

RECURSOS DE LAS TECNOLOGÍAS DE INDUSTRIA 4.0 PARA LA INNOVACIÓN DE MODELOS DE NEGOCIOS

Zanier, Candela; Rodríguez, Celeste; Molina Miller, Facundo, Chezzi, Carlos María

Grupo de Investigación en Modelado, Simulación y Control (GIMOSIC), Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional.

zaniercandela@gmail.com, celesterodriguez163@gmail.com, facundomolina799@gmail.com, carlos_chezzi@frcon.utm.edu.ar

RESUMEN

La Industria 4.0 se puede definir como la fusión entre el proceso de producción de productos o servicios y las tecnologías de la información y las comunicaciones. Entre ellas se destacan: computación en la nube e internet de las cosas, robótica colaborativa y sistemas físico cibernéticos, inteligencia artificial, minería de datos, fabricación aditiva, realidad aumentada y simulación. Pero su implementación no garantiza el éxito y la rentabilidad económica, se requiere de una transformación cultural, organizacional y de una reingeniería basada en la incorporación de innovación en los modelos de negocios tradicionales. En este trabajo se propone elaborar los fundamentos conceptuales que enuncien las bases teóricas para la identificación de las capacidades de creación de valor ofrecidas por las tecnologías de la Industria 4.0 y proponer un instrumento para la evaluación del impacto del nuevo paradigma en los modelos de negocios de las Pymes locales. Se identifican los requerimientos del tipo de tecnología, los recursos específicos aportados por la misma, el valor agregado y el aporte de innovación al modelo de negocios, como recurso conceptual para generar un proceso de transformación a una nueva estructura organizacional. Se elabora un instrumento de estudio con la propuesta de un cuestionario para analizar el nivel de avance en el proceso de digitalización industrial con eje en la innovación de la cadena de valor sobre la base de la digitalización. Se selecciona una muestra de cinco Pymes de las ciudades de Colón y Concordia y se realizan entrevistas. Como resultado se presenta un análisis de la aplicabilidad del marco conceptual propuesto en contexto industrial regional de las tecnologías de Industria 4.0 y su impacto en el modelo de negocio.

Palabras Claves: Marco Conceptual, Industria 4.0, Innovación, Modelos de Negocios, Tecnologías.

ABSTRACT

Industry 4.0 can be defined as the fusion between the production process of products or services and information and communications technologies. They include: cloud and Internet things computing, collaborative robotics and cyber-physical systems, artificial intelligence, data mining, additive manufacturing, augmented reality and simulation. However, its implementation does not guarantee success and economic profitability; it requires a cultural and organizational transformation and reengineering based on the incorporation of innovation into traditional business models. This work proposes to develop the conceptual foundations that state the theoretical bases for the identification of the value creation capabilities offered by Industry 4.0 technologies and to propose an instrument for evaluating the impact of the new paradigm on business models of local SMEs. They identify the requirements of the type of technology, the specific actions it brings, the added value and the contribution of innovation to the business model, as a conceptual approach to generate a transformation process towards a new organizational structure. A study tool is developed with the proposal of a guide to analyze the level of progress in the industrial digitalization process with an eye on the innovation of the value chain based on digitalization. If you select a show from five SMEs from the towns of Colón and Concordia and you will create entertainment. As a result, an analysis of the applicability of the proposed conceptual framework in the regional industrial context of Industry 4.0 technologies and its impact on the business model is presented.

Keywords: Framework, Industry 4.0, Innovation, Business Models, Technologies.

1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas y estrategias tradicionales en la producción industrial se enfrentan a un desafío sistemático, que les demanda una revisión de las mismas y un proceso de transformación. Este proceso se ve estimulado y potenciado por la velocidad en los avances de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y por la efectividad en la integración de éstos con los componentes de las plataformas de fabricación. Es así, que se requiere enunciar un nuevo modelo al que se ha identificado como Paradigma 4.0 (Ministerio de Desarrollo Productivo, 2021), que propicia el marco conceptual para el abordaje de un nuevo enfoque basado en las propuestas de la Industria 4.0 (Ministerio de Economía, 2023) (Data Science Challenges in Industry 4.0, 2020).

El concepto de Industria 4.0 puede definirse como: (i) una fusión entre el proceso de producción de productos o servicios y las TIC. De este modo se comunican personas, información y máquinas con el fin de proponer una integración óptima, la interoperabilidad y la interacción de los ambientes físicos y virtuales (Ibarra, Ganzarain e Iga, 2018) y (ii) la configuración de un sistema físico cibernético (SFC) que a través de la interacción de los componentes físicos con la virtualidad, se propone la incorporación de tecnologías disruptivas, digitalización e integración para crear fábricas inteligentes (Khan, Ahmad y Majava, 2023). Por tanto, se propicia la reestructuración de las fábricas desde la digitalización y la integración total de la cadena de valor para la generación de modelo de producción de alta flexibilidad, con una continua interacción entre todos sus componentes, la operación de datos que propicien el autocontrol y el agregado de inteligencia en los procesos, productos y servicios.

Como marco teórico y andamiaje de los recursos TIC para el proceso de digitalización se destacan: (i) sistemas físicos cibernéticos con capacidades automatización y control automático (Cogliati, Falchetto, Pau, Roveri y Viscardi, 2018), (ii) generar sistemas de control sin estar sujetos a los límites de la estructura local en base a Internet de las Cosas (Saravanan, y otros, 2022), (iii) recursos de computación en la nube que junto con internet de las cosas posibilitan un modelo integrado que puede ser operado en tiempo real y de forma virtual remota sin la necesidad de realizar inversiones en tecnologías informáticas propias (Chehria, Zimmerman, Schmidt, & Masuda, 2021), (iv) robótica colaborativa (Bossi, y otros, 2020), (v) inteligencia artificial y aprendizaje (Jan, y otros, 2020), (vi) minería de datos que generan inteligencia empresarial (Faz-Mendoza, y otros, 2020), (v) fabricación aditiva, que proporciona técnicas de diseño y elaboración (Borish y Westfall, 2020), (vii) realidad aumentada como nuevas estrategias de aprendizaje y prueba (Paelke, 2014) y (viii) la simulación como técnica de experimentación previa a la implementación física de los sistemas o de la fabricación de productos (Kranz y Zupick, 2017).

Por otro lado, se observa que estos rápidos avances tecnológicos, por su simple implementación no garantizan el éxito y la rentabilidad económica. Se requiere de una transformación cultural, filosófica, estructural y organizacional en su conjunto y de una reingeniería que produzca una innovación en los modelos de negocios tradicionales, basada fundamentalmente en la digitalización (Ibarra, Ganzarain e Iga, 2018). Es decir, que se requiere una transformación integral del paradigma industrial, que involucre el agregado de valor con innovaciones en toda la cadena, sus procesos e interacciones (Khan, Ahmad y Majava, 2023).

Por ello, en este trabajo propone elaborar los fundamentos conceptuales que enuncian las bases teóricas para la identificación de las capacidades de creación de valor, ofrecidas por las tecnologías de la Industria 4.0 y proponer un instrumento para la evaluación del impacto del nuevo paradigma en los modelos de negocios de las Pymes locales. Además, es importante destacar que el presente trabajo se va a ubicar en contextos de empresas Pyme. En la segunda sección se describen los fundamentos conceptuales que se deben abordar en el modelo tradicional para preparar los aspectos macro organizacionales que posibiliten un andamiaje para la incorporación sostenible del nuevo modelo, con la propuesta de un marco conceptual de referencia para la Pyme. En la tercera sección se presenta una estrategia para evaluar el proceso de digitalización e innovación, con la propuesta de un cuestionario de madurez digital y una grilla de tópicos para evaluar información resultante de la aplicación del cuestionario. En la sección cuatro se describe la información resultante de las entrevistas realizadas a cinco empresas regionales. Por último se plantean las conclusiones finales del trabajo de investigación.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICO PARA UN PROCESO DE TRANSFORMACIÓN CON INDUSTRIA 4.0

2.1.- Digitalización e Innovación

Ingresar al Paradigma 4.0 implica una transformación significativa en la industria, que considera importantes cambios en los sistemas técnicos y de producción emergentes a través de la incorporación de innovaciones con base en las tecnologías antes mencionadas (Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0). Dichas innovaciones se caracterizan por las habilidades y recursos para la digitalización y el desarrollo incremental de un plan de industrialización inteligente.

Si se recuerda la definición tradicional de digitalización, se la considera como un proceso de transformación de la información desde medios analógicos a dispositivos electrónicos con un formato digital, lo que propicia que la información pueda ser captada, procesada, almacenada y transmitida en un entorno digital, independientemente de su ubicación a través de redes informáticas locales o globales. (Gigova, Valeva y Nikolova-Alexieva, 2019). Si abordamos dicha definición desde la perspectiva del Paradigma 4.0 se considera la incorporación de tecnologías 4.0 y su impacto en los diferentes tipos de innovación: (i) en el modelo de negocios, (ii) en los procesos y productos, (iii) en la cadena de valor, (iv) en la estructura organizacional y (v) en aspectos de marketing y relación con el cliente.

Para lograr un acercamiento a las formas de digitalización se pueden agrupar las tecnologías en tres grupos de acuerdo con las actividades en donde se aplican y la relación costo y beneficio que surge de su implementación (Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0):

- Hibridación del mundo físico con el digital: manufactura aditiva, impresión 3D, robótica, sistemas embebidos, sensores y actuadores, internet de las cosas industrial.
- Comunicación y tratamiento seguro de la información resultante de la hibridación: ciberseguridad y blockchain, cloud computing, internet de las cosas.
- Aplicaciones inteligentes en la gestión: inteligencia artificial, big data y analytics, simulación de entornos virtuales, realidad aumentada, plataformas colaborativas.

En cuanto a los efectos de las innovaciones por la digitalización se pueden considerar los siguientes:

- Sistemas ciber físicos que optimizan los procesos de producción en la cadena de valor, con mayor producción y optimización de recursos, nuevos modelos de ingresos y sinergia en nuevas redes empresariales.
- Flexibilidad en los procesos con capacidades de apertura a los cambios rápidos y agregado de inteligencia en los productos o servicios.
- Estructuras organizacionales abiertas a cambios en el paradigma de gestión y en un contexto de redes colaborativas.
- Comunicación directa y personalizada con el cliente, con la posibilidad de atender sus necesidades individuales y criterios específicos de diseño y configuración del producto o servicio.
- Disposición abierta para la formación continua interna y a la interacción con organizaciones externas para socializar conocimientos y mantener el nivel de innovación.
- Optimización de la toma de decisiones a través de las capacidades de análisis en tiempo real y conocimientos obtenidos con recursos de la inteligencia artificial.

Dicha digitalización en la industria implica un proceso de incorporación de las diferentes tecnologías y de nuevas destrezas y tipos de procesos, por lo cual se destaca la necesidad de considerar instancias en la industrialización inteligente en diferentes niveles de madurez. Dichas instancias son necesarias para sostener un crecimiento adecuado y se pueden identificar en tres estadios: (i) el estadio del proceso de digitalización, (ii) la interrelación de los mismos y (iii) la inteligencia de sus sistemas.

1.2. Marco Conceptual

En la Tabla 1 se propone el marco conceptual abstracto para la elaboración de un modelo innovador de negocios, con la incorporación de las tecnologías de Industria 4.0. El mismo consta de cinco columnas que describen las dimensiones para llevar a cabo la transformación digital, las tecnologías a considerar en su desarrollo, los recursos concretos que con los que contribuyen dichas tecnologías, la creación de valor y el aporte a la innovación en el modelo de negocios. De este modo, se proponen recursos tecnológicos y la capacidad de creación de valor con el fin de orientar a la construcción de modelos innovadores de negocios.

Se consideran cuatro dimensiones sobre las cuales fundamentar el desarrollo (Ibarra, Ganzarain e Iga, 2018) de modo que partiendo desde la optimización de procesos internos y externos en un modelo de negocio tradicional y aplicando una innovación incremental se puedan alcanzar nuevos modelos de negocio en un contexto de innovación. Este incremento de la dimensión se explicita numéricamente en

la Tabla 1 para indicar los pasos que acentúan de menor a mayor la digitalización integración e inteligencia.

Tabla 1: Marco conceptual para la innovación en modelos de negocio.

Dimensiones	Tecnologías de la Industria 4.0	Impactos de la tecnología	Creación de valor	Aporte de innovación al modelo de negocios
1.- Optimización de procesos internos y externos	Big Data, Cloud computing, robots colaborativos, fábrica aditiva, visión artificial, realidad aumentada, Simulación	Aumento de la eficiencia y la mejora del rendimiento Modelización y simulación de procesos de producción	Trazabilidad de productos y recursos. Conectividad máquina a máquina. Capacitación de empleados. Gestión más transparente.	Ofertas más flexibles.
2.- Mejora de la conexión física y funcional con el cliente	Big data, Cloud Computing, Fog Computing, Realidad Virtual	Nuevas formas de interacción a través de puntos de contactos	Relaciones más directas, eficientes y de largo plazo. Recopilación, seguimiento e interpretación de datos. Desarrollo de nuevos servicios.	Ventas digitales Segmentación y personalización de clientes
3.- Nuevos ecosistemas y redes de valor	Big Data, Cloud Computing, Fog Computing, Realidad aumentada o Realidad Virtual.	Vinculación de procesos con las partes implicadas Adquisición de conocimientos científicos y tecnológicos	Infraestructura empresarial conectada. Integración con la disponibilidad de información en tiempo real. Actualización continua y de vanguardia	Acceso a nuevos segmentos de clientes. Inventoría de nuevos productos y servicios.
4.- Nuevos modelos de negocios basados en productos y servicios inteligentes	Big Data, Cloud Computing, Sensorización Inteligente, Sistemas Embebidos, Inteligencia Artificial, Simulación	Ofrecer bienes y servicios innovadores e inteligentes Estimular y acompañar el desempeño laboral Modelización y simulación de procesos de negocios	Integrar existentes y nuevos recursos físicos inteligentes Optimizar y ampliar las destrezas del proceso creativo Articular la relación hombre-máquina	Productos inteligentes e innovación en servicios complementarios Personalizar y diseñar un producto por parte del cliente como co-creador Diversificar y expandir los mercados

A partir de este marco conceptual el gerente de la Pyme puede evaluar en qué dimensión se encuentra, identificar qué tecnologías dispone y analizar si ha logrado algún nivel de innovación en el modelo de negocio con su incorporación.

3. ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN DEL PROCESO DE DIGITALIZACIÓN E INNOVACIÓN

Como complemento a lo propuesto en el marco conceptual de la Tabla 1 se plantea una estrategia de evaluación del proceso de digitalización e innovación. Dicha estrategia se fundamenta en la confección de un cuestionario que conduce la autoevaluación de madurez digital y la propuesta de tópicos para la elaboración de una grilla de análisis de los datos resultantes de las respuestas al mismo.

3.1. Cuestionario

El cuestionario se elabora sobre la base de los siguientes recursos de información: hub colaborativo llamado Intech 4.0 integrado por instituciones públicas y privadas, creado con el fin de estimular la transformación digital de las PyMEs (Ministerio de Industria y Desarrollo Productivo de Argentina, 2023), en el cual se puede también encontrar una oferta integral de soluciones con tecnologías argentinas, herramienta de autodiagnóstico digital avanzada (HADA) (Ministerio de Industria y Comercio del Gobierno de España, 2023) consistente en una aplicación Web que a través de un cuestionario las empresas pueden obtener una valoración de su estado de madurez digital y trabajo de investigación (Marcon, Le Dain, & Frank, 2022). Dicho cuestionario se conforma por las siguientes preguntas:

1. ¿Podría proporcionar una breve descripción de la historia de la empresa y sus actividades actuales, incluyendo los mercados, tecnologías proporcionadas?
2. ¿Cuántos empleados tiene la empresa actualmente? ¿En qué tipo de Industria opera la empresa?
3. ¿Tiene conocimiento acerca del concepto de Industria 4.0? Si no lo conoce, ¿cómo abordan la transformación digital?
4. ¿Dispone de una estrategia de transformación digital, con un plan de acción y una hoja de ruta para su implantación?
5. ¿Se produjeron cambios en la estructura de la empresa? En caso afirmativo, ¿cómo se fueron asimilando en la vida organizacional?
6. ¿Qué nivel de digitalización tiene la industria?
 - **Estático:** desconocen lo que es la Industria 4.0 o es irrelevante para las mismas.
 - **Consciente:** se involucra en la Industria 4.0 con iniciativas pilotos e inversiones en algún área. (Integración limitada)
 - **Competente:** incorpora iniciativas de la Industria 4.0. Realiza inversiones en varias áreas e integra información con los proveedores y clientes.
 - **Dinámico:** Cuenta con estrategia de transformación digital. Realizan inversiones en múltiples áreas. Sistema de producción totalmente integrado con los sistemas de gestión.
 - **Referente:** Realizan inversiones en casi todas las áreas. Hay intercambio de información a nivel interno y externo. Se están explorando los procesos autónomos y de autocorrección.
 - **Líder:** Realizan inversiones en todas las áreas. Tienen en marcha la estrategia de Industria 4.0 y realiza un seguimiento periodo del mismo. Piezas y procesos totalmente automatizados.
7. ¿Se utiliza documentación en papel para registrar la información generada por los procesos (producción, calidad, mantenimiento, comercial, administración) y equipamientos? ¿Utiliza paquetes de software utilitarios tradicionales?

8. ¿Se utilizan sistemas de información para la gestión digital de los procesos y equipamientos? (ERP, SAP, CRM, MES, GMAO, entre otros)

9. ¿Invierte en soluciones digitales de Industria 4.0? En el caso contrario, ¿considera hacerlo en el futuro?

10. Los sistemas, infraestructuras y equipamientos tecnológicos actuales, ¿tienen capacidad para soportar la implantación de soluciones y habilitadores digitales para llevar a cabo un proceso de transformación a la Industria 4.0?

11. ¿El personal posee habilidades y cualificaciones digitales necesarias para la implementación de soluciones digitales de industria 4.0? Si no posee, ¿qué proceso de capacitación tienen pensado?

12. ¿Posee alguna de las siguientes tecnologías 4.0?

- Sistemas tecnológicos integrados.
- Robots industriales
- Internet de las cosas
- Manufactura aditiva - Impresión 3D
- Big data
- Computación en la nube
- Simulación de entornos virtuales
 - Realidad virtual
 - Realidad aumentada
 - Realidad mixta
 - Gemelos digitales
- Inteligencia artificial
- Ciberseguridad

13. ¿Interactúan entre las distintas áreas de la empresa? ¿De qué manera? (desde que entra la materia prima hasta que sale el producto, relación con los clientes, relación entre empresas, redes de empresas, asociaciones).

14. ¿Cuáles son los principales ejemplos de procesos internos que han sido mejorados o automatizados mediante la implementación de soluciones de la Industria 4.0?

15. ¿La evolución de sus productos o servicios está permitiendo la adopción de nuevos modelos de negocio para su empresa?

16. ¿Cómo está cambiando la Industria 4.0 su modelo de negocio? ¿Cuáles son las principales barreras o desafíos que ha enfrentado? (interacción de su empresa con sus clientes).

17. ¿Cómo ha transformado la adopción de la Industria 4.0 la manera en que su empresa interactúa con proveedores, socios y otros actores externos en la cadena de suministro? (propuesta de valor).

18. ¿Qué impacto ha tenido la optimización de procesos externos a través de la Industria 4.0 en la calidad del producto final y en la satisfacción del cliente? ¿Cambió su segmento de clientes?

19. ¿Puede proporcionar ejemplos concretos de cómo la reconfiguración de procesos internos y externos ha permitido a su empresa ser más ágil y receptiva a los cambios del entorno empresarial?

3.2.- Tópicos para la grilla de procesamiento del cuestionario

Sobre la base del cuestionario se pueden realizar entrevistas a Pymes. Para el procesamiento de la información resultante de las entrevistas se organiza una grilla de análisis con tópicos (Tabla 2) significativos que permitan codificar y representar las respuestas obtenidas.

Para seleccionar y configurar los tópicos se consideraron los siguientes aspectos:

- Abarcar preguntas del cuestionario que estén relacionadas.
- Destacar los temas relevantes para el análisis.
- Definir escalas y niveles para los tópicos numéricos.
- En cuanto al tópico que indica la relación entre la forma de gestión interna con la innovación del producto que ofrecen, se establece una relación porcentual, sumando el 100% entre ambas.

- Para simplificar el concepto de la madurez digital en las empresas, se crea una escala con cuatro niveles. La misma relaciona los años de antigüedad y las tecnologías que fueron incorporando en ese tiempo. La disposición es de forma ascendente, arrancando por el nivel 1, lo cual indica que los avances desde el inicio de sus actividades hasta la actualidad fueron prácticamente nulos.
- En el caso del nivel de integración de las tecnologías de la Industria 4.0 en la cadena de valor, se identifican las etapas del proceso de cada empresa e indica qué tecnología se utiliza en cada una de ellas. En base a esto, establecimos cinco niveles, es decir, el nivel 1 indica entre el 0 y 20% de integración en la cadena de valor, y así sucesivamente.

Tabla 2: Tópicos considerados en la grilla de evaluación de entrevista.

Identificador	Descripción
T1	Tipo de Proceso
T2	Tipo de empresa/industria
T3	Concepto de I4.0
T4	Nivel de digitalización
T5	Relación entre la forma de gestión interna con la innovación del producto que ofrecen
T6	Innovaciones en el producto o servicio final
T7	Innovaciones en el proceso
T8	Madurez digital de las empresas (relación antigüedad/avances)
T9	Documentación física
T10	Sistema de oficina
T11	Sistemas de gestión
T12	Capacitación a los empleados
T13	Comunicación Interna y Externa
T14	Inversión en tecnologías innovadoras
T15	Relación entre la cadena de valor, la tecnología y su influencia en el modelo de negocios
T16	Nivel de integración de las tecnologías en la cadena de valor completa

4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ENTREVISTAS A PYMES REGIONALES

Para experimentar la estrategia propuesta se realizaron entrevistas a Pymes de diferentes sectores industriales. Se comenzó con el trabajo con cinco empresas de los siguientes sectores industriales: metalúrgica, aserradero, alimenticia, de servicios y desarrollos. Además del tipo de industria, se consideró importante clasificarlas según el flujo del proceso. En este sentido, una de las empresas produce en línea, otras tres se dedican a la producción por proyectos, y en el caso particular de la quinta empresa entrevistada (aserradero) se divide en dos líneas, en primer lugar el tratado de la madera que es un proceso en línea y por el otro el sector de remanufactura produce por procesos. Como resumen del proceso de codificación y representación de la información de las entrevistas se muestran los datos en la Tabla 3. Para comprender la mencionada tabla se puede ver la descripción de cada tópico en la Tabla 2.

Para introducir en el tema de Industria 4.0 se inició con una interacción dialogando sobre aspectos relacionados con el concepto de la misma y las aproximaciones a sus funcionalidades, resultando que cuatro de las cinco contaban con conocimientos, pero en general con fundamentos limitados. Lo importante a destacar es que si bien no todos los entrevistados tenían internalizado el concepto y sus implicancias, manifestaron el interés por su incorporación y afirmaron haber esbozado planes para adoptar las tecnologías 4.0. En general se observa que las empresas están más enfocadas en la implementación de las tecnologías en áreas específicas de sus operaciones impulsadas por la generación de un retorno de inversión rápido y rentable. De este modo, buscan maximizar sus beneficios antes que planificar una incorporación integral de las mismas en toda la cadena de valor y sin una visión de innovación en aspectos de su negocio.

Tabla 3: Tópicos considerados en la grilla de evaluación de entrevista.

Tópico	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5
T1	En línea	Por procesos	Por procesos	Por procesos	Por procesos/ En línea
T2	Alimentos	Metalúrgica	Servicio-Desarrollo	Maquinaria y servicios	Aserradero
T3	Con conocimiento/ Incorporado	Con conocimiento/ Sin incorporación	Con conocimiento/ Incorporado	Con conocimiento/ Incorporado	Sin conocimiento/ Incorporado
T4	Dinámico	Consciente	Estático - Dinámico	Dinámico	Estático
T5	50-50	30-70	40-60	60-40	60-40
T6	No	Si	Si	No	No
T7	Si	Si	Si	Si	Si
T8	3	2	3	2	1
T9	Si	Si	Si	Si	Si
T10	Si	Si	Si	Si	Si
T11	Si	Si	Si	Si	Si
T12	Si	Si	No	Si	No
T13	Si-Si	Si-Si	Si-Si	Si-Si	Si-Si
T14	Si	No	Si	Si	Si
T16	40%	20%	30%	40%	27,77%

Indagando en las distintas áreas de las empresas y las formas en las que se podría presentar la Industria 4.0 en las mismas se advirtió que las cinco empresas poseen sistemas de gestión estándares o personalizados según sus necesidades pero aún complementan los sistemas con documentación física, como planillas o planos en papel y utilizan herramientas de oficina básicas como Excel, Word y Trello que no están integrados a dichos sistemas.

Se observó inversiones en tecnologías innovadoras como por ejemplo: internet de las cosas, computación en la nube, ciberseguridad, robots industriales, entre otras; y como efecto de estas incorporaciones se dictan cursos de capacitación a sus empleados o se contratan personal calificado.

En cuanto a la madurez digital de las empresas, medida como la relación entre la antigüedad y los avances que se realizaron en el tiempo transcurrido, ya sean por adquisición de tecnologías, aumento de producción y crecimiento de la planta, se determinó que sobre un máximo de 4 puntos, dos de las empresas alcanzan un nivel 3 y las otras tres tienen un nivel 2. Como la adquisición de las tecnologías en los procesos es progresiva y sin un nivel de integración e inteligencia en toda la cadena de valor no se calificó a ninguna con nivel 4.

En la comunicación interna y externa de las empresas, se detectó una diversidad de enfoques. En cuanto a la comunicación interna, algunas optan por herramientas como Notion o Whatsapp, promoviendo información ágil e inmediata, mientras que otras prefieren correo electrónico como Gmail, mostrando un enfoque más formal en la interacción interna. Además, una de las empresas ha desarrollado un sistema personalizado, adaptándose a sus necesidades específicas. En el ámbito de la comunicación externa, algunas combinan WhatsApp con presencia en línea mediante sitios web, mientras que otras usan múltiples canales, como Gmail y llamadas telefónicas, para mantener una comunicación cercana. Estos enfoques revelan la importancia de la adaptación a las necesidades y preferencias, siendo clave encontrar un equilibrio efectivo entre la comunicación interna como externa.

Con respecto al nivel de integración de las tecnologías en la cadena de valor completa, se identificaron las etapas del proceso y qué tecnologías de la Industria 4.0 se utilizaban en cada etapa. Cabe destacar que las empresas tienen una producción por procesos, por lo tanto las etapas de elaboración pueden ser distintas. Debido a esto se hizo una división de las mismas de manera general. Como resultado, obtuvimos un porcentaje y observamos que las cinco empresas tienen menos del 40% de tecnología integrada en su proceso, desde que se recibe la materia prima hasta que se entrega el producto terminado al cliente. Esto es debido a falta de espacio (capacidad en la planta), altos costos de adquisición, complejidad, mantenimiento y resistencia al cambio.

En cuanto a la relación entre la gestión interna y la innovación del producto que ofrecen se concluye que hay empresas que ofrecen un producto muy tecnológico e innovador, pero su gestión y proceso estaban por debajo de ese nivel. Por lo tanto, establecimos una relación porcentual entre los mismos y los resultados fueron variados con porcentajes entre 10 % y 40%, lo cual muestra un bajo nivel en esta relación.

Es importante destacar que en las entrevistas no se pudo avanzar con las preguntas sobre la relación entre la cadena de valor, la tecnología y su influencia en el modelo de negocios, ya que no cuentan con experiencias e implementaciones avanzadas (tópico 15 de Tabla 2). Como se mencionó, las empresas conocen el concepto de Industria 4.0 pero no lo aplican en su totalidad a la cadena de valor. Además, tienen planificado incorporar las tecnologías en el futuro, por lo que su modelo de negocios no ha cambiado hasta el momento por influencia de la Industria 4.0.

Finalmente, previo a concluir la entrevista, le planteamos a los empresarios seis niveles de digitalización, explicando cada uno de ellos, y les sugerimos que nos indique en qué nivel consideraban que se encontraban como pyme. Las respuestas variaron entre el nivel consciente y dinámico, lo cual coincide con el análisis que realizamos a lo largo de este proceso.

5. CONCLUSIONES.

La industria 4.0 ofrece a las pymes una oportunidad para mejorar su competitividad y aumentar sus ingresos, ya que es una herramienta esencial para la recopilación, manejo y análisis de datos. La integración de las tecnologías de la Industria 4.0 varía dentro de cada cadena de valor, ya que cada empresa la adquiere a su ritmo y de acuerdo con sus capacidades. Se observa que hay una conciencia en el sector regional sobre el uso de las tecnologías, algunas empresas conocen el paradigma 4.0 y otras lo están descubriendo. A su vez, tienen en la decisión en común que el próximo paso a seguir es integrar dichas tecnologías a los procesos.

Es totalmente comprensible que muchas empresas elijan un enfoque selectivo y estratégico al implementar la Industria 4.0, debido a la necesidad de gestionar de manera eficiente sus recursos disponibles. Al enfocarse en áreas que prometen un retorno de inversión rápido, pueden financiar gradualmente la expansión de estas tecnologías a otras partes de sus operaciones. Esto les proporciona la flexibilidad necesaria para ajustarse a las cambiantes necesidades del mercado y capitalizar oportunidades emergentes.

Para aprovechar al máximo los beneficios de la industria 4.0 las pymes deberían aumentar y mejorar sus conocimientos sobre las tecnologías de la industria 4.0, desarrollar planes de adopción que sean adecuados a su tamaño y sector e invertir en capacitaciones para sus empleados.

Como trabajo futuro se prevé continuar con la realización de entrevistas a un mayor número de empresas y enriquecer el análisis sobre la base de los instrumentos y estrategias desarrolladas en la presente investigación y evaluar herramientas de negocios que propicien las bases necesarias para innovar los modelos de negocio tradicionales.

6. REFERENCIAS.

- Saravanan, G., Parkhe, S., Thakar, C., Kulkarni, V., Mishra, H., & Gulothungan, G. (2022). Implementation of IoT in production and manufacturing: An Industry 4.0. *Materials Today: Proceedings*, 51, págs. 2427 - 2430.
- Borish, M., & Westfall, J. (2020). Additive and Subtractive Manufacturing Augmented Reality Interface. *2020 SoutheastCon*, (págs. 1-6). doi:10.1109/SoutheastCon44009.2020.9249710

- Bossi, L., Falorni, P., Pochanin, G., Bechtel, T., Sinton, J., Crawford, F., & Ogurtso, T. (2020). Design of a robotic platform for landmine detection based on Industry 4.0 paradigm with data sensors integration. *2020 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT*, (págs. 16 - 20). Roma, Italy. doi:10.1109/MetroInd4.0IoT48571.2020.9138227
- Cehria, A., Zimmerman, A., Schmidt, R., & Masuda, Y. (2021). Theory and Practice of Implementing a Successful Enterprise IoT Strategy in the Industry 4.0 Era. *25th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems*, 192, págs. 4609–4618.
- Cogliati, D., Falchetto, M., Pau, D., Roveri, M., & Viscardi, G. (2018). Intelligent Cyber-Physical Systems for Industry 4.0. *2018 First International Conference on Artificial Intelligence for Industries*, (págs. 19 - 22).
- Data Science Challenges in Industry 4.0. (2020). *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS*, 16(9), 5924 - 5928. doi:10.1109/TII.2020.2984061
- Faz-Mendoza, A., Gamboa-Rosales, N. K., Medina-Rodriguez, C. E., Casas-Valadez, M. A., Castorena-Robles, A., & López-Robles, J. R. (2020). Intelligent processes in the context of Mining 4.0: Trends, research challenges and opportunities. *2020 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA)*, (págs. 480 - 484). Sakheer, Bahrain.
- Gigova, T., Valeva, K., & Nikolova-Alexieva, V. (2019). Digital Transformation - Opportunity for Industrial Growth. *International Conference on Creative Business for Smart and Sustainable Growth (CREBUS)*, (págs. 1- 4). doi:10.1109/CREBUS.2019.8840065
- Ibarra, D., Ganzarain, J., & Iga, J. (2018). Business model innovation through Industry 4.0: A review. *Procedia Manufacturing*, 22, págs. 4-10. doi:org/10.1016/j.promfg.2018.03.002
- Jan, Z., Ahamed, F., Mayer, W., Patel, N., Grossmann, G., Stumptner, M., & Kuusk, A. (2020). Artificial intelligence for industry 4.0: Systematic review of applications, challenges, and opportunities. *Expert Systems With Applications*, 1 - 21.
- Khan, I. S., Ahmad, M. O., & Majava, J. (2023). Industry 4.0 innovations and their implications: An evaluation from sustainable development perspective. *Journal of Cleaner Production*, 405, 1-14.
- King, S., & Grobbelaar, S. (2020). Industry 4.0 and Business Model Innovation: A Scoping Review. *IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC 2020)*, (págs. 1 - 8). Cardiff, UK. doi:10.1109/ICE/ITMC49519.2020.9198424
- Kranz, R., & Zupick, N. (2017). Arena and industry 4.0. *2017 Winter Simulation Conference (WSC)*, (págs. 4450 - 4454).
- Marcon, E., Le Dain, M.-A., & Frank, A. (2022). Designing business models for Industry 4.0 technologies provision: Changes in business dimensions through digital transformation. *Technological Forecasting & Social Change*, 185. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122078>
- Ministerio de Desarrollo Productivo. (2021). *Plan de Desarrollo Productivo, Argentina 4.0. Políticas para impulsar la adaptación de la Industria Nacional al Paradigma 4.0 y promover el desarrollo de Soluciones Tecnológicas 4.0 en el país*.
- Ministerio de Economía. (29 de 09 de 2023). *¿Qué es la Industria 4.0?* Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/produccion/planargentina40/industria-4-0>
- Ministerio de Industria y Comercio del Gobierno de España. (25 de 9 de 2023). *Industria Conectada 4.0*. Obtenido de <https://www.industriaconectada40.gob.es/Paginas/index.aspx>
- Ministerio de Industria y Desarrollo Productivo de Argentina. (2023 de 9 de 2023). *Autodiagnóstico de madurez digital por INDTech 4.0*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/produccion/asistencia-digital-para-pymes/autodiagnostico-indtech>
- Paelke, V. (2014). Augmented reality in the smart factory: Supporting workers in an industry 4.0 environment. *2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)*, (págs. 1 - 4).

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Lic. Fernando Martín Azzali, responsable de la Unidad de Vinculación Tecnológica de la de la Secretaría de Cultura y Extensión Universitaria de la FRCON.