

## Transformación Digital en tiempos de la Industria 4.0

Sandra Oviedo, Daniel Díaz, Alejandra Otazú, Francisco Ibañez,  
Pedro Daniel Zárate, Juan Aranda Romera

Laboratorio de Informática Aplicada a la Innovación Instituto de Informática /  
Dpto. de Informática/ FCEFyN / UNSJ

CUIM – Av. Ignacio de la Roza 590 (O), Rivadavia – J5402DCS San Juan, 0264 4265101  
{ soviedo, ddiaz, fibannez}@iinfo.unsj.edu.ar; pzarate.arg@gmail.com; otazuale@hotmail.com;  
juanaranda@live.com

### Resumen

Una nueva generación de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) esta dando comienzo a la cuarta revolución industrial o industria 4.0, es una nueva era que va a permitir a la organización dar un salto cuantitativo y cualitativo en gestión de cadenas de valor. La Transformación Digital (TD) es el camino para aprovechar las nuevas oportunidades que brindan las tecnologías de la industria 4.0 para la generación de nuevas estrategias de negocio. Este proyecto propone desarrollar un marco de trabajo que facilite a las organizaciones de nuestra región realizar su TD en el contexto de las oportunidades que brindan las tecnologías de la industria 4.0.

**Palabras claves:** Transformación Digital. Industria 4.0. Modelos de Negocios.

### Contexto

Este trabajo describe los progresos en la investigación y estrategias que se están llevando a cabo encuadrados en el proyecto “Transformación Digital en tiempos de la Industria 4.0” que se desarrolla en el Laboratorio de Informática Aplicada a la Innovación del Instituto de informática de la Facultad de Ciencias

Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan.

### Introducción

Desde su surgimiento las TIC han influido en la vida de las empresas. En sus inicios el departamento encargado de las TIC solo prestaba servicios de soporte, tales como gestión de servidores, asistencia técnica a usuarios, entre otras. Con el tiempo las TIC transformaron las maneras de trabajar y gestionar los recursos de la empresa convirtiéndose en algunos caso en el core del negocio.

La incorporación de las TIC a las empresas ha sido un tema de estudio desde su surgimiento, para cada nueva tecnología que surge un nuevo proceso para la incorporación de dicha tecnología debe diseñarse. Este proceso en la literatura de hoy se lo conoce como transformación mediada por TIC.

En los últimos años, las nuevas oportunidades de estrategia de negocios que surgen gracias a la aparición de las nuevas tecnologías llevan a lo que se conoce bajo el nombre de Transformación Digital . De una manera más formal en [1] se define a la Transformación Digital como "un proceso que tiene como objetivo mejorar una entidad mediante la activación de cambios significativos en sus propiedades a través de combinaciones de tecnologías de información, informática, comunicación y conectividad".

Las nuevas tecnologías están dando lugar al desarrollo de nuevas estrategias de manufactura tales como industria 4.0 en Alemania, Internet Industrial en EEUU [2] y Made In China 2025 en China [3]. Según Hermann y otros [4] “la Industria 4.0 es un término colectivo para las tecnologías y conceptos de organización de la cadena de valor. Dentro de las fábricas inteligentes modulares y estructuradas de la Industria 4.0, los sistemas ciberfísicos (CPS) monitorean los procesos físicos, crean una copia virtual del mundo físico y toman decisiones descentralizadas. A través de Internet de las cosas (IoT), los CPS se comunican y cooperan entre sí y con los humanos en tiempo real.

A través de Internet de Servicios (IoS), los participantes de la cadena de valor ofrecen y utilizan servicios internos y de organización “cruzada”. Esta cuarta revolución industrial ya ha llegado a nuestro país, así lo demuestran las últimas conferencias de la Unión Industrial Argentina (UIA) [5], donde diversas temáticas relacionadas con la industria 4.0 han sido tratadas. Desde una perspectiva regional en [6] se presenta una visión general de la industria 4.0 en Argentina y en [7] se discute si la Industria 4.0 constituye un nuevo paradigma tecnoorganizacional, o si, por el contrario, representa una intensificación de los rasgos salientes del paradigma TIC.

En este contexto la TD y la Industria 4.0 presentan nuevos desafíos y oportunidades de innovación para las organizaciones de la región. Es por ello que esta propuesta plantea desarrollar un marco de trabajo que facilite a las organizaciones de nuestra región realizar su TD en el contexto de las oportunidades que brindan las tecnologías de la industria 4.0.

## **Líneas de Investigación**

### **Industria 4.0. Conceptos**

Según Hermann y otros [4] “la Industria 4.0 es un término colectivo para las tecnologías y conceptos de organización de la cadena de valor.

En [8] se analiza esta definición desde la perspectiva de los cuatro componentes claves de la Industria 4.0 que se describen a continuación:

- 1- **Sistemas ciberfísicos (CPS):** Los CPS pueden considerarse sistemas que unen el mundo físico y el virtual. Más precisamente, “los sistemas ciberfísicos son integraciones de procesos computacionales con procesos físicos. Dispositivos computarizados y redes integradas monitorean y controlan los procesos físicos, generalmente con bucles de retroalimentación donde los procesos físicos afectan los cálculos y viceversa. En el contexto de la manufactura, esto significa que la información relacionada con lo físico (el taller, la fábrica) y el espacio virtual de cómputo están altamente sincronizados. Esto permite un nuevo grado de control, vigilancia, transparencia y eficiencia en el proceso de producción. Con respecto a su estructura, CPS tiene dos redes paralelas para controlar, a saber, la red física de componentes interconectados de la infraestructura y la red cibernética compuesta por controladores inteligentes y los enlaces de comunicación entre ellos. CPS realiza la integración de estas redes mediante el uso de múltiples sensores, actuadores, unidades de procesamiento de control y dispositivos de comunicación [9].
- 2- **Internet de las cosas (IoT):** El término no tiene una sola definición, tal esta expresado en [10, 11], la definición del Estándar de IEEE dice "Una red de elementos, cada uno integrado con sensores, que están conectados a Internet" [10]. Porter [12] “son los productos inteligentes y conectados que

ofrecen posibilidades de expansión exponenciales para nuevas funcionalidades, mayor confiabilidad, mayor utilidad del producto y capacidades que atraviesan y trascienden los límites de los productos tradicionales “. En resumen podría decirse que la IoT puede hacer que todas las cosas físicas puedan convertirse en cosas inteligentes conectadas a internet.

- 3- Internet de servicios (IoS): De manera similar al IoT, está surgiendo una Internet de servicios (IoS), basada en la idea de que los servicios se ponen a disposición fácilmente a través de tecnologías web, lo que permite a las empresas y a los usuarios privados combinar, crear y ofrecer un nuevo tipo de servicios de valor agregado [13]. Los servicios de la nube, así como las aplicaciones basadas en arquitectura orientada servicios o en arquitectura de microservicios son parte del internet de servicios.
- 4- Fabricación inteligente: Los conceptos de CPS, IoT e IoS se introdujeron como componentes principales de Industria 4.0. Cabe señalar que estos "conceptos" están estrechamente relacionados entre sí, ya que CPS se comunica a través de IoT e IoS, lo que permite la llamada "fabricación inteligente", que se basa en la idea de un sistema de producción descentralizado, en el que “Los seres humanos, las máquinas y los recursos se comunican entre ellos de manera tan natural como en una red social.

#### **Tecnologías Industria 4.0**

En [14] se presenta un muy completo radar de tecnologías asociadas a la Industria 4.0. A continuación se describen someramente las más destacadas basadas en el trabajo de [15].

- Simulación: Permite la virtualización del diseño de productos, procesos y

diseño de fábrica. Las herramientas de simulación permiten probar modelos virtuales de productos o procesos antes de aplicarlo en soluciones reales, optimizando el desarrollo de nuevas tecnologías.[15].

- Big Data & Analytics : Conjunto de tecnologías y herramientas capaces de procesar y analizar grandes volúmenes de datos que son: generados continuamente; compuesto de textos, imágenes, etc.; y de múltiples departamentos. El análisis de dichos datos puede ayudar a identificar las fallas existentes en detalle, aumentando el conocimiento disponible sobre los hábitos y preferencias de los consumidores, entre otras [16] [15].
- Cloud Computing: Servicios que brindan acceso a máquinas, sistemas, software y herramientas a través de redes como Internet. Reemplaza la necesidad de adquirir productos, conocimientos y / o infraestructuras costosas [17], [18].
- Cyber Physical Systems : Integración de entidades informáticas físicas colaborativas (máquinas, robots, sensores, etc.) que interactúan a través de una red virtual. Incluye máquinas inteligentes, sistemas de almacenamiento e instalaciones de producción que pueden intercambiar información con autonomía e inteligencia, son capaces de decidir y desencadenar acciones, y pueden controlarse mutuamente de forma independiente [9].
- Cybersecurity : Servicios y tecnologías con el objetivo de proteger a usuarios, sistemas, equipos, redes y datos industriales de intrusión ilícita [19].
- Robótica colaborativa: Robots (móviles y / o fijos) que operan en procesos físicos automatizados e interactúan con operadores humanos u otros robots en

un comportamiento intuitivo de autoaprendizaje [20].

- Realidad Aumentada: Integración de información virtual con el mundo real a través de la combinación de elementos 3D con el contexto espacial de la fábrica. Permite una interactividad y un procesamiento en tiempo real de la proyección de imágenes, que se utiliza para mejorar el proceso de fabricación o para probar nuevos productos [21].
- Fabricación Aditiva: Tecnología que permite imprimir objetos mediante la composición de capas de plástico o metal, evitando el desperdicio de material en procesos como el corte. Utilizado inicialmente para producir prototipos o pequeñas series de piezas complejas, ahora se está utilizando para la producción a gran escala [22].
- Integración de Sistemas: Integración de datos en todos los niveles (desde la gerencia hasta el taller) de una compañía y entre (desde proveedores hasta clientes) compañías en la cadena de suministro de acuerdo con sus patrones de transferencia de datos. Generalmente conectado a través de aplicaciones de Internet de las cosas [23].

### **Transformación Digital**

En [1] se presenta una revisión completa de definiciones de TD (DT), se destaca la que resulta de un análisis semántico que realiza el autor de las definiciones encontradas y define a la TD como "un proceso que tiene como objetivo mejorar una entidad mediante la activación de cambios significativos en sus propiedades a través de combinaciones de tecnologías de información, informática, comunicación y conectividad", donde con la palabra entidad se da un sentido amplio al alcance, pudiendo tratarse de una organización, una industria o una sociedad. Los autores destacan además

que se espera alcanzar mejoras a través de la DT aunque no se puede garantizar.

La TD se vale de las tecnologías de la industria 4.0 para hacer una evolución en su concepto atendiendo demandas de los tiempos que corren, como puede ser la generación de valor a partir de grandes volúmenes de datos o la necesidad de plantear nuevos modelos de negocios o productos resultantes de innovación disruptiva.

Existen tres factores externos principales que impulsan la necesidad de la TD [24].

1- desde la llegada de la WWW y su adopción mundial, un número creciente de tecnologías que lo acompañan (por ejemplo, Internet de banda ancha, teléfonos inteligentes, Web 2.0, SEO, computación en la nube, reconocimiento de voz, sistemas de pago en línea y criptomonedas) han aumentado y han fortalecido el desarrollo del comercio electrónico. Se prevé que la omnipresencia del big data y el advenimiento de las tecnologías digitales emergentes, como la inteligencia artificial (IA), blockchain, internet de las cosas (IoT) y la robótica, tengan efectos de gran alcance en los negocios.

2- Debido a estas nuevas tecnologías digitales, la competencia está cambiando dramáticamente. En el comercio minorista, las tecnologías han alterado el panorama de la competencia, desplazando las ventas a empresas digitales relativamente jóvenes. La competencia no solo se ha vuelto más global, sino que la intensidad también ha aumentado a medida que grandes empresas ricas en información de los EE. UU. (Por ejemplo, Amazon, Alphabet, Apple y Facebook) y China (por ejemplo, Alibaba y JD) comienzan a dominar numerosas industrias.

3- El comportamiento del consumidor está cambiando como respuesta a la revolución digital. Las cifras del mercado muestran que los consumidores están transfiriendo sus compras a tiendas en línea, y los puntos de contacto digitales tienen un papel importante en el recorrido del cliente que afecta tanto a las ventas en línea como fuera de línea. Con la ayuda de nuevas herramientas de búsqueda y redes sociales, los consumidores se han vuelto más conectados, informados, capacitados y activos. Las tecnologías digitales permiten a los consumidores co-crear valor diseñando y personalizando productos, realizando actividades de distribución de última milla y ayudando a otros clientes compartiendo reseñas de productos. Los dispositivos móviles se han vuelto importantes en el comportamiento del consumidor de hoy y facilitan el comportamiento de exhibición, la práctica de examinar la mercancía fuera de línea y luego comprarla en línea.

## Resultados y Objetivos

El proyecto que se describe acá tiene por objetivo “desarrollar un marco de trabajo que facilite a las organizaciones de nuestra región realizar su TD en el contexto de las oportunidades que brinda las tecnologías de la industria 4.0.

Como un primer abordaje se está trabajando en la obtención de un marco de referencia que permita definir un modelo de negocios donde se introduzcan tecnologías de industria 4.0 de manera gradual. Se trata de plantear un modelo basado en Canvas Bussiness Model [25] Para lo cual se propone el siguiente plan de labor:

1- Hacer una revisión acerca de las estrategias, framework, metodologías, procesos de implementación de TD

Considerando además, en especial, los que hagan referencia a modelo de negocio.

2. Proponer un framework y/o una estrategia propia que combine la TD con Canvas Bussiness Model.
3. Aplicar el Framework en un caso de estudio.

## Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo que lleva adelante este proyecto se compone de:

- 6 docentes investigadores,
- 1 tesistas de grado en período iniciación.
- 2 tesistas de posgrado (maestría) iniciando sus trabajos.

## Referencias

1. Vial, G., *Understanding digital transformation: A review and a research agenda*. Journal of Strategic Information Systems 2019. **28**(2): p. 118-144.
2. Internet, I., *The Industrial Internet Consortium: A Global Nonprofit Partnership Of Industry, Government And Academia*. 2021.
3. Li, L., "China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of "Made-in-China 2025" and "Industry 4.0". Technological Forecasting Social Change, 2018. **135**: p. 66-74.
4. Herman, M., T. Pentek, and B. Otto, *Design principles for industrie 4.0 scenarios*. 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 2016.
5. UIA2018, *24 Conferencia Industrial* 2018.
6. Basco, A.I., et al., *Industria 4.0 Fabricando el Futuro*. UIA-BID-INTAL, Buenos Aires, Argentina, 2018.
7. Brixner, C., et al., *Industria 4.0: ¿Intensificación del paradigma TIC o nuevo paradigma tecnoorganizacional?* CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN- MinCyT, 2019.

8. Hofmann, E. and M. Rüschi, *Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics*. Computer and Industry, 2017. **89**: p. 23-34.
9. Leitão, P., A.W. Colombo, and S. Karnouskose, *Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: Prototype implementations and challenges*. Computers in Industry, 2016. **81**: p. 11-25.
10. Minerva, R., A. Biru, and D. Rotondi, *Towards a Definition of the Internet of Things (IoT)*. IEEE Internet Initiative, 2015.
11. Ibarra-Esquer, J.E., et al., *Tracking the Evolution of the Internet of Things Concept Across Different Application Domains*. MDPI Sensors (Basel), 2017.
12. Porter, M.E. and J.E. Heppelmann, *How smart, connected products are transforming competition*. Harvard business review, 2014. **92**,: p. 64-88.
13. Wahlster, W., et al., *Towards the internet of services*. The THESEUS research program: Springer, 2014.
14. Schallmo, D., C.A. Williams, and L. Boardman, *Digital transformation of bussines models- Best Practice, Eneblers and roadmaps*. International Journal of Innovation Management, 2017. **21**(8).
15. Dalmarco, G., et al., *Providing industry 4.0 technologies: The case of a production technology cluster*. The Journal of High Technology Management Research, 2019. **30**(2).
16. Gölzer, P. and A. Fritzsche, *Data-driven operations management: organisational implications of the digital transformation in industrial practice*. Production Planning & Control 2017. **28**(16).
17. Marston, S.a., et al., *Cloud computing— The business perspective*. Decision Support Systems 2011. **51**(1): p. 176-189.
18. Antonopoulos, N. and L. Gillam, *Cloud computing*. Springer, 2010.
19. Niekerk, J.v. and R. von Solms, *From information security to cyber security*. Computers & Security, 2013. **38**: p. 97-102.
20. Bonkenburg, T., *Robotics in logistics - A DPDHL perspective on implications and use cases for the logistics industry*. 2016.
21. Paelke, V., *Augmented reality in the smart factory: Supporting workers in an industry 4. 0. Environment*. 19th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA 2014, 2015.
22. Laureijs , R.E., et al., *Metal Additive Manufacturing: Cost Competitive Beyond Low Volumes*. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2017.
23. Thoben, K.-D., S.A. Wiesner, and T. Wuest, *Industrie 4.0 and smart manufacturing-a review of research issues and application examples*. International Journal of Automation Technology, 2019. **11**(1): p. 4-19.
24. Verhoefa, P.C., et al., *Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda*. Journal of Business Research 2021. **122**: p. 889-901.
25. Osterwalder, A. and Y. Pigneur, *Generación de Modelos de Negocios*. Ed. DEUSTO, 2011.