



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

Modelo de inteligencia de negocios para evaluar el impacto de la investigación y la innovación en programas de ingeniería en Colombia

Fabio A. Vargas, Juan C. Giraldo

**Tecnológico de Antioquia
Medellín, Colombia**

Jorge A. Parra

**Universidad Autónoma de Bucaramanga
Bucaramanga, Colombia**

Iván A. Delgado

**Fundación Universitaria Juan de Castellanos
Tunja, Colombia**

Resumen

El impacto de la investigación y la innovación en los programas de ingeniería en Colombia se evalúa desde los resultados y logros alcanzados, que generan nuevo conocimiento especializado y que se consolidada a partir del trabajo de los grupos e investigadores del área. Este impacto se limita en muchas ocasiones a mostrar solo resultados y no los beneficios o efectos de estos. Este artículo presenta un modelo de Inteligencia de Negocios que evalúa el impacto de la investigación y la innovación en programas de ingeniería en Colombia. Soportado en experiencias de diferentes Instituciones de Educación Superior aplicados en programas de ingeniería. Además de las buenas prácticas que relaciona la metodología para proyectos de Minería de Datos CRISP-DM. La articulación de estos dos elementos permite conocer las principales variables e indicadores que se deben evaluar, dada la necesidad de conocer la contribución e impacto generados del ejercicio investigativo al desarrollo socioeconómico, tecnológico y curricular de la comunidad académica.

Palabras clave: impacto de la investigación; programas de ingeniería; inteligencia de negocios; CRISP-DM

Abstract

The impact of research and innovation in engineering programs in Colombia is evaluated from the results and achievements achieved, which generate new specialized knowledge and which is consolidated from the work of groups and researchers in the engineering area. This impact is often

limited to showing only results and not the benefits or effects of said results. This article presents a Business Intelligence model that evaluates the impact of research and innovation in engineering programs in Colombia. Supported in experiences of different Higher Education Institutions applied in engineering programs. In addition to the good practices related to the methodology for CRISP-DM Data Mining projects. The articulation of these two elements allows knowing the main variables and indicators that must be evaluated, given the need to know the contribution and impact generated by the research exercise to the socioeconomic, technological and curricular development of the academic community.

Keywords: *research impact; engineering programs; business intelligence; CRISP-DM*

1. Introducción

La medición del impacto que genera la investigación y la innovación institucional implica establecer métricas que estén articuladas con las actividades resultados, y beneficios del proceso investigativo. Para lograrlo es necesario disponer de datos e información histórica, y actualizada que relaciona lo realizado al interior de las Instituciones de Educación Superior; y los resultados y beneficios en articulación con otras IES, el sector productivo y la sociedad. Las métricas deberían establecerse en correspondencia con las necesidades, propósitos, y metas propuestas en los Planes de Desarrollo institucionales, articulados con los alcances fijados en los planes de acción de las direcciones del proceso de investigación de cada IES. Las métricas se convierten en insumo importante para la medición del impacto de la investigación y la innovación incorporando Analítica de Datos, siguiendo alguna de las metodologías existentes para desarrollar proyectos de Inteligencia de Negocios, y una o más técnicas de Minería de Datos que permitan el procesamiento de la información, y la obtención de Conocimiento específico del impacto de la investigación en el contexto académico, e industrial.

Lo anterior se soporta con propuestas de diferentes autores, donde incorporan respecto Analítica de Datos para la evaluación del impacto de la investigación de la Educación Superior.

Este artículo propone un modelo de Inteligencia de Negocios para evaluar el impacto de la investigación y la innovación en Instituciones de Educación Superior, mediante la articulación del proceso investigativo, las fases de la metodología CRISP-DM.

El artículo presenta un marco de conceptos, que facilita el entendimiento del modelo propuesto. Además de una revisión de literatura, donde se exponen las propuestas de otros autores, relacionadas con investigación y análisis de datos. Posteriormente se presenta el modelo propuesto y la explicación de sus componentes. Finalmente se presentan unas reflexiones alrededor de la implementación del modelo, y las conclusiones del trabajo.



2. Marco Conceptual

Inteligencia de negocios

Ayuda a compilar información esencial de una amplia variedad de datos no estructurados y estructurados y adicionalmente, convertirlos en información relevante y procesable que permita a las empresas y organizaciones la toma de decisiones de diferente índole y mejorar la eficiencia y la productividad empresarial. (Niu et al, 2021).

El objetivo principal de la inteligencia de negocios (BI) es identificar el potencial oculto en los datos recopilados durante las actividades de operación de una organización y su posterior transformación en información necesaria para la correcta toma de decisiones. Para lograr esto es necesario diferentes etapas: crear una base metódica y tecnológica sólida para la recopilación y el procesamiento de datos; aprender a controlar, administrar e interpretarlos; verificar la eficiencia sobre la base de los datos y llegar a las conclusiones correctas. (Václav et al., 2021).

Impacto de investigación

Para Lozano, Saavedra y Fernández (2011), el impacto de la investigación desde la ciencia, la tecnología y la innovación, es evaluado en tres aspectos: en el conocimiento, en lo económico y en lo social. Para el impacto del conocimiento se utilizan los índices bibliométricos, en y desde la comunidad científica, ya que este no puede ser medido directamente sino a través de las expresiones del conocimiento como papers, patentes y estudiantes formados, lo cual puede proveer una imagen incompleta del producto del proceso investigativo.

Minería de datos

Se caracteriza por el uso de herramientas y algoritmos para analizar grandes cantidades de datos, con el objetivo de encontrar relaciones y patrones (Salazar Torres, 2021).

CRISP-DM

Metodología de minería de datos utilizada para extraer valor de los datos, se conceptualiza en 6 fases, el entendimiento del negocio, entendimiento de los datos, preparación de los datos, modelado, evaluación y despliegue. (Schröer et al., 2021).

3. Revisión de literatura

La investigación refiere un estudio para la adopción de procesos de inteligencia de negocios en las Instituciones de Educación Superior, de carácter pública y privada, para examinar la tecnología, los factores organizacionales y ambientales que influyen en su posible implementación, especialmente enfocada a procesos administrativos. (Sujitparapitaya et al., 2021).



La propuesta detalla que el sector de la educación superior a nivel mundial depende en gran medida de los datos y su análisis para tomar decisiones críticas y estratégicas. Las universidades están compilando y haciendo seguimiento a los datos de estudiantes desde la admisión hasta el egreso, datos de la inscripción, registro de cursos, asistencia, aprendizaje en línea, rendimiento, actividades extracurriculares, prácticas y datos de empleabilidad. La investigación refleja la necesidad de emprender proyectos de inteligencia de negocios. Se respalda con el análisis de 11 Universidades del Reino Unido, (*University of Central Lancashire, University of Bolton, University of East London, University of Sheffield, University of Durham, University of Glasgow, University of Manchester, Liverpool University, Open University, University of Bedfordshire, University of Huddersfield*). (Ong, 2016).

La investigación plantea un marco de gobierno para la aplicación y mantenimiento de una estrategia de inteligencia de negocio, en diferentes procesos de la Educación Superior, especialmente en lo referente a la problemática de deserción estudiantil. Lo anterior con el objetivo de fortalecer la permanencia académica, a través de proyectos de inteligencia de negocios y asegurando que estos estén alineados a la visión y políticas estratégicas de la universidad. (Combata Niño et al., 2017).

El proceso investigativo demuestra que la inteligencia de negocios se asocia de manera positiva en el desempeño organizacional, incluyendo Instituciones de Educación Superior, puesto que sus indicadores financieros mostraron estadísticamente que existe un nivel alto de significancia y que la edad, el tamaño y el capital humano son otros factores que también influyen en el óptimo desempeño de las empresas. (Avila, et al., 2017).

La investigación refiere que existen un conjunto de medidas tradicionales para cuantificar la productividad basadas en conteos (número de publicaciones, número de citas, etc.), que son insuficientes para cumplir con las demandas de responsabilidad y valor. Sugiere el uso de bases de datos sofisticadas y herramientas de software especializadas que proporcionen información sobre la productividad y el impacto de la investigación y la innovación, usando métricas para cuantificar el impacto en la difusión del conocimiento. (Carpenter et al., 2014).

Esta investigación sugiere el desarrollo y utilización de sistemas de información que ayudan a evaluar el impacto de la investigación en Instituciones de educación superior, especialmente en las áreas de Ingeniería, pero que estos sistemas no se centren en registrar información, sino que permitan capturar cualquier interacción entre investigadores, la institución y las partes interesadas y vincular estos con los resultados de la investigación. (Penfield et al., 2014).

Se evidencia en esta investigación que medir y evaluar el impacto del desarrollo investigativo a nivel de Educación Superior es aún un campo en formación, que adolece de metodologías lo suficientemente consolidadas a nivel nacional e internacional. Que el impacto científico se ha evaluado en muchos casos solo sobre la base de los resultados de la actividad científica y tecnológica y no de como trasciende el nuevo conocimiento. (Guisado et al., 2014).

Se propone que las Instituciones de Educación Superior deben medir permanentemente el impacto de la investigación porque estas son generadoras de activos de propiedad intelectual, que impacten



en los sectores educativo, científico, económico y social. Es necesario determinar el impacto socio-productivo y tecnológico de las investigaciones realizadas por estudiantes y profesores de los diferentes programas académicos, especialmente las asociadas al área de ingeniería. (Corrales et al., 2014).

4. Modelo

El modelo propuesto se soporta en cuatro componentes: proceso de investigación, actividades de investigación, minería de datos, y resultados de investigación, véase la figura 1. Donde cada uno de ellos es pieza fundamental para los propósitos funcionales del modelo.

La dinámica del modelo propuesto, inicia con la especificación del proceso de Investigación; indicando las características más relevantes, objetivos, y propósitos entorno a la investigación e innovación institucional. Este componente es insumo para la especificación y desarrollo del componente denominado "Actividades de Investigación". Este componente relaciona la información correspondiente a las convocatorias, y propuestas de Investigación, además de la gestión para la aprobación y ejecución de proyectos, y las tareas necesarias para realizar el seguimiento para el cumplimiento de los objetivos de los proyectos iniciados. El flujo de información generado en este elemento del modelo, se convierte en fuente de datos para el siguiente componente denominado "Resultados de Investigación". Esta fase del modelo indica que se debe contar con los datos e información correspondiente a los productos generados del ejercicio de investigación, y relacionados con todos y cada uno de los proyectos de investigación ejecutados. Además del conocimiento obtenido, y que de forma explícita se refleja y articula en las diferentes actividades de investigación formativa y científica. Con esta información se nutre el siguiente componente del modelo, denominado "Minería de Datos". En esta etapa del modelo se debe seleccionar y aplicar una metodología para proyectos de Inteligencia de Negocios, y una técnica de Minería de Datos. Con estos elementos se identificarán, seleccionaran, y procesaran los datos necesarios para conocer y establecer el nivel de impacto de la investigación e la innovación a nivel institucional y del programa asociado.

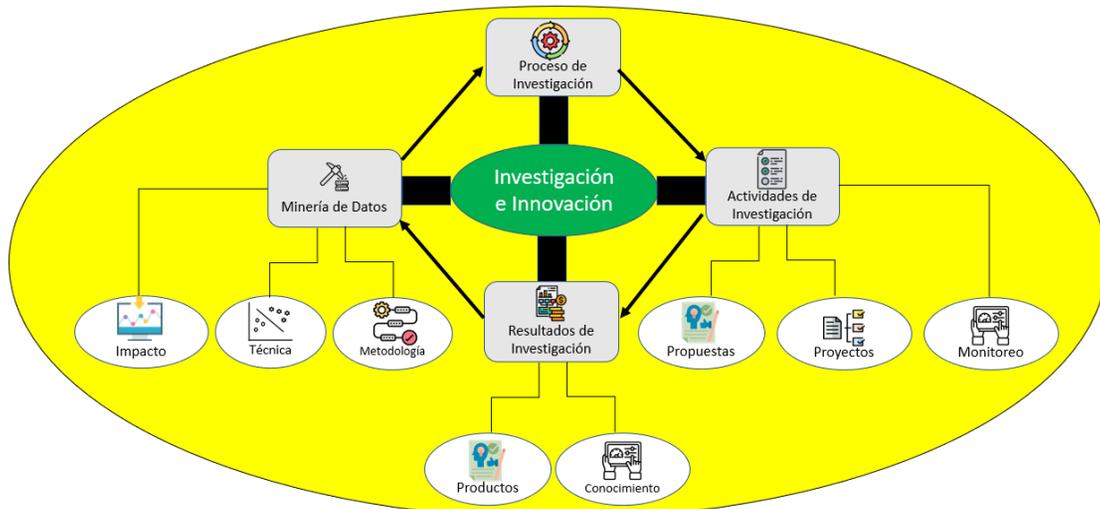


Figura 1. Modelo de Inteligencia de Negocios para evaluar el Impacto de la Investigación
Fuente (Elaboración propia)

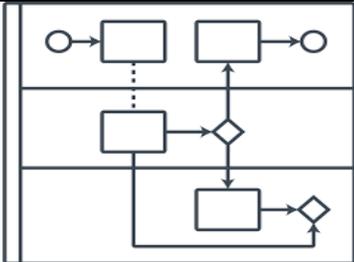
4.1. Especificación de los componentes

Para la especificación de los datos necesarios para cumplir el propósito y funcionalidad de cada componente del modelo, se proponen formatos, que facilitan el registro y gestión de la información.

Proceso de Investigación

Este componente indica la caracterización del proceso de investigación institucional, especificando el nombre del proceso, la dependencia y personal responsable, los propósitos u objetivos, y la frecuencia con la que se ejecuta el proceso, además de un diagrama BPMN, el cual permite ver el flujo de actividades del proceso, véase la tabla 1.

Tabla 1- Caracterización del proceso de Investigación

Proceso de Investigación	
Nombre del proceso:	
Responsable:	
Objetivos:	
Frecuencia:	
Diagrama de proceso:	 <p>Fuente(https://www.lucidchart.com/pages/es/6símbolos-bpmn)</p>
Observaciones(opcional):	

Fuente (Elaboración propia)

Actividades de Investigación

En este componente se indican y caracterizan las actividades del proceso de investigación. Para cada actividad se deben establecer las variables o atributos que permitirán almacenar la información a nivel de Base de Datos, véase la tabla 2.

Tabla 2- Actividades de Investigación

Actividad	Detalle	Base de Datos (Atributos)

Fuente (Elaboración propia)



Resultados de Investigación

De las diferentes actividades de investigación se derivan y generan productos y resultados, los cuales se clasifican, y se caracterizan. Además, es necesario registrar el aporte de conocimiento a la docencia, extensión, e internacionalización que se derivan de estos productos. Esto se registra en base de datos, por lo tanto, es necesario especificar los atributos que facilitarían su almacenamiento, véase la tabla 3.

Tabla 3- Resultados de Investigación

Resultado	Tipo de producto (Generación de nuevo Conocimiento, Desarrollo Tecnológico, Apropiación Social)	Conocimiento (Aporte)	Base de Datos (Atributos)
Producto			

Fuente (Elaboración propia)

Minería de Datos

En este componente se especifican y describen las características más relevantes sobre la metodología y técnica de minería de Datos, necesarias para procesar la información proveniente de las bases de datos, que se generan en el componente de actividades de investigación. Con el procesamiento de la información se obtiene el nivel de impacto de la investigación e innovación institucional. El impacto es determinado a partir de los indicadores generados de la técnica de Minería de Datos seleccionada y aplicada. Es necesario describir y establecer las variables para la metodología y técnica elegida, además de la especificación de las bases de datos fuente, que en este caso son las generadas desde los componentes 2 y 3 de este modelo propuesto, véase la tabla 4.

Tabla 4- Minería de Datos para evaluar el impacto de investigación

Elemento	Descripción	Variables	Base de Datos (Fuente)
Metodología			
Técnica			
Impacto			

Fuente (Elaboración propia)

5. Reflexiones para su implementación

Para la implementación del modelo propuesto, se sugiere la metodología CRISP-DM, teniendo en cuenta que es un estándar internacional, y sus fases se articulan con la dinámica del proceso de



investigación, teniendo en cuenta: el proceso, los datos, y sus características. Además, la incorporación de la técnica de Minería de Datos, denominada Agrupamiento o *Clustering*. Para el propósito que se espera con este modelo, la técnica sugerida es adecuada por la naturaleza de los datos, y el tratamiento que se le dará a los mismos, buscando grupos de datos similares, y homogéneos.

Para determinar el nivel de impacto de la investigación e innovación institucional, es necesario contar con las bases de datos indicadas en cada uno de los componentes para el modelo propuesto, además de las bases de datos que contienen información referente con: proyectos articulados con otras IES y el sector productivo, reconocimientos a la investigación, investigadores y su clasificación e indexación H, Scopus, entre otros.

6. Conclusiones

La revisión de literatura permitió conocer el alcance de la aplicación de la Inteligencia de Negocios y la Minería de Datos en el contexto de los procesos académicos, y determinar las necesidades a las que se puede dar solución desde la mirada del impacto de la investigación y la innovación.

La recomendación de la Metodología CRISP-dm, se da desde su usabilidad en la industria, y en la academia. Ha sido seguida y aplicada para la obtención de conocimiento en diversos proyectos de Minería de Datos, que relaciona procesos de Instituciones de Educación Superior, y empresas; teniendo en cuenta las seis fases que indica esta metodología, y que permiten conocer muy bien el negocio, los datos, el procesamiento de la información, y la obtención de los resultados a través de modelos que dan respuesta a las necesidades y propósitos específicos.

La implementación del modelo propuesto, permitirá a las instituciones de Educación Superior, conocer de forma cuantitativa el nivel de impacto de la Investigación e Innovación desde diferentes dimensiones o puntos de vista. Esto dependerá de los indicadores y propósitos de análisis, que cada organización establezca, y de la disponibilidad de bases de datos, con las que cuente cada institución.

7. Referencias

- Avila, B. V., Aponte, M. C., & Orellana, B. S. (2021). La inteligencia de negocios como herramienta clave en el desempeño empresarial. *593 Digital Publisher CEIT*, 6(6), 306-325.
- Carpenter, C. R., Cone, D. C., & Sarli, C. C. (2014). Using publication metrics to highlight academic productivity and research impact. *Academic emergency medicine*, 21(10), 1160-1172.
- Combita Niño, H. A., & Morales Ortega, R. C. (2017). Marco de gobierno en inteligencia de negocio para el eje estratégico de permanencia estudiantil en la Universidad de la Costa (Master's thesis, Universidad Del Norte).
- Corrales, A. V. D., & Pacheco, M. E. P. (2018). Indicadores de impacto en la investigación científica. *Revista científica de FAREM-Estelí*, (25), 60-66.
- Guisadol, Y. M., Cabrerall, F. M. S., & Cor, J. N. (2010). Approaches to social impact of science, technology and innovation. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud (ACIMED)*, 21(2), 161-183.



- Lozano Casanova, J., Saavedra Roche, R. M., & Fernández Franch, N. (2011). La evaluación del impacto de los resultados científicos. Metodologías y niveles de análisis. Humanidades Médicas, 11(1), 99-117.
- Niu, Y., Ying, L., Yang, J., Bao, M., & Sivaparthipan, C. B. (2021). Organizational business intelligence and decision making using big data analytics. Information Processing & Management, 58(6), 102725.
- Ong, V. K. (2016). Business intelligence and big data analytics for higher education: Cases from UK higher education institutions. Information Engineering Express, 2(1), 65-75.
- Penfield, T., Baker, M. J., Scoble, R., & Wykes, M. C. (2014). Assessment, evaluations, and definitions of research impact: A review. Research evaluation, 23(1), 21-32.
- Salazar Torres, J. I., & Girón Cardenas, E. (2021). Análisis y aplicación de algoritmos de minería de datos. PDR, 6(21), 71-88. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.perspectivas.6.21.2021.71-88> (Original work published 3 de marzo de 2021).
- Schröer, C., Kruse, F., & Gómez, J. M. (2021). A systematic literature review on applying CRISP-DM process model. Procedia Computer Science, 181, 526-534.
- Sujitparapitaya, S., Shirani, A., & Roldan, M. (2012). Business intelligence adoption in academic administration: An empirical investigation. Issues in Information Systems, 13(2), 112-122.
- Václav, C., Gabriel, F., Blanka, K., Libor, K., & Michal, T. (2021). Utilization of business intelligence tools in cargo control. Transportation Research Procedia, 53, 212-223.

Sobre los autores

- **Fabio Alberto Vargas Agudelo**, Ingeniero de Sistemas, Doctor en Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia. Profesor Titular de Facultad de Ingeniería del Tecnológico de Antioquia, fvargas@tdea.edu.co
- **Juan Camilo Giraldo Mejía**, Ingeniero de Sistemas, Especialista en Informática, Magister en Ingeniería de Sistemas, Doctor en Ingeniería de Sistemas e Informática, profesor investigador adscrito a la facultad de ingeniería del Tecnológico de Antioquia. jgiraldo1@tdea.edu.co
- **Iván Andrés Delgado González**, Ingeniero de Sistemas, Especialista Tecnológico en WebMaster, Magíster en Ciencias Computacionales. Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Investigador Asociado en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. idelgado@jdc.edu.co
- **Jorge Andrick Parra Valencia**. Ingeniero de Sistemas, Magister en Informática, Universidad de Santander, Doctor en Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia. Profesor del Doctorado en Ingeniería. Red Mutis. japarra@unab.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

