

# Lean 4.0, Industrial Processes Optimization at SMEs in the Great Buenos Aires Region

Federico Walas Mateo<sup>1</sup>, Julián E. Tornillo<sup>1</sup>, Víctor Orellana Ibarra<sup>1</sup>, Sonia Mabel Fretes<sup>1</sup>, Andrea G. Seminario<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora

fedewalas@gmail.com<sup>✉</sup>, julianeloytornillo@gmail.com<sup>✉</sup>

**Abstract**– *The adoption of a Lean manufacturing strategy significantly boosts the performance of an industrial company, focusing on activities that add value, and seeking to eliminate all waste or activity that does not add value to the customer. On the other hand, the Industry 4.0 model is considered a world-class paradigm that aims to empower people and optimize processes through various technologies arising from digitization.*

*The combination of these models resulted in terms like "lean 4.0". However, there is no clear and detailed definition of the result of the integration of both paradigms. This work investigates the opportunities and strengths generated by the complementation of Lean management and Industry 4.0, and how the Industry 4.0 model can facilitate and strengthen the adoption of Lean methodology.*

*The article addresses the importance of an innovation ecosystem for its diffusion in the productive framework, and the University's role in adopting new practices in companies. The new industrial model includes complexity and depth that cannot be addressed by a single institution, the successful models in Europe and particularly Germany are supported by Innovation ecosystems.*

*This article from an Industrial Engineering Research Group, based in the Faculty of Engineering of the National University of Lomas de Zamora presents a conceptual framework, and the work is being done with local SMEs. The paper presents three cases of firms optimizing production processes with the Lean 4.0 strategy. The importance of an innovation ecosystem in the SME firms' approach to the new paradigm is highlighted in the paper.*

**Keywords:** *Lean Manufacturing, Industry 4.0, Digital Transformation, Smart Production, Innovation Ecosystem.*

tecnologías habilitadoras de la I.4.0 [6] como la Internet de las Cosas (IoT) [7], la inteligencia artificial, la fabricación aditiva, la realidad virtual [8], la computación en la nube y el big data [9], entre otras.



Fig. 1. Tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 utilizadas en el desarrollo del trabajo.

## I. INTRODUCCIÓN

La estrategia de gestión Lean es un modelo de producción aceptado y consolidado en empresas de clase mundial que tiene como principal objetivo la eliminación de tareas que no agregan valor al cliente, y la maximización de la calidad en la producción. Esta estrategia es una evolución del modelo de producción de Toyota. Por otra parte, en los últimos años ha surgido el concepto de Industria 4.0 (I4.0) [1], el cual es amplio y difuso, y puede ser tratado desde múltiples miradas, según distintos autores [2]. Este paradigma introduce un avance en el concepto de sistemas ciber físicos (CPS) en general, y sistemas de producción ciber físicos (CPPS) en particular para aquellas actividades relacionadas con la producción y las operaciones. En este contexto, cobra un valor fundamental el concepto de "inteligencia", ya que uno de los horizontes de este paradigma es la masificación de las fábricas inteligentes o Smart Factories (SF) [3], [4], [5].

Algunos de los enfoques más tecnocráticos están fuertemente vinculados a la tecnología informática y hardware aplicados a la industria, a partir de las distintas aplicaciones de las

Otros enfoques se aproximan a este nuevo paradigma desde una mirada social, y refieren al futuro del trabajo y el rol de las personas en los sistemas de SF. Desde la óptica de la gestión de la tecnología y la innovación, la aparición de nuevos modelos de negocio y la innovación abierta cobran un papel fundamental para la evolución y el desarrollo del conocimiento, potenciando las actividades de investigación, desarrollo e innovación productiva. Por otra parte, a nivel organizacional, la I4.0 da lugar a nuevas oportunidades de mejora en la organización industrial y la evolución de cadenas globales de valor, entre otros aspectos clave para el desarrollo industrial.

Del párrafo anterior se desprende la riqueza de esta temática para la disciplina de la Ingeniería Industrial, y genera un enfoque integrado sobre los nuevos modelos de producción. En particular analizar a I4.0 como una evolución y no una ruptura de modelos y prácticas anteriores. Es decir que el paradigma I4.0 representaría una fase de profundización del paradigma de acumulación a partir del uso intensivo de las TICs (Tecnología Informática y Comunicaciones), y el nuevo modelo aportaría el

funcionamiento sistémico de los componentes que integran esta estrategia, como rasgo diferencial [10].

A partir de trabajos anteriores sobre esta temática se ha generado bibliografía y antecedentes a nivel conceptual. Este proyecto pretende desarrollar conocimiento original sobre el abordaje desde empresas nacionales a la estrategia Lean y al modelo I4.0 en forma complementaria, en particular como la aplicación de herramientas I4.0 puede ayudar a realizar la concreción de objetivos de la Gestión Lean.

Más allá de explorar y profundizar sobre los desafíos técnicos, la investigación se concentra en cómo implementar Lean 4.0 como un enfoque holístico. Un área clave es la integración de las personas para evitar replicar fallas y problemáticas de la introducción de tecnología en la fabricación.

Este artículo presenta el abordaje de tres casos en diferentes pymes del Gran Buenos Aires. Se trata de dos empresas que producen insumos para el sector textil, una para alimentos. El proceso de adopción de herramientas Lean 4.0 comenzó hace aproximadamente un año y se pueden presentar algunos resultados preliminares. A continuación, se desarrolla el análisis de antecedentes, la propuesta metodológica a investigar, y un recuento de resultados preliminares y conclusiones.

## II. MARCO'S CONCEPTUAL

En las últimas décadas, las empresas han trabajado para aumentar aún más la calidad y variedad de los servicios y productos, así como para minimizar los costos y aumentar las ganancias, impulsar la producción y la eficiencia de los procesos para los ciclos de vida de los proyectos y mejorar las condiciones de trabajo para las personas y la lealtad del cliente [11, 12]. De hecho, siempre se requiere que cualquier negocio sea exitoso y sostenible. Mientras que se buscan técnicas para la mejora continua.

Herramientas como la gestión Lean nos permiten mantener los resultados al mismo tiempo que podemos competir en mercados altamente volátiles [13]. Varios estudios han identificado las ventajas de adoptar la estrategia Lean. La literatura empírica, las revisiones y los documentos han demostrado la capacidad de Lean Manufacturing para:

- (1) eliminar las inconsistencias del proceso, el desperdicio y las actividades sin valor agregado,
- (2) proporcionar un producto con la calidad requerida por el cliente, en el momento adecuado, en la cantidad adecuada,
- (3) reducir el inventario, y
- (4) mejorar la calidad [14].

El artículo [15] destaca el creciente interés por la vinculación entre Lean Management (LM) e I4.0, con el objetivo de eliminar los desperdicios de los procesos de negocio para

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

mejorar su eficiencia, así como su competitividad [16]. A pesar de la existencia de documentos que combinan estos dos enfoques, no existe una sistematización integral del conocimiento existente que estudie la interacción entre todos ellos.

Por otro lado, la innovación abierta crea oportunidades para desarrollar soluciones tecnológicas en el marco de I4.0, basadas en el uso de software o hardware libre, o metodologías colaborativas entre emprendedores, universidades y grandes empresas.

[17] Postula que muchos de los instrumentos técnicos ya están disponibles. La novedad que surge es que facilita un nuevo horizonte en los modelos de negocios, servicios y productos personalizados. No es solo una nueva tecnología, sino la combinación de las existentes en un nuevo sentido. El trabajo colaborativo y multidisciplinario es una condición del proceso para lograr diseños efectivos y viables, así como también la necesidad de generar normas y protocolos en las interfaces entre componentes.

Este trabajo en principio se apoya en la línea de los autores que plantean el paradigma de I 4.0 como una evolución e integración entre tecnologías informáticas, comunicaciones y electrónica, tecnologías de gestión, las condiciones de borde y el marco general que impone la Economía del Conocimiento [18]. Por ejemplo, un factor a considerar, y sobre el que este trabajo presta atención son las oportunidades que genera la colaboración entre actores del estado, academia, ciencia y tecnología, grandes empresas y PyMEs, para el éxito de la adopción del modelo [19], particularmente por parte de estas últimas. En este punto merece observarse la importancia de la mirada holística en el proceso de adopción de herramientas tecnológicas, para evitar la paradoja de Solow, que refiere a la baja de la productividad a pesar del aumento de la inversión en tecnología informática [16].

Con respecto a lo que se indica en el párrafo anterior, debe observarse que la I 4.0 no debe ser considerada como una estrategia en sí misma, en este sentido consideramos que las herramientas contenidas en este paradigma deben alinearse a un desarrollo macro de la empresa para responder a condiciones que impone la cadena de valor en la que se inserta la empresa. Trabajos anteriores [17], tratan la implementación de la nueva tecnología y la fuerte vinculación con cuestiones de cultura organizacional y Recursos Humanos. En el caso del modelo I 4.0, esto puede ser un limitante para las PyMEs, y donde la mirada ecosistémica puede contribuir como facilitador para la adopción del nuevo paradigma.

## III. ANTECEDENTES QUE DAN ORIGEN A LA EXPERIENCIA

El equipo de trabajo integra el Instituto de Investigaciones en Ingeniería Industrial (I4) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ).

Se pueden mencionar dos instrumentos de promoción de la vinculación con el medio socio productivo, y que son clave para

lograr la ejecución de los proyectos en las empresas PyMEs con las que se trabajó en la experiencia objeto de este trabajo.

Por un lado el proyecto “Incorporando el paradigma Industria 4.0 en el Ecosistema Industrial Regional”, desarrollado en el marco de la convocatoria Lomas XT 2022 de la UNLZ.

Por otro lado, el programa de Transformación Digital Bonaerense (TDB) del Ministerio de Producción, Ciencia e Innovación Tecnológica de la Provincia de Buenos Aires. El mismo es llevado adelante por la Subsecretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación del Ministerio de Producción, Ciencia e Innovación Tecnológica de la Provincia de Buenos Aires como Asociado en la Implementación del Proyecto ARG/16/024 “Apoyo a las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Buenos Aires” del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

A través de estas iniciativas se logró materializar acciones que permiten a las PyMEs de la región evolucionar al modelo Lean 4.0. Las empresas objeto de la experiencia son una firma de producción de cordones de Florencio Varela, una empresa de producción de insumos para alimentos de, Lomas de Zamora, y la tercera es una empresa dedicada al diseño y fabricación para la industria textil, vitivinícola y marroquinera, del partido de Gral San Martín.

#### IV. DESARROLLO DE LOS CASOS

A continuación se describen los casos y las acciones que se generaron.

##### 1. Empresa de producción de cordones.

Las acciones en esta empresa se dispararon a partir de un diagnóstico de madurez digital que permitió identificar oportunidades de mejora en el sistema productivo.

El objetivo del proyecto consistió en instalar un sistema inteligente que permitiera monitorear constantemente el proceso de fabricación de cordones, asimismo poder visualizar en tiempo real el estado de cada equipo, generar habilitaciones o bloqueos de los mismos. De esta manera a través de la digitalización se logrará evolucionar hacia un sistema de producción con menores desperdicios y mayor adaptabilidad a los cambios.

La primera etapa consistió en instalar la mejora continua de procesos para avanzar en la alineación de procesos físicos con la digitalización. Además, se generó el relevamiento para incorporar la tecnología digital.

Se realizó capacitación en Mejora Continua, se conformaron 2 equipos de mejora acompañados por el equipo del Proyecto. Luego se realizó un proceso de formación del personal de supervisión con más experiencia y mayor aversión al cambio para prepararlos para la nueva forma de trabajo.

Con respecto a la incorporación de hardware y software se realizó la instalación de un sistema de PLC y una solución de control. Con la contabilización de horas de trabajo de cada

máquina se podrá optimizar la capacidad productiva de cada sector.

El supervisor visualiza las rutinas del día o la semana en un menú del software de gestión, el cual podrá acceder de forma remota por cada uno de los OPLC Master, o a través de la red general por un dispositivo con wifi y la aplicación correspondiente. De esta manera se logró generar una base de datos para tener información de:

- Que artículo produce cada máquina.
- Que rinde tiene cada artículo.

Finalmente se implementó un sistema de andon para darle visibilidad a la operación. Los resultados preliminares indican una mejora del 12% en el OEE.

##### 2. Empresa de producción de insumos para la industria de alimentos.

Este caso surge a partir de la necesidad de la empresa de optimizar un proceso de producción de semielaborados donde se generan desperdicios por retrabajos y mayor consumo de insumos. El caso del insumo adquiere importancia central al tratarse de un producto importado.

Este caso comenzó con la revisión de los procedimientos de producción. A partir de esto se determinó la necesidad de automatizar de los puntos de control del proceso. De esta manera se adquirieron dispositivos de medición en el proceso que generan datos que se integra con el sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) existente en la empresa a través de una plataforma de Internet Industrial de las cosas (IIoT).

Esto permite integrar datos y generar información de valor agregado que facilita la operación del proceso al operador y facilita la toma de decisiones para controlar las variables del proceso.

En esta empresa como en el anterior caso, el desarrollo de la digitalización, es decir la incorporación del software y hardware fue realizado por empresas proveedoras del sector electrónica y automatización industrial.

##### 3. Empresa de producción de componentes para la industria textil

La motivación de este caso de estudio radica en la naturaleza y las particularidades del modelo de negocio, en donde existe una limitante que imposibilita de gestionar las operaciones mediante sistemas enlatados y tradicionales existentes en el mercado.

Se propone el desarrollo de un sistema informático a medida con funcionamiento en la nube que permita el monitoreo y la trazabilidad de las operaciones en tiempo real. Este sistema se complementa con mecanismos de control y equipos de IoT industrial el cual permite la interconexión de las distintas máquinas y equipos y la recolección de la información en la nube, incorporando sistemas MES que se integran con la solución tecnológica desarrollada y también con otros sistemas

existentes en la empresa, como por ejemplo el ERP. A su vez, esta información es explotada a partir de técnicas de big data para procesar los cientos de miles de datos que se generan y también algoritmos de inteligencia artificial para optimizar los procesos y elaborar, por ejemplo, planes de mantenimiento predictivo y modelos que estimen los resultados esperados del proceso al cabo de un cierto período.

Este proceso de transformación digital no solo contempla el desarrollo y la implementación de tecnologías 4.0, sino también un plan de sensibilización y formación de las personas involucradas en las operaciones. De esta forma, no solo se capacita a las personas en el uso de la tecnología, sino también en las oportunidades y desafíos que se presentan en el marco de la cuarta revolución industrial, con un enfoque en el fortalecimiento de la cultura y el cambio organizacional.

#### IV. CONCLUSIONES

En primera instancia no cabe dudas que las tecnologías que conforman el modelo I4.0 pueden ofrecer beneficios potenciales en la realidad actual para la adopción de herramientas de Gestión LM.

Observando los antecedentes y resultados preliminares, se visualiza como desafío central analizar los alcances de los proyectos en el ámbito PyME, y sobre todo generar un abordaje integrado en este segmento de empresas en vista de generar mayor competitividad en el entramado industrial nacional.

Por otro lado, se visualiza como una necesidad el hecho de contar con información sobre los obstáculos y contradicciones que se generan en la complementación entre I4.0 y Gestión Lean, y el impacto en la madurez de las empresas para desplegar Lean 4.0. En los tres casos existió un importante liderazgo y convicción desde la Dirección de las empresas para abrir las puertas a la universidad para desarrollar los proyectos, y luego sostenerlos ante dificultades que surgieron en cada caso.

En todos los casos de estudio se trabaja identificando procesos críticos, y confluyen en casos y experiencias piloto. El éxito de la adopción de las herramientas Lean 4.0 ha generado que a través de distintos medios las empresas continúen avanzando en el despliegue del nuevo modelo productivo y generando nuevos proyectos de investigación, desarrollo e innovación junto con el equipo de la UNLZ.

Este trabajo muestra un proyecto de incorporación de tecnologías 4.0 en casos de negocio característicos en la región, con un layout funcional o tipo taller, en donde suele ser común que se generen registros manuales o registros digitales no sistematizados y, en consecuencia, resulta complejo tener trazabilidad y capacidad de gestión sobre las operaciones. En este sentido, no solo se destaca la implementación de tecnologías como por ejemplo IoT; sino también que se haga foco en el armado de un modelo de datos que, a través del

análisis en tiempo real, permite evidenciar las mejoras obtenidas y fomentar futuros proyectos de transformación digital orientados a objetivos y resultados.

En todos los casos se ha obtenido una mayor densidad de datos para la gestión, y el despliegue de soluciones para el manejo y visualización de la información que permiten empoderar a las personas en la planta para la toma de decisiones. Además se logra mayor visibilidad para la mejora continua.

Por otro lado, otra característica general ha sido la incorporación de sensibilizaciones, capacitaciones e instancias formativas para el personal durante todo el proyecto, considerando la dimensión humana como factor clave en el proceso de transformación digital de las organizaciones. También se considera una de las claves centrales para asegurar que la inversión en tecnologías y modificación de los procesos de trabajo sea aceptada, y percibida como una mejora en las condiciones de trabajo. En este sentido es notable identificar casos de estudio en donde resulta necesario trabajar con supervisores de producción y personal operativo para eliminar dudas e inquietudes y generar confianza en los responsables de los distintos procesos y motivación para adaptarse a las nuevas tecnologías y explotar los beneficios de las nuevas modalidades de trabajo.

Sobre lo que se menciona en el párrafo anterior, se observa que es clave considerar lo referido a los recursos humanos. La mayoría de los casos requiere trabajar en forma diferencial con las personas más experimentadas ya que presentan mayor aversión al cambio. Esto significó incorporar un experto en recursos humanos en los distintos equipos de proyectos..

Cabe destacar que todos los actores han resultado beneficiados en algún aspecto. Las empresas han sido receptoras y adoptantes de la transformación digital, mientras que los trabajadores han tenido la posibilidad de recibir capacitaciones y tener mejores condiciones de trabajo. El grupo de investigación y desarrollo en mejora de procesos de la Facultad de Ingeniería UNLZ ha sumado experiencias concretas de vinculación tecnológica con el sector productivo; pudiendo transferir al tejido productivo regional los resultados que se obtienen en el marco de las actividades de investigación. Esto ha generado una contribución significativa a las capacidades existentes del grupo y también un aporte a la formación nuevas capacidades que pueden ser aprovechadas tanto en proyectos futuros como en el ámbito de las cátedras y cursos que se dictan en la Universidad.

Por otro lado, la Universidad y el estado provincial han hecho una inversión eficiente de recursos para la transformación de la realidad de PyMEs industriales del conurbano bonaerense, fomentando también la articulación entre actores del sistema científico-tecnológico y productivo, y fortaleciendo el contexto socioeconómico de la región.

Resulta relevante destacar el papel central que juegan los ecosistemas de innovación. Este trabajo comprende un claro caso donde queda en evidencia la necesidad de interacción entre empresas, universidades y el estado, para avanzar en la transformación digital e Industria 4.0. En este caso existen empresas demandantes, las PyMEs donde se realiza la experiencia, y empresas proveedoras de software y hardware.

Finalmente es importante reconocer que los programas que promueven la vinculación entre las universidades, el estado y la industria suelen fomentar el puntapié inicial para poner en funcionamiento las actividades de vinculación tecnológica, así como también la orientación estratégica a nivel nacional -en este caso, provincial- ya que son parte central para el desarrollo socio-productivo y el bienestar de las sociedades. Se concluye que el mecanismo de financiamiento utilizado resulta conveniente y efectivo también para la generación de ecosistemas de innovación.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto de investigación acreditado “Estrategia Lean 4.0, investigación y desarrollo de soluciones para la optimización de procesos industriales en el marco del paradigma Industria 4.0” aprobado con financiamiento en el marco de la convocatoria Lomas CyT 2023 de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ). También se agradece programa de Transformación Digital Bonaerense (TDB) del Ministerio de Producción, Ciencia e Innovación Tecnológica de la Provincia de Buenos Aires como asociado en la implementación del proyecto ARG/16/024 “Apoyo a las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Buenos Aires” del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

#### REFERENCES

[1]. Joyanes, Luís. 2017. *Industria 4.0: La Cuarta Revolución Industrial*. Vol. 1. 1st ed. Mexico D.F.: Alfaomega.

[2]. Ghobakhloo, Morteza, Masood Fathi, Mohammad Iranmanesh, Parisa Maroufkhani, and Manuel E. Morales. 2021. “Industry 4.0 Ten Years on A Bibliometric and Systematic Review of Concepts, Sustainability Value Drivers, and Success Determinants.” *Journal of Cleaner Production* 302:127052.

[3]. Zhong, Ray Y., Xun Xu, Eberhard Klotz, and Stephen T. Newman. 2017. “Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review.” *Engineering* 3(5):616–30.

[4]. Lu, Yuqian, Xun Xu, and Lihui Wang. 2020. “Smart Manufacturing Process and System Automation – A Critical

Review of the Standards and Envisioned Scenarios.” *Journal of Manufacturing Systems* 56:312–25.

[5]. Zuehlke, Detlef. 2010. “SmartFactory-Towards a Factory-of-Things.” Pp. 129–38 in *Annual Reviews in Control*. Vol. 34, edited by J. Gertler. USA: Pergamon.

[6]. Burns, Thomas, John Cosgrove, and Frank Doyle. 2019. “A Review of Interoperability Standards for Industry 4.0.” Pp. 646–53 in *Procedia Manufacturing*. Vol. 38. Elsevier.

[7]. Domínguez-Bolaño, Tomás, Omar Campos, Valentín Barral, Carlos J. Escudero, and José A. García-Naya. 2022. “An Overview of IoT Architectures, Technologies, and Existing Open-Source Projects.” *Internet of Things* 100626.

[8]. Horvat, Nikola, Steffen Kunnen, Mario Štorga, Arun Nagarajah, and Stanko Škec. 2022. “Immersive Virtual Reality Applications for Design Reviews: Systematic Literature Review and Classification Scheme for Functionalities.” *Advanced Engineering Informatics* 54:101760.

[9]. Wang, Shiyong, Jiafu Wan, Daqiang Zhang, Di Li, and Chunhua Zhang. 2016. “Towards Smart Factory for Industry 4.0: A Self-Organized Multi-Agent System with Big Data Based Feedback and Coordination.” *Computer Networks* 101:158–68.

[10]. Walas Mateo, F., Redchuk, A., Tornillo, J.E.. 2022. “Incorporando el paradigma Industria 4.0 en el Ecosistema Industrial Regional”. 6toCADI/13er CAEDI, Resistencia/Corrientes. Septiembre 2022.

[11]. Mourtzis, D. 2016. “Challenges and future perspectives for the life cycle of manufacturing networks in the mass customization era”. *Logist. Res.* 9, 2

[12]. Hernandez-de-Menendez, M., Díaz, C.A.E., Morales-Menendez, R. 2020. “Engineering education for smart 4.0 technology: a review”. *Int. J. Interact Des. Manuf.* 14, 789–803

[13]. Smith, W.K., Besharov, M.L. 2019. “Bowing before dual gods: How structured flexibility sustains organizational hybridity”. *Adm. Sci. Q.* 64, 1–44

[14]. Jasti, N.V.K., Kodali, R. 2015. “Lean production: literature review and trends”. *Int. J. Prod. Res.* 53, 867–885

[15]. Ciano, M.P., Pozzi, R., Rossi, T., Strozzi, F. 2019. “How IJPR has addressed ‘lean’: a literature review using bibliometric tools”. *Int. J. Prod. Res.* 57, 5284–5317

[16]. Lai NYG, Wong KH, Halim D, et al. 2019. “Industry 4.0 enhanced lean manufacturing”. In: 2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM). IEEE, pp 206–211

[17]. Casalet, M. 2018. “La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos”, Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/95), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

[18]. Vogel-Heuser, Birgit, and Dieter Hess. 2016. “Guest Editorial Industry 4.0-Prerequisites and Visions.” IEEE Transactions on Automation Science and Engineering 13(2):411–13.

[19]. Walas Mateo, Federico, Andrés Redchuk, and Julián Eloy Tornillo. 2022. “Contributions of Innovation Ecosystems in the Adoption of the Industry 4.0 Model in SMEs, a Bibliometric Study.” International Journal of Science and Research 11(4):1303–9.