

La tecnología 4.0 y su potencial para el mejoramiento de procesos en PyMEs: Una mirada desde la literatura científica

Technology 4.0 and its potential for process improvement in SMEs: A view from the scientific literature

Jose Alonso Caballero Márquez^a, Jeffrey Ronaldo Mosquera Forero^b, Oscar Julián Jaimes Socarrás^c

^aIngeniero Industrial, Magíster en Ingeniería Industrial, Ph.D (s) en Ciencias de la Administración. Profesor e Investigador – Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga, Colombia. E-mail: jcaballero@correo.uts.edu.co; ^b Estudiante de Ingeniería Industrial – Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga, Colombia. E-mail: jrmosquera@uts.edu.co ^c Estudiante de Ingeniería Industrial – Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga, Colombia. E-mail: ojulianjaimes@uts.edu.co

How to cite: Caballero Márquez, J.A.; Mosquera Forero, J.R.; Jaimes Socarrás, O.J. 2022 La tecnología 4.0 y su potencial para el mejoramiento de procesos en PyMEs: Una mirada desde la literatura científica. In the proceedings book: International conference on innovation, documentation and education. INNODOCT/22. Valencia, November 2nd-7th 2022. <https://doi.org/10.4995/INN2022.2022.15762>

Abstract

Technological development in organisations is advancing by leaps and bounds. This situation has been driven by phenomena such as the COVID-19 pandemic, further accelerating the need to implement new technologies to increase business productivity. Unfortunately, not all organisations have sufficient resources to achieve an adequate technological implementation, causing them to lag behind the market, affecting their competitiveness, as is the case of Small and Medium Enterprises (SMEs). Therefore, the aim of this research is to establish which are the main technological developments, from the 4.0 technology approach, that have the potential to support the improvement of production processes in SMEs, in order to provide alternatives for their improvement through their implementation. To achieve this objective, a bibliometric review was carried out using specialised software, followed by a literature review and web analysis, in order to determine the needs, in technological terms, that SMEs have, taking as a reference those located in the Metropolitan Area of Bucaramanga, Colombia. Finally, the main result is the monitoring and mapping of technologies, as well as important recommendations for future developments in the area.

Keywords: *Technology 4.0, Small and Medium Enterprises, SMEs, Process Improvement.*

Topic: *Innovation and new technologies*

Resumen

El desarrollo tecnológico en las organizaciones avanza a pasos agigantados. Esta situación, ha sido impulsada por fenómenos como la pandemia por COVID-19, acelerando aún más la necesidad de implementación de nuevas tecnologías para el aumento de la productividad empresarial. Desafortunadamente, no todas las organizaciones cuentan con los recursos suficientes para lograr una adecuada implementación tecnológica, haciendo que las mismas se rezaguen respecto al mercado, afectando su competitividad, como lo es el caso de las Pequeñas y Medianas Empresas PYMES. Por ello, la presente investigación tiene por objetivo Establecer cuáles son los principales desarrollos tecnológicos, desde el enfoque de la tecnología 4.0, que cuentan con potencial de apoyo al mejoramiento de procesos productivos en PYMES, con el fin de brindar alternativas para el mejoramiento de los mismos a partir de su implementación. Para alcanzar este objetivo, se realizó una revisión bibliométrica a partir de software especializado, seguido de una revisión de literatura y análisis web, con el fin de determinar las necesidades, en términos tecnológicos, que poseen las PYMES, tomando como referencia las ubicadas en el Área Metropolitana de Bucaramanga, Colombia. Finalmente, se destaca como principal resultado la vigilancia y mapeo de tecnologías, además de importantes recomendaciones para futuros desarrollos en el área.

Palabras clave: *Tecnología 4.0, Pequeñas y Medianas Empresas, PYMES, Mejoramiento de Procesos.*

Tópico: *Innovation and new technologies*

Introducción

En los últimos años, las empresas han tenido que enfrentarse a un ambiente sumamente cambiante y retador. Si bien, se considera que las empresas, con el pasar del tiempo, alcanzan un mayor grado de madurez en cuanto a su funcionamiento interno, logrando un mayor conocimiento tácito por parte de sus trabajadores y optimizando sus procesos; esto no sucede en todos los casos. Dicho desarrollo en términos teóricos debería ser apoyado por el rápido avance de la tecnología, la cual permitiría un alto grado de automatización, con el fin de disminuir los costos (Herrera Hernandez, Ramirez Gonzalez, & Torres Martinez, 2020). Sin embargo, este reto suele ser mayor para algunas empresas como las micro, pequeñas y medianas, las cuales, requieren de un mayor esfuerzo para la inversión tecnológica, siendo montos bastante considerables, debido al tamaño de sus flujos de caja.

Es por ello qué, se requiere buscar una pronta y efectiva solución a la falta de transferencia e implementación tecnológica hacia las micro, pequeñas y medianas empresas. Esto, con el

objetivo Establecer cuáles son los principales desarrollos tecnológicos, desde el enfoque de la tecnología 4.0, que cuentan con potencial de apoyo al mejoramiento de procesos productivos en PYMES, con el fin de brindar alternativas para el mejoramiento de los mismos a partir de su implementación (Bravo, 2017). Lo anterior, debe buscarse de modo que sean las soluciones más adecuadas, según las particularidades que poseen este tipo de empresas, ya que no todo tipo de tecnología puede ser beneficiosa o adecuada para su capacidad de funcionamiento, evitando así que se desaproveche sus propiedades.

El documento a continuación, se organiza de la siguiente manera: se presentará la metodología empleada, posteriormente, se darán a conocer los principales resultados obtenidos, las conclusiones más relevantes a partir de la investigación y, finalmente, se relacionarán las referencias bibliográficas empleadas.

2. Metodología

El desarrollo de la presente investigación se compone por cuatro pasos:

Una revisión bibliométrica, la cual consiste en la aplicación de tratamientos cuantitativos a la comunicación escrita, esto lo hace para poder medir y objetivar la actividad científica estudiada. Esta revisión da una muestra global de la actividad científica, logrando mostrar el impacto que puede llegar a tener la aplicación correcta de algún estudio determinado, para determinada área con una hipótesis firme. (Dávila Rodríguez et al., 2009).

A partir de la revisión bibliométrica, se procederá a realizar una revisión de literatura, consistiendo esta en consultar fuentes de artículos, tesis, documentos, investigaciones, repositorios, libros, etc. Con el fin de poder seleccionar contenido en el campo de interés, es decir, identificar el tema principal y su estructura y de ese modo encontrar diferentes posturas acerca del tema elegido (Nieto, 2018).

Posteriormente, se realizará una revisión de literatura gris, definida esta como información documentada que es publicada de manera convencional y que esta, no está bajo el control de editoriales comerciales, es decir, son documentos de difícil acceso y localización que en su mayoría contienen datos de suma importancia (Montes de Oca, 2018). Esta, se enfocará en el caso del Área Metropolitana de Bucaramanga, región ubicada en Colombia, caracterizada por su alta concentración de Pequeñas y Medianas Empresas. De igual manera, se realizará un contraste de la información obtenida de las diversas fuentes, con el fin de identificar las tecnologías más adecuadas para el mejoramiento en las PYMES, tomando como referencia la región de Bucaramanga y su Área Metropolitana.

3.Resultados

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos para cada etapa de la investigación.

3.1.Revisión Bibliométrica

Como se mencionó previamente, se dará inicio con una revisión bibliométrica, donde se evidenciará que tanto han publicado a nivel mundial acerca de las pymes y la industria 4.0, en bases de datos científicas. Para esto, se seleccionan y se ingresa a unas bases de datos especializadas, llamadas Scopus y Web of Science, que permiten hacer esta revisión bibliométrica, para hacer esa búsqueda en esas bases de datos. Se toman las palabras más importantes del tema que en este caso ya se tienen identificadas ya que son los fundamentos teóricos de esta investigación, los cuales son: Industria 4.0, Pequeñas y medianas empresas, Mejoramiento de procesos, Análisis Bibliométrico y Competitividad empresarial. Con estas palabras se crea una ecuación de búsqueda TS=(((*"technology 4.0"* OR *"industry 4.0"*) AND (*"SMEs"* OR *"Small and Medium Enterprise"*) AND (*"Process improvement"* OR *"competitiveness"*))), la cual consiste en tomar estas y conectarlas con conectores Booleanos, luego, se realiza la búsqueda solo en el tema principal de los documentos y a partir de estos resultados se hará un filtro en el cual se trabajaran solo con artículos en Scopus y en Web of Science se trabajaran con artículos y documentos de conferencia. A continuación, se presentan los resultados de la revisión bibliométrica:

Para las dos Bases de Datos, se identifica una limitada cantidad de publicaciones, siendo 7 en el año 2019 la mayor cantidad registrada en un periodo. Sin embargo, se destaca su crecimiento promedio en los últimos años, indicando una mayor relevancia en el tópic de investigación, así como oportunidades de inmersión en el área.



Figura 1. Áreas de publicaciones. Fuente: (Web of Science, 2021)

En la figura 1, se evidencia que el área con mayor publicaciones es Administración con seis (6) en total, seguido de Negocios con cuatro (4) publicaciones, después sigue Economía, Ingeniería, Ciencias del Medio Ambiente, Tecnología de Ciencias Sostenible Verde y Estudios Ambientales cada una con tres (3) publicaciones y por ultimo están las áreas en que menos publicaciones se hicieron que son: Química Multidisciplinar, Fabricación de Ingeniería y Ciencias de Materiales Multidisciplinar cada una con dos (2) en total. Lo anterior, coincide con las áreas destacadas en la base Scopus, ya que son las Ciencias Sociales, la Informática y la Ingeniería las áreas de mayor desarrollo en torno a la Industria 4.0 y las PYMES.

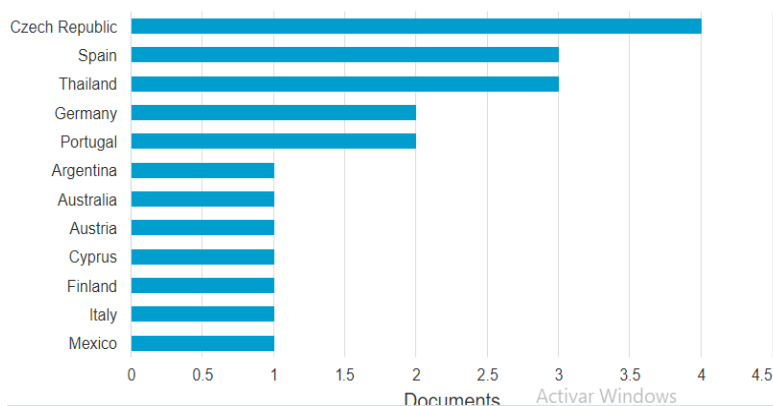


Figura 2. Publicaciones por países. Fuente: (Scopus, 2021)

En la figura 2, se pueden observar los países que más publicaciones tienen sobre el área, dentro de ellos se destaca República Checa con la mayor cantidad de publicaciones cuatro (4) en total, seguido de Tailandia y España que cuentan con tres (3) publicaciones, luego le siguen Alemania y Portugal con dos (2) publicaciones y los demás países cuentan con una (1) sola publicación dentro de los cuales se destaca Australia, Argentina, Austria, Chipre, Finlandia, Italia y México. Los resultados anteriores coinciden con los obtenidos a partir de la herramienta Scopus, la cual presenta a República Checa como el país de mayor registro de publicaciones, seguido de España y Alemania.

3.2.Revisión de literatura científica

Sabiendo que la industria 4.0 es un reto para todo lugar donde sea aplicado, debido a que se ha convertido más en un nuevo estilo de vida, en una forma diferente de hacer las cosas dentro de la cadena de producción, como también en la parte administrativa de las empresas (Cardona, 2021). Según la universidad Sergio Arboleda “la sociedad está en un proceso de digitalización acelerado” y es verídico, porque todo está cambiando hasta el punto de que las cosas están quedando obsoletas o demasiado desactualizadas para el día de hoy. Esta misma situación se está presentando con la industria y forma de digitalización, la cual se ve reflejada

de maneras distintas según el tamaño de la empresa. Entre tanto, las PYMES son la parte más afectada dentro de todo este cambio por la inversión de la digitalización y su forma de aplicación (Gonzalez, 2018).

El Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés) y el Big Data, corresponden a un proceso de digitalización dentro de las empresas, donde las máquinas están conectadas entre ellas, facilitando la forma de almacenar datos, haciendo los procesos más automatizados. Sin embargo, un fallo evidente dentro del proceso de digitalización es la dependencia de una red o algún IP que le brinde la información de las actividades a realizar (Martínez-Olvera & Mora-Vargas, 2019). Dicho fallo puede ser bastante perjudicial, principalmente cuando los procesos dependientes son productivos y, más aún, al interior de una empresa, lo cual puede repercutir en pérdidas incalculables. Por otra lado, los beneficios son bastante claros al momento de estudiarlos o medirlos; uno de ellos es la reducción de costes debido a que la automatización, minimizando la devolución de los lotes defectuosos, mejorando la imagen de la empresa y así, disminuyendo la pérdida del material defectuoso durante del proceso (Moraleda, 2004).

Siendo así las PYMES, donde la implementación de la industria 4.0 es más compleja por ser empresas en formación o en crecimiento, la fuerza del cambio las presiona a llevar a cabo, al menos parcialmente, la conversión tecnológica necesaria, en busca de los beneficios que brinda. Seguramente, este tipo de cambios generen ciertos traumatismos a nivel productivo y económico los cuales, se espera puedan ser compensados con la posibilidad de atender las necesidades reales del mercado (Nwaiwu et. Al, 2020).

Por otra parte, buscar el avance en una empresa está basado muchas veces en su capacidad de inversión, en sus ventas, en su posición dentro del mercado. Ver con los ojos del progreso esta revolución, desde el punto de vista teórico, pareciera sencillo, pero al momento de pasar a la etapa de implementación cambia todo lo que rodea la empresa; Dentro de los elementos estratégicos se podrá encontrar la capacitación, formación, seguimiento, acompañamiento y consideración de la parte operativa, con el fin de lograr una adecuada puesta en marcha (Pacheco, 2020).

3.3.Principales hallazgos de la literatura gris vs científica

A partir de la encuesta Pyme de la Asociación Nacional de Instituciones Financieras (ANIF), se apreció que en el año 2018 fue un año positivo para las pymes en la ciudad de Bucaramanga en comparación con el año anterior. Esta recuperación se vio reflejada gracias a las empresas que fueron encuestadas se percibió que el 14% de estas distinguieron un deterioro en su desempeño, de cara a un 30% que había dejado el año anterior; hubo mayores registros de las pymes con aumentos en los pedidos y aumentaron un 68% en su capacidad instalada efectuando inversiones de maquinaria y equipo. También se percibió que el 94% de las pymes registraron expansiones de 0% al 10%, frente a un 3%, que registró incrementos mayores al 10% (UNAB, 2021)

A pesar de ser fuentes importantes de mayor generación de empleo en sectores más frágiles de la sociedad, se estima que, para generar el mismo valor agregado de un trabajador de una empresa grande, se necesitan al menos dos trabajadores de una pyme. “Uno de los retos más grandes de las pymes es cerrar esas brechas en comparación con las grandes empresas” (Serrano, 2017). El 2020 fue un año lleno de retos para las empresas ya que todos sus procesos debían cambiar debido al COVID 19, este le dio entrada a nuevas tecnologías y nuevos saberes que ocasionaron una aceleración dentro del manejo de los procesos de las empresas, algo importante que entró en las empresas fue la inteligencia artificial, donde todo se volvió más técnico y basado en las RED, en la protección de datos y en el enfoque netamente cibernético (Salazar & Giraldo, 2017).

Las Pymes con el pasar del tiempo se han ido posicionando y creciendo, se puede notar por la gran variedad de empresas de forma física y virtual, esto permite tener esa diversidad de elección y también poder suplir la demanda que en ocasiones es bastante fuerte, según el MIN TIC en el año 2015 en Santander invirtió en el 54.49% de las Pymes donde se vieron beneficiadas 78 empresas, con una inversión monetaria de 225.000.000 COP, esto para dar cierta facilidad en el desarrollo de las mismas (Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicaciones, 2021).

Las Pymes son un órgano importante para la economía de hoy, esto se debe a la cantidad de flujo de necesidades que pueden llegar a suplir en el momento específico y a su cantidad numérica dentro de la misma economía dando la posibilidad de poder atacar las necesidades desde todos los puntos posibles, siendo así, una base que puede dar trabajo y facilidad a la sociedad.

La fuerza del cambio ha hecho que estas empresas sean pioneras en adaptarse rápidamente a su público, también poder cambiar rápidamente sus productos hasta el punto de innovar en tiempos bastantes cortos, esto lo hacen por esa sociedad cambiante inclinada a la tecnología y la inteligencia artificial, a esa sociedad virtual viviendo de redes sociales y marketing digital, también al avance monetario dado de manera digital hasta el punto de poder pagar con una tarjeta virtual, la sociedad misma es la causante de la aceleración de estas empresas. Esto muestra que se pueden identificar mejoras incrementales, las cuales con el tiempo pueden tender a ser radicales y generar cambios significativos lo cual, tiene como aspecto positivo el apoyo a las PYMES para su sostenibilidad y para su propio sustento, avances que no se pueden detener y que serán de gran ayuda para atender necesidades nuevas que existirán mañana. Su crecimiento es diario y su fuerza es increíble, las Pymes hacen posible el vivir de una sociedad que necesita un sustento y consumo diario.

Conclusiones

A partir de la presente investigación, se puede observar que la industria 4.0 en las Pymes es todo un reto de aplicación que se basa en estudios previos, donde la funcionalidad esta afirmada en la viabilidad y compatibilidad en la empresa que quiere hacer ese avance. Siendo

así, más que un avance, una nueva etapa donde todo será diferente y más centralizado a la automatización y personalización del proceso que sufrirá este cambio. De igual manera, se destaca la competitividad que lleva el hecho de implementar la industria 4.0, esta lleva más capacidad donde se pueden hacer más tareas de forma simultánea, logrando esa diferenciación a la producción tradicional, esta inversión aumenta más la posición que tienen las Pymes para suplir esa necesidad que en ocasiones tiene una demanda bastante elevada.

Teniendo en cuenta que, la industria 4.0 es la comunicación más eficiente gracias al internet de las cosas, logrando así la realización de tareas de forma simultánea. Esto, despierta la capacidad de resolver dentro del proceso las tareas más difíciles y así poder darle a la cadena de producción un alivio donde se puede centrar el enfoque en alguna tarea que genere mayor valor agregado, más del valor que ya está agregando la industria 4.0.

Con base en los resultados de esta investigación, se requiere que la implementación de la tecnología 4.0 tanto para Bucaramanga y su área metropolitana, como a nivel general en Colombia y la región Latinoamericana, debido al desconocimiento por parte de los empresarios en relación con este tipo de tecnología. Es por eso que se recomienda por medio de entidades gubernamentales como la alcaldía municipal, gobernación de Santander y Cámara de Comercio de Bucaramanga se capacite e instruya a los diferentes empresarios de las empresas para que logren implementar esos procesos de la tecnología 4.0, para que así, optimicen los procesos y vayan encaminados a la mejora continua en la industria santandereana.

Referencias

- BRAVO GENEY, J. A. (2017). Factores que afectan la sostenibilidad y el crecimiento de las pequeñas empresas en la ciudad de Bucaramanga - Santander - Colombia. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN SIGMA*, 4(01), 65–81. <https://doi.org/10.24133/SIGMA.V4I01.1135>
- CARDONA, M. L. (2021). Adaptación de la Industria 4.0 en Países Desarrollados y Subdesarrollados. Retrieved from https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/33306/1/2020_adaptaci%C3%B3n_industria_pa%C3%ADses.pdf
- DÁVILA RODRÍGUEZ, C., SÁENZ, G., MACARENO, H., HERERA, P., BARRANCO, R., & DE LA, D. (2009). Universidad del Norte. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81712365011>
- GONZÁLEZ, M. F. (2018). Definición de estrategias de adopción de la cuarta revolución industrial por parte de las empresas en bogotá, aplicables a pymes en colombia. Retrieved November 15, 2021, from <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16120/1/PROYECTO%20GRADO%20MANUEL%20FELIPE%20GONZALEZ.pdf>
- HERRERA HERNANDEZ, Y. A., RAMIREZ GONZALEZ, Y. V., & TORRES MARTINEZ, A. Y. (2020). Senales de Fracaso Empresarial en la Industria del Calzado en Bucaramanga y su Area Metropolitana. Recuperado el 27 de julio de 2022 de: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/2889>

- MARTÍNEZ-OLVERA, C., & MORA-VARGAS, J. (2019). A comprehensive framework for the analysis of Industry 4.0 value domains. *Sustainability*, 11(10), 2960.
- MONTES DE OCA MONTANO, J. (2018). La literatura gris cambia de color: un enfoque desde los problemas sociales de la ciencia y la tecnología. *MediSur*, 16(3), 424-436. Martínez-Olvera, C., & Mora-Vargas, J. (2019). A comprehensive framework for the analysis of Industry 4.0 value domains. *Sustainability (Switzerland)*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/su11102960>
- MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES (2021). *MiPyme - Empresario, competencias y capacidades*. (n.d.). Retrieved December 1, 2021, from <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-propertyvalue-36674.html>
- MORALEDA, A. (2004). La innovación, clave para la competitividad empresarial. *Universia Business Review*, (1), 128-136.
- NIETO, N. T. (2018). TIPOS DE INVESTIGACIÓN. Universidad Santo Domingo de Guzmán. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>
- NWAIWU, F., DUDUCI, M., CHROMJAKOVA, F., & OTEKHILE, C. A. F. (2020). Industry 4.0 concepts within the czech sme manufacturing sector: An empirical assessment of critical success factors. *Business: Theory and Practice*, 21(1), 58–70. <https://doi.org/10.3846/btp.2020.10712>
- PACHECO, A. S. (2020). Propuesta de implementación de la industrial 4.0 en el sector manufacturero de bogotá. Retrieved November 15, 2021, from <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25322/1/PROPUESTA%20DE%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DE%20LA%20INDUSTRIAL%204.0%20EN%20EL%20SECTOR%20MANUFACTURERO%20DE%20BOGOT%C3%81.pdf>
- SALAZAR, O. C., & GIRALDO, C. A. S. (2017). Nueva visión sobre la informalidad de las MIPYMES del área metropolitana de Bucaramanga, Santander - Causas y efectos. *Retos*, Vol. 5, pp. 23–31. Retrieved from <http://revistas.sena.edu.co/index.php/RETO/article/view/1398>
- UNAB (2021). *¿Santander sigue siendo un territorio de pymes?* | Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB. (n.d.). Retrieved December 1, 2021, from <https://www.unab.edu.co/publicaciones/%C2%BFsantander-sigue-siendo-territorio-pymes>
- SCOPUS PREVIEW - SCOPUS - WELCOME TO SCOPUS. (2021). Retrieved December 3, 2021, from <https://www.scopus.com/home.uri>
- SERRANO, J. S. (2017). Evaluacion del impacto socio-economico de las entidades de fortalecimiento en las microempresas de bucamanga y su area metropolitana (AMB). Retrieved November 30, 2021, from https://biblioteca.bucaramanga.upb.edu.co/docs/digital_35214.pdf
- WEB OF SCIENCE. (2021). Clarivate. Retrieved December 3, 2021, from <https://access.clarivate.com/>