históricos, capacidad de procesamiento
	Simulaciones y modelos virtuales	Búsqueda de soluciones óptimas e implementación sin riesgos	Simulaciones y modelos virtuales	Datos en tiempo real, digitalización del sistema productivo
	Medición de la manufactura	Medición en línea al 100%	Sistemas multi-sensores	Rapidez, seguridad, exactitud y flexibilidad en el sistema de medición
	Sistemas de asistencia	Asistencia al trabajador con información oportuna, asistencia CPS	Realidad Aumentada, controles de voz, asistencia física	Establecimiento de límites: información selectiva vs sobrecarga de innovación
	Seguridad ante ataques	Protección de datos de producción y de la empresa, calidad de información sin manipulación	Sistemas de ciber seguridad	Seguridad funcional (accesos)
	Educación continua	Aumento de tareas interdisciplinarias, de control y toma de decisiones de trabajadores	Medidas de educación continua	Fuertes bases de conocimientos en IT, nivel intelectual más alto, interacción hombre máquina

Fase de calidad	Problemática	Necesidad	Propuesta de solución	Requerimientos de solución
Aseguramiento de la Calidad en la Producción 4.0	Tecnologías de identificación	Asegurar almacenamiento e intercambio de información. Seguridad en Colaboración Hombre Máquina (HRK).	Tecnologías biométricas, métodos de identificación digital	Reglamentación de procesos
	Estandarización	Interoperabilidad técnica, seguridad de inversiones, relevancia de mercado	Normativas, condiciones	Reconocimiento oficial de estándares
Ganancia de calidad	Retroalimentación de datos	Optimización de calidad y de proceso, reducción de riesgos y utilización de energía, elaboración de diagnósticos	Retroalimentación en tiempo real	Confiabilidad y calidad de la información, recolección de datos relevantes y buena interpretación de resultados
	VoC en redes sociales	Diálogo con clientes en tiempo real, reconocimiento de deseos y tendencias de clientes	Minería de opinión (análisis de sentimiento)	Bases de datos de canales de comunicación. Reconocimiento de fenómenos semánticos.
	Lean Management	Optimización y uso de potencial de mejora completo. Gestión descentralizada	Ampliación de sistemas Lean Management	Recolección y procesamiento de datos en tiempo real. Sistemas de información integrados
	Sistemas de información integrados	Mejora de consistencia de datos. Estructuración de información	Integración de sistemas informáticos	Infraestructura de IT. Personal capacitado en sistemas informáticos

Tabla basada en la obra de Artishevski & Sommerhof, 2014

2.8.2 Aseguramiento de la calidad en la Producción 4.0

De acuerdo con el documento de la DGQ, el Aseguramiento de la calidad tendrá muchas nuevas oportunidades y nuevos retos gracias a la integración completa de las cadenas de valor horizontales y verticales. Uno de los requisitos indispensables para ello será la prevención de la ruptura de medios, la cual se obtendrá neutralizando los cortes de información análoga en el área operativa y con

bases de datos digitales y estructuradas en áreas superiores. Evitar las rupturas de medios posibilita el análisis completo en tiempo real de datos de maquinaria y monitorear de manera remota la producción y supervisar el mantenimiento. Las operaciones con información en tiempo real, los CPS y los sensores inteligentes requieren una gran capacidad de procesamiento de datos y una conexión con ancho de banda suficiente. El monitoreo de condición y la disponibilidad de la información debe de estar disponible por medio de la red y en los sistemas en la nube, para lograr la descentralización de la gestión de la producción.

También se menciona que el desarrollo de la Industria 4.0 demanda cada vez más la implementación de sistemas expertos, los cuales automatizan el procesamiento y condensación de la gran cantidad de datos, hacen relaciones entre el historial de los datos y los conocimientos aprendidos. Estos sistemas filtran un gran volumen de información y detectan tendencias en poco tiempo, además de construir pronósticos con los datos en tiempo real. Los CPS aprenden entre sí y toman a su cargo los ajustes para una producción *Plug & Produce*¹⁹ automatizada. Mediante las simulaciones y modelos virtuales se analizan y optimizan los costos de los sistemas de producción, al encontrar las soluciones más suficientes con el menor riesgo posible. La realización de modelos a prueba y error se reduce al entorno virtual, reduciendo también los costos.

Las técnicas de medición de la manufactura tienen un lugar especial en el aseguramiento de la calidad. La creciente individualización requiere una medición en línea al cien por ciento con el uso de multi-sensores personalizables e integrables al proceso. Estas técnicas reemplazarán los estudios estadísticos por muestreo. Las tendencias de las técnicas de medición de la manufactura que se presentan en la Calidad 4.0 son la rapidez de los sensores, la seguridad, la exactitud y flexibilidad.

¹⁹ Plug & Produce: De manera análoga al concepto Plug & Play para las computadoras de escritorio, la visión en las fábricas inteligentes es tener líneas de producción con capacidades Plug & Produce, en las que pueden ser integrados nuevos módulos de producción con mínimos o sin gastos generales, incrementando la flexibilidad de producción (BMW, 2017).

La revisión al cien por ciento de un sistema de producción confiable con cero defectos asumirá las labores de documentación y aviso de fallas a proveedores, así como reducir los controles de ingreso de materiales.

Se requiere de sistemas de asistencia para apoyar de manera óptima a los colaboradores al presentarles la información necesaria en el lugar y momento necesarios. Algunas variantes de estos sistemas incluyen controles por gestos, controles visuales y sistemas *Pick-to-Light*²⁰, realidad aumentada mediante *wearables*, así como sistemas de apoyo físico como lo son los exoesqueletos. Los sistemas guiarán al colaborador paso a paso durante la realización de tareas, informando con el conocimiento generado para la detección y reducción de fallas.

Como menciona Diegner, citado por Schlund (2013) “La Fábrica del futuro es tan libre de personas, como las oficinas actuales son libres de papel”. No obstante, el trabajo incluirá de actividades más exigentes para el intelecto humano y conocimientos de IT más avanzados. La formación profesional y la educación continua son necesarias para tener a todo el personal suficientemente capacitado.

En el documento se menciona que uno de los más grandes riesgos que conllevan los sistemas de producción globales y conectados es el peligro de una seguridad insuficiente ante ataques. Deben prevenirse la modificación y eliminación indebida de datos y las debilidades de los flujos de información, para conseguir una calidad inmune a la manipulación y asegurar la protección de la información de la empresa. Las tecnologías de identificación inteligente serán necesarias para resguardar, modificar e intercambiar información. Además, las tecnologías de identificación jugarán un rol importante en la logística interna, para coordinar de

²⁰ Pick-to-Light: Es una tecnología de recolección basada en iluminación que provee un método eficiente y preciso para la recolección de materiales sin papeles, almacenamiento u ordenamiento de materiales o de ensamble de productos. Utiliza indicadores LED en los estantes o depósitos de materiales y guía al colaborador para encontrar el depósito adecuado y tomar la cantidad necesaria de materiales (Bastian Solutions Inc., 2018).

manera segura los sistemas de transporte autónomos y propiciar el funcionamiento dinámico de una fábrica donde puedan interactuar hombres y máquinas sin la necesidad de barreras de seguridad. Por último, se reconoce que el requerimiento para la interoperabilidad comunicativa, seguridad de inversiones y relevancia en el mercado es la definición y consenso de estándares y condiciones (Artischewski & Sommerhof, 2014).

2.8.3 Ganancia de calidad

Como indican Artischewski y Sommerhof, la ganancia de calidad se obtiene principalmente con la retroalimentación continua de datos en tiempo real. La información utilizada actualmente sólo para documentación, gestión de reclamaciones y procesos de posventa de aseguramiento de la calidad, ofrece un gran potencial en la Industria 4.0. Esta información apoya a la reducción de desperdicios, optimización de la calidad, reducción de riesgos y mejoramiento de diagnósticos.

La I4.0 está fuertemente orientada al cliente, por lo que la calidad debe estar en el enfoque principal. En la época actual, pueden aprovecharse las redes sociales junto con los métodos tradicionales para la percepción de la voz del cliente, conociendo sus deseos y críticas. La comunicación de una vía se convierte cada vez más en un diálogo en vivo. También se observa un gran potencial de retroalimentación en el contenido generado por el cliente. Sin embargo, el valor potencial de estos canales de comunicación está limitado, debido a los vicios de la comunicación escrita, la cual puede contener diversos errores de ortografía y gramática, así como casos especiales de semántica como la ironía, el sarcasmo, tendencias de corto plazo y abreviaciones. Los métodos y estrategias probadas del Lean Management se mantienen con la Industria 4.0, pero deberán expandirse en las dimensiones de servicios y conectividad para mantener los procesos

descentralizados. Además, la industria inteligente se beneficiará de la información en tiempo real, teniendo más potencial de optimización.

Los sistemas de gestión deben desarrollarse para ser más interactivos, transparentes y amigables al usuario. Esto conduce a un mejor entendimiento de los procesos a nivel empresa. Los sistemas de gestión centrados a las fallas serán aceptados cada vez en menor medida, ya que no se asignarán personas como responsables directos a los sistemas de comprobación con información desactualizada y genérica. Una solución eficiente es la integración de los diferentes sistemas como *Enterprise Resource Planning (ERP)*, *Product Lifecycle Management (PLM)*, etc. a un sistema CPS central (Artischewski & Sommerhof, 2014).

3. Caso de estudio: Situación actual de la empresa

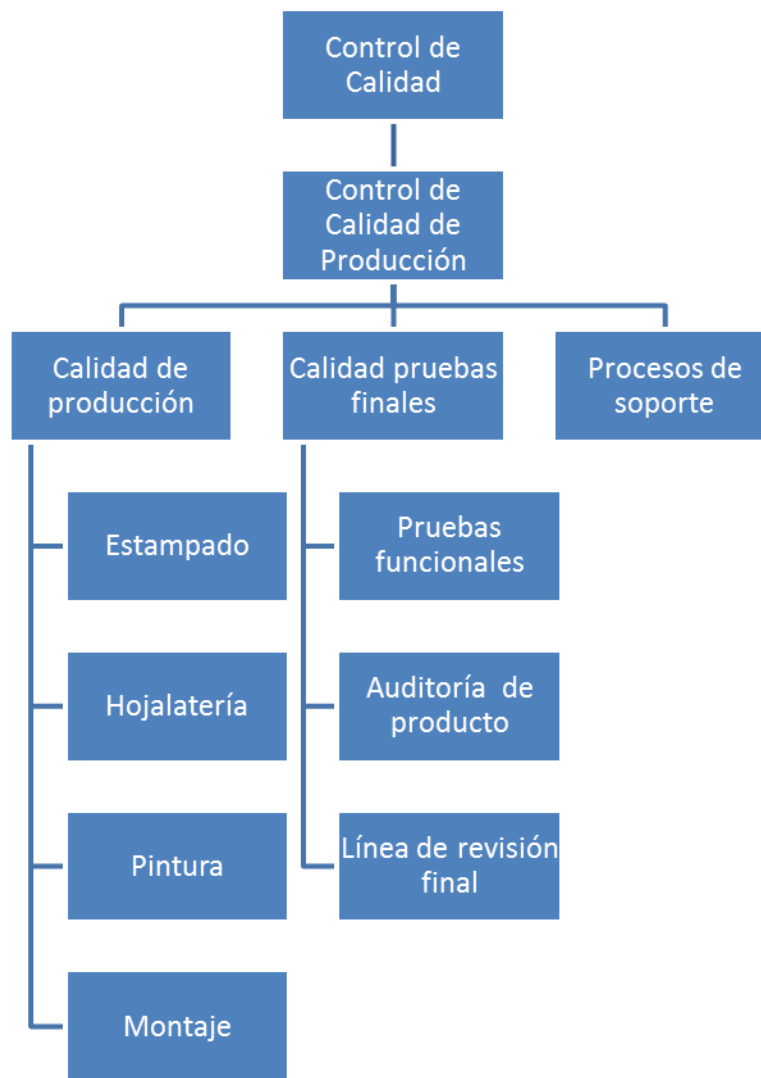
En la planta de producción de una empresa automotriz actualmente se producen 6 modelos de productos, con una capacidad de producción de aproximadamente 2,300 unidades diarias, los cuales se comercializan en el mercado mexicano y se exportan al resto del mundo, principalmente en Norteamérica. La producción en la planta se realiza conforme al sistema de gestión de calidad de la propia empresa, que cumple con los requisitos de la norma VDA 6.1²¹ y la norma ISO 9001:2015²². Además de las normas señaladas, la empresa sigue una estrategia corporativa a nivel global, la cual está dirigida para todas las empresas dentro de su grupo a nivel mundial y la estrategia local.

3.1 Control de Calidad de la Producción (QP)

El departamento de Control de Calidad es el responsable de la gestión de las distintas tareas para la planeación, el control y la organización de acciones correctivas de la calidad en los procesos productivos. Esto se organiza a través de distintas subdirecciones, entre las que se encuentra Control de Calidad de Producción (QP), en la que se administra la calidad de los procesos de las actividades principales de la cadena de producción, como lo son estampado, hojalatería, pintura, ensamble y pruebas finales. En la Ilustración 5 se encuentra el organigrama del departamento de Control de Calidad.

²¹ VDA 6.1: Las normas VDA tienen su origen en la Asociación de la Industria Automotriz Alemana (Verband der Automobilindustrie e.V.). La norma VDA 6.1 está dirigida a las auditorías de proveedores de piezas en la industria automotriz y a la obtención de un certificado de gestión de calidad. (Asociación Española para la Calidad, sf).

²² ISO 9001:2015: El estándar ISO 9001:2015 señala los criterios para un sistema de gestión de calidad. Puede ser utilizado por cualquier organización, grande o pequeña, sin importar su campo o actividad. Está basado en principios de sistema de gestión de calidad, con un enfoque al cliente, la motivación y participación del top management, el enfoque del proceso y la mejora continua (International Organization for Standardization, s. f.)

Ilustración 5 – Organigrama del departamento de Control de calidad

Esquema de propia autoría, basado en la organización del departamento.

En Control de Calidad de Producción se dividen las labores de aseguramiento de la calidad en diferentes gerencias. En primer lugar, está la gerencia de calidad de producción, la cual es responsable de las revisiones de calidad para los procesos productivos de estampado, hojalatería, pintura y montaje.

Así mismo, dentro QP se cuenta con la gerencia de Calidad pruebas finales, la cual tiene bajo su responsabilidad las pruebas de calidad posteriores al término del ensamblado de los productos. Entre estas pruebas se encuentra la revisión post

montaje; pruebas funcionales en donde se examina el desempeño de uso de los productos, así como la verificación del funcionamiento de sus componentes, la auditoría de productos, y la línea de revisión final, donde se revisan las unidades producidas al cien por ciento previo a su salida de la fábrica.

Dentro de la Dirección de calidad se requieren procesos adicionales para asegurar el buen funcionamiento de las labores cotidianas, así como para la correcta administración de los recursos del departamento. Estos procesos de soporte se pueden dividir en tres principales ramas: tecnologías de la información, gestión financiera y capacitación de personal. El proceso de tecnologías de la información gestiona las necesidades tecnológicas de todo el departamento, entre las que se encuentra la gestión del funcionamiento de sistemas informáticos, adquisición de equipo tecnológico, adquisición de licencias de software y gestión de proyectos tecnológicos. Este proceso de soporte trabaja de manera conjunta con las demás áreas de Control de calidad, así como con el departamento de Tecnologías de la información, funcionando como el nexo entre estos departamentos. El proceso de gestión financiera realiza el control de los recursos económicos de Control de calidad, mediante la gestión de inversiones, control de costos, planeación financiera y la planeación del presupuesto. De manera similar al proceso de soporte de TI, la gestión financiera de Control de calidad provee comunicación con el departamento de Finanzas y contabilidad de la empresa. El proceso de capacitación proporciona el apoyo a los distintos subdepartamentos de Control de calidad para gestionar la realización de eventos de capacitación, al trabajar de manera conjunta con el departamento de Recursos humanos de la empresa.

3.2 Información generada en QP

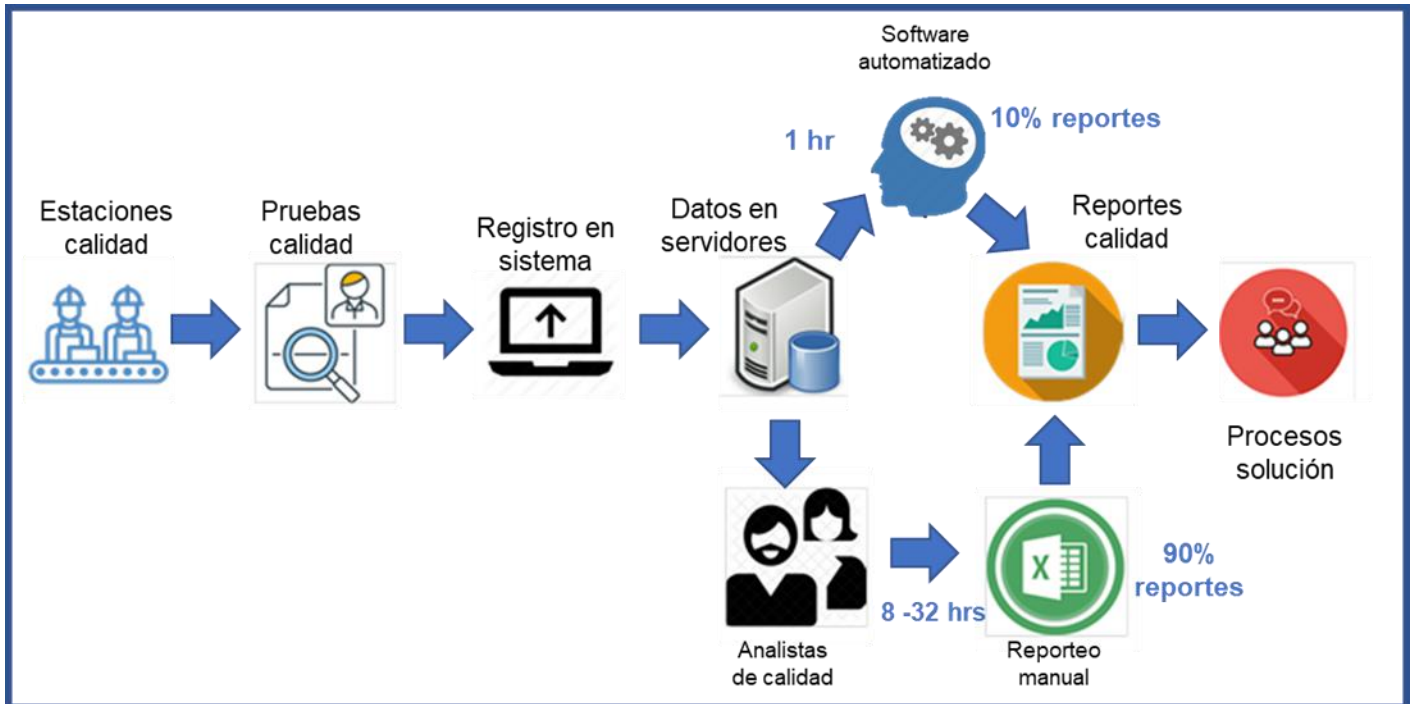
Como se expuso anteriormente, la información de control de calidad de la Producción proviene de la información obtenida en diferentes estaciones de control

de calidad. De manera general, la información del área en cuestión fluye de la siguiente manera:

- Obtención de medidas, parámetros y especificaciones de calidad en estaciones de control en la línea de producción o estaciones de auditoría. La información se registra en un sistema informático.
- Los datos obtenidos en las estaciones de control de calidad se almacenan en los servidores del sistema informático.
- Realización de reportes:
 - A) Los sistemas de información de la producción y de auditoría de producto generan reportes de manera automática, basados en la información que se registra en estos sistemas durante la realización de las pruebas y auditorías de calidad. Ambos producen el 10% de los reportes utilizados en Control de Calidad de Producción.
 - B) Cuando los reportes no están automatizados dentro de los sistemas informáticos (90% de los reportes), el personal de calidad descarga la información para generar reportes mediante hojas de cálculo.
- Con los reportes generados, el personal de calidad analiza la información para tomar decisiones en cuanto a los resultados de los indicadores de calidad. Para esta tarea se utilizan herramientas estándar del consorcio para la solución de problemas, con las que participan otras áreas dentro de la dirección de calidad, además de la colaboración por parte de la Dirección de producción.

En la Ilustración 6 se puede observar el esquema del proceso descrito anteriormente:

Ilustración 6 – Esquema de flujo de información de Control de calidad de producción



Esquema de propia autoría

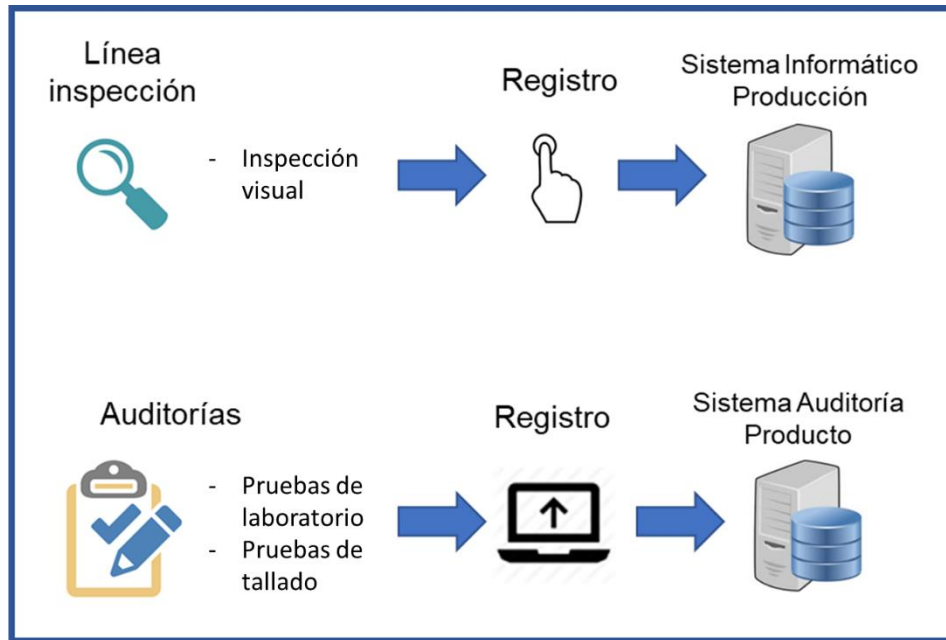
3.2.1 Calidad estampado

En el departamento de calidad estampado se controla la calidad de la producción de partes metálicas, las cuales se ensamblarán en el proceso de hojalatería, además de producirse partes para refacciones y partes metálicas que se utilizan para su ensamble en otros sitios de producción.

En este departamento se hacen diferentes pruebas de control de calidad entre las que se encuentran: revisiones al cien por ciento de las partes producidas mediante el uso de herramientas de detección e inspección visual; auditorías de superficie, que consisten en pruebas de una muestra de las partes estampadas

mediante las técnicas de tallado y de aceite en cabina de luz; mediciones de control mediante el uso de dispositivos *gauge*²³ y pruebas de muestras de láminas en el laboratorio de calidad de estampado, donde se verifican las propiedades mecánicas de las partes producidas.

Ilustración 7 – Calidad estampado



Esquema de propia autoría

3.2.2 Calidad hojalatería

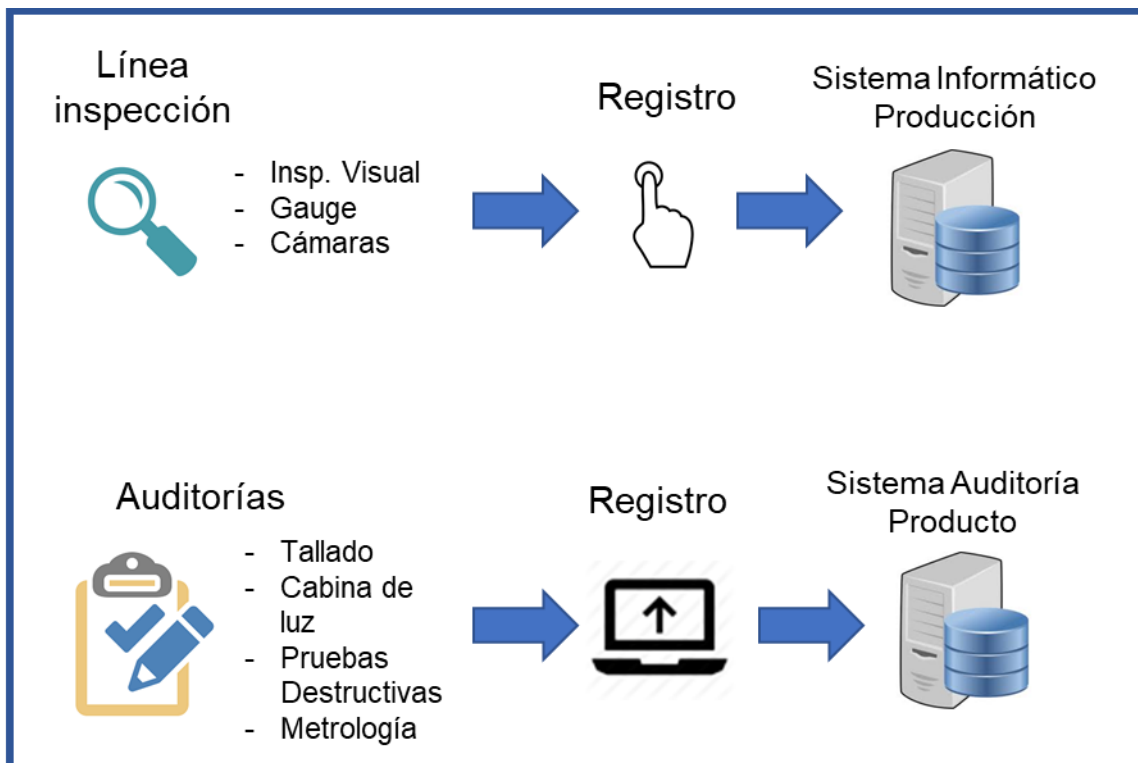
La gerencia de calidad hojalatería, realiza pruebas de calidad en la construcción de los sub-ensambles, los cuales se arman por procesos de unión como soldadura y adhesión. Las pruebas se realizan en la Estación de calidad 1. En este punto se efectúan auditorías a muestras de sub-ensambles de hojalatería contruidos, las cuales consisten en búsqueda de defectos mediante técnicas de tallado, de medición con dispositivos *gauge*, medición de dimensiones y de función

²³ Dispositivo *gauge*: Dispositivo usado para realizar mediciones o para mostrar información dimensional (Talman, 2009).

dimensional, así como pruebas destructivas para la medición del sellado y la resistencia de las uniones del sub-ensamble. Tras las pruebas de calidad de hojalatería, se registran los resultados de las auditorías en el Sistema de auditoría de producto, mediante una interfaz del sistema.

De manera adicional, se utilizan otros sistemas informáticos desarrollados por el consorcio para la verificación de especificaciones del proceso y del producto. Para la revisión al cien por ciento del cumplimiento de las especificaciones de puntos de soldadura y otras uniones, se utilizan soluciones tecnológicas como cámaras con reconocimiento de imagen. Así mismo, se realiza seguimiento a los resultados de las auditorías tras calcular los KPI de los objetivos del departamento.

Ilustración 8 – Calidad hojalatería

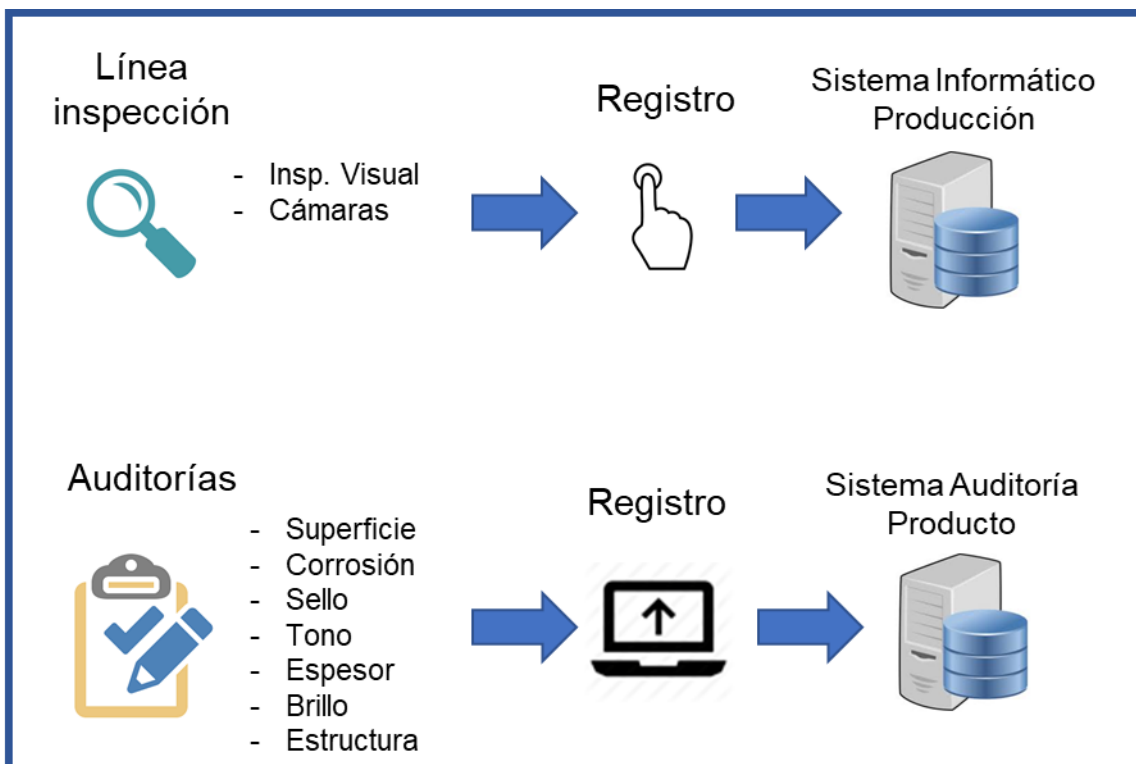


Esquema de propia autoría

3.2.3 Calidad pintura

En el departamento de calidad de pintura, se auditan los procesos intermedios y los resultados finales tras el proceso de pintura. Dentro de las auditorías intermedias, se verifica el cumplimiento de las especificaciones de la aplicación de químicos mediante el uso de equipo especializado y la inspección visual. En cuanto a las auditorías de producto, se realizan pruebas a muestras de carrocerías pintadas para verificar el cumplimiento de las especificaciones de función y pruebas de corrosión, además de probar los parámetros de apariencia de la pintura, los cuales incluyen el espesor, tono, brillo y estructura de la pintura. En la Estación de calidad 2, se realizan auditorías de acabado superficial, así como auditorías de corrosión, con base a estándares del grupo. Los resultados de estas auditorías se registran en el sistema de auditorías de producto, de manera similar a las auditorías de hojalatería.

Ilustración 9 – Calidad pintura



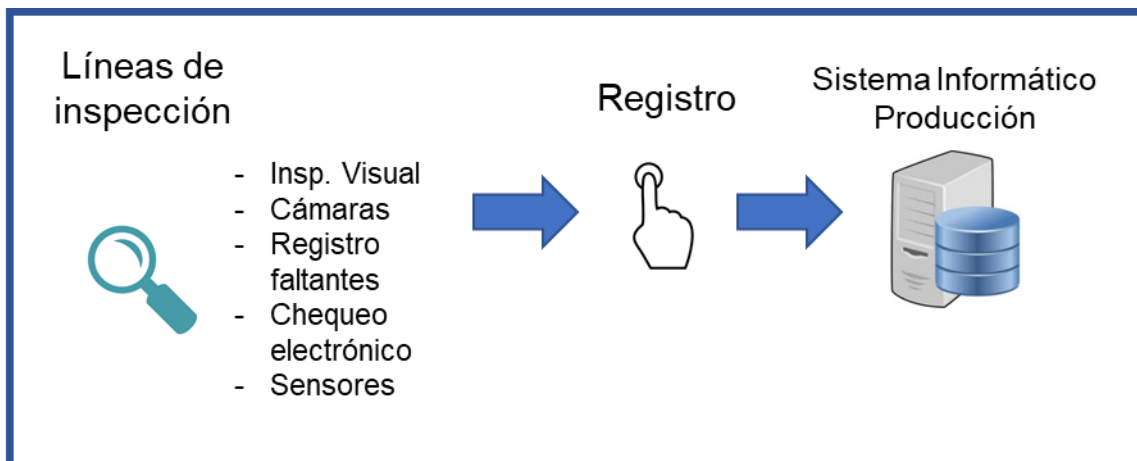
Esquema de propia autoría

3.2.4 Calidad ensamble

En calidad ensamble, se efectúan controles de calidad a las tareas de montaje de los productos. Con ayuda del Sistema informático de producción, se registran los resultados de las verificaciones de operaciones de unión, la revisión de componentes en el ensamble, así como de las fallas en los componentes y demás fallas en general durante el ensamble. Además, se realizan verificaciones electrónicas y de función a los diferentes sistemas que están integrados al producto.

Los mecanismos de registro de la información en el proceso de montaje son diversos. Se presenta una combinación entre mediciones automatizadas por sensores y equipo de chequeo automático, entrada de datos mediante estaciones fijas con conexión al servidor de datos del sistema de información de producción en puntos definidos, así como con el uso de dispositivos móviles con conexión al servidor del sistema de información de producción. Las opciones para el registro de la información pueden variar desde el uso de listas de verificación, hasta el uso de diagramas electrónicos de detección de fallas.

Ilustración 10 – Calidad ensamble

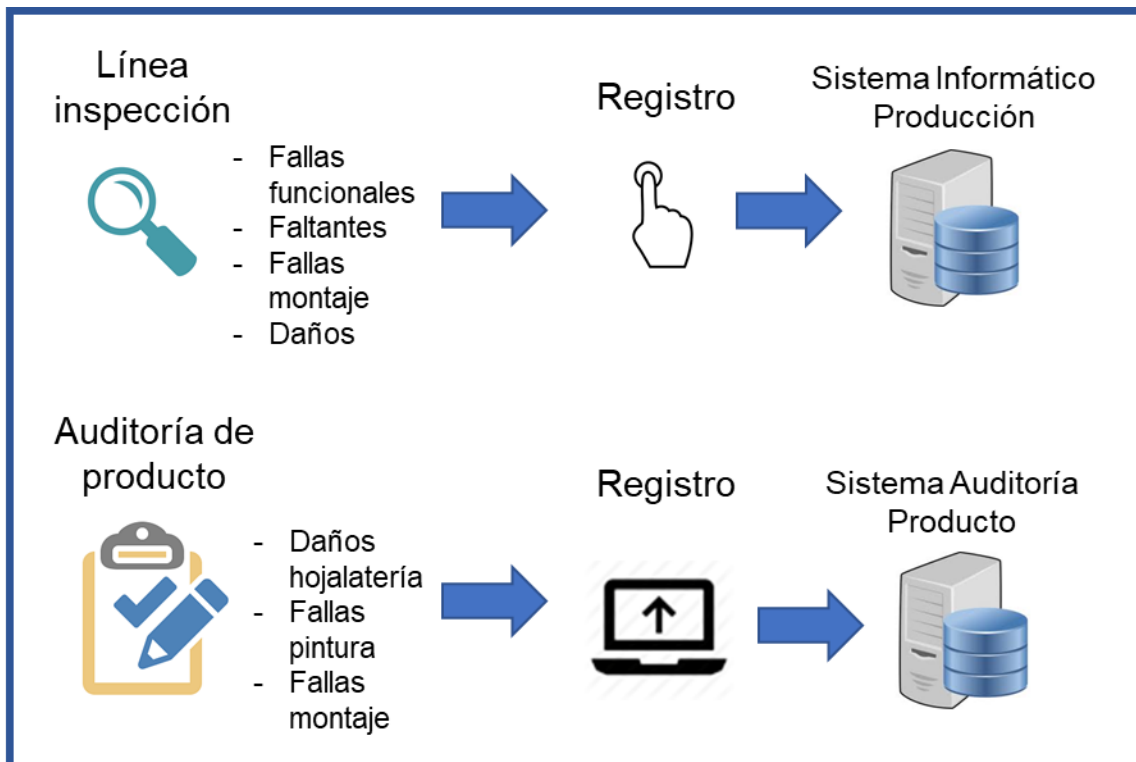


Esquema de propia autoría

3.2.5 Calidad pruebas finales

El departamento de Calidad pruebas finales gestiona las pruebas que se realizan a los productos tras haber finalizado el montaje. Las pruebas finales

Ilustración 11 – Calidad pruebas finales



Esquema de propia autoría

incluyen revisiones por completo de los productos, pruebas de función, auditorías rápidas de producto y ajustes de fallas. Para la realización de estas pruebas se utilizan cuatro estaciones de pruebas. Durante ellas se produce información que se registra en el sistema informático de la producción, en el cual se les da seguimiento a las fallas encontradas, se concentra la información de las unidades con fallas y sin fallas. La información producida por calidad pruebas finales es analizada por los analistas de calidad de todas las gerencias, es decir, la información de revisión final retroalimenta a los procesos anteriores a las pruebas finales.

3.2.5.1 Pruebas funcionales

En la sección de pruebas funcionales se verifican las funciones de los sistemas de todos los modelos: sistemas eléctricos, electrónicos, mecánicos e hidráulicos. También se realizan inspecciones visuales para comprobar la presencia de todos los componentes. Tras la prueba de función del ensamble y la revisión de funciones electrónicas, los colaboradores de esta estación de calidad realizan el registro de fallas encontradas en el sistema de información de producción, especificando las fallas según la lista de chequeo.

3.2.5.2 Pruebas de montaje

Posterior a las pruebas funcionales, se comprueba la calidad del montaje y la calidad del sellado, al introducirlo a pruebas de hermeticidad, donde se simulan condiciones de precipitación para encontrar posibles entradas de agua y defectos de montaje. Al salir de la prueba de hermeticidad los especialistas del proceso verifican las fallas encontradas y las registran en dispositivos Handheld o en unidades de información fijas, para ingresar la información al Sistema Informático de la Producción.

3.2.5.3 Auditoría de producto

De manera complementaria a las revisiones de calidad al cien por ciento, se efectúan auditorías finales del producto, tomando una muestra representativa de la producción diaria. Esta auditoría sigue la directriz del grupo de la empresa y permite tomar medidas preventivas y de corrección tras la detección de fallas clasificadas según su severidad. La información obtenida se registra mediante el uso de dispositivos móviles o por computadoras, para ingresarla al sistema de auditorías de producto.

3.2.5.4 Línea de pruebas finales

La línea de pruebas finales es una estación de calidad que inspecciona el cien por ciento de las unidades producidas. Es la última revisión de calidad donde se otorga la liberación final para la distribución y venta de los productos. En este punto las unidades producidas viajan en una banda transportadora, para que un equipo de especialistas de calidad identifique fallas de distintos tipos, como fallas en el acabado de superficie, detección de piezas faltantes, detección de daños a las unidades, fallas en el equipamiento, entre otras. Durante la realización de esta prueba de calidad, también se ejecutan tareas menores de ajustes, en caso de no requerir el bloqueo de la unidad para un proceso de corrección más largo. El registro de los resultados de este proceso de calidad se realiza mediante estaciones fijas, con interfaz gráfica que ayuda a la identificación de las fallas presentes en las unidades. Además, se registra la liberación de las unidades y la información se almacena en el Sistema informático de la producción.

3.3 Sistemas Informáticos QP

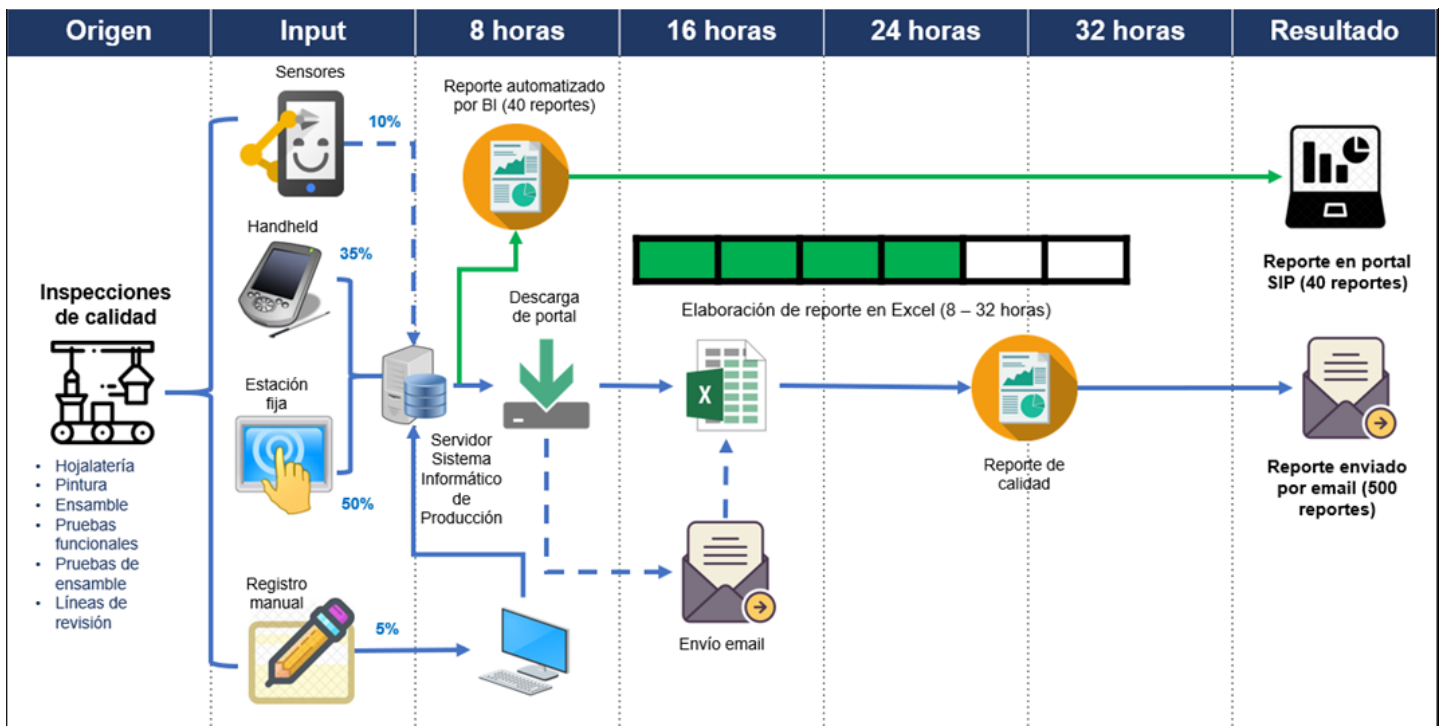
Como se ha mencionado anteriormente, se tienen dos sistemas principales para el registro de los resultados de las pruebas de calidad en la planta de producción. El Sistema informático de la producción, en la que se concentra la mayor cantidad de información y el Sistema de auditoría de producto. A continuación, se describirán ambos sistemas de forma general.

3.3.1 Sistema de Información de Producción

El Sistema de información de producción tiene un papel principal en el área productiva y en los procesos de soporte a la producción. Su principal función es concentrar la información del estado de la producción en todos los procesos de la

fabricación, comenzando desde la planeación y recepción de materiales, la entrega de los productos a los vendedores y su venta al usuario final. Este sistema lleva el control de las transacciones de materiales, del *work in progress*, de los componentes de la producción, los productos finales, las materias primas y también cuenta con funciones de gestión del trabajo, al incluir los tiempos de tactos y las órdenes de producción. El sistema está basado en colaboración con la proveedores de telecomunicaciones y está basado en productos de la empresa de sistemas SAP, funciona en la nube y tiene herramientas de *business intelligence*²⁴ integradas.

Ilustración 12 – Reporteo en Sistema Informático de la Producción



Esquema de propia autoría

De manera complementaria, aprovechando la infraestructura existente para el funcionamiento del sistema y la información disponible acerca de la producción, en el Sistema informático de la producción se registra la información de Calidad de

²⁴ Business Intelligence (BI): Es un término que incluye a las aplicaciones, infraestructura, herramientas y prácticas que posibilitan el acceso y el análisis de información para mejorar y optimizar decisiones y el desempeño de un negocio (Gartner, 2019)

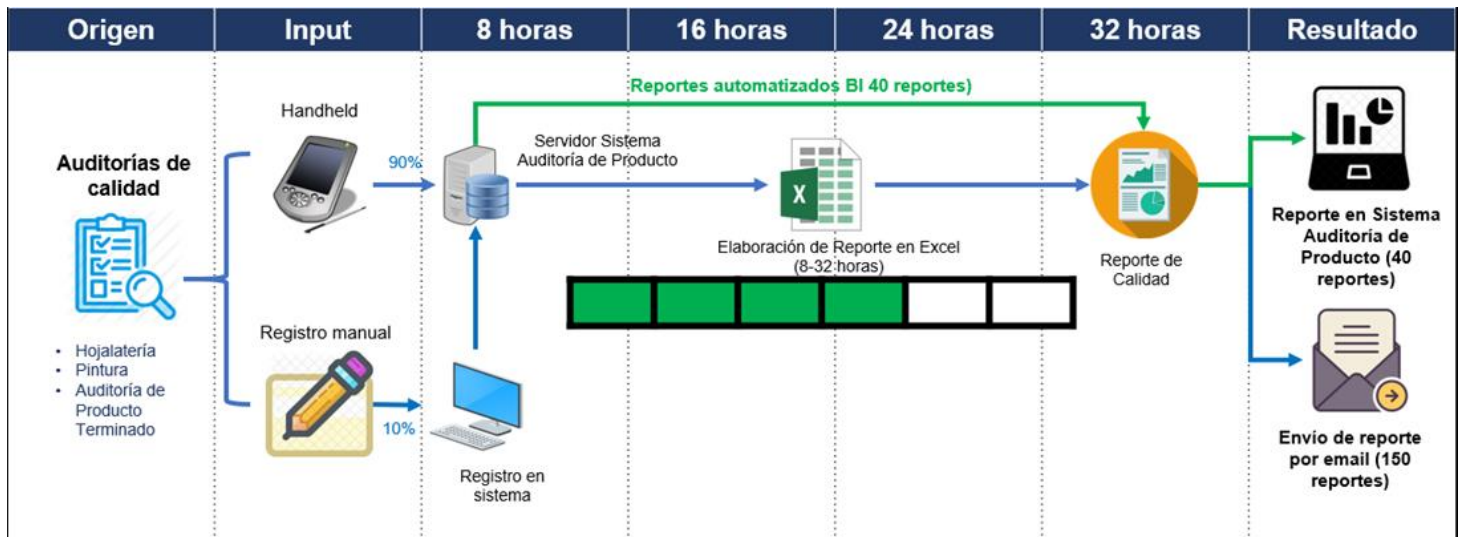
producción. Para emprender las actividades de calidad, se utiliza la información del SIP sobre el ingreso y la salida de unidades con bloqueo (unidades con fallas) y sin bloqueos (sin fallas) a través de los puntos de control de calidad. Para el registro de las fallas, los operadores hacen uso de estaciones fijas con interfaz al sistema o dispositivos móviles, los cuales presentan los árboles de fallas de cada proceso productivo y almacenan los resultados en las listas de chequeo. Además, en las ocasiones que se requiere, en el sistema se registra la ubicación de las fallas con relación a la posición de los ensamblajes o subensamblajes.

3.3.2 Sistema de Auditoría de Producto

El sistema de auditoría de producto es un sistema informático desarrollado por la empresa para la gestión de las auditorías de calidad que se llevan a cabo a lo largo del proceso de producción. Este sistema cuenta con una interfaz de asistencia de auditorías, presentación de resultados y graficador de indicadores, donde se muestran los resultados de las pruebas y fallas recurrentes.

Para las auditorías de los procesos productivos, se puede utilizar este sistema por medio de computadoras o dispositivos handheld. Para almacenar los resultados de la auditoría, los auditores seleccionan las fallas encontradas en el producto, la severidad de las fallas y ciertas condiciones tales como la posición de daños en el producto. El sistema calcula las calificaciones de auditoría y produce reportes predefinidos para cada diferente tipo de auditoría.

Ilustración 13 – Reporteo en Sistema de Auditoría de Producto



Esquema de propia autoría

3.4 Estrategias de la empresa

Para conocer los objetivos generales y particulares de la empresa, así como su plan de acciones en corto, mediano y largo plazo, se consultó el documento de estrategia corporativa. Enseguida se mencionarán los puntos relevantes de la estrategia corporativa con respecto a la transformación digital:

La empresa cuenta con un programa estratégico para los próximos 10 años, en el que se mencionan los objetivos principales a nivel global y por cada región donde el grupo cuenta con centros de producción. Además, se distinguen dos secciones en la estrategia. La primera sección se dirige a todas las empresas de todos los giros y especializaciones dentro del ramo automotriz. La segunda sección está dirigida y realizada en colaboración con cada centro productivo, en este caso, con la empresa en cuestión.

La misión general de la estrategia es hacer el futuro una realidad en la producción y convertirse un líder mundial de los nuevos productos. La estrategia

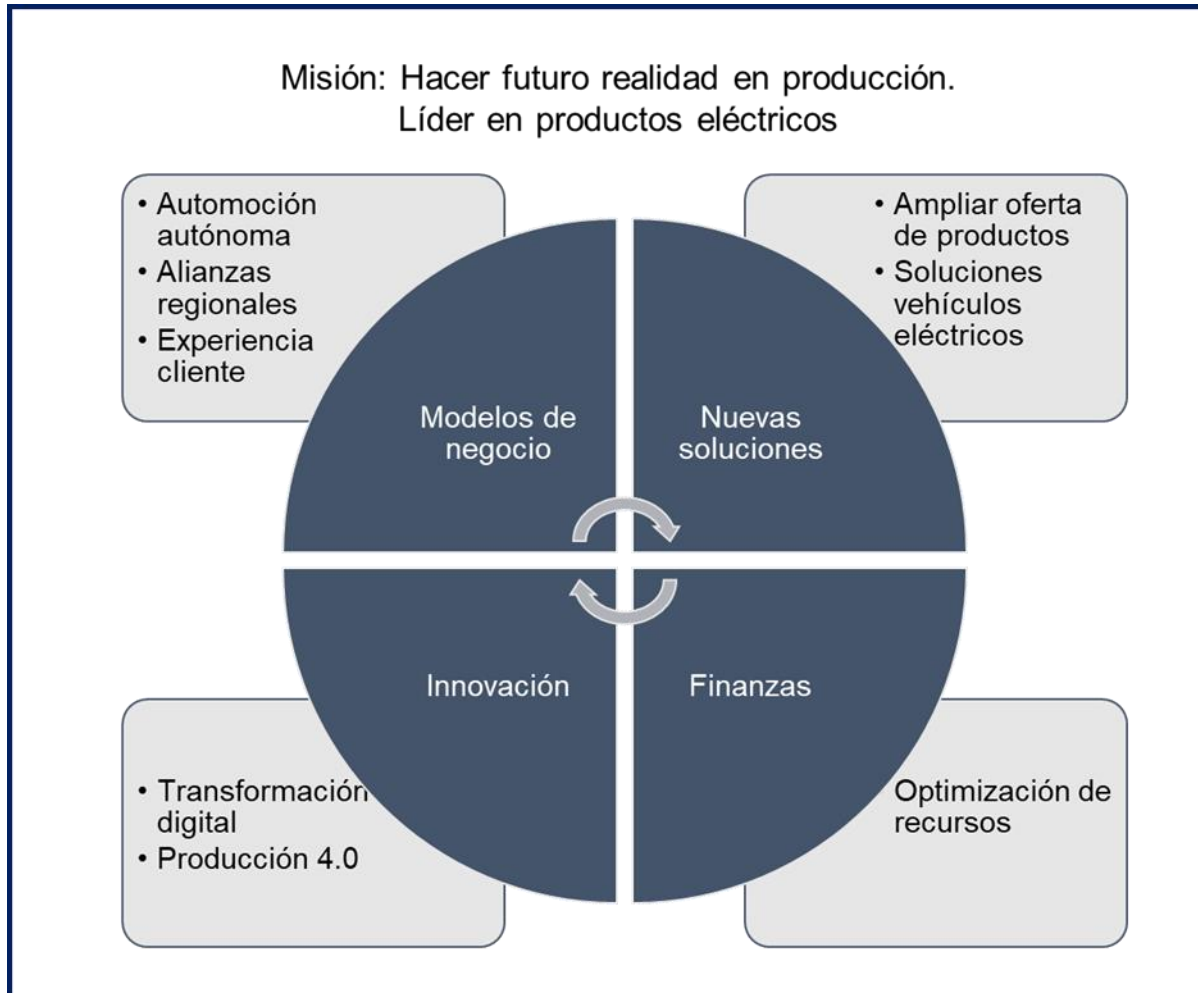
global de la empresa tiene cuatro bases principales, las cuales se enfocan en el modelo de negocio, nuevas soluciones, finanzas e innovación. Para cada base, en se proponen diferentes iniciativas y lineamientos para la propuesta de nuevos proyectos, con las cuales la empresa planea alcanzar sus objetivos. Entre las iniciativas correspondientes al tema de la Transformación digital y la Industria 4.0, se encuentran los siguientes temas:

- **Modelo de negocio:** Las iniciativas que se presentan para esta sección están relacionadas con los temas: “Automóviles con conducción autónoma”, “Alianzas regionales” y “Experiencia del automóvil”.
- **Nuevas soluciones:** En esta sección, las iniciativas están dirigidas a ampliar la oferta de productos para aumentar la atraktividad de nuevos clientes.
- **Finanzas:** Las iniciativas se relacionan con la optimización financiera de las operaciones.
- **Innovación:** Las iniciativas para la innovación de la empresa, se refieren a la impulsión de la transformación digital y a la creación de una organización en el contexto de la Industria 4.0.

Adicionalmente, una parte importante de la estrategia global de la empresa es promover el desarrollo tecnológico para liderar el movimiento global de electrificación de la auto-movilidad en los próximos diez años, así como la expansión de las capacidades de la empresa, por lo que se prevé la integración de una gran cantidad de especialistas en software en esta estrategia. Un ejemplo de una solución y modelo de negocio nuevo y de alianzas estratégicas regionales, se tiene

la alianza con un proveedor de IT para el lanzamiento de un modelo de negocio de *Ride Hailing*²⁵, el cual ya tiene más de 50 millones de clientes en todo el mundo.

Ilustración 14 – Estrategia global de la empresa



Esquema de propia autoría, basado en la estrategia global de la empresa

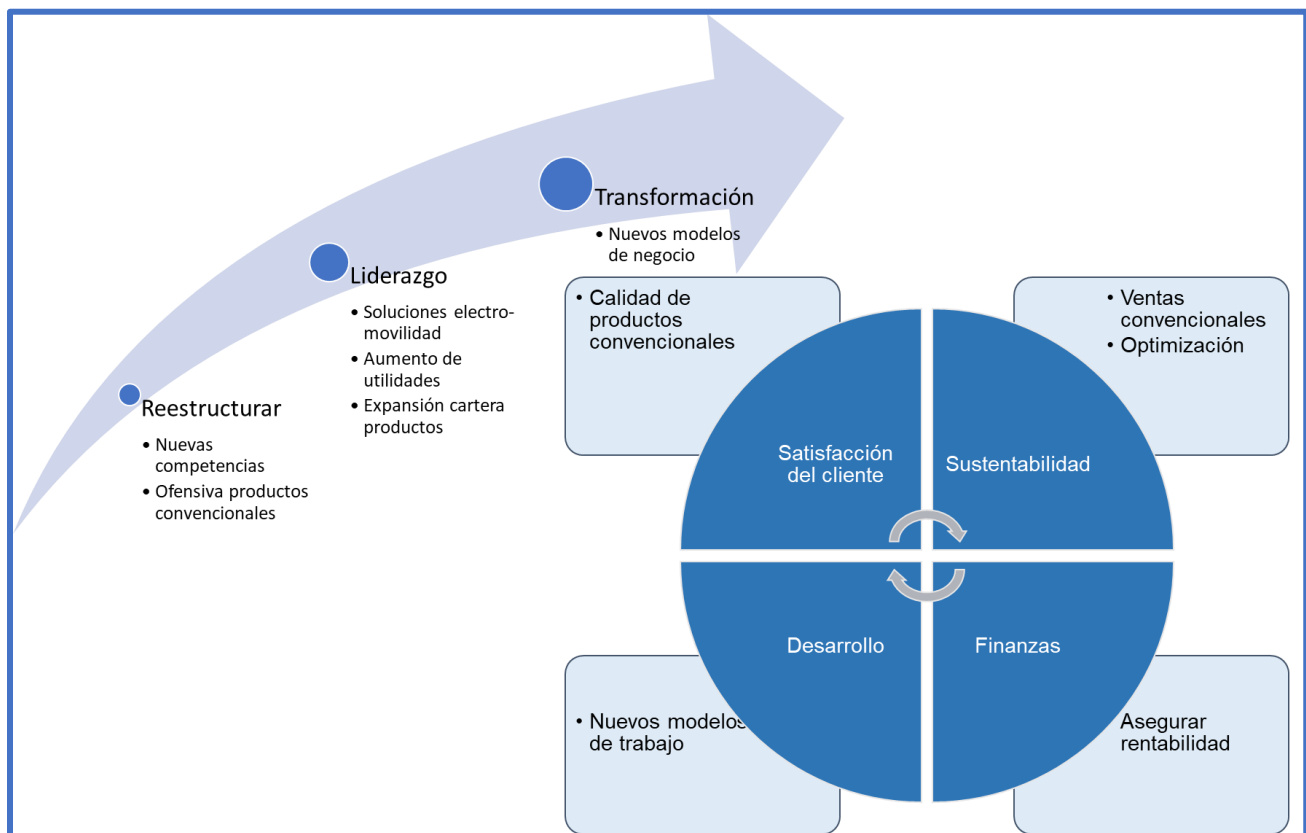
En cuanto a la estrategia local de la empresa, se definen las directrices clave para el logro de los objetivos del centro de producción en México. Para poder establecer estos objetivos, la empresa tomó en cuenta las tendencias globales de la industria automotriz: conectividad, manejo autónomo, electrificación de la

²⁵ Ride Hailing: Actividad de solicitar un automóvil y un conductor para viajar inmediatamente y dirigirse a un lugar, o contratación de un servicio que permite realizar esta acción (Cambridge University Press, 2019)

movilidad y la movilidad compartida. A su vez, la estrategia tiene cuatro áreas estratégicas, las cuales se basan en los principios de satisfacción del cliente, finanzas, sustentabilidad y desarrollo del equipo de trabajo.

Esta estrategia está programada para desarrollarse en tres fases: en primera instancia, se reestructurará a la empresa para el lanzamiento una ofensiva de nuevos productos convencionales. En segundo lugar, la empresa buscará posicionarse como líder en su giro, ofreciendo soluciones para la electro-movilidad, aumentando sus utilidades y creciendo su cartera de productos. Finalmente, en la mayor fase de transformación, la empresa buscará generar nuevos modelos de negocio.

Ilustración 15 – Estrategia local de la empresa



Esquema de propia autoría, basado en la estrategia local de la empresa

Como puede observarse, en ambas estrategias de la empresa, se tiene un gran enfoque en el desarrollo de nuevos productos innovadores, se hace énfasis en la optimización financiera operacional para asegurar la rentabilidad y se plantea al cliente en un lugar principal dentro de la estrategia. No obstante, la estrategia local de la empresa establece a la generación de nuevos modelos de negocio en un futuro más distante y se enfoca a los productos del modelo de negocio tradicional al corto plazo.

En los aspectos de las estrategias de la empresa que competen al departamento de Control de Calidad de Producción, es de principal importancia el enfoque a los productos de negocio convencional en el corto plazo, para poder cumplir con las directrices establecidas en la base de satisfacción al cliente. Así mismo, las iniciativas de optimización operacional forzarán al departamento a desarrollar modelos de trabajo que logren obtener mejores resultados para evitar gastos de retrabajos y de reclamaciones de clientes, a planear cuidadosamente las inversiones en nuevas tecnologías, sistemas informáticos, equipos para pruebas, etc.

4. Caso de estudio: Evaluación de la transformación digital en QP

En el capítulo anterior se describió, en términos generales, el funcionamiento de control de calidad de los procesos productivos, la información de calidad que se produce y el flujo a través de los sistemas informáticos. A continuación, se presentarán las conclusiones que se obtienen de dichos hallazgos, con relación al nivel de la madurez de la transformación digital en Control de calidad de producción.

La información principal que se identifica en los puntos de control de calidad se resume en el porcentaje de las unidades en orden (sin fallas) y unidades no en orden (con fallas) que se detectan en los diferentes puntos de control de calidad, así como las fallas que se presentan, es decir, datos cuantitativos que se pueden ver en el Sistema Informático de la Producción, así como datos cualitativos que describen las fallas que se presentan. Además, en las auditorías se producen datos cualitativos de las fallas encontradas en las pruebas de auditorías, de las cuales se producen datos cuantitativos al calcular parámetros de los resultados de auditorías.

4.1 Herramientas tecnológicas en pruebas de calidad

En cuanto a las implementaciones tecnológicas que se observaron en las pruebas de control de calidad, se hace uso instrumentos de medición para las pruebas de calidad, con distintos niveles de sofisticación tecnológica.

4.1.1 Instrumentos digitales individuales

Estos instrumentos portables se utilizan en mayor medida para las auditorías de calidad y son la herramienta principal en estas pruebas. En el departamento QP se identificó el uso de instrumentos de medición tales como calibradores digitales

para la medición de dimensiones, equipo para la medición de corrosión como potencióstatos, equipo de ultrasonido para las pruebas destructivas de soldadura, medidores de tono y de espesor para las pruebas de calidad de pintura, entre otros.

Ilustración 16 – Calibrador digital



Obtenido de Getty Images, 2019

Ilustración 17 - Ultrasonido



Obtenido de Getty Images, 2019

Ilustración 18 – Medición espesor pintura



Obtenido de DepositPhotos, 2019

4.1.2 Centro de control integrado a línea de producción

Existe una gran cantidad de unidades de control instaladas en las líneas de producción, especialmente en aquellas líneas donde existe un mayor grado de automatización de procesos, como el de hojalatería, donde se utilizan robots de soldadura y un sistema automático de transporte de producto en proceso y en el proceso de pintura, donde también se hace uso del sistema automatizado de transporte. También en estaciones de procesos químicos automatizados: en tinas de lavado, aplicación de químicos y aplicación de pinturas. Estas unidades de control proveen información del estado de los procesos, tales como los parámetros reales de la maquinaria; mediciones de propiedades físicas del ambiente como temperatura del aire, presión y temperatura de otras sustancias químicas; mediciones de cordones de soldadura, de aplicación de sellos, y de propiedades químicas, tanto de los insumos de producción y los materiales del producto en proceso. No obstante, estas medidas se almacenan principalmente para medir indicadores de ritmos de producción y evitar paros de línea. Para poder hacer uso de esta información en aspectos relacionados con el control de calidad, hace falta una conexión de estas unidades de control con los sistemas de calidad con conectividad en tiempo real, así como llevar a cabo la integración de la información de estas unidades de control en los sistemas anteriormente mencionados.

Ilustración 19 – Centro de control integrado



Obtenido de Dreamstime, 2019

4.1.3 Instrumentos digitales conectados

Para la verificación de componentes electrónicos en los sub-ensambles y la verificación del funcionamiento de los sistemas electrónicos, se hace uso de instrumentos desarrollados por la empresa en conjunto con proveedores de servicios de tecnologías de la información. La información obtenida con estos aparatos se encuentra conectada e integrada a los servidores informáticos de la empresa. La obtención de resultados con estas herramientas se realiza de manera automatizada y se puede visualizar en plataformas de intranet. Algunos de estos sistemas informáticos cuentan con herramientas de análisis de información y de *business intelligence*. No obstante, es común encontrar que la información producida con estos instrumentos se distribuya a varios sistemas informáticos, entre los que puede no existir una interfaz y para su análisis debe descargarse la información de manera manual y construir hojas de cálculo.

Ilustración 20 – Instrumento digital conectado

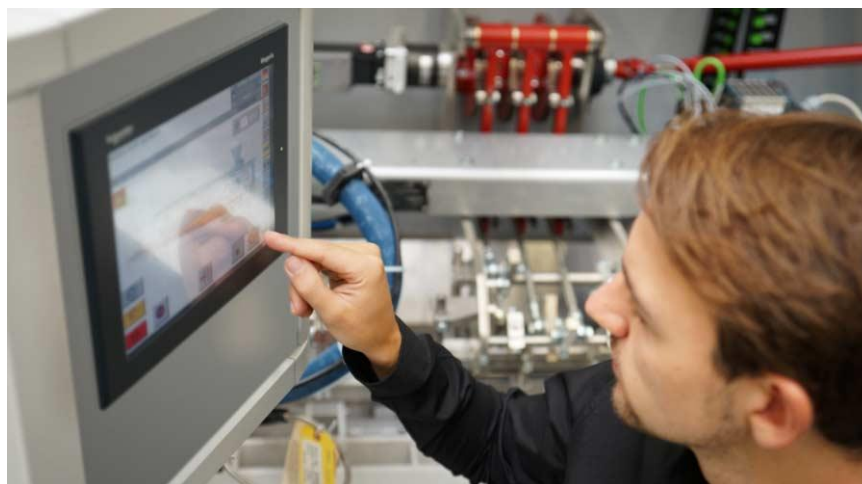


Obtenido de Alamy, 2019

4.1.4 Terminales de información fijas

Las terminales fijas están ubicadas en varias secciones a lo largo de las líneas de producción. Estas estaciones cumplen diferentes funciones, dependiendo del proceso productivo en el que se encuentran y de la necesidad de información en la estación. El uso de estas terminales para fines del control de la producción se refiere a sistemas de asistencia para los operarios de operaciones clave, como el atornillado con características críticas, proporcionándoles información acerca del estado del proceso y las operaciones pendientes en el proceso de producción. En el caso de las estaciones fijas para el control de calidad, se utilizan para el registro orientado de fallas. El registro de las fallas se realiza a través de una esquema en el que los operarios pueden elegir entre las listas de fallas que se identifican en el punto de control de calidad. En caso de no presentarse ninguna falla, en las estaciones fijas de calidad también se ingresan las unidades producidas sin fallas y se realizan labores de registro de información para la liberación de las unidades al siguiente proceso, o en su defecto para la liberación del producto terminado. La información que se produce con las terminales móviles se almacena y procesa en línea en el sistema informático de producción.

Ilustración 21 – Terminales fijas



Obtenido de Schneider Electric, 2019

4.1.5 Dispositivos *handheld* (móviles)

Los dispositivos *handheld* utilizados cuentan con distintas funciones para registrar información en el sistema informático de la producción. Estos cuentan con lector de códigos de barra, pantalla táctil a color, conexión de red inalámbrica, teclado, e incluso los dispositivos más recientes incluyen una cámara fotográfica, aunque esta no es utilizada con frecuencia. El objetivo del uso de los dispositivos para el control de calidad es el registro de las fallas y la liberación de las unidades sin falla en ambientes productivos donde los operarios requieren tener movilidad para poder realizar sus tareas. De manera similar a las estaciones fijas, el registro de las fallas se efectúa a través de listas de verificación y árboles de fallas registrados en el sistema informático, los cuales se presentan en el dispositivo móvil de manera simple. Además, existen otros dispositivos similares, los cuales se conectan a un sistema informático de verificación electrónica, el cual proporciona información adicional acerca de condiciones del ensamblado de componentes electrónicos. A su vez, se utilizan para el control de la producción del montaje y para el control de la calidad de las partes entregadas por proveedores.

Ilustración 22 – Dispositivo handheld



Obtenido de Biztech Africa, 2013

Con los dispositivos tecnológicos mencionados anteriormente, se observa que la planta de producción cuenta con un nivel tecnológico elevado, además de tener procesos de captura de información bien definidos y se logra cubrir una amplia

variedad de datos relevantes acerca del control de la calidad y del control de la producción. Sin embargo, la cantidad de sistemas informáticos que se utilizan es grande, además de que se presentan en silos, es decir, la información se encuentra separada y aislada, lo que provoca que la información esté “oculta” entre los distintos departamentos y se inhibe el potencial de análisis de información.

4.2 Madurez de Transformación digital en Control de Calidad de Producción

En el modelo de madurez de transformación digital presentado por Solís, se tienen seis etapas. Las principales características en las que se diferencian las etapas entre sí, son la cultura corporativa con respecto a la resistencia al cambio y la actitud ante los riesgos que trae consigo la transformación digital; el nivel de digitalización que se observa en sus procesos productivos y administrativos, la sofisticación digital de la infraestructura tecnológica a nivel de hardware y dispositivos móviles; la complejidad de los sistemas informáticos utilizados y su aplicación efectiva en los procesos de control de calidad; la aplicación y el correcto funcionamiento del trabajo interdisciplinario dentro de la empresa para afrontar las tareas cotidianas y por último, que es el factor principal de la transformación digital, la importancia que tiene la orientación hacia al cliente en todos los departamentos y procesos de la empresa.

El cumplimiento de estas características fue evaluado con base en las observaciones de la empresa automotriz. A continuación, se explorará detalladamente el nivel de madurez de transformación digital que se tiene en la empresa:

4.2.1 Cultura corporativa

Nivel 4: Con respecto a la cultura corporativa de la empresa automotriz, se encontró que el personal está consciente de la importancia de la utilización de tecnologías de la información y se observa que los empleados comienzan a tomar la iniciativa en proyectos de digitalización. Por parte de la gestión ejecutiva, se tiene a la transformación digital como un objetivo primordial a largo plazo, como se describió en el capítulo 3.4. De manera general, se toman pocos riesgos durante la planeación de proyectos de largo plazo y que signifiquen un cambio radical a los procesos actuales, siempre y cuando los proyectos no sean indicados por iniciativa de la matriz de la empresa. Se promueve constantemente la capacitación del personal y estos reconocen la importancia de la mejora continua de sus competencias. Sobre las competencias tecnológicas, se halló que todos los empleados administrativos cuentan con los conocimientos de la ofimática básica y reciben entrenamiento por parte de la empresa cuando se les introduce al uso de nuevo software más complejo. Con las características expuestas anteriormente, se concluye que la cultura corporativa se encuentra en el cuarto nivel de madurez en transformación digital.

4.2.2 Digitalización de procesos

Nivel 3: Actualmente en la empresa se tiene una gran cantidad de procesos que se realizan de manera digital, principalmente los que involucren de manera directa información relacionada a los procesos productivos. Como ejemplo de ello, se tienen los procesos de captura de información de manera digital descritos en el capítulo 3.2. No obstante, aún existe una cantidad considerable de información de procesos de soporte que se gestiona de manera impresa y pueden pasar desde 8 a 24 horas desde que se producen los documentos en físico hasta la captura de los resultados finales en un medio digital, como se muestra en las ilustraciones 12 y 13.

La información de los procesos productivos se digitaliza por distintos medios: por de sensores, por unidades de control integradas a la maquinaria, así como con el apoyo del departamento de Centro de control de producción, el cual cuenta con modelos virtuales de las líneas de producción y se actualiza la información en línea y en tiempo real. Sin embargo, el análisis de la información de calidad que se obtiene por estos medios no se analiza en tiempo real y la información debe exportarse de manera manual desde los sistemas informáticos para realizar análisis detallados y realizar el reporte de indicadores de calidad. Existen diversos sistemas de apoyo para la gestión y eliminación de las fallas de calidad. Este trabajo se realiza de manera interdisciplinaria, ya que los analistas tienen acceso a la información de aseguramiento la calidad. En base a las observaciones anteriores, se concluye que la digitalización de procesos se encuentra en la tercera fase de la madurez en la transformación digital.

[4.2.3 Infraestructura digital \(hardware y dispositivos\)](#)

Nivel 4: La empresa cuenta con un inventario de activos tecnológicos amplio. En el caso de control de calidad de producción, se administran las herramientas necesarias para la ejecución de las pruebas de control de calidad, tales como calibradores, aparatos de medición, cámaras, termopares, potenciómetros, unidades de control centrales, hasta sistemas de recolección de información completamente digitales. Para gestionar la adquisición de infraestructura digital, su instalación, mantenimiento y su implementación en los proyectos dentro de todos los departamentos, el departamento de Tecnologías de la Información, el cual es un departamento de la empresa independiente de Control de calidad, apoya a toda los demás departamentos. Para el soporte de software, la empresa contrata servicios de una tercera empresa para la resolución de problemas.

El uso de la infraestructura digital siempre está enfocada a la utilización de la tecnología más reciente disponible, teniendo en cuenta los factores de rentabilidad económica y factibilidad de proyectos. Los equipos adquiridos para los proyectos más recientes cuentan con funciones de conectividad a los sistemas informáticos, funciones para la captura de información de distintos tipos, tales como imágenes, sonido, formularios para usuarios y otros tipos de sensores, dependiendo del proceso para el que sean utilizados. La mayoría de la infraestructura tecnológica utilizada en control de calidad de producción tiene una antigüedad máxima de 10 años, por lo que se percibe un gran área de oportunidad en futuros proyectos para implementar tecnologías más recientes que permitan una transformación digital desde la obtención de los datos. Como se mencionó en el capítulo de estrategias de la empresa, se contempla la utilización de tecnologías digitales y la digitalización dentro de los ejes estratégicos y objetivos de la empresa. Se concluye que en infraestructura digital se tiene un nivel cuatro de madurez de la transformación digital.

4.2.4 Sistemas informáticos

Nivel 4: Durante el capítulo 3.3 se describió el funcionamiento de los dos sistemas informáticos principales utilizados en control de calidad de la producción, reconociendo como el sistema con mayor relevancia el sistema informático de la producción, el cual tiene capacidades de manejo de un gran volumen de datos, cuenta con herramientas automatizadas limitadas de Business Intelligence. No obstante, también se aclaró que el uso del sistema informático de producción tiene una orientación principal para el control de la producción y no el control de calidad. Adicionalmente al sistema de auditorías de producto, existen otros que asisten la medición de especificaciones de la calidad de los productos y procesos, pero se encuentran en silos, en ambientes separados y se requiere trabajo manual de exportación de información, tratamiento de datos y elaboración de análisis de información para poder obtener conclusiones de valor con los datos de dos sistemas al mismo tiempo. Todos los sistemas informáticos están respaldados por el soporte

del departamento de tecnologías de la información, el cual además se encarga de asegurar el cumplimiento de las estrictas políticas de seguridad de la información. Además, existe liderazgo por parte de los niveles directivos para la implementación de tecnologías que posibilite la integración de los sistemas informáticos y se pueda obtener un mayor valor de ellos. Los sistemas informáticos en control de calidad de producción están en el nivel cuatro de la madurez digital.

[4.2.5 Modelos de trabajo](#)

Nivel 3: La organización del departamento de control de la calidad de producción se describió en el capítulo 3.1, incluyendo el organigrama. Para la eliminación de los problemas de la calidad del producto y del proceso, se requiere el trabajo conjunto del personal encargado de la gestión de la producción, de control de calidad de la producción, calidad de compras y demás departamentos involucrados con los procesos productivos y materiales de producción. La organización de este trabajo interdisciplinario está documentado a través de estrategias de departamentos, instrucciones de trabajo y protocolos para la resolución de problemas en la producción, así como la directriz de calidad de la empresa. Además, existen sistemas informáticos secundarios adyacentes al sistema informático de la producción, el cual tiene funciones para el registro de los problemas de producción, reclamaciones de clientes y acciones correctivas por realizar; gestionar las actividades en línea y asignación de responsables de manera rápida. No obstante, hace falta una organización más plana de manera que los empleados puedan gestionar proyectos innovadores de manera descentralizada. La madurez de transformación digital del trabajo interdisciplinario se encuentra en la tercera fase.

[4.2.6 Orientación hacia el cliente](#)

Nivel 4: Las labores de control de calidad de producción están orientadas hacia la detección de fallas en las unidades producidas con el fin de evitar que productos

defectuosos lleguen a los clientes. Estas labores solamente pueden llevarse a cabo con la colaboración de calidad de campo, el cual es el departamento que recolecta información acerca las reclamaciones de los clientes y fallas de productos vendidos. Es por ello, que las principales inversiones en Control de calidad se realizan con el objetivo de evitar la presencia de fallas. Ejemplo de esto son dispositivos digitales que permitan la detección de fallas de manera automática o inversiones en sistemas informáticos para recolectar información sobre la satisfacción de los clientes en todos los mercados. No obstante, la principal limitación para el trabajo más eficiente de la prevención de fallas en unidades producidas y de eliminación y corrección de prácticas productivas es la falta de integración de los sistemas informáticos. Se determina que, con respecto al enfoque al cliente, el nivel de madurez de transformación digital es equivalente a la cuarta fase. En la Tabla 4 se sintetizan los hallazgos contra las descripciones de cada etapa de la madurez de la transformación digital.

[4.2.7 Conclusiones – Madurez de la transformación digital](#)

Con las situaciones descritas anteriormente, se puede establecer que, de manera general, la empresa está completando su transición a la cuarta fase de la madurez de la transformación digital. En los aspectos donde la madurez tiene un nivel más desarrollado, se debe principalmente a que la estrategia corporativa señala las guías de acción para la transformación, además de asignar responsabilidades para el cumplimiento de los objetivos por cada área de la empresa. A su vez, el enfoque de trabajo interdisciplinario y colaborativo ya es una realidad en la empresa y muestra resultados positivos. La empresa ha realizado inversiones tecnológicas importantes y cuenta con una planeación tecnológica a largo plazo, estableciendo la vida útil de la infraestructura y tecnologías aplicadas. Las áreas donde se notan las oportunidades son la digitalización de procesos y la orientación hacia el cliente. Uno de los principales retos a romper para madurar de manera uniforme y más avanzada es la separación de los sistemas informáticos en

silos, que entorpece el trabajo interdisciplinario y genera barreras de comunicación entre las áreas, teniendo como consecuencia que entre los departamentos se estimen los indicadores con resultados diferentes, generando conclusiones no consensuadas.

Tabla 4 – Madurez de la transformación digital en QP

Problemática	Etapa diagnosticada	Descripción de la etapa	Estado de la empresa
Cultura corporativa	4	Objetivos a corto y largo plazo. Agentes de cambio en la dirección. Conocimiento digital predominante en la organización.	Consciente de oportunidades digitales. Liderazgo digital ejecutivo y de empleados. Objetivos a largo plazo. Conocimientos digitales básicos y capacitación constante
Digitalización de procesos	3	La transformación está en los objetivos de negocio. Programas piloto de nuevos procesos.	Información de producción predominantemente digital. Falta de digitalización de información de procesos de soporte. Retraso de disponibilidad de información en medio digital (8-24 hrs). Análisis de información manual.
Infraestructura digital	4	Inversiones en infraestructura incluidas en objetivos a corto y largo plazo. Se implementan nuevas tecnologías y procesos digitales.	Amplio inventario tecnológico. Departamento especializado de TI para gestión de infraestructura. Renovación tecnológica pendiente. TI y Digitalización en ejes estratégicos y objetivos de empresa.
Sistemas informáticos	4	Inversiones en sistemas ayudan a monitorear desempeño y detectar áreas de oportunidad. Seguridad y privacidad de datos es prioridad.	Diversos sistemas informáticos. Orientación a control de operaciones. Sistemas en silos. IT en organización corporativa. Controles de seguridad estrictos. Liderazgo ejecutivo en uso de sistemas
Modelos de trabajo	4	Primeras alianzas entre IT y otras áreas. Se forman grupos interdisciplinarios formales. Organización matricial. Se forman nuevas áreas digitales.	Equipos interdisciplinarios e interdepartamentales formales para solución de problemas de calidad. Sistemas informáticos facilitan el trabajo en equipo.
Orientación hacia el cliente	3	Inversiones formalizadas para mejorar la experiencia del cliente. Enfoque dinámico que se adapta a cambios en tendencias y tecnologías.	Labores de calidad orientadas a satisfacción del cliente. Inversiones para evitar las fallas en las unidades producidas. Constante actualización de información de calidad de campo de distintos mercados.

Tabla de propia autoría

4.3 Proyecto: Integración y automatización en QP

Uno de los principales retos para la transformación digital que se mencionó en el segmento anterior, es el fenómeno de sistemas informáticos en silos. Para resolver esta problemática, en la empresa se tomó la decisión de planear un proyecto para integrar la información del sistema informático de la producción con otros sistemas secundarios y automatizar el reporte de los KPI de Calidad de producción. Para la gestión del proyecto se utilizarán algunas herramientas de la metodología del Project Management Body of Knowledge. A continuación, se enlistan los elementos de la planeación de proyecto.

4.3.1 Grupo de procesos de inicio

Acta de constitución del proyecto: Para la realización del acta del proyecto, se reúnen los gestores del proyecto, el patrocinador del proyecto y los posibles interesados, para exponer las necesidades detectadas y definir los objetivos a realizar.

Identificar a los interesados: Basándose en el acta del proyecto, se enlistan a los interesados del proyecto por parte del proceso de negocio (Control de Calidad), donde se formó a un equipo interdisciplinario de los diferentes departamentos de Control de calidad (hojalatería, pintura, ensamble, pruebas finales), los participantes de Tecnologías de información, el patrocinio del proyecto por parte de los gerentes de Control de calidad y los interesados del Departamento de producción.

4.3.2 Grupo de procesos de planificación

Plan de Dirección del Proyecto, gestión del alcance, requisitos, EDT: Con el fin de establecer el plan para la dirección del proyecto, los gestores del proyecto redactan el documento *Project charter* donde se definen el objetivo general,

objetivos específicos, KPIs del proyecto, clientes, alcance del proyecto y limitaciones. En la Tabla 5, se muestra la propuesta del *Project Charter*.

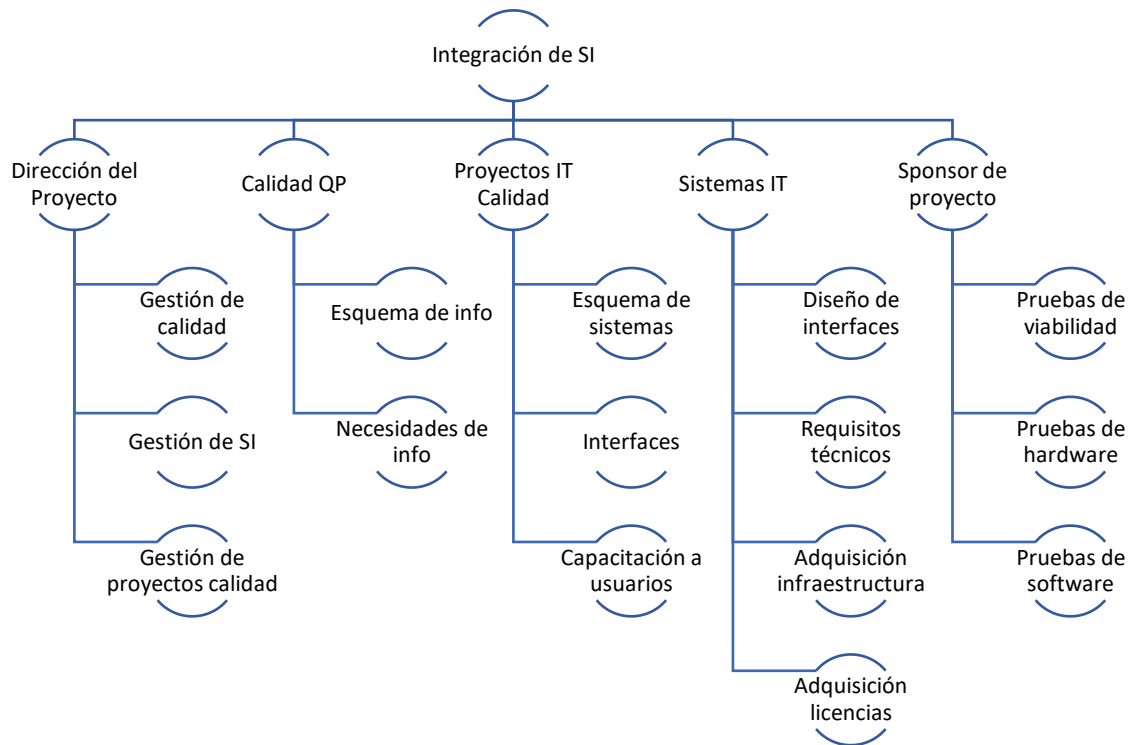
Tabla 5 – Project charter automatización de reportes QP

Business Case / Situación actual, Problemas, Tareas	Alcance del proyecto
<p>Situación actual: En el departamento de Control de calidad de producción se hace uso de sistemas informáticos para el registro y reporte de la información de calidad y ejecutar acciones correctivas para los problemas de calidad. No obstante, los sistemas informáticos secundarios se encuentran desconectados del sistema informático de la producción, provocando que se tenga que descargar manualmente la información de todos los sistemas.</p> <p>Problemas: La elaboración de los KPIs de calidad y la toma de decisiones tienen un retraso de hasta 32 horas. El 90% de los reportes de calidad de producción se hacen de manera manual</p> <p>Tarea: Creación de un ambiente integrado para los datos de los Sistemas de Información (DFS) Creación de un Dashboard de reportes de Calidad de Producción</p>	<p>Dentro del alcance del proyecto: Mediciones de calidad de procesos productivos Reportes de calidad de producto y de proceso Información del sistema informático de la producción Sistemas secundarios de información de procesos de calidad</p> <p>Fuera del alcance de proyecto Información de auditorías de calidad Rediseño de los sistemas informáticos Modificación de planes de control, procesos productivos</p>
Beneficios, Objetivos, KPIs, Clientes	Actividades clave de proyecto
<p>Beneficios: Aumento de eficiencia de analistas de calidad Disponibilidad en línea de indicadores de calidad</p> <p>Objetivos: Reducción de la cantidad de reportes de Control de Calidad de Producción en 20% Reducción del tiempo de reporte a 8 horas</p> <p>KPIs: Tiempo de realización de reportes Porcentaje de reporte manual</p>	<p>Estudio inicial de sistema de reporte de calidad Listado de reportes manuales Diseño de nuevo sistema de reporte de calidad Identificación de necesidades de IT Cotizaciones de soluciones de IT Estrategia de implementación</p>

Tabla de propia autoría

Con respecto al EDT de las actividades del proyecto, se realiza un esquema de las actividades con respecto a cada uno de los principales participantes del proyecto. En la Ilustración 23, se muestra el EDT del proyecto.

Ilustración 23 – EDT de Proyecto



Esquema de propia autoría

Para atender la gestión de actividades a realizar y los costos del proyecto, se procede a elaborar un *roadmap* del proyecto, el cual se encuentra en la Ilustración 24.

Ilustración 24 – Roadmap de proyecto

Project Roadmap



Milestones	Status	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Presupuesto / Costo
Estudio inicial sistema	0%																		TBD
Listado de reportes	0%																		TBD
Diseño nuevo sistema	0%																		TBD
Necesidades IT	0%																		TBD
Cotizaciones	0%																		TBD
Estrategia implementación	0%																		TBD
Diseño de plataforma	0%																		TBD
Prueba de plataforma	0%																		TBD
Implementación	0%																		TBD

● Hecho ● Planeado ● Retraso ● Suspendido

Esquema de propia autoría

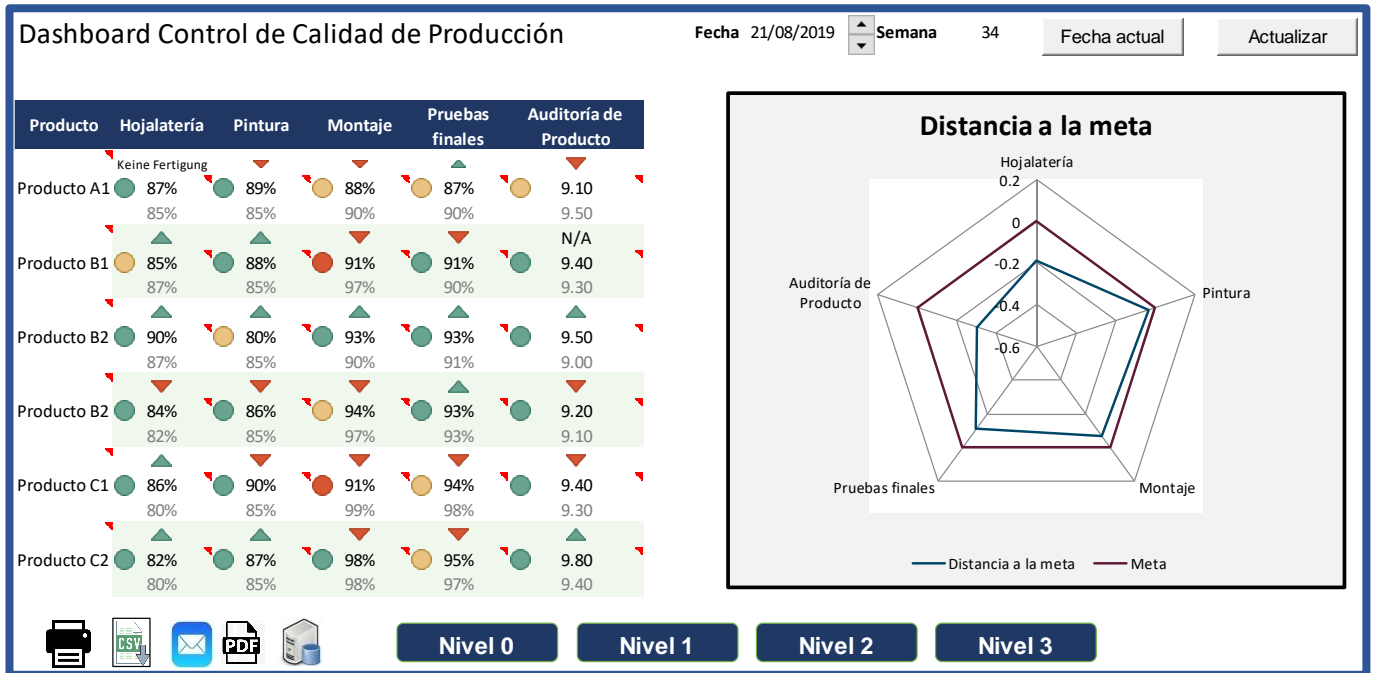
4.3.3 Solución de integración

Para alcanzar los objetivos de reducción de la cantidad de reportes producidos y reducción de los tiempos de reporte de los indicadores de control de calidad de producción, se plantea la creación de un dashboard donde se incluyan los principales indicadores de calidad y se presenten diferentes niveles de detalle de la información, basados en una jerarquización de la información, personalizada para cada usuario de la información de los indicadores de calidad: niveles directivos, niveles gerenciales, jefaturas de departamento y analistas de calidad. La ilustración 18 muestra la propuesta de jerarquización de la información de calidad de producción.

Ilustración 25 – Proyecto: Jerarquización de información

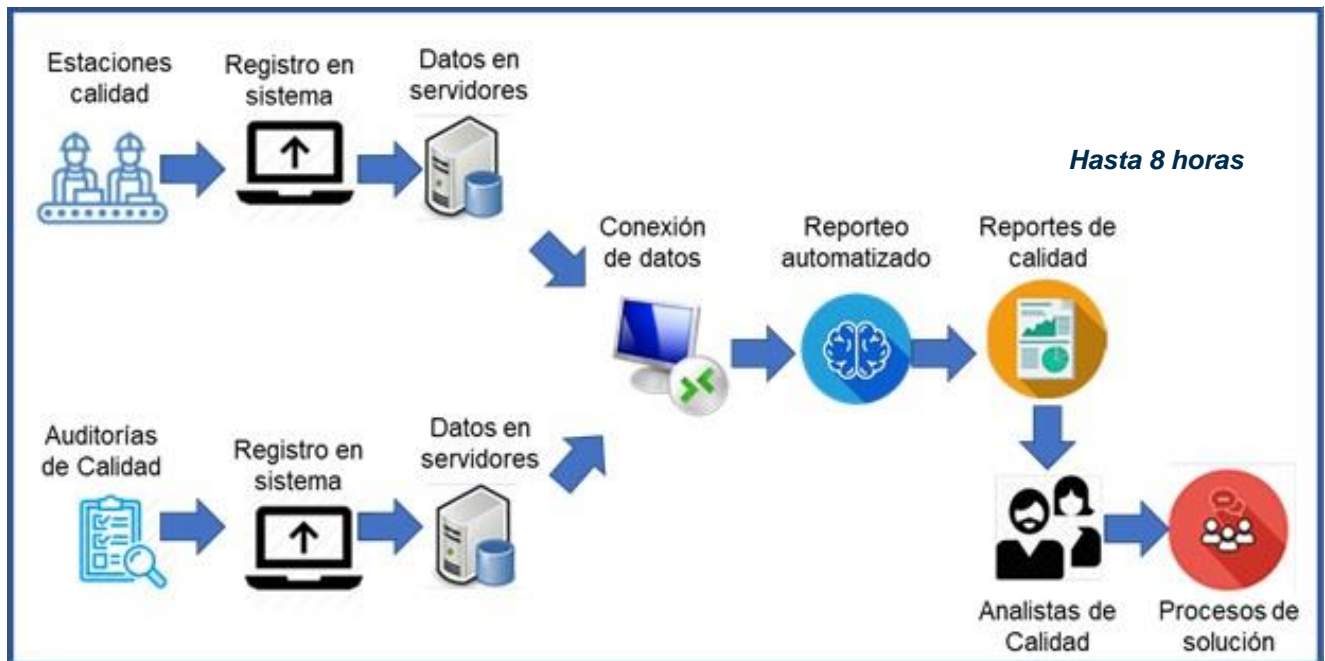
Se plantea la siguiente metodología de reporte tras el proyecto de automatización: se registrará la información en las estaciones de calidad con el Sistema informático de la producción y/o en el Sistema de auditoría de producto. Posteriormente, las herramientas de *business intelligence* tomarán la información de las bases de datos de los sistemas mencionados, para publicar los diferentes reportes diseñados. Estos reportes deberán ser programados de manera conjunta por los especialistas en IT y por los analistas de calidad, de manera que se incluya la información pertinente para el análisis de la calidad y se asegure el funcionamiento correcto del sistema de reporte. Además, los reportes se considerarán como un estándar para todos los sectores de diferentes productos y se plantea su actualización periódica para procurar que los reportes sigan cumpliendo las necesidades a lo largo del tiempo. A continuación, en la ilustración 26 se presenta el *Dashboard* propuesto de indicadores de calidad de producción y en la ilustración 27 se muestra el funcionamiento del reporte de los indicadores de Control de calidad de producción tras el proyecto de integración de la información. Este esquema puede compararse con su antecedente en la ilustración 6.

Ilustración 26 – Dashboard de proyecto



Esquema de propia autoría

Ilustración 27 – Proyecto: Esquema de reporte



Esquema de propia autoría

5. Caso de Estudio: Propuestas para la transformación digital en QP

Con base en la descripción del funcionamiento de las pruebas de control de calidad presentadas en el Capítulo 3 y en el diagnóstico de la estrategia de transformación digital de la empresa y del diagnóstico de madurez digital, se procederá a indicar las líneas de acción necesarias para asegurar la transición de la empresa y consolidar una estrategia que incluya a los elementos para llevarla hacia la madurez digital, así como las necesidades a cubrir para poder implementar las tecnologías 4.0 y adaptarse así al funcionamiento de la Calidad 4.0.

5.1 Transformación digital en la estrategia

De acuerdo con la estrategia actual de la empresa, se mencionarán los aspectos donde se requieren más líneas de acción o iniciativas para cumplir con los elementos de una estrategia de transformación digital completa, según el documento realizado por el MIT Sloan mencionado en el capítulo 2.6.

5.2.1 CE: Barreras en la estrategia

La empresa automotriz estudiada, cuenta con una estrategia general en la que se incluyen los objetivos generales y particulares para cada departamento. Al revisar las secciones de la estrategia de la empresa en donde se menciona directamente a la transformación digital, ésta es definida como un objetivo a largo plazo. Además, establece entre otros objetivos la generación de nuevos modelos de negocio, a través de nuevos productos y nuevas tecnologías. Para calidad de producción, estas premisas significarán una gran cantidad de cambios a los controles actuales y nuevos procedimientos, que serán requeridos en la medida en que se introduzcan nuevos productos no convencionales.

A fin de que la empresa consiga construir una estrategia completa, que la encamine a la transformación digital madura, se requiere proponer más guías para la inclusión de las tecnologías digitales desde las etapas tempranas de las nuevas iniciativas de trabajo. Para el eje de “Modelos de Negocio” de la estrategia global, ya se tiene la creación de alianzas regionales con empresas especializadas en la movilidad digital *Ride-Hailing* y el desarrollo de soluciones para su implementación con los vehículos autónomos; en el eje de “Innovación” propone utilizar métodos de producción 4.0. Para el eje “Nuevas soluciones” se requieren incluir iniciativas con origen digital, tales como la creación de sistemas expertos, los cuales se mencionaron en el capítulo 2.8.2, que efectúen la predicción de tendencias en las demandas de los clientes y tendencias de mercado, con uso de tecnologías como *big data* e inteligencia artificial. Tanto en la estrategia global como en la estrategia local, en el eje de “Finanzas” se propone establecer prioridades de inversión para la optimización de recursos y hacer uso de un panel de proyectos digital que asegure la exitosa ejecución de proyectos interdepartamentales, coordinados hacia sus objetivos y con información actualizada.

5.2.2 CE: Visión de la estrategia

En la estrategia presentada por la empresa, se reconoce que existe una visión extensa para el desarrollo de la empresa en un futuro a largo plazo. Se mencionan los objetivos en este periodo de tiempo, tales como la generación y el lanzamiento de nuevos modelos de negocio. También se considera a la transformación digital como un medio por el cual se lograrán desarrollar iniciativas, tanto para hacer más eficientes las operaciones, como para innovar la producción de la empresa mediante la investigación y el desarrollo de nuevos productos convencionales y productos nuevos. No obstante, esta visión a largo plazo está completamente orientada hacia el producto del cliente y no se menciona de manera específica y clara las necesidades por cubrir en los procesos de transformación para hacer posible la visión de la estrategia. En orden para establecer elementos

estratégicos de transformación digital que claramente involucren al proceso de control de calidad de producción, se requiere profundizar en las iniciativas que beneficiarán y posibilitarán la alta calidad de los productos convencionales y nuevos. Algunas iniciativas que pueden contribuir al objetivo de la estrategia son proyectos como la obtención automatizada de información de productos entregados a los consumidores mediante el IoT, o la implementación sistemas de asistencia para auditores y analistas de calidad basados en soluciones de Realidad aumentada (AR) o Colaboración hombre máquina (HRK).

5.2.3 CE: Cultura de la empresa

En el estudio de la empresa en cuestión, se identificó una mesurada aceptación a la toma de riesgos, al enlistar la audacia como un nuevo valor de la empresa y la iniciativa para promover productos nuevos no convencionales, que es un riesgo moderado que la empresa tomará en el largo plazo. Sin embargo, se tendrán que definir los lineamientos para el desarrollo de los proyectos que usen medios de la transformación digital y valorar la medida en que se evalúen los riesgos. Acerca de los esquemas de trabajo, se sabe que en la empresa ya existen métodos que promueven el trabajo interdisciplinario y colaborativo, tanto digitales como personales. Ejemplo de ello son aplicaciones para el trabajo a distancia, como plataformas de interacción, plataformas para la creación colaborativa de documentos, aplicaciones de comunicación remota y los sistemas empresariales informáticos que permiten la colaboración en línea; para la colaboración personal, en la empresa se utilizan espacios de trabajo colaborativos alternativos a las salas de juntas, los cuales facilitan el trabajo en equipo desde grupos pequeños de colaboradores a grupos extensos. La empresa también promueve la comunicación de noticias relevantes a la organización por medio de la publicación de revistas corporativas, comunicados por medio de intranet y correo electrónico, encuentros con líderes ejecutivos y gerenciales abiertos para todos los colaboradores y conferencias periódicas de entrega de resultados a nivel local.

Con el objetivo de mejorar la cultura laboral de la empresa a una cultura que sea capaz de evaluar y tomar mayores riesgos, tener colaboradores comprometidos con la transformación digital y promover el trabajo interdisciplinario a una mayor escala, se recomienda a la empresa desarrollar iniciativas basadas en los valores de la estrategia durante la fase de reestructuración de la estrategia local. Programas como el actual “Premio de innovación” en la empresa traerán beneficios, si se realizan con mayor frecuencia a lo largo del año y alineándose a la estrategia de la empresa. Así mismo, se podrían proveer más espacios de trabajo colaborativo con las áreas relacionadas con labores de producción, como control de calidad de producción, si se construye un ambiente informático común para todos los diferentes sistemas informáticos.

5.2.4 CE: Desarrollo de talento

Para desarrollar el talento y las capacidades necesarias en su personal, la empresa automotriz destina a un departamento independiente que cual provee de capacitaciones, cursos de educación continua, cursos de desarrollo de competencias y desarrolla competencia para todos los empleados de la organización. Parte de estos cursos son planeados y programados por el departamento de capacitación, al mismo tiempo que los departamentos pueden solicitar cursos y que sean impartidos por el departamento de capacitación o por terceros. De la misma manera que ya existe contenido de capacitación que se distribuye a la organización, se detecta la necesidad de incluir contenido digital de entrenamiento, para el entrenamiento bajo demanda. Con el objetivo de desarrollar las competencias necesarias para la transformación digital, se requerirán incluir iniciativas de capacitación o entrenamiento en tecnologías digitales. Por el otro lado, en la estrategia de la empresa se reconoce la necesidad de aumentar las capacidades digitales de su personal, ya que en la estrategia global se menciona una iniciativa para integrar a más especialistas en tecnologías digitales y software.

Una posible solución para cubrir estas necesidades de adquisición de nuevas habilidades de los empleados se puede cubrir mediante el servicios de educación en línea, ya sea con organizaciones de servicios de entrenamiento o mediante vínculos con instituciones educativas locales o extranjeras. Además de extender la oferta de educación continua, cada dependencia debe identificar las habilidades faltantes en sus empleados, para incluirlas en sus objetivos de competencias del personal. Para Control de calidad de producción, se debe considerar si requerirá incluir en su personal a especialistas en Ciencia de datos, Sistemas Informáticos y Automatización Industrial, entre otras profesiones con gran demanda en la I4.0.

5.2.5 CE: Liderazgo

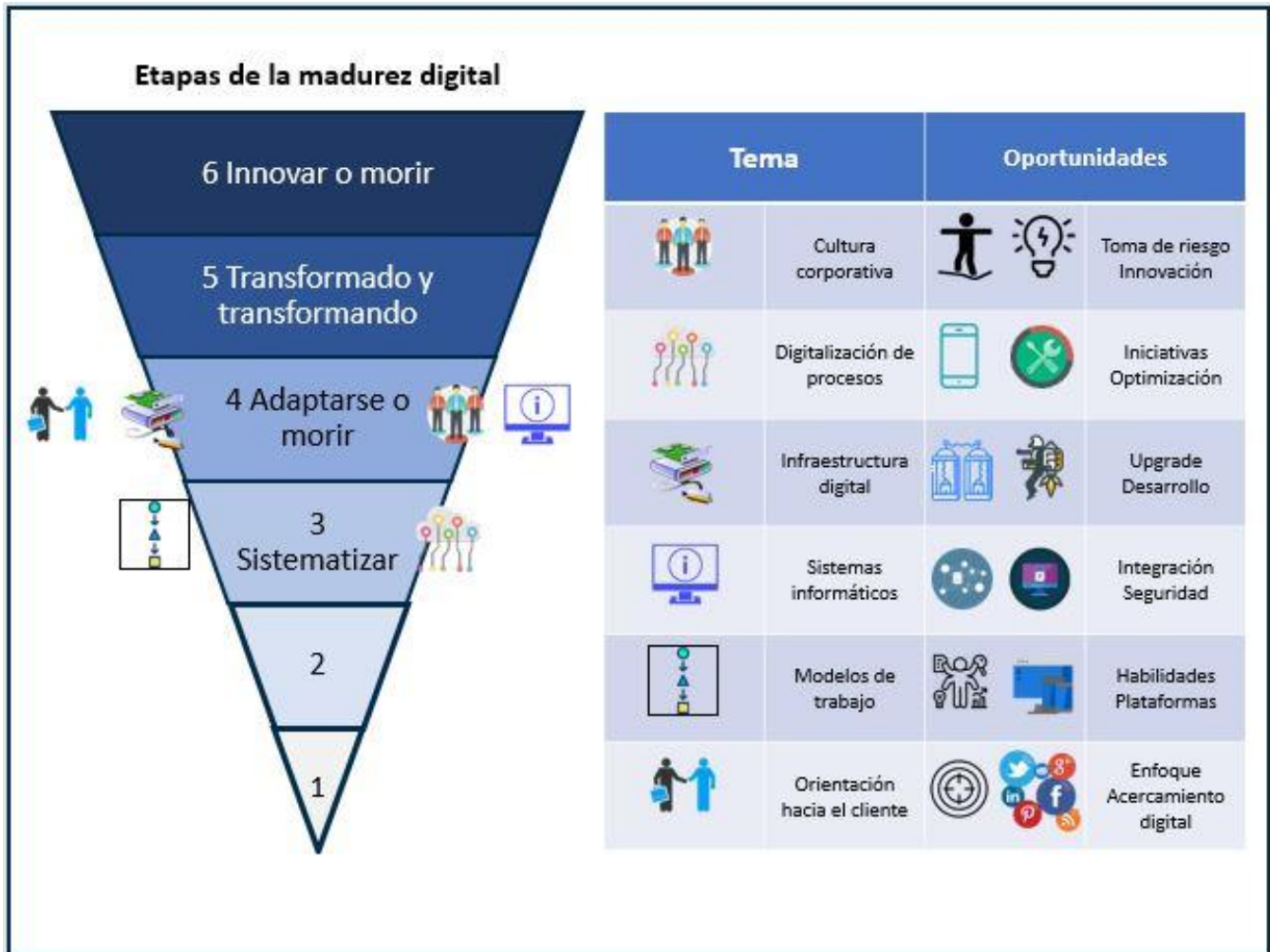
La estrategia global y la estrategia local de la empresa fueron realizadas gracias al trabajo en equipo de ejecutivos, gerentes, empleados, consultores y colaboradores de la empresa, de todos los países y sedes de la empresa. En la sección de iniciativas de transformación digital, se demuestra que este tema es reconocido por todos los niveles de la dirección de la empresa como un factor clave para su desarrollo, tanto en el corto, mediano y largo plazo. En la empresa se desarrollan periódicamente talleres de colaboración con distintas temáticas, que promueven el desarrollo de grupos de trabajo, capacitación en grupo o retiros de integración. No obstante, se requiere el establecimiento de iniciativas explícitas que inviten a la interacción y el intercambio de ideas innovadoras en la empresa, como el uso de redes sociales internas o la expansión del concepto de espacios de trabajo colaborativos, reemplazando el enfoque tradicional de oficinas, posibilitando la participación de los distintos niveles ejecutivos de la empresa, con el fin de desarrollar un liderazgo participativo donde se escuche a los colaboradores.

5.2.5 CE: Conclusión de transformación digital en la estrategia

Considerando los cinco aspectos del estudio de Kane et. al., se concluye que las estrategias de la empresa muestran una visión apropiada acerca del uso de las tecnologías digitales para transformar el negocio y crear nuevas oportunidades. Se está trabajando de manera apropiada para atender las prioridades de la empresa, enfocándolas con iniciativas adecuadas a cada objetivo de la estrategia y mencionando objetivos específicos para los departamentos de la empresa. Se están realizando esfuerzos para aprovechar oportunidades y tomar mayores riesgos, además de fomentar entre sus empleados el valor de la audacia, invitándolos a realizar propuestas innovadoras teniendo siempre en cuenta la satisfacción del cliente.

A pesar de ello, se percibe que aún existen áreas de oportunidad al considerar la transformación digital como un fenómeno de mediano a largo plazo dentro de la empresa y la falta de una estrategia puntual de transformación digital. La empresa dota a sus empleados de diferentes alternativas de educación continua y capacitación con un enfoque tradicional, por lo que se detecta la necesidad de nuevos modelos de entrenamiento digitales, así como la falta de contenido para el desarrollo de habilidades necesarias para afrontar la capacitación digital. La empresa reconoce la falta de conocimientos dentro de la misma al anunciar su intención de integrar a expertos sobre las tecnologías digitales en un futuro a mediano plazo. Los líderes de la empresa muestran su preocupación por los retos de la empresa, dentro de los que se incluye a la transformación digital. Esta colaboración entre líderes y empleados podría mejorar mediante el uso de métodos y tecnologías para la interacción social en la empresa.

Ilustración 28 – Madurez digital y oportunidades



Esquema de propia autoría

5.3 Propuesta: Estrategia de calidad 4.0 QP

Con el objetivo de que el departamento de Control de calidad de producción (QP) pueda desarrollarse hacia las siguientes etapas de la madurez digital mencionadas en el modelo planteado en el capítulo 2.5.1, se hará una propuesta de Estrategia de Calidad 4.0 para Control de calidad de producción, con el fin de mejorar las áreas de oportunidad encontradas en el análisis de la situación actual de la empresa y el departamento QP realizado en el capítulo 3, el diagnóstico de la

madurez digital efectuado en el capítulo 4.2 y el análisis de la estrategia de la empresa realizado en el capítulo 5.2.

Esta propuesta se dividirá en los siguientes segmentos: Objetivos, Ejes estratégicos e Implementando la Calidad 4.0.

5.3.1 Propuesta: Objetivos

En el entendido de que el objetivo de una estrategia departamental debe estar alineado con el objetivo de la empresa, se proponen los siguientes objetivos:

Objetivo General: El objetivo para Calidad de producción es asegurar el cumplimiento de los estándares y directrices de calidad de los productos fabricados mediante la excelencia operativa y la innovación, permitiendo a la empresa alcanzar un liderazgo de sus productos a nivel mundial.

Objetivos Específicos: Calidad de producción establece los siguientes objetivos específicos, referentes a las cuatro bases estratégicas de la empresa:

- Planear los estándares y controles de calidad necesarios para la producción con los nuevos modelos de negocio, teniendo en cuenta la satisfacción de los clientes y cooperando junto con los departamentos de Desarrollo y Producción.
- Asegurar el cumplimiento de la calidad de los nuevos productos fabricados, haciendo uso de la normativa de calidad de la empresa y procurando el valor agregado de los productos.

- Transformar los procesos de calidad en la producción mediante el uso de tecnologías que permitan la optimización del uso de recursos, relacionando los procesos operativos con los procesos de negocio, promoviendo la cooperación mediante equipos de trabajo interdisciplinarios y actualizando las competencias y conocimientos del personal que sean necesarios para asegurar la excelencia operativa.
- Fomentar e implementar la innovación en Control de calidad de producción, motivando a los colaboradores a proponer soluciones con uso de las tecnologías de la Industria 4.0.

Visión: Convertir la experiencia de los usuarios en la mejor experiencia del automóvil mediante productos innovadores con la mejor calidad a nivel mundial.

5.3.2 Propuesta: Ejes estratégicos

Se tomarán en cuenta las bases de la estrategia global de la empresa para establecer las guías de proyectos futuros en Control de calidad de producción para asegurar la eliminación de barreras, obtener una visión apropiada, adoptar la cultura de la organización, fomentar el desarrollo de trabajadores y el liderazgo digital.

Tabla 6 – Propuesta de ejes estratégicos

Bases de estrategia	Nuevos modelos de negocio	Nuevos productos	Finanzas	Innovación
Barreras	Calidad valor agregado	Nuevos equipos	Modelos y productos rentables	Benchmarking
Visión	Seguridad IT	Cultura digital	Inversión para innovación	Acercamiento startups
Cultura	Colaboración en diseño		Eficiencia digital	Innovación colaborativa
Talento	Repositorio	Capacitación nuevas tecnologías		Capacitación riesgos
Liderazgo	Blog de proyecto	Difusión logros	Monitor de resultados	Innovación colaborativa

Tabla de propia autoría

Nuevos modelos de negocio: Con el objetivo de asegurar la calidad en nuevos productos desarrollados bajo de negocio innovadores, se proponen las siguientes guías para proyectos:

- Colaborar con los equipos de Desarrollo y Producción para establecer estándares y procedimientos de calidad apropiados.
- Establecer controles y políticas de seguridad de información para los modelos de negocios digitales en cooperación con IT.
- Asegurar la calidad del valor agregado de los nuevos modelos de negocio mediante métodos de manufactura inteligente, haciendo uso de las tecnologías más convenientes.

- Fomentar la participación de los colaboradores en el diseño de los nuevos modelos, consiguiendo su compromiso para nuevos proyectos.
- Creación de un repositorio de contenido para educación continua que incluya el conocimiento especializado sobre los nuevos modelos y sobre tecnologías digitales.
- Creación de un blog escrito por líderes de la empresa, en donde se compartan logros e hitos de los nuevos proyectos, creando una comunicación más personal dentro de la organización.

Nuevos productos: Para el pilar estratégico de creación y fabricación de nuevos productos, se proponen las bases presentadas a continuación:

- Generar nuevos equipos interfuncionales que definan soluciones para la transición en los métodos de trabajo, compatibles con la fabricación de nuevos productos.
- Impulsar la cultura digital para el trabajo con nuevos productos, implementando elementos de *Smart factories* desde el arranque de la producción.
- Capacitación para la utilización de nuevas tecnologías digitales en la producción previa al SOP ²⁶.

²⁶ SOP (*Start of Production*): Inicio de la producción

Finanzas: Para los proyectos del pilar de finanzas y optimización de recursos, se plantean los siguientes puntos:

- Generar modelos de negocio que generen una buena rentabilidad económica con respecto a los objetivos de la empresa.
- Diseñar nuevos productos con un mayor margen de rentabilidad.
- Eficiencia digital: capacitar a los empleados en tecnologías y métodos de trabajo digitales que permiten la reducción de costos de no acción, de retrasos y retrabajos
- Implementación de sistemas monitores de KPIs de la empresa en tiempo real, con acceso global en la compañía
- Formalizar programas de inversión para la implementación de soluciones digitales de innovación.

5.3.3 Propuesta: Implementando la Calidad 4.0

Para facilitar la planeación de proyectos en el área de Control de calidad de producción que cumplan los objetivos y las directrices establecidas en la estrategia de la empresa y que solucionen las problemáticas que se presentan en la Transformación Digital y la Industria 4.0, se proponen las siguientes soluciones, basadas en la Tesis de “Aseguramiento de la Calidad 4.0” de Artischewski & Sommerhof.

5.3.3.1 Planeación de la calidad

Premisas de planeación: La planeación de la calidad en QP se gestiona en etapas. En un principio, se establecen las bases de la calidad antes de cada proyecto de producción, por ejemplo: la introducción de nuevos productos, cambios de diseño o ingeniería significativos, etc. Así mismo, se efectúan modificaciones a la planeación de la calidad tras la revisión anual de objetivos y el establecimiento de metas. El proceso de planeación de la actualidad es lento y es el resultado del trabajo de los niveles ejecutivos, gerenciales, analistas de calidad y auditores, quienes se basan en los lineamientos de la empresa y los resultados de periodos anteriores.

Tras la definición de los planes de control de calidad, se actualiza la información de las metas en los sistemas informáticos correspondientes y se comunica al personal para su debido seguimiento. A fin de la evolución hacia un Control de Calidad 4.0, la empresa requiere automatizar la fase de planeación de la calidad, según la Tesis presentada por Artischewski y Sommerhof, puesto que el proceso de planeación de calidad no involucra a algún sistema informático de apoyo. Por consiguiente, la empresa debe buscar herramientas que simplifiquen este proceso, como lo son herramientas digitales de desarrollo de proyectos, de creación de documentos en línea, o de transferencia de datos.

Tras conocer los elementos de la planeación de la calidad que actualmente se pueden hacer a través de sistemas informáticos, QP debe establecer un método de planeación que pueda reproducir digitalmente, de inicio a fin. Posteriormente, la automatización de la planeación de calidad será posible en la medida en que la empresa se implementen herramientas de trabajo que son requerimiento de los Sistemas Ciber Físicos (CPS), como el Big Data, ya que la planeación de la calidad requiere información detallada de todos los indicadores y fenómenos de calidad, además de requerir la creación de un ambiente informático integrado, ya que será

necesario contar con información actualizada de ventas, de proveedores y demás factores que influyen directamente en la producción.

Parámetros de control: La Calidad 4.0 requerirá que los parámetros de control de calidad sean establecidos de manera autónoma por los sistemas de control, los cuales deberán ser sistemas informáticos basados en la nube, que actualizarán de manera oportuna de los parámetros de control para evitar fallas y reclamaciones de calidad, así como permitir responder de manera inmediata a las problemáticas en el control de calidad de producción.

Los parámetros de Control de Calidad de Producción en la empresa estudiada son actualizados de manera manual, como resultado de un proceso de retroalimentación y ajuste manual, debido a que los analistas de calidad deben recolectar la información de calidad de los distintos sistemas informáticos de manera periódica, para posteriormente procesarla mediante hojas de cálculo y elaborar reportes y establecer los resultados de los indicadores de calidad. Después los distintos equipos interdisciplinarios de calidad analizan los resultados obtenidos y toman decisiones para modificar los parámetros de control. Este proceso puede ejecutarse tomar desde un par de horas, o tratarse de modificaciones en parámetros de calidad tras revisiones periódicas y de medidas de contención tras el aviso de problemas de calidad.

Es necesario que le empresa conecte progresivamente todas las mediciones de calidad a los sistemas informáticos, ya que la gestión de la Calidad 4.0 implica la medición al cien por ciento, por lo que se necesitarán más sensores de distintos tipos para automatizar las mediciones. Además, estas mediciones deberán registrarse en bases de datos debidamente planeadas y organizadas, tanto en arquitectura como en infraestructura física. De manera similar a la automatización del establecimiento de las premisas de planeación, la determinación de parámetros

de control de manera autónoma dependerá de la inclusión de soluciones de Big Data y de Seguridad de la información.

5.3.3.2 Aseguramiento de la calidad

Independencia de interrupción de medios: Para que la empresa pueda aprovecharse de la conexión integral de los procesos de control de calidad, se requerirá que todas sus mediciones estén disponibles de manera digital y libres de fallas de conexión. Para ello, se deberá realizar un mapeo de las mediciones de los parámetros de control y verificar su modo de registro, ya sea análogo o digital, así como si su disponibilidad en línea y si son automatizadas o se distribuyen manualmente. A causa de la gran complejidad que conllevará la migración de todas las mediciones análogas a medios digitales, se recomienda una clasificación bajo criterios de prioridad de proceso, costo, complejidad y tecnologías ya existentes en planta, para posibilitar una transición rentable y planificada.

Análisis de datos de maquinaria: Como requisito para la aplicación de sistemas de alertamiento temprano y otros beneficios de la información disponible sin interrupción de medios, se encuentra la capacidad de procesamiento de la gran cantidad de datos que se originarán desde los sensores de la maquinaria. Con un enfoque orientado al Big Data, se deberá poder almacenar y procesar todos los lagos de información, además de contar con la infraestructura de tecnológica suficiente para el transporte rápido de la información y su almacenamiento, asegurando que la integración de las diversas fuentes de información pueda realizarse de manera escalable. Se sugiere realizar un trabajo conjunto con la Dirección de producción, debido a la gran relación que existe entre las necesidades de información que se presenta en ambos departamentos.

Sistemas expertos: La habilitación de las condiciones para generar sistemas expertos que automaticen la generación de conocimiento está

estrechamente relacionada con la libertad de interrupción de medios y el análisis de datos de maquinaria. Los sistemas expertos serán el producto final en esta cadena de integración de la información de la calidad en la producción. No obstante, la creación de los sistemas expertos no solo requiere de la extensión de la infraestructura tecnológica, sino también de una planeación de trabajo para el modelado de los sistemas, donde se incluya a personal de distintas áreas, tales como Control de calidad de producción, Control de Producción, Tecnologías de la Información y personal especializado en Ciencia de datos, siendo estos últimos con los que la empresa aún no cuenta. Este proyecto a largo plazo requerirá del patrocinio por parte del nivel ejecutivo, debido a la una gran cantidad de recursos tanto económicos, de activos tecnológicos, de planeación de proyectos, de recursos humanos y de capacitación para colaboradores que conllevará.

Simulaciones y modelos virtuales: Actualmente con un equipo de trabajo dedicado a las simulaciones de procesos productivos en su departamento de Producción, que trabaja en base a proyectos. No obstante, para la Calidad 4.0 se requerirá que cualquier analista de calidad tenga acceso a herramientas de simulación y modelado virtual y que éstas se basen en la información de las condiciones de los procesos productivos y de la calidad de los productos actualizada en tiempo real. Esto sólo puede lograrse con una completa digitalización del sistema productivo y del sistema de control de calidad, por lo que el desarrollo de las simulaciones y modelos virtuales podrá desarrollarse en la misma medida que se integren los sensores digitales al CPS de la planta productiva.

Medición de la manufactura: La medición de la manufactura al cien por ciento es tanto una consecuencia como un requisito para la Calidad 4.0. La medición total sólo se podrá conseguir si se cuenta con el cien por ciento de la maquinaria con sensores digitales y transmitiendo la información completa a las bases de datos. Por el otro lado, los sistemas expertos y las simulaciones y modelos virtuales sólo se conseguirán si se cuenta con la información en tiempo real de los procesos de

producción y de los productos fabricados y el Work in Progress, así como se puedan utilizar métodos de medición flexibles y adaptables a los cambios en los procesos productivos y evitar así la ruptura de medios. Además de los requisitos ya mencionados, la medición de la fabricación al cien por ciento requerirá que se implementen medidas de seguridad de la información efectivas con sistemas de información de grandes volúmenes.

Sistemas de asistencia: Los sistemas de asistencia que se proponen a implementar en Control de Calidad de Producción son aquellos que guiarán a los auditores y el personal de calidad a ejecutar las inspecciones de calidad manuales que requieren un gran conocimiento del producto y de las especificaciones de calidad, con el objetivo de realizar estas tareas de manera más rápida y eficiente, disminuyendo la posibilidad de errores humanos. Dentro de estas propuestas se encuentran la implementación de tecnologías de realidad aumentada para auditorías de hojalatería, auditorías de pintura y para las pruebas Funcionales. Estas soluciones deberán apoyar al colaborador a encontrar fallas difíciles de percibir para las capacidades del ser humano, así como realizar sugerencias sobre las categorías de las fallas y su severidad. Estas tecnologías también pueden expandirse a la asistencia de registro de la información, mediante interfaces hombre máquina (HRK) como el uso de gestos o el comando por voz. No obstante, debe mencionarse que, para la creación de las guías para los colaboradores, deben establecerse los límites y estructuras de información de apoyo con ayuda de los analistas y auditores de calidad. Así mismo, el correcto funcionamiento de estos sistemas de asistencia debe tenerse la información actualizada de los planes de control de calidad en el CPS.

Seguridad ante ataques: Tras la digitalización completa de la organización y de los sistemas de producción para beneficiarse de las tecnologías de la Industria 4.0, se necesitarán controles completos de ciberseguridad, protegiendo la disponibilidad de la información, la integridad de la información y la confidencialidad.

Actualmente la empresa cuenta con políticas de ciberseguridad estrictas y controladas por el departamento de Tecnologías de la Información. Por lo que, para asegurar los grandes volúmenes de información que se obtendrá con estas nuevas soluciones, así como el correcto funcionamiento de los sistemas que se plantea desarrollar, deberá analizarse junto con el departamento de TI los controles que se requerirán con cada proyecto desarrollado. También se requerirá crear sistemas seguros en el caso de los sistemas de asistencia con respecto a la seguridad física de los operadores, al promover la utilización de sistemas colaborativos entre hombre y máquina, por lo que se deberán desarrollar controles de seguridad capaces de reconocer potenciales amenazas a la integridad física de los trabajadores y evitarlas.

Educación continua: Como ya se ha mencionado en el capítulo de las Estrategias de transformación digital y en el capítulo de Propuestas de estrategia de transformación digital de la empresa, la educación continua de los trabajadores en el uso de tecnologías digitales y los nuevos métodos de trabajo desarrollados será clave en el contexto de la Industria 4.0, por lo que será un requisito para Control de calidad de producción cerciorarse de que su personal tenga las competencias necesarias, apoyándose en el uso de sistemas digitales de capacitación bajo demanda. Además, para el reclutamiento de personal será necesario actualizar los criterios de valoración de candidatos, agregando a los perfiles buscados las habilidades y conocimientos demandados en la Calidad 4.0, tales como las competencias en sistemas informáticos transaccionales, software de modelación virtual, software de business intelligence y software de minería de datos; así como la habilidad de visualizar soluciones implementando tecnologías digitales.

Tecnologías de identificación: En conjunto con las implicaciones mencionadas para la seguridad ante ataques, el desarrollo y el uso de tecnologías de identificación avanzadas mejorará la capacidad de la empresa de proteger sus sistemas informáticos. La empresa emplea controles de acceso básicos, como el uso de contraseñas alfanuméricas para el acceso a los sistemas informáticos y

controles más avanzados, como tarjetas de identificación NFC, las cuales se utilizan para el acceso de áreas restringidas. No obstante, la empresa deberá implementar tecnologías de identificación más avanzadas, entre las que se encuentran los controles biométricos, que pueden ser útiles para el acceso a sistemas informáticos; mientras que para la procuración de la seguridad operativa en sistemas HRK, se necesitarán sistemas inteligentes de identificación de imágenes, cámaras de infrarrojo, detectores de distintos tipos de radiación, entre otros.

Estandarización: Se ha mencionado anteriormente que la empresa trabaja siguiendo las premisas de las normas ISO 9001:2015 y VDA 6.1, además de contar con sus propias directrices para la calidad de producción y la realización de pruebas y auditorías de calidad. De manera simultánea a la planeación de los proyectos de implementación de tecnologías 4.0, la empresa requerirá desarrollar y formalizar los estándares para la operación de las nuevas tecnologías y nuevos métodos de trabajo, no sólo para garantizar las condiciones de factibilidad operativa y la obtención de los objetivos establecidos, sino también para asegurar las condiciones de seguridad de la información y la integridad física de los empleados. Estos estándares deberán de desarrollarse con el apoyo del departamento legal de la empresa y con la participación de los directores y gerentes de los departamentos que se vean directamente afectados, así como obtener el reconocimiento de los estándares por parte de la dirección de la empresa.

5.3.3.3 *Ganancia de calidad*

Retroalimentación de datos: Como resultado de la implementación de sistemas expertos, en la empresa se vivirá la transición del trabajo de análisis numérico y estadístico automatizado, al trabajo entorno a la toma de decisiones asistida por sistemas, gracias a la disponibilidad en tiempo real del estado de la producción. Actualmente en Control de calidad de producción los analistas de calidad realizan los cálculos de KPI y otros parámetros que se utilizan para tomar decisiones y entregar resultados a las gerencias correspondientes. Con la disponibilidad de los sistemas expertos, se podrán especializar los puestos de analistas de calidad, haciendo un mejor uso del tiempo de trabajo ahorrado gracias a la automatización, estableciendo equipos de trabajo que den seguimiento especializado a ciertos problemas de calidad. Además, se requerirá determinar qué departamentos serán responsables del mantenimiento de los sistemas expertos y de sus funciones.

Voz del cliente en redes sociales: Junto con el uso de sensores inteligentes en toda la maquinaria de producción y con la medición de calidad al cien por ciento, la voz del cliente se presenta como otra alternativa para recabar información y requerirá una gran capacidad de procesamiento de información. Haciendo uso de tecnologías como la minería de datos y el análisis de sentimiento, se tomarán en cuenta las opiniones de los clientes y consumidores de los productos en un nuevo nivel, para poder realizar acciones correctivas con el menor costo posible y en un tiempo oportuno, además de ejecutar medidas de prevención de fallas y de cambios de diseño, con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente. Dado que la satisfacción del cliente es un tema de interés para la empresa en general, la implementación de estas tecnologías deberá plantearse para su uso en toda la empresa, obteniendo el apoyo del departamento de IT.

Lean Management: Los sistemas Lean Management 4.0 se beneficiarán de la información en tiempo real para realizar acciones de mejora continua de manera inmediata y eficiente. Actualmente el departamento de producción es el principal ejecutor de proyectos Lean Management. Aprovechando las tecnologías digitales para el trabajo en equipo, se propone la implementación de un Dashboard de proyectos en tiempo real, que incluya indicadores relevantes, tanto al departamento de Producción como el de Control de calidad, de modo que se favorezca la gestión de los proyectos que beneficien la ejecución de los esquemas y tiempos de producción y la calidad de la producción. Además, la integración de funciones de sistemas expertos para la sugerencia de acciones de mejora continua al Dashboard de Lean Management 4.0 agregará valor a la función de mejora continua.

Sistemas de gerencia integrados: Retomando los trabajos de Solís sobre la Madurez digital y de Kane et. al, la mayor desventaja de contar con un mar de información disperso entre una gran cantidad de silos de información empresarial es la distorsión de la información, cuyo impacto depende de la perspectiva del departamento que la utiliza y el retraso con el que la información llegue a otros departamentos. Es por lo que uno de los principales requisitos del CPS de la empresa será integrar toda la información en un solo ambiente. No obstante, además tratarse de un problema de Tecnologías de la información y de Ciencia de datos, es un problema gerencial y de planeación estratégica, ya que el ambiente de información debe ser construido de manera que convengan los departamentos. La arquitectura del modelo de base de datos debe estar libre de sesgos y contener información atomizada²⁷. Los niveles directivos deben de vigilar el cumplimiento de las normas de TI y promover el trabajo en conjunto, para poder satisfacer las necesidades del cliente en cada departamento.

²⁷ Datos atomizados: Simplificados hasta su condición más básica

5.3.4 Conclusiones de propuestas de transformación digital

Se hace la propuesta al departamento de Control de calidad de producción de definir objetivos y ejes estratégicos para conseguir la madurez digital del departamento. Su objetivo principal es cumplir los estándares de calidad de la producción mediante la excelencia operativa e innovación. Se establecen ejes estratégicos para las problemáticas de nuevos modelos de negocio, nuevos productos, finanzas y la innovación, para cubrir los puntos clave para el éxito de las estrategias de digitalización. Dentro de los ejes mencionados, se pueden encontrar diferentes requisitos, como plataformas de trabajo e interacción digitales, el manejo automatizado de grandes volúmenes de información, la seguridad de software y la capacitación de los recursos humanos, cuya implementación y ejecución tiene su origen en las tecnologías de la Industria 4.0. Adicionalmente a los requisitos tecnológicos, se requieren cambios organizacionales como el tipo de liderazgo ejercido en la empresa y la cultura laboral con respecto a la innovación y a encontrar nuevos elementos de valor añadido a los modelos de negocio existentes y la creación de nuevos modelos de negocio, demostrando la trascendental relevancia del elemento cultural de la empresa digital.

Con respecto a los dieciséis puntos de la Calidad 4.0, sobresale la importancia de contar con un Sistema Ciber Físico, el cual será la base del funcionamiento de la mayoría de las tecnologías a implementar, así como se destaca la introducción de nuevos métodos como la comunicación entre consumidores y empresas mediante plataformas en línea y externas a los sistemas institucionales. Es, por ello que se destaca la importancia mencionada en la propuesta de estrategia de digitalización de contar con el personal con las competencias necesarias para gestionar las actividades de digitalización necesarias, así como el liderazgo para orientar hacia la transformación de los procesos e identificar las oportunidades digitales durante el camino.

6. Conclusiones

En el departamento de Control de calidad de producción de la empresa automotriz estudiada se encontraron las principales problemáticas de un gran volumen de información de calidad de los productos fabricados distribuido entre el Sistema Informático de la Producción, el Sistema de Auditoría de Producto y otros sistemas secundarios; el principal reto que supone es que gran parte de las tareas del proceso de revisión de calidad es registrado mediante diferentes herramientas tecnológicas de manera manual y que existe un retraso importante de hasta 32 horas entre la captura de la información y la obtención de los KPIs de Calidad de Producción.

Para medir la madurez de la transformación digital en la empresa y en el departamento de Control de calidad de producción, se evaluaron los aspectos clave como la digitalización de los procesos, la cultura corporativa y la infraestructura digital de la empresa. Tras este análisis, se encontró que la empresa se encuentra en una etapa de transición, debido a que en la mayoría de las problemáticas ya se han realizado avances mediante la implementación de tecnologías de automatización, sistemas informáticos avanzados y metodologías de trabajo interdisciplinario. Sin embargo, se observa un retraso en la digitalización de procesos, al depender del elemento humano para realizar labores de reporte o para ingresar información en sistemas informáticos de procesos secundarios, como las áreas administrativas, además de presentar un retraso de madurez digital en la orientación hacia al cliente, ya que aún no se han presentado iniciativas de naturaleza digital y se depende de métodos tradicionales para la atención de las demandas de los clientes y la detección de necesidades de satisfacción del cliente.

Como preparación para implementar soluciones que complementen a los esfuerzos de transformación digital en la empresa, se revisaron las estrategias corporativas global y local. Al analizar la estrategia global se puede destacar que la

empresa tiene como objetivo convertirse en líder a nivel mundial en nuevos tipos de productos y el hacer realidad la producción de los productos del futuro. Para conseguir esto, la empresa fija como sus bases estratégicas la generación de nuevos modelos de negocio, oferta de nuevas soluciones de movilidad que complementen y ofrezcan alternativas a la fabricación de los productos y capitalizar proyectos de innovación y la excelencia operativa financiera. Las iniciativas incluyen proyectos digitales como la inclusión de los automóviles autónomos, las alianzas estratégicas con startups y nuevos participantes en la industria automotriz; mejorar la experiencia del cliente mediante innovaciones digitales y ampliando la oferta de sus productos. De manera local, la empresa declara tener como sus directrices la satisfacción del cliente, la sustentabilidad tanto ecológica como económica, el trabajo en equipo y la optimización de las finanzas.

Los elementos anteriormente mencionados demuestran que la empresa tiene una visión bien definida. Las tecnologías digitales forman parte de la mayoría de las iniciativas de cambio en la estrategia corporativa. No obstante, en las estrategias no se señala de manera puntual a las tecnologías en las que se invertirán recursos o que se implementarán mediante los nuevos proyectos, lo cual deja ambigüedad en el planteamiento de la digitalización. Al revisar el rol de Control de calidad de producción en las estrategias corporativas, tampoco se tiene muy claro cuál será el camino por seguir para que el departamento evolucione con respecto a madurez digital. En la estrategia hace falta definir objetivos específicos en Control de calidad de producción y definir directrices que demuestren la inclusión de tecnologías digitales. En consecuencia, se hace la propuesta del objetivo principal para la estrategia digital de Control de Calidad de Producción y se basan los principios de satisfacer las necesidades de los clientes mediante el uso de la información primaria como los dispositivos conectados y la recolección de información en redes sociales, el establecimiento de los requerimientos de calidad necesario en nuevos productos y nuevas soluciones de movilidad y la transformación de los procesos de inspección de calidad mediante tecnologías digitales que permitan la utilización de

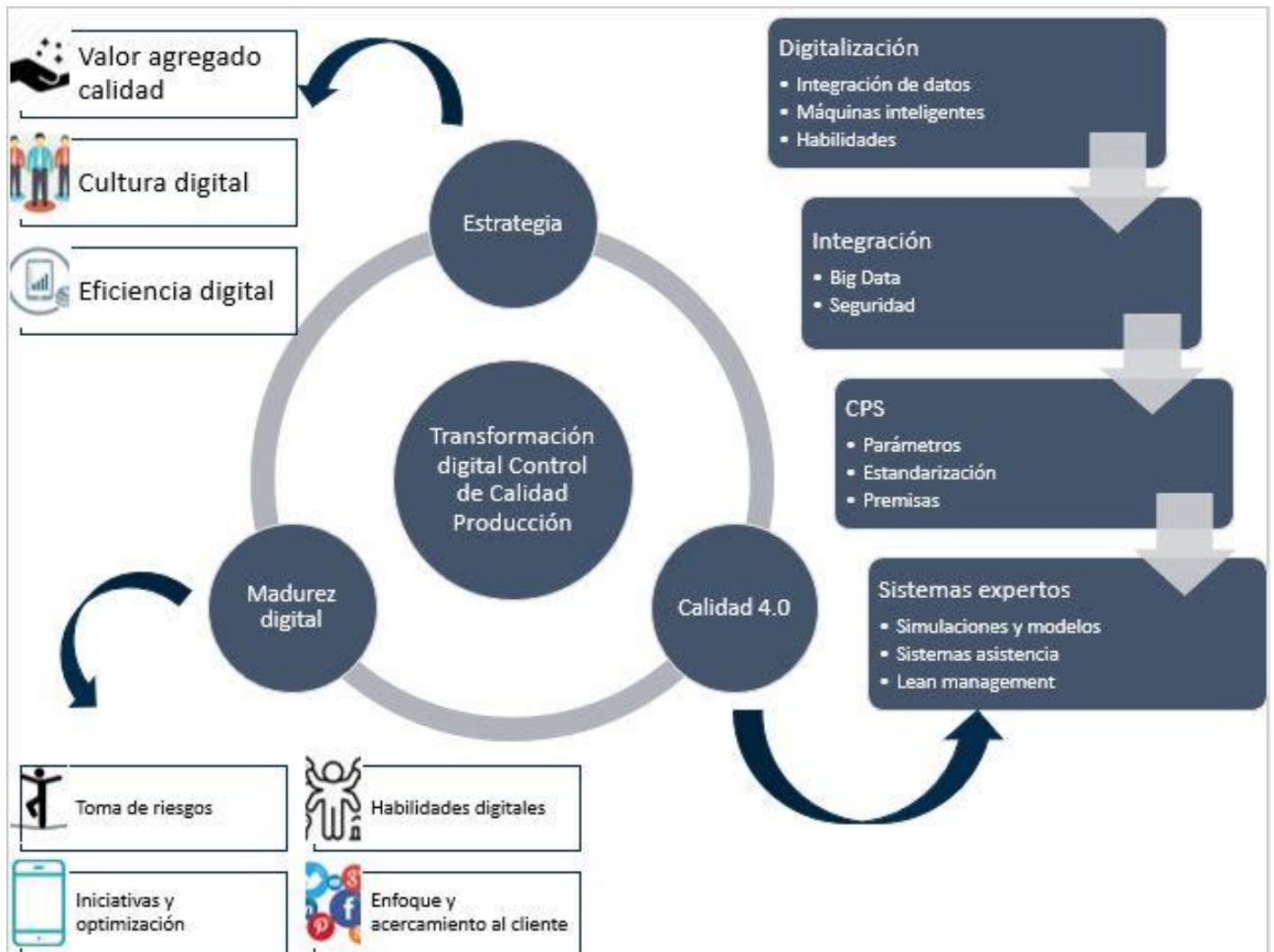
herramientas que agreguen valor al departamento de Calidad y a los productos fabricados.

Por último, se revisaron los requerimientos de la Calidad 4.0 que responden a las necesidades de los métodos de producción en las fábricas inteligentes. Tras revisar las tres etapas de calidad, se identifica que para poder implementar los dieciséis puntos definidos en el trabajo de Artischewski y Sommerhof, la empresa automotriz requerirá en primer lugar, hacer posible la creación del sistema Ciber Físico (CPS) de toda la fábrica. Esto requerirá que se haya resuelto previamente la problemática del *big data*, de la integración de los sistemas informáticos en un solo ambiente, de garantizar la ciberseguridad de la información y de establecer los estándares operativos de las nuevas tecnologías y de los nuevos procesos para productos innovadores y nuevos modelos de negocio. De manera paralela, se deberán diseñar los procesos de calidad para posibilitar la revisión completa con el uso de las tecnologías mencionadas, la implementación de sistemas de asistencia como la realidad aumentada y la colaboración hombre-máquina (HRK) y planear la utilización de fuentes externas de información como la opinión de los clientes en redes sociales para la generación de herramientas de análisis de calidad.

Dos grandes factores que complementan el progreso tecnológico son la actualización de competencias y la cultura corporativa, a fin de que los empleados estén preparados y comprometidos para los cambios tecnológicos en todos los procesos de la empresa. Además, debido a la evolución de los roles de los colaboradores hacia labores mucho más analíticas y de un mayor nivel intelectual, se debe considerar la integración de empleados con mayor especialización en sus campos y empleados capacitados para los nuevos roles. Esta actualización del personal significará un aumento considerable en el costo de los recursos humanos, ya que los empleados con las habilidades suficientes pertenecerán a una clasificación de sueldos superior; también debe prepararse la transición a la menor demanda de colaboradores con una menor especialización laboral. La cultura

corporativa en la Producción 4.0 y la Calidad 4.0 requerirá una gran participación de los niveles ejecutivos, ya que los modelos organizacionales deberán conformarse con niveles más “llanos” y menos jerárquicos, debido a la gran necesidad del trabajo interdisciplinario y matricial para poder realizar exitosamente los complejos proyectos digitales. Además, los niveles ejecutivos deberán tener conocimientos muy sólidos en las tecnologías digitales, pero sobre todo en reconocer el potencial de las nuevas soluciones y los nuevos modelos de negocios, ya que la transformación digital será cada vez más acelerada en el mercado globalizado y traerá retos más complejos para las empresas automotrices.

Ilustración 29 – Transformación digital Control de calidad de producción



Esquema de propia autoría

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 – De la Industria 1.0 a la Industria 4.0	19
Ilustración 2 – Industria 4.0: Esquema de trabajo y tecnologías	21
Ilustración 3 – Barreras en los sistemas de producción actuales	23
Ilustración 4 – Los niveles de la madurez en la transformación digital	29
Ilustración 5 – Organigrama del departamento de Control de calidad	50
Ilustración 6 – Esquema de flujo de información de Control de calidad de producción	53
Ilustración 7 – Calidad estampado	54
Ilustración 8 – Calidad hojalatería	55
Ilustración 9 – Calidad pintura	56
Ilustración 10 – Calidad ensamble	57
Ilustración 11 – Calidad pruebas finales.....	58
Ilustración 12 – Reporteo en Sistema Informático de Producción	61
Ilustración 13 – Reporteo en Sistema de Auditoría de Producto	63
Ilustración 14 – Estrategia global de la empresa	65
Ilustración 15 – Estrategia local de la empresa	66
Ilustración 16 – Calibrador digital	69
Ilustración 17 – Ultrasonido.....	69
Ilustración 18 – Medición espesor pintura	69
Ilustración 19 – Centro de control integrado.....	70
Ilustración 20 – Instrumento digital conectado	71
Ilustración 21 – Terminales fijas.....	72
Ilustración 22 – Dispositivo handheld	73
Ilustración 23 – EDT de proyecto	83
Ilustración 24 – Roadmap de proyecto.....	84
Ilustración 25 – Proyecto: Jerarquización de información.....	85

Ilustración 26 – Dashboard de proyecto	86
Ilustración 27 – Proyecto: Esquema de reporte	86
Ilustración 28 – Madurez digital y oportunidades	93
Ilustración 29 – Transformación digital Control de calidad de producción	112

Índice de tablas

Tabla 1 – Etapas de la madurez de la transformación digital	32
Tabla 2 – Resultados del estudio de estrategia según madurez digital	34
Tabla 3 – 16 puntos para la Calidad 4.0	43
Tabla 4 – Madurez de la transformación digital en QP	80
Tabla 5 – Project charter automatización de reportes QP	82
Tabla 6 – Propuesta de ejes estratégicos	96

Índice de términos

▪ Big Data [7].....	20
▪ Business Intelligence (BI) [24]	61
▪ Colaboración Hombre – Máquina (HRK) [6].....	20
▪ Cómputo en la nube [8]	20
▪ Darwinismo Digital [16]	28
▪ Datos atomizados [27]	107
▪ Dispositivo Gauge [23].....	54
▪ Gamification [18].....	36
▪ Identificación por radiofrecuencia (RFID) [13].....	23
▪ Internet of Things (IoT) [2]	20
▪ ISO 9001:2015 [22]	49
▪ Just-in-Time (JIT) [12].....	22
▪ Machine Learning [11]	22
▪ Manufactura aditiva [10]	20
▪ OEM [1]	15
▪ Pick-to-Light [20].....	46
▪ Plug & produce [19].....	45
▪ Realidad Aumentada (AR) [3]	20
▪ Realidad Virtual (VR) [4].....	20
▪ Ride Hailing [25]	65
▪ Sensores inteligentes [9]	20
▪ Sistemas Ciber-Físicos (CPS) [5]	20
▪ Smart factory [14]	24
▪ Startup [17].....	32
▪ Tier 1 [15]	26
▪ Tier 2 [15]	26
▪ VDA 6.1 [21]	49

Referencias

- [1] AB&R. (2018). What is RFID? Recuperado de American Barcode & RFID website:
<https://www.abr.com/what-is-rfid-how-does-rfid-work/>
- [2] Alamy. (2019). Photo and images search. Recuperado de <https://www.alamy.com/>
- [3] Artischewski, F., & Sommerhof, B. (2014). *Qualitätssicherung 4-0 - Moderne Ansätze und Anforderungen der Qualitätssicherung im Kontext von Industrie 4.0* (Hochschule Darmstadt & Deutsche Gesellschaft für Qualität). Recuperado de https://www.dgq.de/wp-content/uploads/2014/03/DGQQualitaessicherung4_0.pdf
- [4] Asociación Española para la Calidad. (sf). *Norma VDA*. Recuperado de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma-vda>
- [5] Barra, M. (2016). *The code conference*. Recuperado de www.mobileworldlive.com/apple-says-car-ultimate-mobile-device
- [6] Bastian Solutions Inc. (2018). *Pick to Light System*. Recuperado de <https://www.bastiasolutions.com/solutions/technology/supply-chain-software/picking-technology/pick-to-light>
- [7] Bitkom e.V., VDMA e.V., & ZVEI e.V. (2016, enero). *Implementation Strategy Industrie 4.0. Report on the results of the Industrie 4.0 Platform*. Bitkom e.V.
- [8] Biztech Africa. (2013). Motorola launches fastest industrial handheld device: the MC9200.
- [9] Bloomberg, J. (2018, abril). Digitization, Digitalization and Digital Transformation: Confuse them at your peril. *Forbes*, 6 páginas.
- [10] BMWi. (2017, junio). *Industrie 4.0 Plug-and-Produce for Adaptable Factories: Example Use Case Definition, Models and Implementation*. Recuperado de https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2017/Juni/Industrie_4.0_Plug_and_produce
- [11] Bonsor, K., & Chandler, N. (2019). How Augmented Reality Works. En *HowStuffWorks*. Recuperado de <https://computer.howstuffworks.com/augmented-reality.htm>

- [12] Burke, R., Mussomeli, A., Laaper, S., Hartigan, M., & Sniderman, B. (2017). *The smart factory. Responsive, adaptive, connected manufacturing*. Recuperado de <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html#>
- [13] Cambridge University Press. (2019). Ride-hailing. En *Cambridge Dictionary*. Recuperado de <https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/ride-hailing>
- [14] Camps, R., Casillas, L., Costal, D., Gilbert, M., Martín, C., & Pérez, O. (2005). *Bases de datos* (1° edición). Recuperado de <https://www.uoc.edu/masters/oficiales/img/913.pdf>
- [15] Carr, N. (2003, mayo). IT Doesn't Matter. Recuperado de Harvard Business Review website: <https://hbr.org/2003/05/it-doesnt-matter>
- [16] Dayashankar, D. (2012). *Smart Sensors*. IIT Bombay.
- [17] Depositphotos. (2019). Búsqueda de imágenes. Recuperado de <https://mx.depositphotos.com/>
- [18] Dorantes, R. (2018). Qué es una startup. *Entrepreneur*. Recuperado de <https://www.entrepreneur.com/article/304376>
- [19] Dreamstime. (2019). Búsqueda de imágenes. Recuperado de <https://es.dreamstime.com/>
- [20] Gartner. (2019). Business Intelligence (BI). En *Gartner IT Glossary*. Recuperado de <https://www.gartner.com/it-glossary/business-intelligence-bi/>
- [21] Geissbauer, R., Vedso, J., & Schrauf, S. (2016). *Industry 4.0: Building the digital enterprise* (p. 36) [Estudio]. Recuperado de PwC website: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- [22] General Electric. (2019). *What is Additive Manufacturing?* Recuperado de <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing>
- [23] GettyImages. (2019). Búsqueda de imágenes. Recuperado de <https://www.gettyimages.es/>
- [24] González-Longatt, F. (2007). *Introducción a los Sistemas de Información*. Recuperado de <https://www.uv.mx/personal/artulopez/files/2012/08/FundamentosSistemasInformacion.pdf>

- [25] GTAI. (2018). *Industrie 4.0*. Recuperado de <https://www.gtai.de/GlobalSharedContent/Bilder/Invest/Bilder-englisch/Grafiken-englisch/Industries/Industrie-4-0/industrie40/from-industrie-10-to-industrie-40.gif?v=3>
- [26] Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad* (3ª edición). México: McGraw Hill.
- [27] IBM. (2019). What is cloud computing? Recuperado de <https://www.ibm.com/mx-es/cloud/learn/what-is-cloud-computing>
- [28] International Organization for Standardization. (s. f.). *ISO 9000 family - Quality management*. ISO.
- [29] Kagan, J. (2018). Original Equipment Manufacturer OEM. En *Investopedia*. Recuperado de <https://www.investopedia.com/terms/o/oem.asp>
- [30] Kane, G. C., Palmer, D., Nguyen Phillips, A., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). *Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation* (p. 29) [Reporte de investigación]. Recuperado de MIT Sloan Management Review and Deloitte University Press website: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/fr/Documents/strategy/dup_strategy-not-technology-drives-digital-transformation.pdf
- [31] Kenton, W. (2018). Just In Time - JIT. En *Investopedia*. Recuperado de <https://www.investopedia.com/terms/j/jit.asp>
- [32] Koch, V., Kuge, S., Geissbauer, R., & Schrauf, S. (2014). *Industrie 4.0 Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution* (p. 52). Alemania: strategy& pwc.
- [33] Konsynski, B. (2015, marzo). *One prediction: Businesses need to learn how to improvise* [MIT Sloan Management Review]. Recuperado de <https://sloanreview.mit.edu/article/are-you-ready-for-the-certainty-of-the-unknown/>
- [34] KUKA AG. (2019). Human-Robot Collaboration. Recuperado de <https://www.kuka.com/en-us/technologies/human-robot-collaboration>
- [35] Leonardi, P. (2014, noviembre). The Unexpected Payoffs of Employee «Eavesdropping» [Revista en Internet]. Recuperado de MIT Sloan Management Review website: <https://sloanreview.mit.edu/article/the-unexpected-payoffs-of-employee-eavesdropping/>

- [36] Morgan, J. (2014, mayo). A Simple Explanation of «Internet Of Things». *Forbes*.
Recuperado de <https://www.forbes.com/sites/jacobmorgan/2014/05/13/simple-explanation-internet-things-that-anyone-can-understand/>
- [37] National Science Foundation. (2018). Cyber-Physical Systems. Recuperado de https://www.nsf.gov/news/special_reports/cyber-phphysical/
- [38] Olmos, R. (2018). *Big Data*. Presentado en México. México.
- [39] Pacheco, I., & Morales, R. (2018, diciembre). *La inserción de México en la industria automotriz del futuro*. ProMéxico. Unidad de Inteligencia de Negocios.
- [40] Schlund, S. (2013, octubre 30). Industrie 4.0 & Automatisierung = Mensch vs Maschine?
Recuperado 20 de marzo de 2019, de <https://blog.iao.fraunhofer.de/industrie-40-automatisierung-mensch-vs-maschine/>
- [41] Schneider Electric. (2019). HMI (Terminals and Industrial PC). Recuperado de <https://www.se.com/au/en/Images/DSC02699-900x500.jpg>
- [42] Schwab, K. (2017). *The global competitiveness report 2016-2017*. Recuperado de World Economic Forum website: http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017_FINAL.pdf
- [43] Secretaría de Economía. (2016, abril). *Crafting the Future: A roadmap for Industry 4.0 in Mexico*.
- [44] Segura-Velandia. (2016). *Industrie 4.0 implementations in the automotive industry*.
Recuperado de https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/bitstream/2134/23402/3/Industrie%204.0%20implementations%20in%20the%20automotive%20industry_%20ICMR%202016_vfinal_corrections.pdf
- [45] Silver, D. (2016, mayo). The automotive supply chain, explained [Medium]. Recuperado de <https://www.medium.com/self-driving-cars/the-automotive-supply-chain-explained-d4e74250106f>
- [46] Simon, P. (2014). *The Visual Organization: Data Visualization, Big Data and The Quest For Better Decisions* (Primera). Estados Unidos de América: Wiley.

- [47] Solis, B. (2015). *The six stages of digital transformation maturity*. Recuperado de <https://www.cognizant.com/whitepapers/the-six-stages-of-digital-transformation-maturity.pdf>
- [48] Spelman, M., Weinelt, B., Mitchell, A., Berdichevsky, A., Shah, A., & Van Winkle, M. (2016, enero). *Digital Transformation of Industries. Automotive Industry*. Recuperado de https://www.accenture.com/t20170411T120057Z__w__/_us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/WEF/PDF/Accenture-Automotive-Industry.pdf
- [49] Talman, R. (2009). *Geometric Mechanics* (Segunda edición). Alemania: Wiley Publishers.
- [50] Van den Boer, P. (2011). *Introduction to Gamification*. Recuperado de <https://cdu.edu.au/olt/ltresources/downloads/whitepaper-introductiontogamification-130726103056-phpapp02.pdf>
- [51] Virtual Reality Society. (2017). *What is virtual reality?* Recuperado de <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/what-is-virtual-reality.html>
- [52] WAGO Kontakttechnik GmbH. (2015). *Automotive industry applications and solutions*. Recuperado de <http://www.wago.com/infomaterial/pdf/60337815.pdf>
- [53] Wollschläger, D., Foden, M., Cave, R., & Stent, M. (2015). *Digital disruption and the future of the automotive industry. Mapping new routes for customer-centric journeys*. Recuperado de <https://www-935.ibm.com/services/multimedia/IBMCAI-Digital-disruption-in-automotive.pdf>
- [54] Ziemke, A., Stöckel, T., & Thomsen, L. (2016). *Production 4.0 - new paths for the automotive industry*. Presentado en Alemania. Recuperado de <https://www.talconference.com/article-files/10-tal17-ziemke-nextlap.pdf>