

Gestión del Ciclo de Vida del Producto en la Industria 4.0

Salimbeni, Sergio Duilio

sergio.salimbeni@usal.edu.ar

Universidad del Salvador (Argentina)

Fecha de recepción: 05/07/2020

Fecha de aprobación COINI: 11/09/2020

Fecha de aprobación RIII: 22/06/2021

RESUMEN

La demanda del mercado es cambiante, lo que redundará en la reconfiguración de las cadenas de valor de los proveedores, empresas y clientes. Las compañías buscan diferenciarse a través del agregado de valor a sus productos y servicios. Los productos inteligentes, desde su concepción hasta su retiro o reutilización son una pieza clave en esta nueva revolución industrial. La Industria 4.0 permite una gestión extremo a extremo, desde el relevamiento de los requerimientos del cliente, hasta la reutilización o reciclaje. Gestionar la información del ciclo de vida del producto ofrece respuestas a las necesidades actuales de la demanda y mejora el desempeño de las empresas. Para ello, la Industria 4.0 puede lograr, entre otros desafíos, la convergencia entre los Sistemas de las Tecnologías de la Información y los Sistemas de Tecnología Operacional. Para este trabajo se estudiaron artículos científicos y las normas IEC 62.890 y IEC 62.264. El objetivo principal del estudio fue proponer una fase adicional al Ciclo de Vida del Flujo de Valor del Modelo de Arquitectura de Referencia de la Industria 4.0, combinándolo con una integración tanto horizontal como vertical. Se propone, para futuras investigaciones, su validación a través de un caso práctico de digitalización de los productos y del proceso central de una empresa.

Palabras Claves: Industria 4.0; Ciclo de Vida del Producto; Flujo de Valor; RAMI 4.0; Producto Inteligente

Product Life Cycle Management in Industry 4.0

ABSTRACT

Market demand is changing, which results in the reconfiguration of the value chains of suppliers, companies and clients. Companies seek to differentiate themselves by adding value to their products and services. Smart products, from their conception to their removal or reuse, are a key piece in this new industrial revolution. Industry 4.0 allows an end-to-end management, from the survey of customer requirements, to reuse or recycling. Managing product life cycle information provides answers to the current demand needs and improves business performance. For this, Industry 4.0 can achieve, among other challenges, the convergence between Information Technology Systems and Operational Technology Systems. During this work, scientific articles and the IEC 62.890 and IEC 62.264 standards were studied. The main objective of the study was to propose an additional phase to the Value Flow Life Cycle of the Industry 4.0 Reference Architecture Model, combining it with both horizontal and vertical integration. It is proposed, for future research, its validation through a practical case of digitization of products and the core process of a company.

Keywords: Industry 4.0; Product Life Cycle; Value Stream; RAMI 4.0; Smart Product

Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto na Indústria 4.0

RESUMO

A demanda do mercado está mudando, o que resulta na reconfiguração das cadeias de valor de fornecedores, empresas e clientes. As empresas buscam se diferenciar adicionando valor aos seus produtos e serviços. Produtos inteligentes, desde sua concepção até sua finalização ou reutilização, são peças-chave nesta nova revolução industrial. A Indústria 4.0 permite o gerenciamento de ponta a ponta, desde a coleta dos requisitos do cliente até a reutilização ou reciclagem. O gerenciamento das informações do ciclo de vida do produto fornece respostas às necessidades de demanda atuais e melhora o desempenho dos negócios. Para isso, a Indústria 4.0 pode alcançar, entre outros desafios, a convergência entre Sistemas de Tecnologia da Informação e Sistemas de Tecnologia Operacional. Para este trabalho, foram analisados artigos científicos e as normas IEC 62.890 e IEC 62.264. O objetivo principal do estudo foi propor uma fase adicional ao Ciclo de Vida do Modelo de Arquitetura de Referência do Fluxo de Valor da Indústria 4.0, combinando-o com a integração horizontal e vertical. Propõe-se, para pesquisas futuras, sua validação por meio de um caso prático de digitalização de produtos e do processo central de uma empresa.

Palavras chave: Indústria 4.0; Ciclo de vida do produto; Fluxo de valor; RAMI 4.0; Produto inteligente

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se propone la ampliación del concepto de Ciclo de Vida del Producto bajo el contexto de la I4.0 (Industria 4.0). Se exponen las ventajas de ampliarlo, haciendo uso de las nuevas tecnologías de la información como de los sistemas de tecnología operacional, todo ello enmarcado en el modelo RAMI4.0 (“Reference Architectural Model Industrie 4.0”).

La metodología utilizada se basó en un enfoque mixto y desde la perspectiva de la ingeniería industrial. El alcance de la investigación fue exploratorio y descriptivo. La metodología, para el marco teórico: búsqueda y gestión bibliográfica, fichas de lectura, método de mapeo y de pentágono.

Su fundamentación se basa en que la demanda del mercado es cambiante y las empresas buscan agregar valor para diferenciarse. La I4.0 permite una gestión de extremo a extremo, desde el relevamiento de requerimientos de parte de los clientes, hasta la oferta de nuevos servicios de posventa, todo ello enmarcado dentro de la RAMI4.0.

Como instrumento estratégico, la gestión del ciclo de vida del producto, PLM (Product Lifecycle Management), permite a las empresas agregar valor, el cual debe ser percibido por los clientes, obteniendo una ventaja competitiva (Xin and Ojanen 2018).

PLM es una estrategia comercial utilizada por los fabricantes para respaldar el PLC (Product Life Cycle) mejorando el desempeño comercial a través de una combinación de organización, procesos, metodología y tecnología.

Muchas empresas manufactureras buscan adaptar sus instalaciones para poder posicionarse mejor frente a estos nuevos desafíos, siendo uno de los mayores, el encontrar la manera adecuada de dar forma a las ventajas competitivas en la era de la I4.0; esto es una condición de su supervivencia a largo plazo en el mercado (Adamik and Nowicki 2018).

La digitalización de partes y productos, a lo largo de todo el ciclo de vida, permite que la información se comparta, no solo entre todos los departamentos de la empresa, sino también con los proveedores y clientes. El intercambio de datos, como el hecho de compartir información dentro de una comunidad, se considera que juega un papel crucial en la gestión del conocimiento. El intercambio de información es considerado, por la mayoría de las empresas, como uno de los temas más importantes en la gestión del conocimiento, lo que permite mejorar la eficiencia, la calidad y el tiempo de comercialización en el desarrollo de nuevos productos (Gao and Bernard 2018).

Estudios de la consultora LNS Research (Align technology to create market advantage 2018), destacan que la mejora de la calidad se encuentra entre los principales casos de uso para la transformación industrial, seguidos por la mejora de la eficiencia operativa, los productos conectados, el “gemelo digital”, el trabajador conectado y el mantenimiento predictivo de activos.

Un aspecto interesante para destacar, es que un vasto número de iniciativas I4.0 centradas en la calidad no son lideradas por los Departamentos de Calidad de las empresas sino por las áreas de Operaciones, Ingeniería, Ventas o Marketing (Eng and Nikolova-Jahn 2019); este es un aspecto que se debe mejorar en la transición hacia una I4.0.

En el punto 2 del presente documento se realiza una introducción al concepto de la I4.0 y una descripción del marco de referencia de su arquitectura, el denominado RAMI4.0. En el punto 3 se desarrolla el concepto tradicional del Ciclo de Vida de un producto, el flujo de valor dentro de la empresa, los

productos inteligentes y el Ciclo de vida del producto en la I4.0. Finalmente, se encuentran las conclusiones en el punto 4.

2. INDUSTRIA 4.0 Y RAMI 4.0.

Las tecnologías digitales se han estado convirtiendo en factores clave para aquellas empresas que buscan alcanzar sus metas (Nylén and Holmström 2015). La aplicación de dichas tecnologías a los negocios es denominada Transformación Digital, y cuando la Transformación Digital llega a la industria se la conoce como la 4ta revolución industrial.

En la feria de Hannover 2011, y por primera vez, se menciona a este fenómeno como Industry 4.0" (Matt 2020)(Qin, Liu, and Grosvenor 2016)(Sanders, Elangeswaran, and Wulfsberg 2016). El término I4.0 describe la revolución de la industria manufacturera alrededor del mundo (Matt 2020).

El foco de la I4.0 es la combinación de la producción, las tecnologías de la información e Internet (Matt 2020). La I4.0 es la integración e interacción de tecnologías, tanto en los dominios digitales como físicos, lo cual la diferencian de otras revoluciones industriales (Demartini and Tonelli 2018); los objetos inteligentes se comunican entre sí y se crea una Internet de objetos y servicios. El mundo físico y el mundo virtual se integran en sistemas ciberfísicos (Sommer 2015).

Existen nuevas técnicas, herramientas y tecnologías que conforman la I4.0, tales como la Computación en la Nube, las Tecnologías Móviles, las Comunicaciones entre Máquinas y la Impresión Aditiva (Figura1); no obstante, se podría decir que los pilares de la I4.0 son la AI (Inteligencia Artificial), los CPS (Sistemas ciberfísicos) y la CC (Computación en la Nube).

Un factor clave en el desarrollo de la I4.0 ha sido el IoT (Internet of things), en particular el IIoT (Industrial Internet of Things). En términos generales, el IIoT es la aplicación de instrumentos, sensores y dispositivos conectados a máquinas y procesos en entornos industriales (IIoT Industrial IoT use cases and applications n.d.).

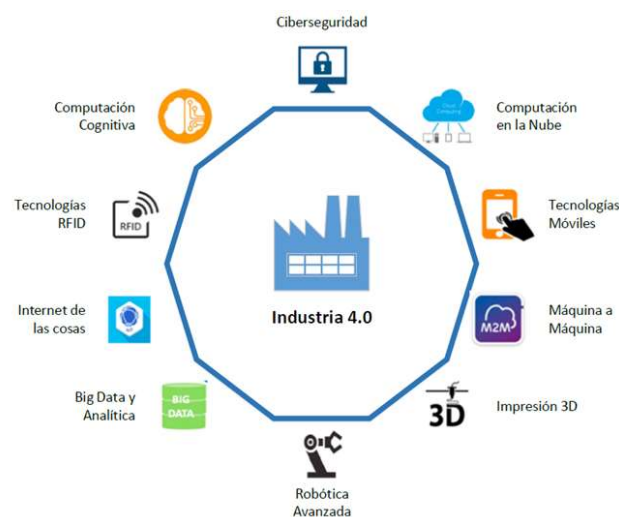


Figura 1 Industria 4.0. Fuente: propia

Existen dos requisitos básicos para construir una plataforma I4.0 (Lin et al. 2018): en primer término, la definición de una estructura de comunicación y segundo, el desarrollo de un lenguaje común con sus propios signos, alfabeto, vocabulario, sintaxis, gramática, semántica y cultura.

Del mismo modo, es indispensable lograr la conectividad e interoperabilidad entre dispositivos; ella es una de las características más salientes de la Transformación Digital aplicada a la industria (Leitão, Colombo, and Karnouskos 2016). Por ese motivo, fue creada en 2013 la arquitectura de la plataforma I4.0, la cual fue denominada RAMI4.0. La misma fue desarrollada por tres asociaciones industriales: BITKOM, VDMA and ZVEI y es actualmente liderada por el BMWi y el BMBF (DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE 2018).

La RAMI4.0 es un mapa tridimensional que muestra cómo abordar la I4.0 de manera estructurada y garantiza que todos los interesados en la I4.0 se entiendan entre sí. Es una arquitectura orientada al servicio que combina todos los elementos y componentes de las IT (Tecnologías de la Información) en un modelo de capas y ciclo de vida.

La RAMI4.0 desagrega procesos complejos en paquetes fáciles de comprender, los cuales incluyen privacidad de datos y seguridad de IT, entre otros. Se observa su representación en la Figura 2.

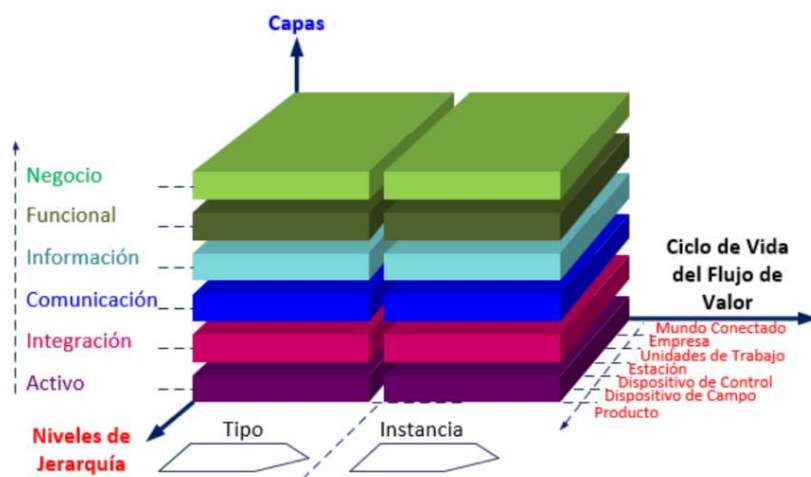


Figura 2 RAMI 4.0. Fuente: propia

Este modelo de referencia arquitectónico está representado en tres dimensiones: (1) Capas (de arquitectura empresarial), (2) Ciclo de Vida del Flujo de Valor y (3) Niveles de Jerarquía.

El primer eje, Capas, posee 6 niveles, a saber: (1) “Negocio”, el cual se refiere a la estrategia de negocios de la empresa y responde a la pregunta: ¿cuánto está dispuesto a pagar mi cliente por mi producto? (2) “Funcional”, que define el papel de los “assets” (activos) dentro del sistema I4.0 y responde a la pregunta: ¿qué se supone que mi producto debe hacer? (3) “Información”, que se refiere a los datos organizados y debe responder a la pregunta: ¿qué datos debe proveer mi producto? Este punto es muy importante ya que comienza a definir a los denominados Productos Inteligentes. (4) “Comunicación”, que se ocupa de transmitir y recibir datos y debe responder a la pregunta: ¿cómo mi cliente y mi empresa pueden acceder a los datos? (5) “Integración”, que es el enlace entre la capa física y el mundo digital y responde

a la pregunta: ¿qué partes de mi producto están digitalizados? y por último el (6) “Asset” o activo, que son las “cosas” físicas o intangibles en el mundo real y responde a la pregunta: ¿cómo integrar al proceso mi producto o servicio para llevarlo al mundo real? La representación de este eje deja en claro la participación de cada “Asset” en la estrategia final del negocio.

El segundo eje pertenece al Ciclo de Vida del Flujo de Valor, el cual se basa en el estándar IEC 62.890 (STANDARD_RAMI40-IEC62890 (Life Cycle Value Stream) - 2017 - (68).pdf n.d.). Cada empresa tiene una serie de actividades en sus procesos, los cuales agregan valor; ese es el denominado Flujo de Valor. A su vez, cada organización tiene sus proveedores y clientes, quienes también poseen su Flujo de Valor; ese conjunto conforma el llamado Sistema de Valor. El flujo de valor de una empresa se ve representado por su “Ciclo de Vida”, es decir, las diferentes fases por las que, indefectiblemente, transita. La RAMI4.0 representa ese Ciclo de Vida del Flujo de Valor en dos grandes Fases denominadas: “Tipo” e “Instancia” (Fig.3). El “Tipo” tiene a su vez dos subfases: Desarrollo y Mantenimiento; la fase Instancia posee también dos subfases: Producción y Mantenimiento. Por ejemplo, para un fabricante de motores, en la fase Tipo, la subfase Desarrollo estaría conformado por todos los pasos de un desarrollo de producto, mientras que la siguiente subfase, Mantenimiento, se refiere al mantenimiento del diseño, es decir, por ejemplo, actualizaciones de diseño, “updates” y “upgrades” de hardware y / o software. En la fase Instancia, perteneciente ya a Operaciones, la subfase Producción se refiere, en este ejemplo, a la fabricación del motor, mientras que la subfase Mantenimiento (de Instancia), son los servicios de posventa correspondientes a dicho motor. Esto se observa en la Figura 3.

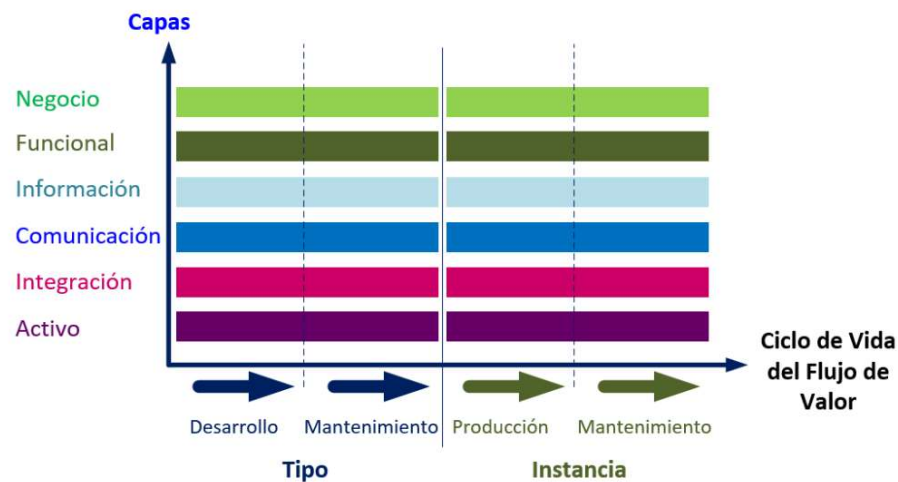


Figura 3 Ciclo de Vida del Flujo de Valor RAMI4.0. Fuente: propia

El tercer eje, Niveles de Jerarquía, está basado en los estándares ISO/IEC 62264 (Manufacturing Architecture Product) (Batchkova, Gocheva, and Georgiev 2017) y el modelo RAMI4.0 amplía los niveles de jerarquía en la parte inferior, añadiendo un séptimo nivel “Producto” o “Pieza de Trabajo”. Se tiene entonces en este eje “Niveles de Jerarquía”: el (1) el Mundo Conectado, (2) la Empresa, (3) el Centro de Trabajo, (4) la Estación, (5) el Dispositivo de Control, (6) el Dispositivo de Campo y (7) el Producto.

3. CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO Y FLUJO DE VALOR

3.1. Ciclo de Vida del Producto

Para la formulación del problema de estudio, se debe primero diferenciar conceptualmente el significado del Ciclo de Vida del Producto del significado del Flujo de Valor de la empresa.

El Ciclo de Vida del Producto es el volumen demandado por el mercado en función del tiempo. Se representa la demanda en el eje vertical, en cantidades o unidades monetarias y en el horizontal períodos de tiempo, normalmente expresados en años. En ciertos casos, se puede representar también la contribución marginal o ganancia en el mismo eje vertical.

“El ciclo de vida del producto consiste en la demanda agregada, por un tiempo prolongado, de todas las marcas (fabricantes) que comprenden una categoría de producto genérico. Un ciclo de vida se puede representar graficando el volumen agregado de ventas de una categoría de producto en el tiempo, comúnmente en años”. (Stanton, William J. (University of Colorado–Boulder). Etzel, Michael J. (University of Notre Dame) & Walker n.d.). Es decir, desde la perspectiva de la comercialización, se entiende por PLC (Product Life Cycle) el tiempo transcurrido desde el lanzamiento del producto, pasando por las etapas de crecimiento y madurez, hasta la declinación de su demanda (Figura 4). La propuesta de este trabajo es extender el PLC más allá de sus límites actuales.

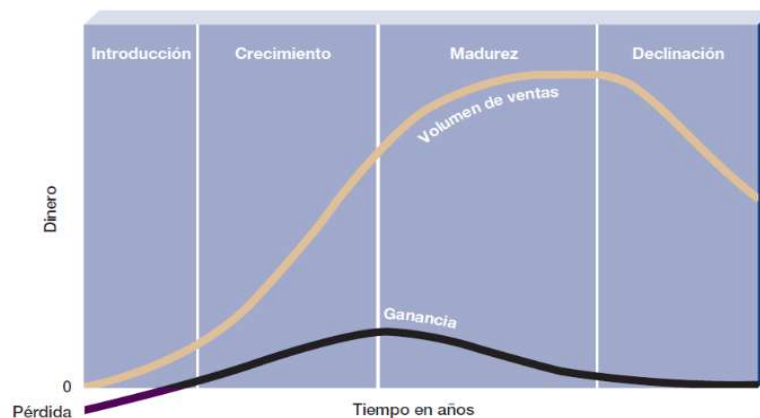


Figura 4 Ciclo de Vida del Producto. Fuente: Fundamentos de Marketing

3.2. Ciclo de Vida del Flujo de Valor de la empresa

El flujo de valor de una empresa u organización es la serie de actividades desde el inicio del agregado de valor hasta la entrega del producto, servicio o resultado final al cliente. Es básicamente la combinación de los procesos de creación y entrega de valor. Se representa a través de un mapa de flujo de valor, el cual es una herramienta que se usa frecuentemente en los sistemas “esbeltos” para la eliminación de desperdicios.

El mapa de flujo de valor es útil porque crea una representación visual de todos los procesos centrales que intervienen en el flujo de materiales e información en la cadena de valor de la empresa. Para cada paso del proceso se colectan datos de modo de conocer: (1) el costo estimado de cada actividad, (2) el

tiempo del proceso, (3) los tiempos de recambio, (4) los tiempos de espera en colas, (5) los tiempos de demandas, (6) la cantidad de productos diferentes, (7) los tiempos netos de trabajo y (8) la cantidad de defectos y retrabajos (George 2004).

Se observa en la figura 5 la representación del valor agregado por una empresa, desde la recepción de materiales de parte del proveedor hasta la entrega del producto a su cliente.

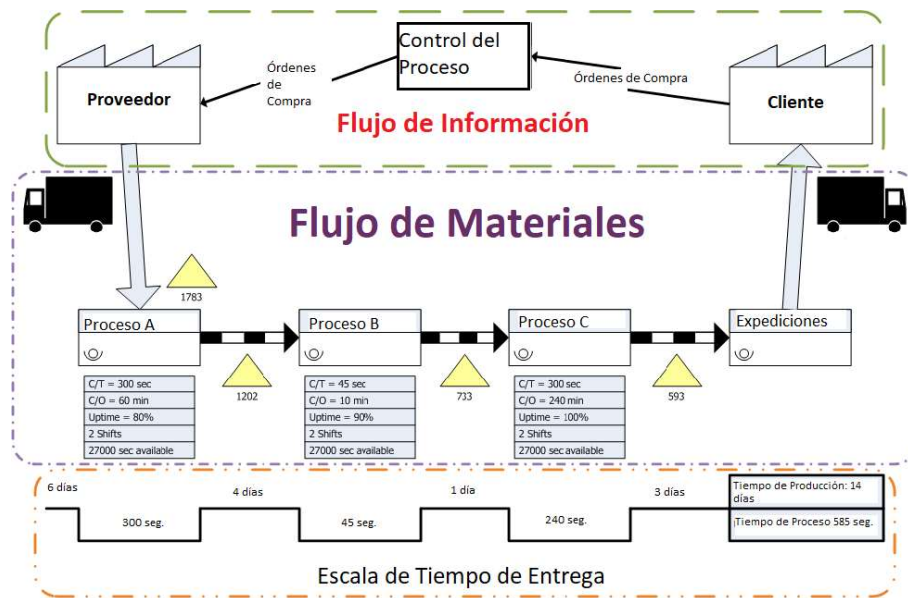


Figura 5 Flujo de Valor. Fuente: adaptado del BABoK™ IIBA™

En resumen, los mapas de flujo de valor abarcan toda la cadena de la empresa desde la recepción de las materias primas, de parte de sus proveedores, hasta la entrega del producto, servicio o resultado al cliente, el cual puede ser un usuario final u otra empresa. Dicha representación temporal es el denominado Ciclo de Vida del Flujo de Valor y tiende a ser más amplio en su alcance que un mapa de procesos o un diagrama de flujo estándar.

3.3. Productos Inteligentes y Ciclo de vida del producto en la Industria 4.0

Desde una mirada más amplia, se puede decir que existen necesidades, oportunidades o problemas a los cuales las empresas deben dar respuesta. La demanda del mercado es actualmente poco leal a las marcas, se producen efectos de cambios permanentes y los PLC son más breves. Debido a ello, las empresas deben adaptarse rápidamente a la demanda y sus líneas de producción deben ser flexibles, aunque manteniendo, o aún, mejorando, la productividad y calidad del producto.

Las distribuciones actuales de procesos de manufactura no dan una respuesta adecuada a ello (Malhotra 2009). Si bien un "Proceso de Trabajo" crea la flexibilidad necesaria para producir una amplia variedad de productos en cantidades significativas, con complejidad y divergencia considerables y un grado de personalización alto y volumen de producción bajo, no se adaptan perfectamente a la I4.0. La flexibilidad

necesaria en la configuración de las plantas de producción es, actualmente, otro de los impulsores de la I4.0.

Observando el macroambiente, se ve claramente que este proceso de desarrollo de un producto o servicio comienza con la detección de una necesidad de la demanda, la cual es interpretada generalmente por los departamentos de Marketing y Ventas, y llevada a la práctica por las áreas de Investigación y Desarrollo de las empresas, todo ello antes de pasar a Producción y Comercialización.

En el otro extremo de esta extensa serie de actividades productivas, y ya con el producto en manos del cliente, el desuso y desecho del producto obliga a la empresa a hacerse responsable y completar este proceso, generando de este modo una economía circular (Figura 6).

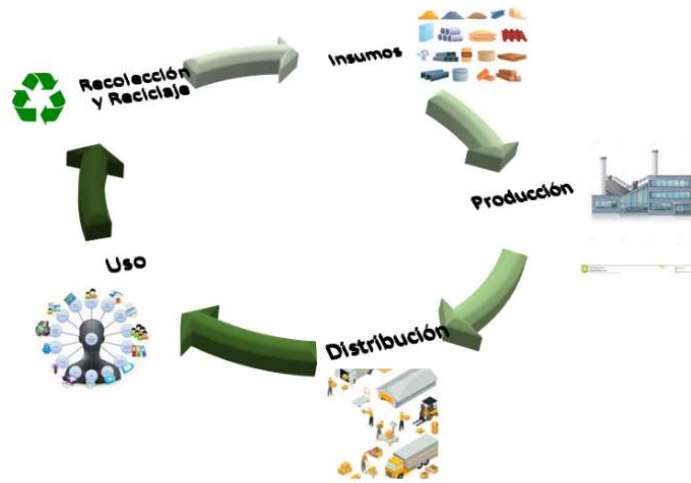


Figura 6 Economía Circular. Fuente: propia

Se propone, entonces, extender el concepto original del PLC, comenzando ahora con la detección de la necesidad del mercado, antes de la fase de introducción, y finalizando con la reutilización del producto o de sus partes constitutivas (Figura 7). A la gestión de ese ciclo completo se la denomina Gestión del Ciclo de Vida del Producto 4.0.

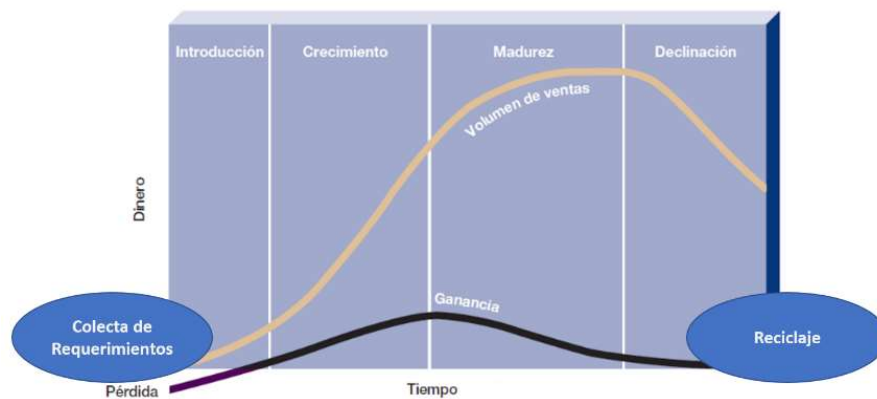


Figura 7 Ciclo de Vida extendido. Fuente: adaptada de Fundamentos de Marketing

Los avances y tecnologías de la I4.0 ofrecen nuevas perspectivas hacia la concepción de un ciclo de vida de un espectro más amplio. La I4.0 establece un cambio en la mejora de las ventajas físicas para optimizar la forma en que se utiliza los datos y la información a lo largo del ciclo de vida. Esta mejora conduce a un flujo de datos de extremo a extremo que atraviesa todo el ciclo de vida del producto. No sólo Marketing se vería beneficiado por ello, sino, por ejemplo, en la fase de operación se podrían utilizar nuevas tecnologías para agregar servicios de alto valor a los productos, tales como servicios de mantenimiento prescriptivos.

La I4.0 no se reduce al intercambio electrónico de información sino que busca la digitalización del ciclo de vida completo del producto (Sarachaga et al. 2019); la integración del ciclo de vida de la fábrica, el proceso y el producto, es un objetivo clave que se persigue pero que aún no se ha alcanzado (Ferreira et al. 2016).

Cuando se habla de digitalización, se refiere a la capacidad que un “activo” (insumo, conocimiento, parte, producto, máquina, proceso) sea identificable, monitoreable y controlable (Figura 8)

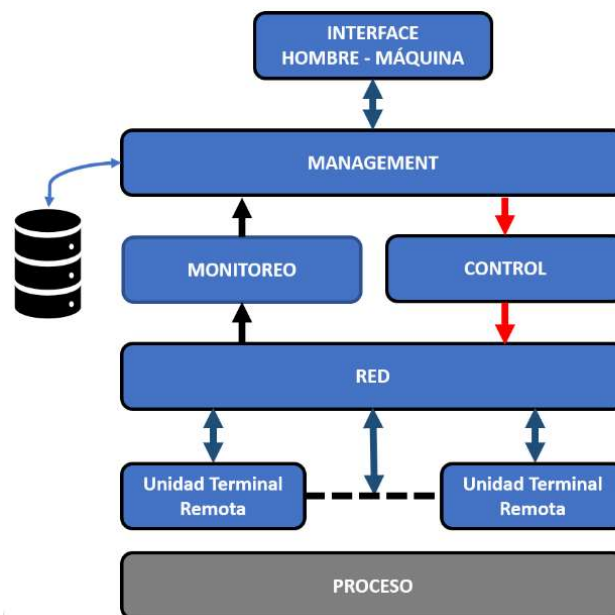


Figura 8 Monitoreo y Control. Fuente: adaptado de W. Armando Colombo

La característica de la digitalización permite, en primer lugar, la mejora del desarrollo de productos y procesos. La sensorización puede proporcionar información del estado del producto, y sus partes constitutivas, en tiempo real, con el fin de mejorar el proceso de fabricación. En segundo lugar, la digitalización, ayuda a reducir el tiempo de comercialización del producto y, en tercer lugar, puede mejorar la gestión de la energía (Xin and Ojanen 2018).

Estudios actuales, fundamentalmente en Alemania, comprueban que la digitalización y automatización mejora la productividad de las empresas. Durante los próximos cinco a diez años, la I4.0 será adoptada por más compañías, lo que aumentará la productividad en todos los sectores manufactureros alemanes (Rüßmann et al. 2015).

Para lograrlo, el Sistema de Valor completo debe ser digitalizado, tanto los proveedores, las fábricas intermedias y la empresa cliente (Figura 9).

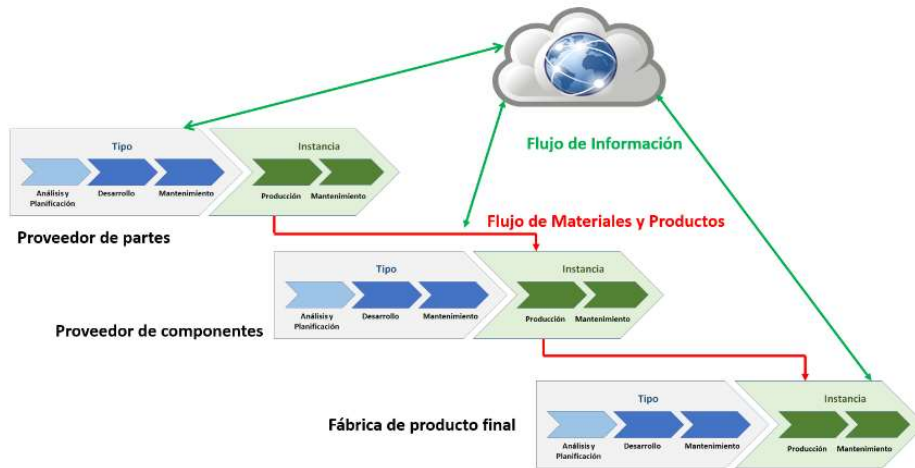


Figura 9 Sistema de Valor 4.0. Fuente: propia

3.4. Integración de la información en el Ciclo de Vida del Producto 4.0.

Considerando las nuevas necesidades de las industrias y sirviéndose de las ventajas de los productos inteligentes (productos digitalizados), se plantea en este artículo extender el concepto del ciclo de vida del producto y, consecuentemente, del flujo de valor de la empresa en la arquitectura RAMI4.0. Para ello se propone una subfase ubicada antes de la subfase de Desarrollo de dicho modelo, la cual denominamos “Análisis y Planificación”, el cual es un proceso más intelectual que físico.

Un proceso de desarrollo de producto, es la secuencia de pasos o actividades que una empresa utiliza para concebir, diseñar y comercializar un bien (Ulrich, Karl T. (University of Pennsylvania). Eppinger 2009). Como se acaba de mencionar, en la subfase de Desarrollo del modelo RAMI4. no se consideran los pasos anteriores a éste, es decir, las actividades de Análisis y Planificación, y de allí nuestra propuesta.

Las etapas para el desarrollo de un producto, según (Ulrich, Karl T. (University of Pennsylvania). Eppinger 2009) son: (1) planificación, (2) desarrollo del concepto, (3) diseño en el nivel sistema, (4) pruebas y refinamiento y (5) inicio de la producción (Figura 10).

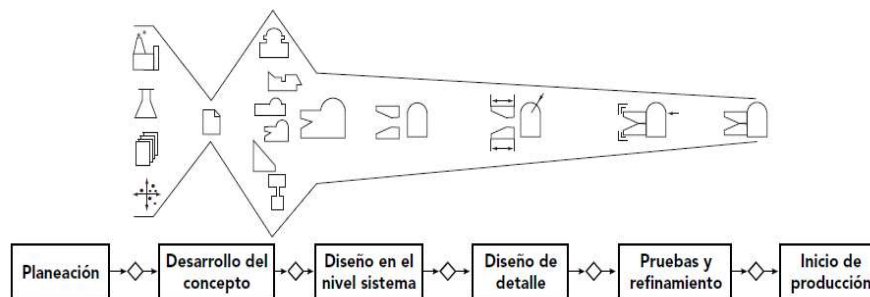


Figura 10 Proceso genérico de desarrollo de producto. Fuente: Diseño y Desarrollo de Productos

Las dos primeras etapas de este modelo de Proceso de Desarrollo de Producto, Planificación y Análisis, contienen una serie de actividades cuyos registros y datos colectados no son habitualmente compartidos con toda la organización. Si ello se llevara a cabo, no solo el área de Manufactura se vería beneficiada, sino también las áreas de Marketing, incluyendo Investigación de Mercado y Diseño, Control de Calidad, Administración y Finanzas entre otros.

De esta manera, se podrían definir y monitorear una mayor cantidad y calidad de indicadores de gestión, lo cual redundaría, no solo en un mejor desempeño de la empresa, sino en una mejora en la relación con los proveedores y clientes.

Se muestra en la Tabla 1 las tareas más importantes y la información que estaría disponible para cada departamento de la empresa.

Tabla 1 Proceso genérico de desarrollo de producto. Fases de planificación y desarrollo. Fuente: propia del autor.

ÁREAS DE LA EMPRESA	FASE DE ANÁLISIS Y PLANIFICACIÓN	FASE DE DESARROLLO DE CONCEPTO
Marketing	Articular oportunidad de mercado. Definir segmentos de mercado.	Recabar necesidades de clientes. Identificar usuarios líderes. Identificar productos competitivos.
Diseño	Considerar plataforma y arquitectura del producto. Evaluar nuevas tecnologías.	Investigar factibilidad de conceptos del producto. Desarrollar conceptos de diseño industrial. Construir y probar prototipos experimentales.
Manufactura	Identificar restricciones de producción. Establecer estrategia para la cadena de suministro.	Estimar costo de manufactura. Evaluar factibilidad de producción.
Finanzas	Indicar metas de planificación.	Facilitar análisis económico.
Investigación y Desarrollo	Demostrar tecnologías disponibles.	-----
Dirección general	Asignar recursos al proyecto.	-----
Legal	-----	Investigar cuestiones de patentes.

De esta manera, los requerimientos de los clientes, basados en los datos colectados y analizados, se podrían incorporar no sólo a las oportunidades detectadas por Marketing, sino incluso durante el proceso de fabricación de un producto, ya que la compañía posee la agilidad para adaptarse a esta nueva situación; al completar el ciclo de información del producto, la digitalización haría posible la gestión del ciclo de vida completo (Wang, Towara, and Anderl 2017).

Con el fin de ubicar esta propuesta en el modelo RAMI4.0 se destaca que esta mejora se centra en el plano: Capas - Ciclo de vida del Flujo de Valor, tal como se muestra en la Figura 11.

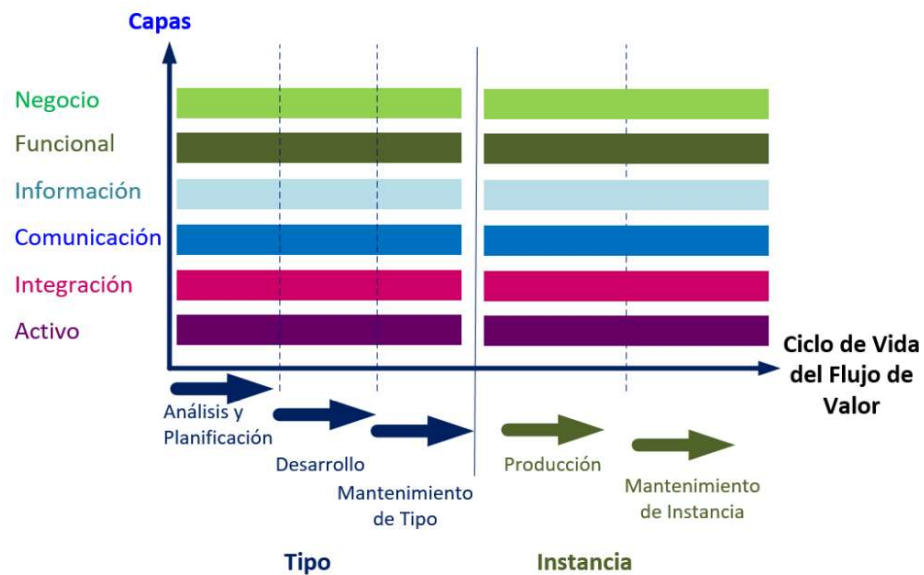


Figura 11 Capas vs. Ciclo de Vida del Flujo de Valor. Fuente: propia

De esta manera, el eje: Ciclo de Vida del Flujo de valor, estaría compuesto de la siguiente manera (Figura 12):



Figura 12 Ciclo de Vida del Flujo de Valor 14.0 mejorado. Fuente: propia

Para lograrlo, se debe conectar en red la planta con todas las restantes áreas o departamentos de la empresa, lo cual implica la interoperabilidad de distintos sistemas, tales como, por ejemplo, los sistemas de CRM (Customer Relationship Management), PLM (Product Lifecycle Management), ERP (Enterprise Resource Planning) y, fundamentalmente, el MES (Manufacturing Execution System) (Figura 13).

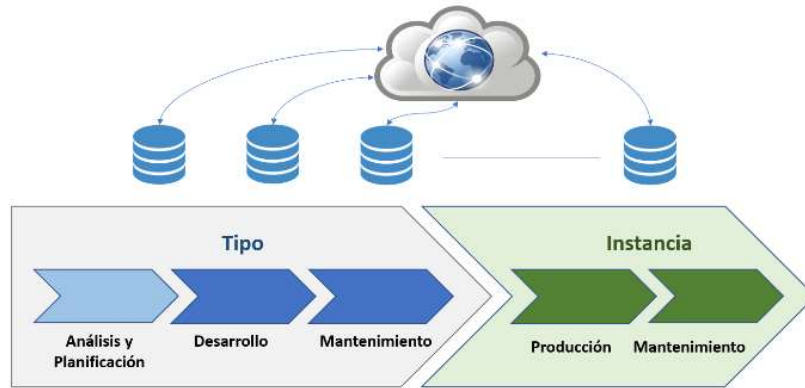


Figura 13 Subfase Análisis y Planificación. Fuente: propia del autor

Los sistemas más frecuentemente utilizados en la industria, y antes mencionados, son descritos brevemente a continuación. Los CRM se clasifican en analíticos u operativos; el primero se enfoca en coleccionar datos con el fin de obtener información del cliente; esto permite que la empresa identifique los mercados meta y las oportunidades de negocio; el segundo, CRM Operativo, de interés para nuestro estudio, está orientado a la utilización de la información con el fin de mejorar la productividad interna de la empresa (Hair, Joseph F. (Kennesaw University). Anderson, Rolph E. (Drexel University). Mehta, Rajiv (New Jersey Institute of Technology. Babin 2010).

Por su parte, los PLM, gestionan un bien a medida que avanza por las diferentes etapas de la vida de un producto: desarrollo e introducción, crecimiento, madurez y declinación. Esta gestión implica tanto la fabricación del bien como su comercialización.

Los ERP administran generalmente la producción, logística, distribución, inventario y la contabilidad de la empresa, aunque a veces se solapan con factores comerciales.

Los MES permiten una conexión completa de producción IT con la operativa de la planta OT. De esta forma, toda la información del proceso productivo se puede gestionar en un sistema general con una infraestructura altamente integrada aumentando su efectividad.

Esta disponibilidad y tratamiento de datos, todos almacenados en “la nube”, no es actualmente una alternativa simple, más teniendo en cuenta que deben converger los ámbitos del IT y el OT. Es por ello que una de las principales tendencias para los sistemas industriales es la denominada “Interacción impulsada por la Información (Armando W. Colombo, Thomas Bangemann, Stamatis Karnouskos, Jerker Delsing, Petr Stluka, Robert Harrison, Francois Jammes 2014). Las futuras integraciones no estarán basadas en los datos que puedan ser entregados, sino más bien en los servicios y la inteligencia que cada dispositivo pueda entregar a la infraestructura. El SOA (Servicio Orientado a la Arquitectura) colabora con ello.

En resumen, la I4.0 no puede entenderse sin la convergencia entre la IT y la OT, es decir, la integración de los sistemas de tecnología de la información, utilizados para computación centrada en datos, con los sistemas de tecnología operacional, utilizados para supervisar eventos, procesos, dispositivos y realizar ajustes en las operaciones empresariales e industriales.

Cuando los datos de los sensores, las máquinas, los PLC (Programmable Logic Controller) quedan a disposición de la empresa, se convierten en una herramienta clave para la toma de decisiones, haciéndolas más efectivas y logrando una diferenciación competitiva. Es por ello que se debe considerar al OT y al IT no como dos redes independientes, sino como sistemas complementarios, siendo ello uno de los grandes desafíos de la I4.0 (Armando W. Colombo, Thomas Bangemann, Stamatis Karnouskos, Jerker Delsing, Petr Stluka, Robert Harrison, Francois Jammes 2014). Ambos se complementan generando evoluciones que redundan en la mejora de la información y productividad de las empresas (Figura 14).

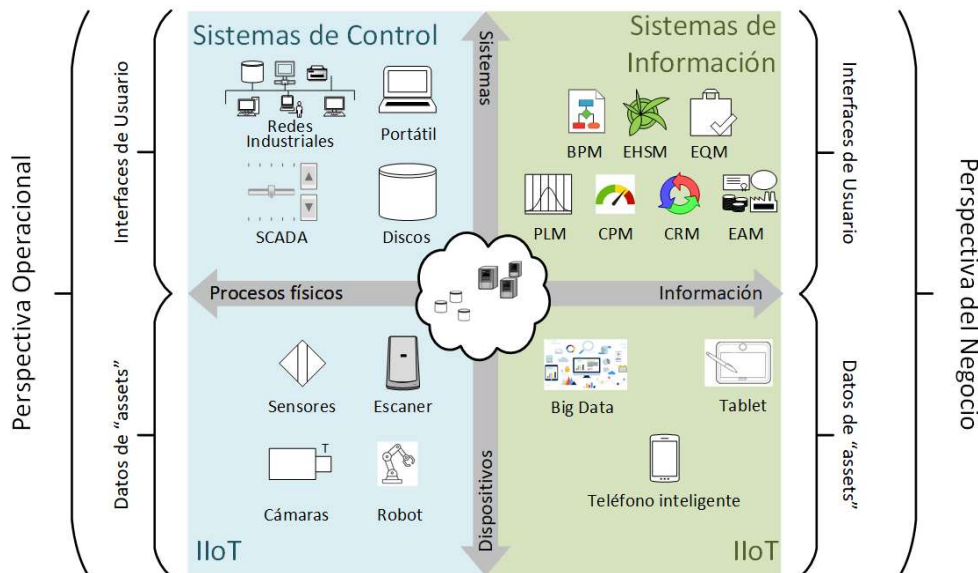


Figura 14 La Convergencia de la Información. Fuente: propia

Se precisa una comunicación horizontal y vertical a través de todas las capas, permitiendo escalabilidad para formar redes integradas con sensores, dispositivos embebidos, PLC, computadoras, teléfonos inteligentes, servidores y aplicaciones en la nube.

El estándar OPC-UA (Open Platform Communications Unified Architecture), que nace como una mejora de su predecesor OPC (Open Platform Communications) es una posible respuesta a ello.

OPC-UA es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales, de intercambio de información, el cual logra una comunicación segura, confiable e independiente de cualquier plataforma o fabricante. OPC-UA dejó de ser basado en las tecnologías propietarias para ser concebido con los principios y bases de un SOA.

4. CONCLUSIONES

Se propuso en este artículo ampliar el concepto de ciclo de vida del flujo de valor, comenzando con el relevamiento de los requerimientos de parte del cliente y finalizando con la reutilización de partes y productos en desuso. Esto es posible gracias a las nuevas tecnologías de la I4.0, fundamentalmente la sensorización, el monitoreo y control en tiempo real, y la computación en la nube. Esta interconexión e interoperabilidad punta a punta permite gestionar por completo el ciclo de vida de la cadena de valor, dando respuesta a una de las necesidades actuales del mercado: la personalización de productos y servicios y el aseguramiento de la calidad, permitiendo también a la empresa la generación de nuevas oportunidades de negocios, fundamentalmente de posventa.

Los productos y sus componentes, ambos inteligentes, facilitan también el monitoreo y control en cada uno de los procesos productivos, o sea, se digitaliza completamente su gestión. La digitalización de los insumos, partes, productos y procesos permite el monitoreo y control del flujo de valor de la empresa y el sistema de valor a través de diferentes indicadores clave de gestión, lo cual facilita el aseguramiento de calidad y las mejoras de desempeño.

La interoperabilidad de sistemas tales como SCM, CRM, ERP, PLM y MES es aún un desafío y tema que se debe profundizar. El estándar OPC-UA es una buena herramienta para lograrlo.

Si bien este trabajo propone una respuesta a las necesidades de la demanda y el desempeño de las empresas, ha sido un abordaje teórico. Se propone, para futuras investigaciones, un enfoque práctico para la digitalización completa de las partes, los productos y del proceso, ya que la experiencia dice que el principal inconveniente es que habitualmente en las aplicaciones prácticas los datos recopilados del proceso de control y del producto no se almacenan ni utilizan posteriormente para la mejora continua (Matt 2020).

REFERENCIAS

- [1] Xin, Y. and Ojanen, V. (2017). "The impact of digitalization on product lifecycle management: How to deal with it?," IEEE Int. Conf. Ind. Eng. Eng. Manag., vol. 2017-Decem, pp. 1098–1102, 2018, doi: 10.1109/IEEM.2017.8290062.
- [2] Adamik, A. and Nowicki, M. (2018). "Preparedness of companies for digital transformation and creating a competitive advantage in the age of Industry 4.0," Proc. Int. Conf. Bus. Excell., vol. 12, no. 1, pp. 10–24, 2018, doi: 10.2478/picbe-2018-0003.
- [3] Gao, J. and Bernard, A. (2018). "An overview of knowledge sharing in new product development," Int. J. Adv. Manuf. Technol., vol. 94, no. 5–8, pp. 1545–1550, 2018, doi: 10.1007/s00170-017-0140-5.
- [4] Jacob, D. (2018). "Align technology to create market advantage," Cambridge. [Online]. Available: <http://www.inserch.com>.
- [5] Eng, A. and Nikolova-Jahn, I. (2019). "Quality Management And Requirements Of The Fourth Technical Revolution," Int. Sci. J. "Industry 4.0," vol. IV, no. 2, pp. 61–63, 2019, [Online]. Available: <https://stumejournals.com/journals/i4/2019/2/61/pdf>.
- [6] Nylén, D. and Holmström, J. (2014). "Digital innovation strategy: A framework for diagnosing and improving digital product and service innovation," Bus. Horiz., vol. 58, no. 1, pp. 57–67, 2015, doi: 10.1016/j.bushor.2014.09.001.
- [7] Matt, D. T.; Modrák, V. and Zsifkovits, H. (2020). Industry 4.0 for SMEs. ISBN 978-3-030-25424-7 ISBN 978-3-030-25425-4 (eBook). Available: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4>
- [8] Qin, J.; Liu, Y. and Grosvenor, R. (2016). "A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond," Procedia CIRP, vol. 52, pp. 173–178, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.08.005.
- [9] Sanders, A.; Elangeswaran, C. and Wulfsberg, J. (2016). "Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing," J. Ind. Eng. Manag., vol. 9, no. 3, pp. 811–833, 2016, doi: 10.3926/jiem.1940.
- [10] Demartini, M. and Tonelli, F. (2018). "Quality management in the industry 4.0 era," Proc. Summer Sch. Fr. Turco, vol. 2018-Sep, pp. 8–14, 2018.
- [11] Sommer, L. (2015). "Industrial revolution - Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?" J. Ind. Eng. Manag., vol. 8, no. 5, pp. 1512–1532, 2015, doi: 10.3926/jiem.1470.
- [12] Internet, I., & Iot, I. (2020). IIoT Industrial IoT use cases and applications.
- [13] Lin, S. et al. (2018). "Architecture Alignment and Interoperability An Industrial Internet Consortium and Plattform Industrie 4.0 Joint Whitepaper," p. 19, 2018, [Online]. Available: http://www.iiconsortium.org/pdf/JTG2_Whitepaper_final_20171205.pdf.
- [14] Leitão, P.; Colombo, A. W. and Karnouskos, S. (2016). "Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: Prototype implementations and challenges," Comput. Ind., 2016, doi: 10.1016/j.compind.2015.08.004.

- [15] DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, "German Standardsation Roadmap: Industrie 4.0," DIN e. V., p. 146, 2018, [Online]. Available: www.din.de.
- [16] "STANDARD_RAMI40-IEC62890 (Life Cycle Value Stream) - 2017 - (68).pdf."
- [17] Batchkova, I. A.; Gocheva, D. G. and Georgiev, D. (2017). "Based Quality Operations Management According the Principles of Industrial Internet of Things," Sci. Proc. XIV Int. Congr. "Machines. Technologies. Mater., vol. VI, no. 3, pp. 431-434, 2017, [Online]. Available: <http://mtmcongress.com/proceedings/2017/Summer/6/09>.
- [18] Stanton, M. and William, J. (2014). Fundamentos de Marketing México DF. 14ta ed. McGraw Hill. México.
- [19] George, M. L. (2004). Lean Seis Sigma para Serviços, Rio de Janeiro. 1ra ed.: QualityMark.
- [20] Krajewski, L.; Ritzman, L. and Malhotra, M. (2008). Administración de Operaciones: Procesos y Cadenas de Valor. México DF. 8va ed. Pearson University.
- [21] Sarachaga, I.; Burgos, A.; Iriondo, N.; Alvarez, M. L. and Marcos, M. (2019). "Integración end-to-end a través del modelo del producto 4.0". pp. 155-161, 2019.
- [22] Ferreira, F.; Faria, J.; Azevedo, A. and Marques, A. L. (2016). "Product lifecycle management enabled by industry 4.0 technology," Adv. Transdiscipl. Eng., vol. 3, pp. 349-354, 2016, doi: 10.3233/978-1-61499-668-2-349.
- [23] Rießmann, M. et al. (2015). "Industry 4.0: Future of Productivity and Growth in Manufacturing," Bost. Consult. Gr., no. April, p. 20, 2015, doi: 10.1007/s12599-014-0334-4.
- [24] Ulrich, K. and Eppinger, S. (2009). Diseño y desarrollo de productos. México, D.F.: 5ta ed. McGraw Hill.
- [25] Wang, Y.; Towara, T. and Anderl, R. (2017). "Topological approach for mapping technologies in reference architectural model industrie 4.0 (RAMI 4.0)," Lect. Notes Eng. Comput. Sci., vol. 2, pp. 982-990, 2017.
- [26] Hair, J.; Anderson, R.; Mehta, R. and Babin, B. (2010). Administración de Ventas: Relaciones y Sociedades con el Cliente. México, D.F. 10ma ed. Cengage Learning.
- [27] Colombo, A.W. et al. (2014). Industrial Cloud-Based Cyber-Physical Systems: The IMC-AESOP Approach. New York. 1ed. Springer, New York.