



Educación

Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

TECTZAPIC®

Revista Académico-Científica

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Vol. 12 N°1
ISSN: 2444-4944
JUNIO 2026

"Calidad Educativa Para La Productividad"

DIRECTORIO

M.C. José Diego Bárcenas Torres
Director TecNM / I. T. de Ciudad Valles

Dr. Desiderio Leines Medina
Subdirector de Servicios Administrativos

Dra. Azucena de los Ángeles Gutiérrez Reyes
Subdirectora de Planeación y Vinculación

Dra. Karina Berlanga Reséndiz
Subdirectora Académica

CONSEJO EDITORIAL

<i>M.C. José Diego Bárcenas Torres</i>	<i>Presidente</i>
<i>Dra. Karina Berlanga Reséndiz</i>	<i>Secretaria Académica</i>
<i>Dra. Azucena De Los Ángeles Gutiérrez Reyes</i>	<i>Secretaria de Relaciones Internas y Externas</i>
<i>Dr. Desiderio Leines Medina</i>	<i>Secretario de Finanzas y Comercialización</i>
<i>Dr. Jaime Jesús Delgado Meraz</i>	<i>Secretario Técnico</i>
<i>M.E. Zenayda Saldierna Cepeda</i>	<i>Jefa de Información y Jefa de Edición y Producción</i>
<i>M.T.I. Nitgard Zapata Garay</i>	<i>Jefe de Edición Digital</i>
<i>Lic. Leticia Delgado Velázquez</i>	<i>Jefa de Resguardo</i>

CÓMITE CIENTÍFICO

<i>Dr. José Porfirio González Farías</i>	<i>Docente investigador del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Celaya, Posgrado en Gestión Administrativa.</i>
<i>Dr. Mariano Mendoza Elos</i>	<i>Docente investigador del Tecnológico</i>

Dra. Laura Georgina Vázquez
Lara de la Cruz

*Nacional de México Instituto Tecnológico de
Roque, División de Investigación de Posgrado
e Investigación.*

*Docente Investigador del Tecnológico
Nacional de México, Instituto Tecnológico de
Celaya*

COORDINACIÓN DE PUBLICACIÓN

M.E. Zenayda Saldierna Cepeda
Jefa del Departamento de Comunicación y Difusión.

Dra. Mariela Ramona Michel Michel
Editora

REGISTRO ANTE EL IMPI – No. 2550676

Nombre: TECTZAPIC

Tec- En referencia al origen de la revista del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles.

Tzapic – Significa “fuerte” en el idioma Tének de la región de la Huasteca.

ÍNDICE

Presentación	1
Normas para autores	2
Conceptualización y Evolución del Job Crafting. <i>Conceptualization and Evolution of Job Crafting.</i> Melissa Eugenia Treviño Serna, Rosalba Martínez Hernández.	6
BaucherMatch: Herramienta de ingeniería de software como apoyo al proceso de conciliación financiera en una institución de educación superior. <i>BaucherMatch: A software engineering tool to support the financial reconciliation process at a higher education institution.</i> Uriel González Sánchez, Nitgard Zapata Garay, Reyna Isabel Redondo González, Juan Manuel Banda Moreno.	18
MODCART: Plataforma vehicular autónoma modular para transporte de carga y personas en entornos controlados <i>MODCART: Modular autonomous vehicular platform for load and person transport in controlled environments.</i> Omar Espinosa Guerra, Hugo Rene Lárraga Altamirano, Carlos Alfredo Reyes del Ángel, Juan Bernardo Rosas Torres.	33
Impacto de las becas académicas en la permanencia y rendimiento de estudiantes de ingeniería: un análisis en una institución pública Mexicana. <i>Impact of academic scholarships on the retention and performance of engineering students: an analysis in a Mexican public institution.</i> Alberto Ramírez Márquez, Carlos Omar Ríos Orozco, Alejandro Ale Burgos, Atzrael Muñoz Ballona.	49
Plataforma CAD para la Formación Docente: Integración de Módulos y Automatización de Procesos Académicos. <i>Teacher Training and Professional Development Platform (CAD): Integration of Modules and Automation of Academic Processes.</i> Jaime de Jesús Delgado Meráz, Seany Campos Cortés, Jorge Emmanuel Pérez Martínez, Alba Verónica Balderas Sánchez.	60

PRESENTACIÓN

Una Institución de Nivel Superior se caracteriza por el parámetro de excelencia educativa que la distingue, la responsabilidad académica que va más allá de la imagen propuesta y que, en vías de un desarrollo que amerita reconocimiento con base a la experiencia de cuarenta dos años, propone y promueve en la Región de la Huasteca Potosina, una docencia y una investigación de gran alcance y compromiso, en lo que compete al proceso enseñanza-aprendizaje, apegado al modelo y enfoque por competencias.

Si bien es sabido, algunos teóricos, al referirse a la investigación como trabajo intelectual avalado por fuentes originales, cuyo fundamento sostiene su credibilidad y permanencia, sostienen que la verdadera intencionalidad creadora de proponer alternativas posibles encaminadas a una también posible solución, es resultado de teoría y praxis, cuya exposición y aplicación participativa, perfecciona lo establecido, innova lo investigado, corrobora lo previamente propuesto, sostiene con nuevos y/o novedosas aportaciones que el problema a investigar, es de alguna u otra manera inacabable y siempre susceptibles de nueva búsqueda y cambio. Por lo que, en general y substancialmente, la investigación da pie a procesos asiduos y permanentes cuya amplitud cognoscitiva, definitivamente conlleva responsabilidad, compromiso y respeto por el trabajo propio y por el de los demás.

TECTZAPIC, “Tecnológico Fuerte” es una revista semestral, con revisión por pares, dirigida y arbitrada por el Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ciudad Valles; editada y mantenida por Servicios Académicos Intercontinentales S.L. con el apoyo de Grupo EUMED.NET.

Todos los artículos publicados en esta revista son indexados en bases de datos científicas internacionales a través de los índices: **Latindex**, **IdeasRepec**, **Dialnet**, **Researchgate** y **Google Scholar**.

Público al que va dirigida

Esta revista está dirigida a todo tipo de público, principalmente a los interesados en los temas publicados: profesores, estudiantes, investigadores y lectores en general.

Política de acceso abierto

Esta revista provee acceso libre inmediato a su contenido bajo el principio de poner disponible gratuitamente toda la información posible.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

NORMAS PARA AUTORES

Es necesario como parte del proceso de envío de un artículo para su publicación en la revista Tectzapic, los autores deben verificar el cumplimiento de los elementos aquí solicitados ya que deben seguir las reglas descritas. En caso de no cumplir con las directrices les será devuelto el manuscrito a los autores.

Los artículos deberán cumplir con el requisito de originalidad, utilizar la plantilla adjunta, en formato de Microsoft Word, con el tipo de letra Times Roman 12 pts., espacio entre líneas de 1.0, texto con alineación justificada. La extensión debe ser de un mínimo de 10 a un máximo de 15 páginas.

El artículo debe tener los apartados de: Introducción, Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones y las Referencias.

Es necesario se envíen dos archivos, uno que no contenga ninguna referencia a las identidades de los autores; y otro con los datos que se solicitan en la plantilla del artículo.

Tiempo de respuesta máximo. Será de 90 días desde el cierre de la convocatoria de la recepción a la publicación.

Solicitar la plantilla para el artículo y carta de los autores al correo de oficinaeditorial@tecvalles.mx

1. Título. El título en español e inglés, en su redacción debe ser explícito y de forma concisa reflejar el contenido del trabajo.

2. Autoría. Nombre(s) completo(s) y apellidos completos de los autores, el organismo o centro de trabajo y correo electrónico del contacto de correspondencia. Es importante incluir el número de filiación ORCID. (En caso de no estar registrado lo puede hacer de forma gratuita en el siguiente enlace: <https://orcid.org/register>).

3. Resumen. En un párrafo de máximo 15 líneas (en español e inglés) se deberá plasmar la síntesis de la investigación, presentando el objetivo, la metodología utilizada, los resultados más importantes y las principales conclusiones. No debe contener resultados que no correspondan a la investigación.

4. Palabras clave. Presentar cinco conceptos separados por comas, estos términos deben ser relevantes del artículo y no aparecer en el título. Se recomienda emplear los tesauros Unesco.

5. Redacción del texto y presentación. Al redactar debe ser con un lenguaje claro, conciso y coherente. Los textos serán escritos en español.

6. Tablas y figuras. Se presentarán en el cuerpo del texto. después de mencionarla por primera vez. Estarán numeradas de acuerdo con su aparición y cada una llevará su título breve, claro y descriptivo, El título de la figura o tabla debe aparecer una línea debajo del número. Utilice cursiva en el título. En caso de ser necesario alguna explicación deberá ir al pie como “nota”, así como con la indicación de la fuente correspondiente, en caso de que esta sea tomada de otro autor.

Todas las tablas y figuras se deben enviar también en formato JPEG, en un único archivo comprimido ZIP o RAR. Las fotografías y figuras tendrán una resolución mínima de 300 píxeles por pulgada para su publicación.

7. Fórmulas y/o expresiones matemáticas. Deberán insertarse en el propio Word o LibreOffice, pero en ningún caso irán incorporadas como imágenes.

8. Resultados y discusión. Descripción lógica, precisa de los resultados obtenidos. Se debe resumir los datos recolectados y el tratamiento estadístico que se les realizó. Cuando no se aplican análisis estadísticos o cuantitativos, los resultados pueden ser frases o afirmaciones que resuman la información de manera clara.

9. Conclusiones. En esta parte se derivan conclusiones, Se hacen recomendaciones para otras investigaciones, se analizan las implicaciones de la investigación y se establece cómo se respondieron las preguntas de investigación y si se cumplieron o no los objetivos.

9. Referencias. Desarrollará un listado de los materiales citados en el texto, estos son los que dan soporte a su artículo.

Las referencias siguientes deben ser en formato APA 7 <https://normas-apa.org/> Todas las referencias citadas en el artículo deben estar con la información completa en la sección correspondiente de “REFERENCIAS”, cuando esta sea un artículo que tenga DOI, deberá indicarse siempre.

Ejemplos de citas que aparecen en el cuerpo del texto

En caso de ser citas textuales solamente en caso de ser menos de 40 palabras se presenta incrustada en el texto entre comillas o si la cita tiene 40 palabras o más debe ser presentada en bloque, a parte del texto, y siempre al final anotar la página de la misma.

Ejemplo: Interpretando los resultados, Smith (2001) sugiere que la “aptitud para...” (p.421)

Las citas parafraseadas son cuando se presenta ideas o información de alguna investigación de un autor, pero en palabras propias del que redacta el artículo; esto permite resumir, sintetizar y comparar autores de referencia. Siempre se debe incluir el apellido del autor y el año de publicación. Al parafrasear no es obligatorio incluir el número de la página del autor citado.

Ejemplo:

El porcentaje de consumo de calorías en la década superó por en un 100 % a la anterior. (Ramírez, 2021).

Ejemplo:

Según Blanco (2019) la aprobación crediticia es indispensable (pp. 30–31).

Para citar un estándar, una norma técnica o una directriz de calidad en el Estilo APA, debes proporcionar el autor, la fecha, el título y la fuente del trabajo. Después del título, proporcione cualquier número o identificador para el estándar entre paréntesis sin cursiva.

Ejemplo: cita norma

(Organización que hizo el estándar, año).

Referencia

Organización que hizo el estándar. (año). Título de la norma (Norma núm. 1234). <https://www.url.com>

Citar corporaciones, instituciones o fundaciones como autores. Cuando la autoría es el nombre de un corporativo o asociación. Sólo se abrevia el nombre completo de la institución a un acrónimo apropiado, cuando la abreviatura sea bien conocida (una universidad famosa o una institución como la ONU, por ejemplo). En caso de ser un organismo poco conocido, deberá escribir el nombre completo en la primera cita e inserte la abreviatura entre paréntesis/corchetes

después del nombre completo. En las siguientes citas, puedes utilizar la abreviatura.

Ejemplo de citas:

(Asociación Americana para el Avance de la Ciencia [AAAC], 2014, p. 18)

Siguientes citas

(AAAC, 2014, p. 90)

Citas secundarias. Se refiere al contenido original presentado en otra publicación. Preferentemente utilizar la cita original, de no ser posible siga estas instrucciones cuando cite una fuente secundaria:

- En la lista de referencias, proporcione una entrada para la fuente secundaria que utilizó.
- En el texto, identifique la fuente primaria y escriba “como se citó en” y apunte la fuente secundaria.
- Si se conoce el año de publicación de la fuente primaria, inclúyalo también en la cita del texto.

Ejemplo: Se está parafraseando un trabajo de González (2020) en el que cita la investigación de Fuentes (1981), se cita el trabajo de González como la fuente original, seguido del trabajo de Fuentes. Solo el trabajo de González debe aparecer en la lista de referencias.

Cita en paréntesis

(Fuentes, 1981, como se citó en González, 2020)

Cita narrativa

Fuentes (1981, como se citó en González, 2020) presenta su descubrimiento de los beneficios de tomar agua...

Citas con más de un autor. Cuando se cita una fuente que tiene tres, cuatro o cinco autores, todos los autores se incluyen la primera vez que la fuente sea citada. Cuando esa fuente se cita de nuevo, se utiliza el apellido del primer autor y "et al".

Cada una de las citas deberá incluirse en el apartado correspondiente de REFERENCIAS, al final del artículo en extenso y sólo se incluirán las referencias que se hayan citado en el trabajo. Por lo tanto, no se integrarán otras complementarias, aunque se consideren de interés para el tema. Ejemplo: (Hernández et al., 2019).

ENVÍO DE ARTÍCULO

Deberá anexar en su envío los siguientes archivos.

- Dos versiones del texto del artículo (original y anonimizada).
- Declaración de autoría firmada.
- Tablas y figuras en un único fichero comprimido en formato ZIP o RAR

Los archivos complementarios deben cargarse como diferentes componentes del artículo.

Para los artículos autorizados y previo a su publicación

Se enviará al autor de correspondencia la prueba de su artículo para ser revisada en un plazo máximo de tres días. En las pruebas no se permitirán modificaciones adicionales a las observadas. Una vez se realice la publicación definitiva, se notificará de ello al autor de correspondencia.

Conceptualización y Evolución del Job Crafting

Conceptualization and Evolution of Job Crafting

Recibido: 10 de junio de 2026

Aceptado: 17 de agosto de 2026

Melissa Eugenia Treviño Serna

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

ORCID: 0009-0003-7629-5108

Autor de correspondencia: melissa.trevino@uaslp.mx

Rosalba Martínez Hernández

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

ORCID: 0000-0003-3721-6094

RESUMEN

El job crafting ha sido un tema que se ha estudiado desde la década de las 70 y su evolución se ha visualizado en el transcurso del tiempo con el surgimiento de investigaciones que han contribuido a la constitución de un marco teórico sólido, versátil y pertinente, el cual se encuentra en constante crecimiento. Su evolución ha sido tal que se ha estudiado en diversos contextos y sectores a nivel mundial bajo una variedad de perspectivas teóricas. Tomando en consideración lo anterior, esta investigación plantea el objetivo de analizar el concepto, evolución y teorías que sustentan el job crafting, para proporcionar un marco de referencia con respecto su evolución y estudio. El diseño metodológico de esta investigación se desarrolla a partir de un enfoque cualitativo y un análisis documental a través de la revisión de artículos académicos provenientes de diversas fuentes. Los resultados obtenidos indican que el campo de estudio del job crafting es amplio, versátil y está en constante evolución.

Palabras clave: Rediseño del trabajo, Teoría, Recursos Humanos, Evolución

Abstract

Job crafting has been studied since the 70's and its evolution has been seen with the passage to time and the emergence of new research that has contributed to the creation of a solid, versatile and pertinent theoretical framework, which is constantly growing. Its evolution has been such that has been studied under diverse contexts, sectors and theoretical perspectives worldwide. Considering the previously stated, the aim of the present study is to analyze the definition, evolution and theory surrounding the job crafting to provide a reference framework about the evolution and study of job crafting. The methodology design is developed through a qualitative approach and a documentary analysis performed by revising academic articles from different sources. Findings show that the job crafting field is wide, versatile and constantly evolving.

Keywords: Job Redesign, Theory, Human Resources, Evolution

INTRODUCCIÓN

Con la inmersión de la inteligencia artificial y otras nuevas tecnologías correspondientes a la industria 5.0 en el entorno actual, surgen nuevos requerimientos para las organizaciones a nivel mundial en donde cobra relevancia la capacidad de adaptación de sus trabajadores, lo que implica para ellas no solamente el enfocarse al desarrollo de nuevas habilidades centradas en uso y aplicación de nuevas tecnologías, sino también el desarrollo de aquellas que están centradas en el ser humano, tales como: resiliencia, colaboración, creatividad, impacto social e inteligencia emocional, Robinson (2025), destaca que el reto no solamente se encuentra en el desarrollo de habilidades blandas dentro de las organizaciones, sino que también hay que diseñar ambientes de trabajo en los cuales se puedan realizar tanto adaptaciones a los roles de trabajo tradicionales, como promover el trabajo colaborativo enfocado al desarrollo de proyectos más allá de las funciones establecidas en las descripciones tradicionales de puestos, lo que conlleva a mirar más de cerca el tipo de talento humano con el que se cuenta actualmente, no sólo en condiciones de aptitud laboral, sino en términos de motivación, compromiso, desarrollo personal, entre otros aspectos que marcan la perspectiva centrada en el ser humano de la industria 5.0.

Si bien el *job crafting* no es un tema reciente porque su estudio data desde los años 70, la formalización del tema no fue reconocida hasta finales de la década de los 80 (van Wingerden & Poell, 2017); y en el 2001 Wrzesniewski y Dutton presentaron una definición formal del *job crafting* en su estudio en la cual propusieron un modelo de *job crafting* en el que especificaban como éste se llevaba a cabo, las motivaciones individuales que originaban el *job crafting*, las formas de job crafting y sus efectos en los individuos y las organizaciones. (Wrzesniewski & Dutton, 2001a).

A raíz de ello, surgieron estudios enfocados al *job crafting*, así se presentaron trabajos enfocados al *job crafting* y a la teoría alrededor del mismo (Wrzesniewski et al., 2007); (Berg et al., 2010); las percepciones de la participación en una iniciativa voluntaria de un patrocinador corporativo (Pajo & Lee, 2011); el *job crafting*, sus determinantes contextuales y el engagement laboral en una organización (Petrou et al., 2012); el papel que desempeña la personalidad proactiva por medio del job crafting y el engagement laboral en las organizaciones y el desarrollo de una escala para medir el *job crafting* en Holanda (Tims et al., 2012). En México se tiene la oportunidad de identificar estudios que aborden esta temática en los diversos contextos organizacionales porque hasta el momento de la realización del presente trabajo no se encontraron aportes que permitieran identificar alguna teoría que sustente el tema.

En virtud de lo anterior, el presente trabajo tiene como propósito analizar el concepto, evolución y teoría del job crafting, con la finalidad de proporcionar un marco de referencia con respecto a su estudio.

DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo de estudio

El presente estudio se llevó a cabo mediante un enfoque cualitativo, a través de análisis documental, debido a que este tipo de enfoque permite indagar entre los hechos y su interpretación. Asimismo, busca que el proceso de investigación se centre en el desarrollo de los antecedentes y teoría referentes al tema en cuestión sin requerir de un método de recolección de datos estandarizado y enfocándose en el desarrollo natural de los fenómenos (Hernández Sampieri et al., 2010). A fin de recabar datos de especial relevancia al tema en cuestión, se llevó

a cabo un análisis documental por medio de la examinación sistemática y crítica de documentos (Corona, 2025).

La búsqueda inicial constó de la revisión de artículos académicos referentes al job crafting correspondientes al periodo comprendido de los años 2019 a 2026 provenientes de fuentes como: ResearchGate, Emerald, Springer Nature, Frontiers in Psychology, en donde se identificaron y seleccionaron aquellas investigaciones que contribuyeran a proporcionar información referente a la evolución del job crafting, conceptualización, tipos y teorías utilizadas para su estudio. Sin embargo, al momento de la realización del análisis, se tuvo la oportunidad de hacer una segunda búsqueda y recuperar trabajos desde el año 1979, lo que permitió ampliar y enriquecer el contenido del presente trabajo. Cabe señalar que la estrategia de búsqueda incluyó ecuaciones con apoyo de operadores booleanos y palabras clave: “job crafting”, “teorías”, “definición”, “antecedentes”, “Job crafting theories”, “job crafting definition”, “job crafting antecedents”.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados y discusión del presente trabajo se presentan en los apartados siguientes.

Antecedentes y evolución del job crafting

De acuerdo con Van Wingerden y Poell (2017) durante la década de los 70, se tenía la concepción de que tanto la motivación de los empleados, su desempeño y bienestar eran resultado del diseño del trabajo y las actividades que los gerentes les asignaban. Tal es el caso de Karasek (1979), que desarrolló un modelo de manejo del síndrome de agotamiento laboral, en el que destaca la relevancia el rediseño de procesos ocupacionales y la permisión de cierto grado de libertad de decisión a los trabajadores en pos de la reducción del estrés mental.

Posteriormente, Nicholson (1984) presenta su teoría de transiciones de puestos de trabajo, en la cual se mencionan los ajustes que hacen tanto las organizaciones, como los trabajadores al momento de hacer la transición de un puesto a otro y sus implicaciones tanto a nivel organizacional, como personal.

Sin embargo, no fue hasta el final de los años 80 donde el concepto de job crafting y sus prácticas relacionadas se empezaron a utilizar como tal, tomando en consideración los cambios en el entorno y su impacto en las organizaciones, entre los estudiosos del tema en esa época tenemos a Kulik et al. (1987) que se encargaron de examinar las formas en que las características del puesto y los atributos personales de los trabajadores convergían con el tiempo, tomando con base la teoría de características del puesto de trabajo.

Con el paso del tiempo esta concepción cambió con el hecho de que nuevos estudios con respecto a esta situación surgieron y en ellos se mostraba que los empleados también realizaban cambios por iniciativa propia en su trabajo que a fin de cuentas eran contribuciones hacia la organización, esto se tradujo en un significativo rediseño de puestos, llevado a cabo sin haberse realizado la planeación formal, un ejemplo de ello es lo presentado por Benner et al. (1996) en el que describen como las enfermeras a través de los testimonios de su práctica laboral realizan adaptaciones en sus quehaceres, con el fin de poder dar un mejor servicio a los pacientes.

En 2001, Wrzesniewski y Dutton lo definieron como los cambios físicos y cognitivos que los individuos realizan en sus labores por iniciativa propia, los cuales se relacionan con el

desempeño de las tareas individuales, características sociales y con su forma de pensar (Kanten, 2014; Tims et al., 2016). Tales cambios proactivos se enfocaban en la solución de problemas organizacionales; de acuerdo con Tims et al. (2013), el *job crafting* es un concepto que se enfoca específicamente en el rediseño del trabajo de los empleados y éstos independientemente modifican aspectos de sus trabajos con el fin de mejorar y de adaptar los atributos de su quehacer diario de acuerdo con sus necesidades, habilidades y preferencias.

Con base en lo anteriormente expuesto y lo presentado en la figura 1, la evolución con respecto al estudio del *job crafting* ha ido cobrando relevancia en los últimos años a nivel mundial. Considerando que en un principio solamente se tenía una idea de que se trataba de rediseño del trabajo solamente, hasta pasar a cuestiones que tienen que ver con la adecuación de la persona al ambiente laboral, a su entorno social-laboral, a que tuviera más libertad en la toma de decisiones con el fin de desempeñar sus funciones de manera que le fuera menos demandante, más desafiante y que al mismo tiempo la persona se sintiera motivada y percibiera que por medio del *job crafting* fuera capaz de contribuir tanto al cumplimiento de sus deberes como a los objetivos de la empresa. La versatilidad y pertinencia del *job crafting* permiten que nuevas investigaciones en dicho tema se generen, prueba de ello es que los antecedentes muestran que el *job crafting* se puede aplicar en diversos sectores empresariales, desde sector educativo, turístico, bancario, comercial hasta sector público y que además de ello, su estudio involucra variables como el compromiso organizacional, desempeño laboral, sustentabilidad, satisfacción laboral y apoyo organizacional percibido, entre otras.

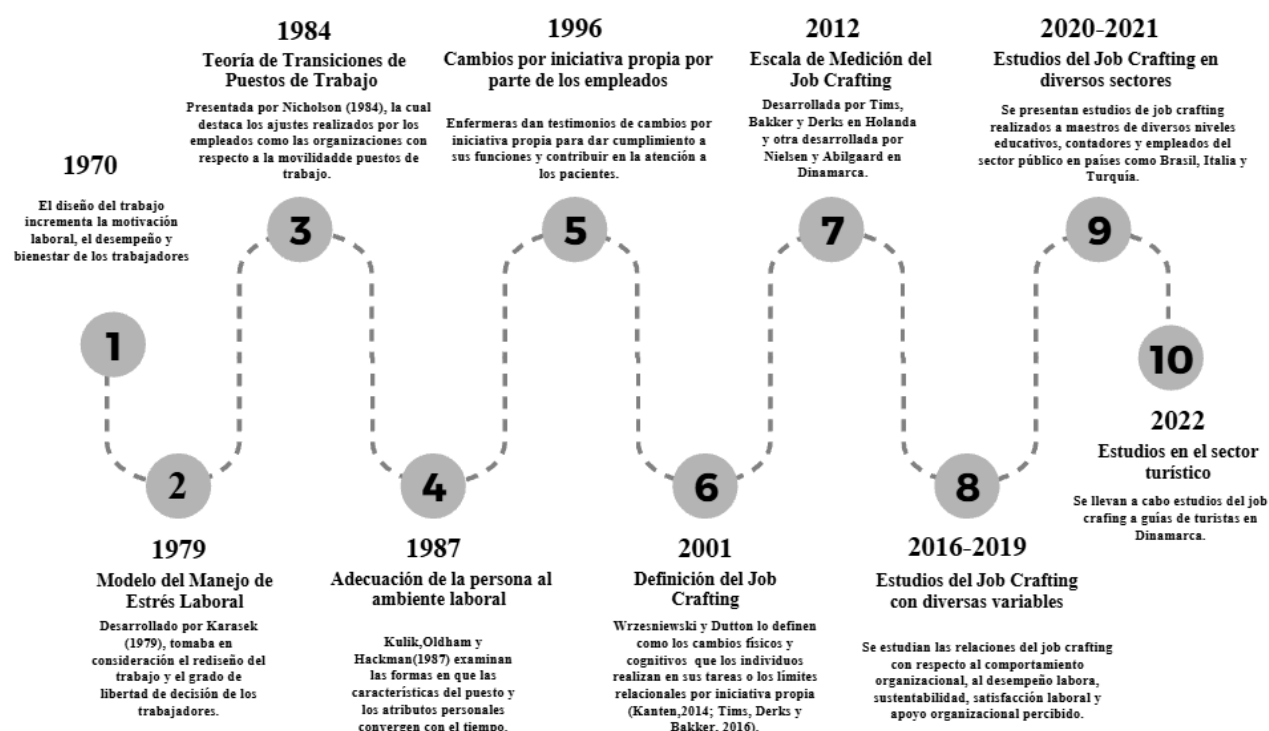


Figura 1.

Línea del tiempo de los antecedentes del job crafting

Fuente: propia

Definición del job crafting

El job crafting es un término que ha tenido diversas connotaciones; Wrzesniewski & Dutton (2001) lo definen como los cambios físicos y cognitivos que los individuos realizan en sus tareas o los límites relacionales de su trabajo por iniciativa propia, los cuales se relacionan con el desempeño de las tareas individuales, características sociales (Kanten, 2014; Tims et al., 2016).

Asimismo, el job crafting involucra los cambios auto iniciados en el diseño de su trabajo y de sus relaciones a fin de redefinir el significado de sus labores y de su entorno social-laboral (van Wingerden et al., 2017). Bajo esta misma línea, Berg (2010) destaca la importancia del job crafting como un medio en que los trabajadores revisan y mejoran sus tareas, implementan ideas y resuelven problemas. (Citado por Nielsen & Abildgaard, 2012, p. 365)

Por su parte, Petrou et al. (2015) definen al *job crafting* a manera de comportamientos voluntarios que tienen los empleados y cuyo propósito es la búsqueda tanto de recursos como de desafíos laborales y la disminución de demandas. A su vez, Latika (2018) destaca que el *job crafting* permite que el personal de una organización al hacer uso de los conocimientos referentes al puesto de trabajo y de sí mismos pueda crear su puesto de trabajo de tal manera que le genere sentido.

En concordancia con las definiciones previas, Lyu y Fan (2020) destacan que el *job crafting* es identificado como una especie de diseño del trabajo, el cual difiere del diseño tradicional, ya que su enfoque va dirigido hacia la modificación del contenido del puesto, sus límites, incluso funciones por parte de los empleados y su aplicación es realizada de manera autónoma.

Tomando en consideración los aportes de las definiciones anteriores, podemos decir que el job crafting se define como la iniciativa que tienen los trabajadores a transformar aspectos relacionados a sus labores diarias a fin de personalizarlas y hacerlas más llevaderas, lo que conlleva a un rediseño del trabajo a cargo del trabajador que le permite tomar decisiones que van desde la forma de desempeñar sus labores, el manejo de recursos con los que cuenta para ello, hasta la forma de interacción con las personas con las que tiene contacto dentro de sus funciones, todo ello sin perder de vista la esencia e importancia que tiene el cumplimiento de dichas labores para el logro de los objetivos organizacionales.

Aunado a lo anterior y con base en la literatura se identifican que existen distintas dimensiones para el estudio del *job crafting*, entre ellas se destacan: las 3 formas en las que Wrzesniewski y Dutton (2001) clasifican al job crafting, las cuales son: el *job crafting* de tarea, *job crafting* relacional y *job crafting* cognitivo. Por su parte, Demerouti et al. (2001) destacan las 4 formas que puede adoptar el *job crafting* basadas en la teoría de las demandas y recursos laborales, las cuales se dan por: el incremento de la autonomía, la variedad y las oportunidades de aprendizaje, los recursos sociales, las demandas desafiantes y el decremento de las demandas difíciles.

En investigaciones más recientes, se cuenta con el estudio del *crafting* individual y *crafting* colaborativo (Cheng et al., 2016); el estudio del *job crafting* positivo y el negativo (Neale, 2019); el *crafting* de comportamiento y el *crafting* cognitivo (Zhang & Parker, 2019; Romeo et al., 2020); el job crafting basado en necesidades (Tušl et al., 2024); el job crafting espacio-tiempo (Demerouti, 2025; Wessels et al., 2019); el cognitivo, de tarea, relacional y de habilidad (Zhang et al., 2026) y job crafting asistido por IA (Liu & Qu, 2026).

Con base en la revisión de los trabajos previos señalados en este apartado se identifica que se ha investigado al *job crafting* bajo diversas formas que van desde una perspectiva general, hasta aspectos muy específicos, tal y como se observa en la tabla 1.

Tabla 1

Investigaciones realizadas en el estudio del Job crafting

Autor y Año	País	Objetivo
Cheng et al. (2016)	Taiwán	Examinar la conexión entre el job crafting y los resultados laborales en relación con el sector turístico.
Neale (2019)	Estados Unidos	Desarrollar una nueva forma de medir el job crafting observando tanto el lado positivo como el negativo, orientado a la prevención y a la promoción, job crafting de tarea y relacional, usando el efecto de marco de referencia y con ello tener una comprensión más amplia de la intencionalidad detrás de los comportamientos de job crafting. Enlazar la nueva forma de medir el job crafting con predictores comúnmente examinados, incluyendo las necesidades individuales, las triada oscura, consciencia, comportamientos laborales contra productivos y de ciudadanía organizacional.
Zhang & Parker (2019)	Australia	Proponer una estructura jerárquica de 3 niveles del job crafting e identificar la naturaleza agregada del constructo de job crafting. Proponer un modelo teórico de espacio-tiempo del job crafting en el cual se discuten sus componentes, se destacan sus antecedentes y se explica como el job crafting de espacio-tiempo está relacionado con los resultados laborales positivos a través del ajuste de demandas laborales espacio-tiempo.
Wessels et al. (2019)	Alemania y Países Bajos	Analizar el efecto del job crafting en la calidad del cuidado en hogares residenciales para los adultos mayores en España y Suecia.
Romeo et al. (2020)	España y Suecia	Conceptualizar y validar de la escala del job crafting basado en necesidades, teóricamente sustentado en el modelo de identidad basado en necesidades integrales del job crafting y el de necesidades psicológicas (desapego, relajación, autonomía, maestría, significado y afiliación).
Tušl et al. (2024)	Finlandia y Japón	Presentar una breve intervención multicomponente y de auto entrenamiento para trabajadores híbridos y examinar si las estrategias de auto regulación generan mejoras en el compromiso laboral y las metas obtenidas.
Demerouti (2025)	Países Bajos	

Zhang et al. (2026)	China	Explorar cómo las cuatro dimensiones de job crafting ejercen influencia en el desempeño del trabajador.
Liu & Qu (2026)	China	Distinguir entre dos tipos de adaptación proactiva del empleado a la IA (job crafting de IA): uno orientado al uso de IA para expandir los límites laborales e incrementar las habilidades personales y otro orientado a la evasión con estrategias defensivas para la mitigación de percepciones negativas de IA.

Fuente: propia con datos obtenidos de Cheng et al. (2016), Neale (2019), Zhang & Parker (2019), Wessels et al. (2019), Romeo et al. (2020), Tušl et al. (2024), Demerouti (2025), Zhang et al. (2026), Liu & Qu (2026).

Teorías utilizadas en el estudio del job crafting

En este apartado se muestran las teorías que se han utilizado en otras investigaciones para el estudio del *job crafting*, así como la teoría que servirá como base para la presente investigación. En primera instancia, se presentan algunas investigaciones realizadas en referencia al *job crafting* en las cuales se describe el tipo de teoría que se utilizó como base para su estudio y posteriormente se aborda la teoría que servirá como sustento para este trabajo en donde se hace mención de los antecedentes que forman parte de su estado del arte, se dan a conocer los elementos que la conforman, y se culmina con una mención a algunas investigaciones que se sustentaron con base en dicha teoría.

A continuación, se muestran algunas teorías que se han utilizado para el estudio *del job crafting*.

Tabla 2

Teorías utilizadas en el estudio del Job crafting

Autor y Año	País	Teoría
Cheng et al. (2016)	Taiwán	Teoría de Conservación de Recursos Teoría de apoyo organizacional Teoría de las Demandas y Recursos Laborales Teoría de la autoeficacia y /o control del comportamiento percibido.
Iqbal (2016)	Pakistán	Teoría de la estructuración
Ogbuanya & Chukwuedo (2017)	Nigeria	Teoría de las Demandas y Recursos Laborales
Mahmoud (2017)	Egipto	Teoría de las Demandas y Recursos Laborales
Guan & Frenkel (2018)	China	Teoría de la Administración de Procesos de Recursos Humanos Teoría de las Demandas y Recursos Laborales
Cheng & O-Yang (2018)	Taiwán	Teoría de las demandas y los recursos laborales
Neale (2019)	Estados Unidos	Teoría de la autodeterminación y motivación laboral.

Teng (2019)	Taiwán	Teoría de las demandas y los recursos laborales.
		Teoría de la autodeterminación laboral.
Saragih et al. (2020)	Indonesia	Teoría de las Demandas y Recursos Laborales
Anam et al. (2020)	Indonesia	Teoría de las Demandas y Recursos Laborales
Toyama et al. (2021)	Finlandia	Teoría de las Demandas y Recursos Laborales
		Teoría de la autodeterminación laboral.

Fuente: propia con datos obtenidos de Cheng et al. (2016), Iqbal (2016), Ogbuanya & Chukwuedo (2017), Mahmoud (2017), Guan & Frenkel (2018), Cheng & O-Yang (2018), Neale (2019), Teng (2019), Saragih et al. (2020), Anam et al. (2020), Toyama et al. (2021).

Tal y como se muestra en la Tabla 2, en la que se presenta un listado de algunas de las teorías que han servido como sustento en algunas investigaciones realizadas en torno al estudio del *job crafting* correspondientes al lapso de los años 2016 al 2021, se muestra que Cheng et al. (2016) en su investigación realizada a los líderes de excursiones con respecto al *job crafting* y al rol moderador del apoyo organizacional percibido, utilizaron la teoría de conservación de recursos que fue creada por Hobfoll (1989) y cuya premisa destaca el esfuerzo que hacen las personas para la retención, protección y construcción de recursos, ya que a través del estrés se presenta una pérdida valiosa de los mismos; la teoría de apoyo organizacional desarrollada por Eisenberger et al. (1986) y en la cual se sostiene que el apoyo organizacional percibido contribuye al incremento del apego de los empleados hacia la organización, debido a la creencia de que a mayor esfuerzo por cumplir las metas y expectativas de la organización, mayor será la recompensa. Además de las anteriores, hizo uso de la teoría de las demandas y recursos laborales de Demerouti et al. (2001) la cual se abordará posteriormente en otro apartado. Y la teoría de autoeficacia y/o control del comportamiento percibido.

Asimismo, Iqbal (2016) en su estudio realizado en el sector bancario en Pakistán con relación al *job crafting*, el compromiso organizacional y el papel moderador de la adecuación de la persona al puesto, utilizó la teoría de la estructuración de Giddens y Powers (1984), la cual se caracteriza por que el uso de reglas y recursos para la producción y reproducción de acciones sociales son los mismos medios del sistema de producción, generando una dualidad de estructura, el enfoque de dicha teoría se basa en lo que los actores realizan.

Por su parte, Ogbuanya y Chukwuedo (2017) al estudiar la conexión entre el *job crafting* y la satisfacción laboral en un programa de educación en tecnología eléctrica en Nigeria, hicieron uso de la teoría de las demandas y los recursos laborales, al cual fue desarrollada por Demerouti et al. (2001) y sostiene que las condiciones laborales se pueden dividir en dos componentes: las demandas laborales: que se consideran a todos los rasgos del trabajo que requieren esfuerzos de tipo físico y mental; y los recursos laborales: son aquellos aspectos psicológicos, sociales, físicos y mentales que influyen positivamente en el trabajo, contribuyendo al logro de objetivos organizacionales, disminuyendo las demandas del trabajo e incluso ayudando a impulsar el crecimiento y desarrollo de la persona. Con base en dicha teoría ambos componentes se encuentran relacionados entre sí y la combinación de ambos puede generar diversos tipos de resultados, dependiendo cuál de los dos componentes es el que predomine más.

En ese mismo sentido, Mahmoud (2017), también hizo uso de la teoría de las demandas y recursos laborales al momento de determinar las relaciones entre el *job crafting* y el involucramiento en el trabajo con el comportamiento de ciudadanía individual de las jefas de enfermeras en Egipto.

Sin embargo, Guan y Frenkel (2018) además de utilizar la teoría de las demandas y recursos laborales, en su estudio hicieron uso de la teoría de la administración de procesos de recursos humanos para investigar el modo en que las prácticas de recursos humanos, el engagement laboral y el *job crafting* inciden en el desempeño de los empleados en China. De igual forma, Cheng y O-Yang (2018) hicieron uso de la teoría de las demandas y recursos laborales al momento de evaluar la conexión entre el *job crafting* de los empleados de hoteles en Taiwán, el *burnout* y la satisfacción por medio del papel moderador del apoyo organizacional percibido.

Por su parte, Neale (2019) al momento de establecer un vínculo en su investigación entre la nueva forma de medición del *job crafting* con las necesidades individuales, la triada oscura, la meticulosidad, los comportamientos laborales contraproducentes y los comportamientos de ciudadanía organizacional en trabajadores pertenecientes a diversos sectores laborales de Estados Unidos, tomó como base la teoría de la autodeterminación y la motivación laboral (Gagné & Deci, 2005), cuya premisa principal es la diferenciación entre la motivación autónoma y controlada, midiendo con ello los comportamientos de las personas enfocándose si la naturaleza de los mismos se basa en la motivación autónoma o controlada y a qué grado, o en su caso existiese una falta de motivación. En esa misma línea, Teng (2019) utilizó la teoría de la autodeterminación y la motivación laboral en conjunto con la teoría de las demandas y los recursos laborales para la examinación del efecto del *job crafting* en los comportamientos del servicio al cliente y la clarificación del rol mediador de la pasión laboral en la relación del *job crafting* y los comportamientos del servicio al cliente en empleados de diversos hoteles en Taiwán.

De la misma forma, Saragih et al. (2020) haciendo uso de la teoría de las demandas y recursos laborales investigaron los antecedentes y consecuencias del *job crafting* en el sector educativo en Indonesia. En el mismo sentido, Anam et al. (2020) tomaron como base esta misma teoría para su investigación con respecto a la relación entre el *job crafting*, la espiritualidad, la sobrecarga de puesto y desempeño laboral en instituciones microfinancieras en Indonesia y a su vez Toyama et al. (2021) la consideraron como sustento teórico aunado a la teoría de la autodeterminación para su trabajo que consistía en investigar el efecto mediador de las necesidades psicológicas en la efectividad del *job crafting* sobre el bienestar en directores de escuelas en Finlandia.

CONCLUSIONES

El *job crafting* es un tema relevante que surge con la preocupación de rediseñar los puestos con el fin de disminuir el estrés laboral. Durante el transcurso del tiempo, su conceptualización y estudio ha ido evolucionando, partiendo del rediseño del trabajo, la conservación de recursos, administración de recursos humanos, estructura organizacional, hasta aspectos como motivación, autoeficacia, demandas y recursos laborales, conllevando al surgimiento de nuevas variantes del *job crafting* acordes al contexto, y la expansión en su estudio a diversos sectores a nivel mundial, como consecuencia de ello, la investigación referente al tema mantiene su relevancia y pertinencia, tal es así que actualmente se están generando investigaciones en donde su estudio se relaciona con aspectos como: sus aplicaciones e implicaciones en contextos

digitales, su impacto con respecto al uso de la inteligencia artificial, así como consecuencias éticas en su implementación no formal dentro de los entornos organizacionales.

Tomando en consideración lo anterior, el análisis realizado en el presente trabajo permitió el identificar que el job crafting cuenta con una línea de investigación amplia, versátil, adaptable y en constante evolución, permitiendo una ventana de oportunidad para la continuidad de su estudio, no solamente en relación con otras variables, sino desde la óptica teórica, ya que como se observó existe una recurrencia en su estudio teniendo como sustento teórico la teoría de las demandas y recursos laborales, lo que da pie a que futuras líneas de investigación tengan la oportunidad de ampliar el estudio de este tema bajo otras perspectivas y enfoques teóricos, permitiendo con ello dar una continuidad al estudio y evolución del job crafting y de esta forma contribuir a la generación de aportaciones que impacten el campo del comportamiento del trabajador en las organizaciones.

REFERENCIAS

- Anam, A. K., Widiastuti, A., & Rofiq, F. (2020). Workplace Spirituality and Job Crafting: Efforts To Eliminate the Impact of Work Overload. *Journal of Management and Entrepreneurship Research*, 1(1), 13–23. <https://doi.org/10.34001/jmer.2020.6.01.1-2>
- Benner, P., Tanner, C. & Chesla, C. (1996). *Expertise in Nursing Practice : Caring, Clinical Judgement and Ethics*. Springer Publishing.
- Berg, J. M., Wrzesniewski, A. M. Y., & Dutton, J. E. (2010). *Perceiving and responding to challenges in job crafting at different ranks : When proactivity requires adaptivity*. 186(June 2009), 158–186. <https://doi.org/10.1002/job>
- Cheng, J.-C., Chen, C.-Y., Teng, H.-Y., & Yen, C.-H. (2016). Tour leaders' job crafting and job outcomes: The moderating role of perceived organizational support. *Tourism Management Perspectives*, 20, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2016.06.001>
- Cheng, J. C., & O-Yang, Y. (2018). Hotel employee job crafting, burnout, and satisfaction: The moderating role of perceived organizational support. *International Journal of Hospitality Management*, 72, 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2018.01.005>
- Corona, P. (2025). Análisis Documental: Fundamento metodológico en la investigación científica. *Archivos de Medicina*, 21.2(1661), 1661. <https://doi.org/10.36648/1698-9465-21-1661>
- Demerouti, E. (2025). Time-Spatial Job Crafting and Other Self-Regulation Strategies in Hybrid Work: The Impact of a Self-Training Intervention. *Journal of Business and Psychology, Special Issue*. <https://doi.org/10.1007/s10869-025-10009-8>
- Demerouti, E., Nachreiner, F., Bakker, A. B., & Schaufeli, W. B. (2001). The job demands-resources model of burnout. *Journal of Applied Psychology*, 86(3), 499–512. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.86.3.499>
- Eisenberger, R., Huntington, R., Hutchison, S., & Sowa, D. (1986). Perceived Organizational Support. *Journal of Applied Psychology*, 71(3), 500–507.
- Gagné, M., & Deci, E. L. (2005). Self-determination theory and work motivation. *Abstract and Applied Analysis*, 26, 331–362. <https://doi.org/10.1155/2015/635035>
- Giddens, A., & Powers, C. H. (1984). The Constitution of Society. Outline of the Theory of Structuration. *Social Forces*, 66(4), 1124. <https://doi.org/10.2307/2579442>
- Guan, X., & Frenkel, S. (2018). How HR practice, work engagement and job crafting influence employee performance. *Chinese Management Studies*, 12(3), 591–607. <https://doi.org/10.1108/CMS-11-2017-0328>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010).

- Metodología de la investigación* (S. A. D. C. V. McGRAW- HILL /INTERAMERICANA EDITORES (ed.); Quinta edi).
- Hobfoll, S. E. (1989). Conservation of Resources: A New Attempt at Conceptualizing Stress. *American Psychologist*, 44(3), 513–524. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.44.3.513>
- Iqbal, Q. (2016). Job-Crafting and Organizational Commitment: Person-Job Fit as Moderator in Banking Sector of Pakistan. *International Journal of Management, Accounting and Economics*, 3(312), 837–851. <http://www.ijmae.com>
- Kanten, P. (2014). The antecedents of job crafting: perceived organizational support, job characteristics and self-efficacy. *European Journal of Business and Social Sciences*, 3(5), 113–128. <https://doi.org/ISSN: 2235-767X>
- Karasek, R. A. (1979). Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implication for job redesign. *Administrative Science Quarterly*, 24(2), 285–308.
- Kulik, C. T., Oldham, G. R., & Hackman, J. R. (1987). Work design as an approach to person-environment fit. *Journal of Vocational Behavior*, 31(3), 278–296. [https://doi.org/10.1016/0001-8791\(87\)90044-3](https://doi.org/10.1016/0001-8791(87)90044-3)
- Latika, D. (2018). The Effect of Job Features on Job Crafting as a Developmental Intervention. *Journal of Contemporary Management Research*, 12(2), 36.
- Liu, Y., & Qu, X. (2026). Approach or avoidance ? A dual-pathway model of job crafting in response to generative AI and its impact on career sustainability. *Frontiers in Psychology*, 17(March), 1–20. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2026.1779227>
- Lyu, X., & Fan, Y. (2020). Research on the relationship of work family conflict, work engagement and job crafting: A gender perspective. *Current Psychology*. <https://doi.org/10.1007/s12144-020-00705-4>
- Mahmoud, H. (2017). Job crafting and Work Involvement as a Mediator to Promote Head Nurses ' Organizational Citizenship Behavior at Mansoura University Hospitals. *International Journal of Nursing Didactics*, 7(12), 1–9.
- Neale, C. A. (2019). *The Relationship between OCB, CWB, Job Crafting, Values, and Personality: The Dark Side of Job Crafting*. North Carolina State University.
- Nicholson, N. (1984). A Theory of Work Role Transitions. *Administrative Science Quarterly*, 29(2), 172. <https://doi.org/10.2307/2393172>
- Nielsen, K., & Abildgaard, J. S. (2012). The development and validation of a job crafting measure for use with blue-collar workers. *Work and Stress*, 26(4), 365–384. <https://doi.org/10.1080/02678373.2012.733543>
- Ogbuanya, T. C., & Chukwuedo, S. O. (2017). Job crafting-satisfaction relationship in electrical/electronic technology education programme: Do work engagement and commitment matter? *Revista de Psicología Del Trabajo y de Las Organizaciones*, 33(3), 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.rpto.2017.09.003>
- Pajo, K., & Lee, L. (2011). Corporate-Sponsored Volunteering : A Work Design Perspective. *Journal of Business Ethics* (2011), 99, 467–482. <https://doi.org/10.1007/s10551-010-0665-0>
- Petrou, P., Demerouti, E., & Schaufeli, W. B. (2015). Job crafting in changing organizations: Antecedents and implications for exhaustion and performance. *Journal of Occupational Health Psychology*, 20(4), 470–480. <https://doi.org/10.1037/a0039003>
- Petrou, P., Evangelina, D., Peeters, M. C. W., Schaufeli, W. B., & Hetland, J. (2012). Crafting a job on a daily basis: Contextual correlates and the link to work engagement Author(s): PARASKEVAS PETROU, EVANGELIA DEMEROUTI, MARIA C. Source: *Journal of Organizational Behavior*, 33(8), 1120–1141. <https://doi.org/10.1002/job.1783>
- Robinson, B. (2025, December 19). *2026 Work Trends: 10 Experts Predict The Future Of Work*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bryanrobinson/2025/12/29/2026-work->

- trends-10-experts--predict-the-future-of-work/
- Saragih, S., & Margaretha, Meily; Situmorang, A. P. (2020). Analyzing antecedents and consequence of job crafting. *International Journal of Management, Economics and Social Sciences (IJMESS)*, 9(2), 76–89. <https://doi.org/10.32327/IJMESS.9.2.2020.5>
- Teng, H. Y. (2019). Job crafting and customer service behaviors in the hospitality industry: Mediating effect of job passion. *International Journal of Hospitality Management*, 81(January), 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2019.03.013>
- Tims, M., Bakker, A. B., & Derks, D. (2012). Development and validation of the job crafting scale. *Journal of Vocational Behavior*, 80(1), 173–186. <https://doi.org/10.1016/J.JVB.2011.05.009>
- Tims, M., Bakker, A. B., & Derks, D. (2013). The impact of job crafting on job demands, job resources, and well-being. *Journal of Occupational Health Psychology*, 18(2), 230–240. <https://doi.org/10.1037/a0032141>
- Tims, M., Derks, D., & Bakker, A. B. (2016). Job crafting and its relationships with person-job fit and meaningfulness: A three-wave study. *Journal of Vocational Behavior*, 92, 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2015.11.007>
- Toyama, H., Upadaya, K., & Salmela-Aro, K. (2021). Job crafting and well-being among school principals: The role of basic psychological need Satisfaction and frustration. *European Management Journal*, September. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2021.10.003>
- Tušl, M., Bauer, G. F., Kujanpää, M., Toyama, H., Shimazu, A., & de Bloom, J. (2024). Needs-Based Job Crafting: Validation of a New Scale Based on Psychological Needs. *Journal of Occupational Health Psychology*, 29(2), 57–71. <https://doi.org/10.1037/ocp0000372>
- van Wingerden, J., Bakker, A. B., & Derks, D. (2017). Fostering employee well-being via a job crafting intervention. *Journal of Vocational Behavior*, 100, 164–174. <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2017.03.008>
- Van Wingerden, J., & Poell, R. F. (2017). Employees' perceived opportunities to craft and in-role performance: The mediating role of job crafting and work engagement. *Frontiers in Psychology*, 8(OCT). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01876>
- Wessels, C., Schippers, M. C., Stegmann, S., Bakker, A. B., van Baalen, P. J., & Proper, K. I. (2019). Fostering flexibility in the new world of work: A model of time-spatial job crafting. *Frontiers in Psychology*, 10(MAR), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00505>
- Wrzesniewski, A., Berg, J. M., & Dutton, J. E. (2007). What is Job Crafting and Why Does It Matter? Associate Professor of Organizational Behavior-Yale School of Management. *Positive Organizational Scholarship*, 8.
- Wrzesniewski, A., & Dutton, J. E. (2001a). Crafting a Job: Revisioning Employees as Active Crafters of Their Work. *The Academy of Management Review*, 26(2), 179. <https://doi.org/10.2307/259118>
- Wrzesniewski, A., & Dutton, J. E. (2001b). Crafting a Job: Revisioning Employees as Active Crafters of Their Work. *The Academy of Management Review*, 26(2), 179. <https://doi.org/10.2307/259118>
- Zhang, F., & Parker, S. K. (2019). *Reorienting job crafting research : A hierarchical structure of job crafting concepts and integrative review*. December 2016, 126–146. <https://doi.org/10.1002/job.2332>
- Zhang, J., Cui, J., & Chai, X. (2026). Job crafting in innovative digital contexts: A configurational analysis of behavioral pathways to performance. *Journal of Innovation and Knowledge*, 11(1–12). <https://doi.org/10.1016/j.jik.2025.100874>

BaucherMatch: Herramienta de ingeniería de software como apoyo al proceso de conciliación financiera en una institución de educación superior

BaucherMatch: A software engineering tool to support the financial reconciliation process at a higher education institution.

Recibido: 11 de junio de 2026

Aceptado: 17 de agosto de 2026

Uriel González Sánchez

Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

ORCID: 0009-0007-5161-8088

Nitgard Zapata Garay

Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

ORCID: 0000-0002-4060-1826

Autor de correspondencia: nitgard.zg@cdvalles.tecnm.mx

Reyna Isabel Redondo González

Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

ORCID: 0009-0007-7404-1808

Juan Manuel Banda Moreno

Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

ORCID: 0009-0004-7204-857X

RESUMEN

La conciliación de ingresos es una función crucial para las organizaciones de educación superior, ya que vincula la gestión académica con la gestión financiera. Cuando los estudiantes se inscriben, reinscriben y en la prestación de servicios, el personal administrativo revisa grandes cantidades de transacciones bancarias, recibos y referencias estudiantiles. Cuando el personal hace esto manualmente, consume muchos días de trabajo, y el proceso puede llevar a actualizaciones tardías del estado financiero y errores en la entrada de datos. Presentamos el diseño, desarrollo y evaluación de BaucherMatch, una herramienta de escritorio que puede extraer y organizar información financiera en estados de cuenta bancarios en formato PDF. Este estudio se basa en la ingeniería de software y utiliza la lógica de investigación basada en diseño en la que creamos una tecnología para resolver un problema real y luego la validamos en el entorno operativo. En el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles se contabilizan 12,563 transacciones en 144 estados de cuenta para el año fiscal 2024. La arquitectura combina Python, FastAPI, React, TypeScript, Tauri, pdftotext y expresiones regulares parametrizadas. Los resultados muestran una precisión de más del 99.8% en la identificación de números de control, fechas y montos, y el tiempo total es de 3.46 segundos en comparación con un estimado de 158 días de trabajo manual.

Palabras clave: Ingeniería de software, automatización documental, conciliación financiera, extracción de información, PDF, expresiones regulares.

Abstract

Revenue reconciliation is a crucial function for higher education institutions, as it links academic management with financial management. During student enrollment, re-enrollment, and the provision of services, administrative staff must review large volumes of bank transactions, receipts, and student references. When performed manually, this process consumes numerous workdays and can lead to delayed financial status updates and data entry errors. We present the design, development, and evaluation of BaucherMatch, a desktop tool capable of extracting and organizing financial information from PDF bank statements. This study is grounded in software engineering and utilizes design science research methodology, wherein we create a technology to solve a real-world problem and subsequently validate it in an operational environment (Hevner et al., 2004; Peffers et al., 2007). We validated our work at the Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, processing 12,563 transactions across 144 bank statements for the 2024 fiscal year. The architecture combines Python, FastAPI, React, TypeScript, Tauri, pdftotext, and parameterized regular expressions. The results demonstrate an accuracy of over 99.8% in identifying control numbers, dates, and amounts, with a total processing time of 3.46 seconds, compared to an estimated 158 days of manual labor.

Keywords: Software engineering, document automation, financial reconciliation, information extraction, PDF, regular expressions.

INTRODUCCIÓN

La transformación digital ha cambiado la forma en que las organizaciones registran, procesan y utilizan sus datos. Para las empresas del sector público, este cambio no siempre es a través de grandes plataformas empresariales, sino en algunos casos a través de soluciones específicas que resuelven cuellos de botella reales. La situación en las instituciones educativas es la misma cada semestre: están generando datos en sistemas académicos, bancarios y administrativos, pero aún deben pasar por revisiones manuales para cerrar algunos procesos financieros. Desde el punto de vista de los sistemas de información, el valor de la herramienta no solo está en lo sofisticada que es, sino también en la calidad, oportunidad y utilidad de los datos que ayudan en la toma de decisiones (Agarwal & Dhar, 2014; DeLone & McLean, 2003).

Por todo esto, la conciliación financiera es clave. Cada pago por cada estudiante debe realizarse con algún depósito, fecha, monto y referencia institucional. Cuando el área responsable revisa archivos PDF, recibos físicos o descripciones bancarias uno por uno, el proceso depende de la experiencia humana. La falta de una letra, una referencia deficiente o una entrada incorrecta en el formato puede bloquear la validación del pago. La literatura sobre gestión de procesos muestra que automatizar el trabajo repetitivo puede reducir el tiempo y aumentar la trazabilidad (Dumas et al., 2018; van der Aalst, 2016), dejando al personal más tiempo para analizar y monitorear el valor organizacional.

En el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, este era el trabajo del departamento de recursos financieros en épocas de alta actividad. El personal tenía que emparejar recibos de depósito y estados de cuenta institucionales para validar pagos relacionados con estudiantes y servicios. El problema no era la información digital, sino la falta de una herramienta para convertir la información bancaria en datos para ser revisados. Esto está en línea con lo que se ha descrito en la ingeniería de *software* como una oportunidad de diseño (Hevner et al., 2004; Wieringa, 2014): un problema operativo específico, un entorno institucional claro y la posibilidad de crear un artefacto que haga un proceso más eficiente.

Las soluciones empresariales comunes como los Programas de Recursos empresariales (ERP, por sus siglas en inglés) pueden usarse en procesos financieros complejos; pero no siempre se adaptan al mercado local. La institución pública enfrenta presiones presupuestarias, infraestructura heterogénea y reglas internas que dificultan el uso de plataformas de alto costo. En este caso, una herramienta ligera que pueda ejecutarse localmente y adaptarse a los escenarios reales de los estados de cuenta podría tener un impacto muy inmediato. La separación de funciones y las pruebas empíricas para medir el rendimiento son esenciales si el *software* se va a utilizar como una herramienta de utilidad, no solo como una herramienta, sino como una intervención de ingeniería medible (Parnas, 1972; Runeson & Höst, 2009).

Es por esto que BaucherMatch se generó como una herramienta que extrae texto de los estados de cuenta en PDF, identifica fechas, montos y números de control usando expresiones regulares, normaliza los datos y presenta los resultados en CSV o JSON para apoyar al proceso de conciliación dentro del departamento de recursos financieros. Este proyecto no es un sistema de inteligencia artificial en general, sino una solución de ingeniería de *software* basada en reglas simples y una arquitectura que permite su mantenimiento. Este enfoque está en línea con la investigación documental, donde la estructura de entrada es regular y la interpretabilidad del algoritmo es tan importante como la precisión (Thompson, 1968; Manning et al., 2008).

El objetivo del estudio es desarrollar, implementar y evaluar una herramienta de software para

la extracción y estructuración de información financiera de estados de cuenta bancarios en formato PDF con el fin de optimizar el proceso de conciliación en una institución de educación superior. Para lograr esto, el trabajo proporciona el contexto institucional, expone el enfoque de ingeniería de software, describe la arquitectura de BaucherMatch y evalúa la precisión del *software* basado en el proceso. Este enfoque permite presentar la contribución como un artefacto para su uso en el mundo real, como lo recomienda la ingeniería de *software* (Peffer et al., 2007; Wohlin et al., 2012).

MARCO TEÓRICO

Ingeniería de software aplicada a procesos administrativos

La ingeniería de *software* no solo se utiliza para construir programas, sino también para resolver problemas, diseñar soluciones, probar resultados y mantener estos sistemas en el mundo real. Este enfoque es útil en la administración para convertir tareas poco interesantes en procesos regidos por reglas, interfaces y datos verificables. La construcción de BaucherMatch se ve así (Shaw, 2003; Wieringa, 2014): un artefacto técnico diseñado para resolver un problema de operación financiera y que necesita evidencia de su efectividad.

La investigación basada en el diseño es muy apropiada para este tipo de trabajo, donde podemos conectar el conocimiento técnico con la implementación práctica. Hevner et al. (2004) argumentan que un artefacto debe evaluarse en relación con el problema que intenta resolver, mientras que Peffer et al. (2007) proponen un proceso que comienza con la identificación del problema, continúa con el diseño y termina con la comunicación de los resultados. Según esta lógica, BaucherMatch es valioso no solo por su código, sino también por el hecho de que la conciliación financiera ha mejorado significativamente (Hevner et al., 2004; Peffer et al., 2007).

La modularidad es también un elemento clave. Parnas (1972) argumentó que una buena descomposición del sistema permite entender, mantener y evolucionar el software. En BaucherMatch eso significa que podemos separar la interfaz gráfica, los servicios API, la lógica de extracción y la generación de salidas. Esta separación elimina dependencias innecesarias y permite cambiar patrones bancarios sin tener que reconstruir toda la aplicación. En proyectos pequeños, esta decisión puede marcar la diferencia entre una herramienta útil a corto plazo y una solución que la organización puede mantener a lo largo del tiempo (Parnas, 1972; Boehm, 1988).

Automatización documental y gestión de procesos

La automatización de documentos consiste en convertir datos en archivos, formularios o informes en datos que una organización puede consultar, validar y analizar. Este tipo de automatización funciona bien cuando una tarea consume muchas horas y tiene un proceso predecible. Los datos son los estados de cuenta digitales y el resultado final es en forma de algún tipo de registros tabulares con campos claros. La gestión de procesos empresariales es una excelente manera de identificar tales actividades, rediseñarlas y medir su progreso (Dumas et al., 2018; van der Aalst, 2016).

Las herramientas de automatización de procesos están ganando atención ya que permiten llevar a cabo procesos administrativos sin la necesidad de intervención humana. Syed et al. (2020) destacan que la automatización de procesos robóticos se ocupa de tareas repetitivas y basadas en reglas con entrada digital. Sin embargo, la automatización debe pensarse en términos de

gobernanza, mantenimiento y control. BaucherMatch es similar en muchos aspectos, pero es un sistema especializado que no imita acciones humanas en una interfaz externa, sino que procesa documentos bancarios para obtener datos estructurados (Syed et al., 2020; Dumas et al., 2018).

La minería de procesos es otra buena perspectiva para este trabajo. BaucherMatch no busca detectar modelos de procesos a partir de registros, sino que registra tiempos, volúmenes y resultados y puede monitorear el flujo de conciliación. van der Aalst (2016) afirma que los datos de eventos pueden usarse para monitorear comportamientos reales, identificar cuellos de botella y comparar variantes de ejecución. Más adelante, la herramienta puede ser una fuente de eventos para analizar la evolución de los procesos financieros institucionales (van der Aalst, 2016; Agarwal & Dhar, 2014).

Extracción de información en documentos PDF

Los estados de cuenta bancarios en formato PDF son una ventaja y un desafío. Por un lado, tienen datos digitales que pueden recuperarse sin transcripción. Pero pueden no proporcionar una estructura tabular clara para el *software*, especialmente si el diseño visual del documento separa los campos que el *software* necesita unir. La extracción de información resuelve precisamente este problema: localizar entidades relevantes en texto semiestructurado y convertirlas en datos reales (Manning et al., 2008; Yang et al., 2022).

Cuando el PDF contiene texto nativo, un enfoque determinista es suficiente. Cambiar a texto plano simplifica el problema y permite aplicar patrones a las cadenas de caracteres. Pero si el documento se escanea desde una pantalla, el sistema necesita reconocimiento óptico de caracteres y análisis de diseño visual. Smith (2007) muestra que los motores OCR pueden recuperar texto de imágenes, y Zhong et al. (2019) y Binmakhashen y Mahmoud (2019) explican que el análisis de diseño de documentos también requiere identificar bloques, tablas y relaciones espaciales. BaucherMatch se centra en el primer caso de PDFs digitales con texto recuperable (Smith, 2007; Zhong et al., 2019).

Esta decisión metodológica evita sobredimensionar la solución. Un modelo de aprendizaje profundo puede proporcionar flexibilidad en un documento muy diverso, pero también necesita ser etiquetado, entrenado, computado y monitoreado. En un entorno con estados de cuenta estables, las reglas son un enfoque económico, auditable y fácil de entender. La literatura sobre extracción de información reconoce que el método debe elegirse para el documento, la disponibilidad de datos y la interpretación de los datos por parte del usuario final (Manning et al., 2008; Yang et al., 2022).

Expresiones regulares y reconocimiento de patrones

Las expresiones regulares son una de las técnicas más antiguas y útiles para buscar patrones en texto. Thompson (1968) mostró cómo podían usarse para encontrar cadenas específicas sin gastar mucho tiempo y recursos; este método todavía se utiliza hoy en día en muchos lenguajes de programación. En BaucherMatch, las expresiones regulares se refieren a fechas, montos y números de control de información bancaria. El método es adecuado ya que los campos que nos interesan son formas esperadas (Thompson, 1968; Manning et al., 2008): dinero, fechas y claves institucionales.

La ventaja de este enfoque es que es interpretable en cierto sentido. Cuando se clasifica una transacción, el desarrollador puede ver exactamente qué patrón produjo la coincidencia. Esta transparencia ayuda a corregir falsos positivos, modificar la lógica a nuevos formatos y explicar

cómo funciona el sistema al personal administrativo. En los procesos financieros, esta claridad es operativa ya que los usuarios necesitan confiar en los datos antes de usarlos para validar pagos o emitir informes (DeLone & McLean, 2003; Petter et al., 2008).

METODOLOGÍA

Diseño del estudio

Para este estudio, adoptamos un enfoque tecnológico para analizar el mundo real y experimentar con los datos en tiempo real. El análisis se basó en el proceso de extracción y conciliación de las transacciones de bancos institucionales. El artefacto fue BaucherMatch, una aplicación de escritorio que transforma la información de cuentas en formato PDF hacia registros estructurados. Este diseño tiene sentido en estudios de caso en ingeniería de software donde el investigador está interesado en un fenómeno actual en el entorno de software e informa sobre su uso (Runeson & Höst, 2009; Wieringa, 2014).

El escenario de validación fue el Departamento de Recursos Financieros del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles en San Luis Potosí, México. La muestra fue tipo censo, por supuesto, ya que se incluyeron todas las transacciones de crédito disponibles para 2024. El sistema procesó 144 estados de cuenta digitales y 12,563 transacciones financieras. La decisión de usar la herramienta con datos reales hasta ahora, con carga de trabajo tipo escolar y carga de trabajo en el área administrativa (Wohlin et al., 2012; Kitchenham et al., 2009), permitió evaluar el trabajo.

Las principales variables fueron el tiempo de procesamiento de documentos y la precisión de la extracción. El tiempo se midió en segundos de ejecución desde la carga del documento hasta la salida estructurada. La precisión se midió comparando los campos extraídos por el sistema con un conjunto de campos verificados manualmente. Las coincidencias correctas recibieron un valor de acierto y cualquier discrepancia fue un error o un caso de revisión. Este tipo de evaluación permite comparar el artefacto con un estándar de referencia y reduce la percepción subjetiva de la calidad de extracción (Wohlin et al., 2012; DeLone & McLean, 2003).

El desarrollo se realizó de manera incremental. Primero, se examinaron descripciones de cuentas y cuentas bancarias para identificar patrones comunes. Luego, se desarrollaron reglas de extracción para fechas, montos y números de control. Finalmente, se construyó la arquitectura del sistema, se implementó la interfaz de usuario y funciones de exportación. Cada vez que se actualizaba la lógica basada en los errores observados en las pruebas internas, una práctica común ya que es bueno ser ágil y trabajar en las cosas de manera temprana e iterativa (Dybå & Dingsøyr, 2008; Boehm, 1988). La Tabla 1 resume los campos usados para evaluar el sistema.

Tabla 1

Variables consideradas para la validación de BaucherMatch

Variable	Tipo	Indicador	Criterio de validación
Tiempo de procesamiento	Cuantitativa continua	Segundos por archivo y acumulado anual	Medición automática en ejecución
Precisión en número de control	Binaria	Acierto / error	Comparación con registro validado

Variable	Tipo	Indicador	Criterio de validación
Precisión en monto monetario	Binaria	Acierto / error	Coincidencia exacta del importe
Precisión en fecha	Binaria	Acierto / error	Coincidencia con estado de cuenta
Estatus de conciliación	Nominal	Coincidencia exacta / revisión manual	Clasificación final del sistema

La organización de la tabla 1 permitió analizar tanto el rendimiento temporal como la calidad de los datos extraídos. En estudios de ingeniería de software, la definición explícita de variables facilita repetir la evaluación, comparar resultados y comunicar con claridad el aporte del artefacto desarrollado (Wohlin et al., 2012; Shaw, 2003).

Diseño y desarrollo de BaucherMatch

BaucherMatch se desarrolló como una aplicación de escritorio para uso local. La decisión se tomó por dos razones. Primero, los trabajadores administrativos necesitaban una herramienta simple para cargar estados de cuenta y descargar resultados sin necesidad de cambiar servicios externos. Segundo, los documentos que se procesan son información financiera sensible, y por lo tanto la ejecución local reduce los riesgos de subir archivos a plataformas de terceros. Esta orientación es consistente con el diseño centrado en el contexto y la necesidad de adaptar el artefacto para trabajar en un contexto organizacional real (Hevner et al., 2004; Runeson & Höst, 2009).

La arquitectura combina cuatro funciones: presentación, servicios API, lógica de negocio y procesamiento. La capa de presentación maneja la interacción con el usuario. La capa API coordina solicitudes y respuestas. La lógica de negocio crea reglas de extracción, normalización y validación. Las utilidades de procesamiento convierten PDF a texto y generan las salidas. La separación de las dos partes del sistema se puede hacer sin afectar todo el sistema (Parnas, 1972; Boehm, 1988).

El *backend* se implementó con Python y FastAPI. Python se utilizó para manejar archivos, cadenas de texto y expresiones regulares, y FastAPI para estructurar *endpoints* ligeros para procesar documentos y devolver resultados en formatos comunes. El sistema llama a *pdftotext* para recuperar texto de PDFs digitales para evitar OCR cuando el texto escrito ya está presente. La elección técnica para nuestro sistema es un criterio de suficiencia (Manning et al., 2008; Wieringa, 2014): la forma más simple de resolver el problema con precisión aceptable.

El *frontend* fue construido en React y TypeScript. React permitió que la interfaz de usuario se organizara en componentes y TypeScript evitó errores comunes en las estructuras de datos. Tauri se utilizó para empaquetar la aplicación para usuarios de escritorio con un menor uso de recursos. El valor científico del proyecto no depende de la tecnología, sino que la arquitectura es mantenible, con separación de responsabilidades y una experiencia de usuario que es agradable para los equipos administrativos (Dybå & Dingsøy, 2008; DeLone & McLean, 2003). La figura 1 muestra la arquitectura del software desarrollado.

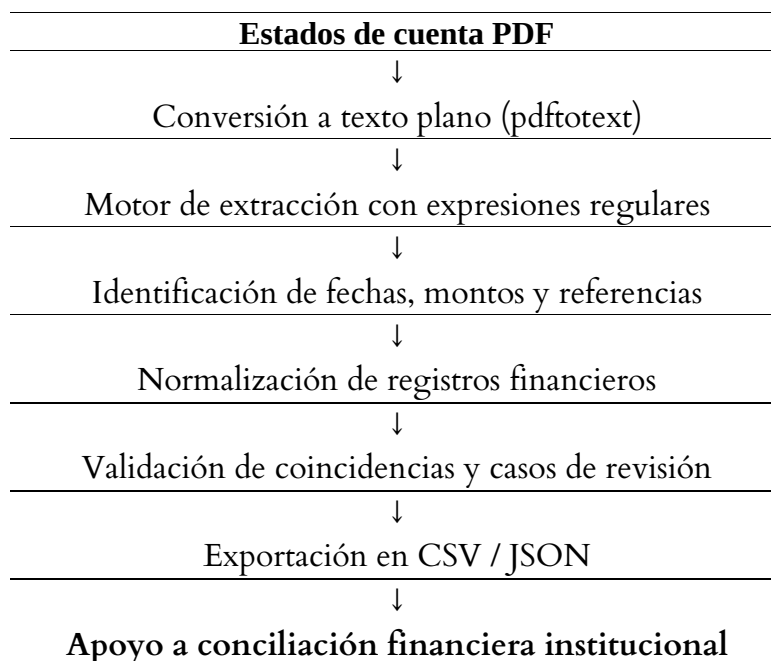


Figura 1

Arquitectura general de BaucherMatch

La Figura 1 muestra el flujo lógico de la aplicación, comenzando con la carga del documento y luego los documentos completados pueden ser visualizados e integrados en procesos subsecuentes. Esto hace que la contribución de ingeniería sea clara: el sistema no solo convierte archivos, sino que organiza una secuencia de procesamiento que transforma un documento bancario en datos operativos para la reconciliación (Dumas et al., 2018; Thompson, 1968).

Extracción y normalización

La extracción utiliza reglas parametrizadas para identificar patrones de interés, como: las fechas bancarias, que se determinan de acuerdo con los formatos esperados de día, mes y año, las cantidades se identifican por la estructura decimal y los separadores de miles y centavos, los números de control de estudiantes se capturan mediante patrones que coinciden con la sintaxis institucional. Esta estrategia funciona porque los estados de cuenta son lo suficientemente regulares como para realizar búsquedas textuales sin utilizar modelos probabilísticos (Thompson, 1968; Manning et al., 2008).

La normalización convierte las coincidencias en registros homogéneos, por ejemplo, las cantidades se limpian para que los separadores numéricos sean los mismos, las fechas se convierten en el mismo formato y las referencias se almacenan como cadenas verificables. Esto evita que el área financiera tenga una salida difícil de usar. En los sistemas de información, la utilidad de los datos se trata tanto de su captura como de su presentación en un formato confiable y accionable (DeLone & McLean, 2003; Petter et al., 2008).

Los valores atípicos se envían para revisión manual. Esta decisión evita que el sistema obligue a coincidencias cuando la descripción bancaria contiene referencias incompletas, caracteres dañados y formatos imprevistos. La automatización no elimina el juicio humano; más bien, se enfoca en situaciones donde realmente se necesita. Esta combinación de procesamiento automático y revisión enfocada es más adecuada para procesos administrativos sensibles que la automatización cerrada sin posibilidades de control (Syed et al., 2020; Wieringa, 2014). La Tabla 2 sintetiza los componentes tecnológicos.

Tabla 2

Componentes tecnológicos de BaucherMatch

Componente	Tecnología	Función principal	Criterio de selección
Backend	Python / FastAPI	Procesar documentos y exponer servicios internos	Rapidez de desarrollo y manejo de texto
Extracción textual	Pdftotext	Convertir PDF digital en texto plano	Bajo costo computacional
Motor de patrones	Expresiones regulares	Identificar fechas, montos y referencias	Interpretabilidad y precisión
Frontend	React / TypeScript	Gestionar carga, bitácora y descarga	Componentización y validación de tipos
Empaquetado	Tauri	Generar aplicación de escritorio	Ligereza y ejecución local
Salidas	CSV / JSON	Entregar datos interoperables	Compatibilidad con hojas de cálculo y sistemas

La combinación elegida, mostrada en la Tabla 2, evita una infraestructura compleja y permite que la herramienta pueda funcionar en computadoras de escritorio de las oficinas del departamento. Desde la ingeniería de *software*, esta es una elección lógica para una solución incremental y de bajo costo adaptada a un proceso específico sin comprometer los requisitos de mantenimiento y trazabilidad (Boehm, 1988; Parnas, 1972).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La validación procesó 12,563 transacciones financieras a través de 144 estados de cuenta para el año fiscal 2024. El tiempo total de ejecución fue de 3.46 segundos (en comparación con el procedimiento manual del área que era de aproximadamente 14.4 días hábiles por mes y 158 días anuales). La diferencia observada evidencia una reducción del tiempo computacional necesario para estructurar la información; sin embargo, el estudio no realizó una evaluación económica del costo total del proceso ni cuantificó costos de desarrollo, mantenimiento, capacitación o gestión de excepciones (Dumas et al., 2018; Syed et al., 2020).

El tiempo promedio de procesamiento por archivo completo es de 0.31 segundos (ver la tabla 3). En donde, el tiempo más corto fue de 0.06 segundos en julio y el más largo fue de 1.16

segundos en agosto debido al volumen de 4,002 créditos. La diferencia en los meses muestra que el tiempo de ejecución aumenta con el número de transacciones, pero se mantiene dentro de un rango operativo muy bajo. Desde un punto de vista experimental, estos datos nos permiten observar el comportamiento del sistema bajo diferentes cargas, no solo en la prueba aislada (Wohlin et al., 2012; Runeson & Höst, 2009).

Tabla 3

Comparativo de rendimiento temporal entre proceso manual y BaucherMatch

Métrica	Proceso manual	BaucherMatch	Interpretación
Media mensual	13.16 días	0.31 segundos por archivo	Reducción sustancial del tiempo operativo
Mes de menor volumen	4.50 días	0.06 segundos	Procesamiento inmediato en baja carga
Mes de mayor volumen	25 días	1.16 segundos	Respuesta estable en inscripción masiva
Acumulado anual	158 días	3.46 segundos	Reducción sustancial del tiempo operativo

En la Tabla 3 podemos ver que el principal beneficio está en los segundos ahorrados, pero también en la redistribución del trabajo humano. El personal puede dejar de transcribir y comenzar a revisar excepciones, manejar casos especiales y generar informes. Esta transición se alinea con la visión de la automatización como apoyo al trabajo administrativo, no como un reemplazo absoluto del juicio humano (Syed et al., 2020; Petter et al., 2008).

En términos de precisión, BaucherMatch tuvo un rendimiento del 100% para fechas, 99.9% para montos monetarios y 99.8% para números de control estudiantil. Los 25 casos de revisión para números de control podrían deberse a formatos no estandarizados o descripciones bancarias inexactas. Las 13 discrepancias encontradas en los montos estaban relacionadas con caracteres de puntuación atípicos. El enfoque basado en reglas es el más preciso cuando los documentos están en forma regular (Thompson, 1968; Manning et al., 2008).

El procesamiento computacional de los documentos evaluados requirió un tiempo acumulado de 3.46 segundos. Como referencia contextual, el área administrativa estimó que el procedimiento manual asociado con la revisión y preparación de esta información representa aproximadamente 158 días-persona de trabajo durante un año. Ambas magnitudes no constituyen mediciones directamente equivalentes: la primera representa exclusivamente tiempo de ejecución del software, mientras que la segunda incorpora actividades humanas de revisión y gestión. La comparación se presenta, por tanto, únicamente como referencia del potencial de automatización de la etapa de extracción y estructuración documental.

El resultado general también demuestra una clara ventaja: el sistema no necesita aprender de miles de ejemplos etiquetados para funcionar. La lógica se basa en reglas claras que pueden ser revisadas por el equipo técnico. Esto ayuda a ahorrar dinero en capacitación y auditoría. Para las instituciones públicas con pocos recursos, la simplicidad técnica puede ser una fortaleza siempre que el dominio del documento proporcione un patrón claro y la organización mantenga el control sobre los cambios en el formato bancario (Wieringa, 2014; Parnas, 1972). La Tabla 4 muestra cómo se comportan las variables evaluadas.

Tabla 4

Precisión de extracción por variable financiera evaluada

Variable evaluada	Aciertos	Errores / revisión	Tasa de efectividad
Número de control estudiantil	12,538	25	99.801 %
Monto monetario	12,550	13	99.897 %
Fecha de operación bancaria	12,563	0	100.000 %
Consolidado global de atributos	37,651	38	99.899 %

La tasa de coincidencia exacta fue de 99.801 % para el número de control (IC 95 % de Wilson: 99.706–99.865 %), 99.897 % para el monto monetario (IC 95 %: 99.823–99.940 %) y 100.000 % para la fecha de operación (IC 95 %: 99.969–100.000 %). Estos intervalos permiten expresar la incertidumbre asociada con las proporciones observadas y complementan las estimaciones puntuales originalmente reportadas.

La fecha bancaria resultó ser el campo más estable, mientras que el número de control dominó la mayoría de los casos de revisión. Esto era de esperar porque el campo de referencia depende de cómo el estudiante o el banco registren la descripción de la transacción. Por lo tanto, la herramienta no elimina la necesidad de políticas de captura, pero sí reduce significativamente el volumen de revisión manual (DeLone & McLean, 2003; Petter et al., 2008).

Ingeniería de software

La contribución de BaucherMatch es construir y validar una herramienta institucional. En términos de investigación en ingeniería de *software*, el trabajo reporta un artefacto, un contexto de uso, un procedimiento de evaluación y resultados cuantitativos. Shaw (2003) aconseja que los trabajos en esta área expliquen qué problema resuelven, por qué la solución es diferente o útil y qué evidencia respalda su trabajo. En este documento, seguimos esa lógica conectando el diseño con la implementación y la medición con el rendimiento (Shaw, 2003; Hevner et al., 2004).

La idea de las expresiones regulares parece y es bastante simple en comparación con las técnicas de aprendizaje automático, además de ser apropiada para este campo. Los modelos de aprendizaje profundo son de gran utilidad cuando la variación de documentos es grande o el sistema tiene que interpretar un diseño visual complejo. Sin embargo, los estados de cuenta digitales en este estudio ya son recuperables y relativamente estables. Una solución determinista es rápida, de bajo costo e interpretable, pero un modelo más complejo podría introducir dependencia de entrenamiento en el sistema, lo cual va en la dirección opuesta (Yang et al., 2022; Zhong et al., 2019).

El sistema también demuestra una muy buena conexión entre la calidad de los datos y la calidad del proceso. Si el estudiante captura una referencia incompleta, ningún algoritmo puede recuperar de manera confiable información que no existe en la descripción bancaria. Por lo tanto, la mejora tecnológica debe complementarse con requisitos administrativos sobre referencias de pago, formatos de depósito y revisión de excepciones. Como hemos visto en la literatura de sistemas de información, el éxito de cualquier herramienta depende de la calidad del sistema, la calidad de la información y el uso organizacional que se le dé (DeLone &

McLean, 2003; Petter et al., 2008).

La aplicación es local y no necesita cargar estados de cuenta a servicios externos. Reduce la exposición de datos financieros y permite a la institución mantener el control sobre archivos sensibles. En proyectos de automatización administrativa, la eficiencia no debe ser una entidad separada de la confidencialidad y la gobernanza. Syed et al. (2020) afirman que los proyectos de automatización deben tener mecanismos de control, monitoreo y mantenimiento para asegurar que serán valiosos con el tiempo (Syed et al., 2020; Wieringa, 2014).

La transferibilidad de *BaucherMatch* depende principalmente de la estructura de los documentos de entrada y de las reglas institucionales utilizadas para identificar las referencias de pago. En otro campus que utilice estados de cuenta PDF con texto nativo, la arquitectura general, el mecanismo de conversión mediante *pdftotext*, el flujo de normalización, la interfaz y los mecanismos de exportación pueden mantenerse sin modificaciones sustanciales.

Las adaptaciones se concentran principalmente en los patrones de extracción correspondientes a referencias institucionales, formatos de fecha, representación de montos y estructura textual de los estados de cuenta. Cuando se incorpora un banco o formato documental diferente, deben parametrizarse estas reglas y realizarse nuevamente una validación contra un conjunto de referencia. Para documentos escaneados sería necesario añadir una etapa de OCR y, cuando la estructura visual sea altamente variable, mecanismos adicionales de análisis de diseño documental. En este sentido, la contribución no se plantea como una solución universal, sino como una arquitectura transferible bajo condiciones documentales explícitas.

La escalabilidad del enfoque depende de dos factores: la estabilidad de los documentos y la capacidad de modificar reglas. Si otro campus de la red TecNM tiene estados de cuenta con la misma estructura, *BaucherMatch* puede ajustarse con cambios menores. Si el banco cambia drásticamente el formato o los documentos son escaneados, el sistema necesitaría módulos adicionales de OCR y análisis de diseño. Esta limitación no debilita el resultado; define precisamente el alcance del artefacto y abre líneas de evolución técnica consistentes con el ciclo de mejora del *software* (Smith, 2007; Binmakhashen & Mahmoud, 2019).

Prototipo *BaucherMatch*

El artefacto tecnológico resultante se consolidó en una aplicación de escritorio ejecutable nativa que opera localmente, eliminando riesgos asociados con el manejo de datos financieros sensibles en la nube. La interfaz gráfica desarrollada muestra un entorno intuitivo compuesto por un área de arrastre de archivos, un visor de registros y componentes interactivos para descargar transacciones normalizadas en formatos interoperables CSV y JSON. Las figuras 1 y 2 muestran la interfaz de la aplicación propuesta.

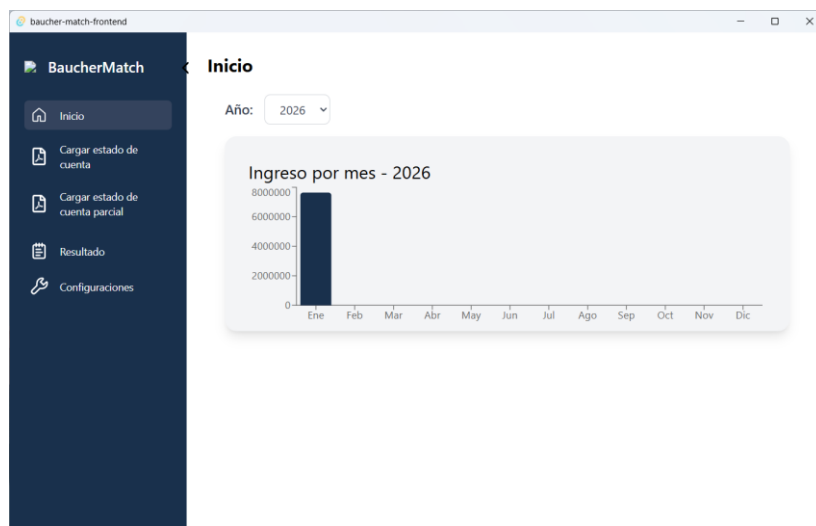


Figura 1

Pantalla de Inicio BaucherMatch

Nota: En la presente se muestra las opciones de inicio del sistema.

Fuente: Propia

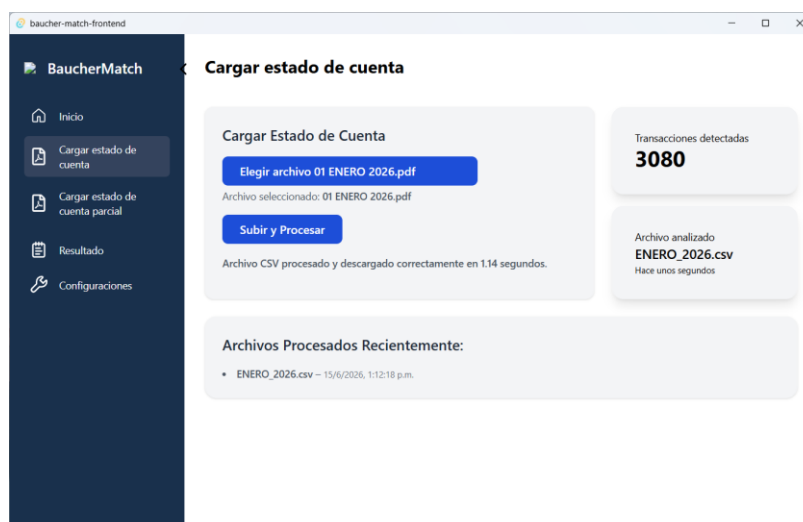


Figura 2

Pantalla de procesamiento de estado de cuenta

Nota: En la presente se muestra las opciones de Carga y Procesamiento de Estado de Cuenta.

Fuente: Propia

CONCLUSIONES

BaucherMatch fue diseñado para automatizar la extracción y organización de la información financiera contenida en los extractos bancarios en PDF. La herramienta procesó 12,563 transacciones reales del año fiscal 2024 con una precisión cercana al 99.9% y un tiempo total de 3.46 segundos. Demostramos que una solución bien establecida de ingeniería de *software* puede mejorar significativamente un proceso administrativo clave sin invertir en plataformas costosas o infraestructura complicada (Wohlin et al., 2012; Hevner et al., 2004).

La investigación sugiere que los enfoques deterministas basados en reglas aún son aplicables si los documentos son estables. En este caso, las expresiones regulares nos permitieron identificar fechas, montos y referencias institucionales con gran precisión. El método es interpretable y fue fácil detectar casos de revisión y sugerir mejoras. Esto es útil para que una institución pública lo use porque reduce costos, simplifica el mantenimiento y ayuda a hacer visible el sistema para los usuarios administrativos (Thompson, 1968; Parnas, 1972).

La principal contribución del artículo es que no solo creamos una aplicación, sino que ilustramos todo el proceso de diseño, implementación y evaluación en un contexto del mundo real. El artículo también proporciona pruebas de que los ingenieros de *software* pueden resolver problemas administrativos a través de artefactos específicos y medibles que se ajustan a los requisitos institucionales. Esta orientación fortalece la relación entre la investigación aplicada y la mejora organizacional (Peffer et al., 2007; Shaw, 2003).

Debido al texto nativo en los PDFs y la estabilidad sintáctica de los extractos, BaucherMatch aún no está disponible para documentos escaneados, encriptados o con diseños altamente variables. En futuras versiones, se podrían añadir módulos de OCR, análisis de diseño, registros históricos y aprendizaje automático para mejorar la cobertura del documento actual. Estas mejoras deberían mantener las propiedades de trazabilidad y control local que caracterizan la versión actual (Smith, 2007; Zhong et al., 2019).

Como acción de mejora institucional, el proyecto puede ser una herramienta con un repositorio histórico, indicadores y seguimiento de excepciones. Incluso puede ser utilizado por otros institutos que enfrentan procesos similares en los que solo obtienen estados de cuenta en formato PDF. Su valor radica en que la automatización no siempre requiere soluciones genéricas a gran escala; a veces, una herramienta enfocada, construida con criterios de ingeniería y evaluada con datos reales, aporta beneficios inmediatos y sostenibles (Dumas et al., 2018; van der Aalst, 2016).

REFERENCIAS

- Agarwal, R., & Dhar, V. (2014). Editorial--Big data, data science, and analytics: The opportunity and challenge for IS research. *Information Systems Research*, 25(3), 443-448. <https://doi.org/10.1287/isre.2014.0546>
- Binmakhashen, G. M., & Mahmoud, S. A. (2019). Document layout analysis: A comprehensive survey. *ACM Computing Surveys*, 52(6), Article 109. <https://doi.org/10.1145/3355610>
- Boehm, B. W. (1988). A spiral model of software development and enhancement. *Computer*, 21(5), 61-72. <https://doi.org/10.1109/2.59>
- DeLone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9-30. <https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748>
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). *Fundamentals of business process management* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56509-4>
- Dybå, T., & Dingsøyr, T. (2008). Empirical studies of agile software development: A systematic review. *Information and Software Technology*, 50(9-10), 833-859. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.01.006>
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75-105. <https://doi.org/10.2307/25148625>

- Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7-15.
<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2008). *Introduction to information retrieval*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511809071>
- Parnas, D. L. (1972). On the criteria to be used in decomposing systems into modules. *Communications of the ACM*, 15(12), 1053-1058.
<https://doi.org/10.1145/361598.361623>
- Peppers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45-77. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>
- Petter, S., DeLone, W., & McLean, E. (2008). Measuring information systems success: Models, dimensions, measures, and interrelationships. *European Journal of Information Systems*, 17(3), 236-263. <https://doi.org/10.1057/ejis.2008.15>
- Runeson, P., & Höst, M. (2009). Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empirical Software Engineering*, 14, 131-164.
<https://doi.org/10.1007/s10664-008-9102-8>
- Seddon, P. B. (1997). A respecification and extension of the DeLone and McLean model of IS success. *Information Systems Research*, 8(3), 240-253.
<https://doi.org/10.1287/isre.8.3.240>
- Shaw, M. (2003). Writing good software engineering research papers. *Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering*, 726-736.
<https://doi.org/10.1109/ICSE.2003.1201262>
- Smith, R. (2007). An overview of the Tesseract OCR engine. *Proceedings of the Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition*, 629-633.
<https://doi.org/10.1109/ICDAR.2007.4376991>
- Syed, R., Suriadi, S., Adams, M., Bandara, W., Leemans, S. J. J., Ouyang, C., ter Hofstede, A. H. M., van de Weerd, I., Wynn, M. T., & Reijers, H. A. (2020). Robotic process automation: Contemporary themes and challenges. *Computers in Industry*, 115, Article 103162. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103162>
- Thompson, K. (1968). Programming techniques: Regular expression search algorithm. *Communications of the ACM*, 11(6), 419-422. <https://doi.org/10.1145/363347.363387>
- van der Aalst, W. M. P. (2016). *Process mining: Data science in action* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49851-4>
- Wieringa, R. J. (2014). *Design science methodology for information systems and software engineering*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-43839-8>
- Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., & Wesslén, A. (2012). *Experimentation in software engineering*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-29044-2>
- Yang, Y., Chen, M., Wang, X., Liu, F., & Liu, X. (2022). A survey of information extraction based on deep learning. *Applied Sciences*, 12(19), Article 9691. <https://doi.org/10.3390/app12199691>

Zhong, X., Tang, J., & Jimeno Yepes, A. (2019). PubLayNet: Largest dataset ever for document layout analysis. Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition, 1015-1022. <https://doi.org/10.1109/ICDAR.2019.00166>

MODCART: PLATAFORMA VEHICULAR AUTÓNOMA MODULAR PARA TRANSPORTE DE CARGA Y PERSONAS EN ENTORNOS CONTROLADOS

MODCART: MODULAR AUTONOMOUS VEHICULAR PLATFORM FOR LOAD AND PERSON TRANSPORT IN CONTROLLED ENVIRONMENTS

Recibido: 11 de junio de 2026
Aceptado: 17 de agosto de 2026

Omar Espinosa Guerra
Tecnológico Nacional de México/IT Ciudad
Valles
<https://orcid.org/0000-0002-5787-226X>
Hugo Rene Lárraga Altamirano
Tecnológico Nacional de México/IT Ciudad
Valles
<https://orcid.org/0000-0001-8258-9418>
Autor de correspondencia:
hugo.larraga@tecvalles.mx
Carlos Alfredo Reyes del Ángel
Tecnológico Nacional de México/IT Ciudad
Valles
<https://orcid.org/0009-0000-7514-4621>
Juan Bernardo Rosas Torres
Tecnológico Nacional de México/IT Ciudad
Valles
<https://orcid.org/0009-0003-8929-8826>

RESUMEN

MODCART es una plataforma autónoma vehicular, diseñada para operar en entornos industriales, comerciales y de salud mediante el uso de la inteligencia artificial: lo cual la distingue de propuestas similares es su principio de intercambiabilidad: con dos módulos de funcionalidad un asiento para personas el cual puede ayudar en accidentes o en traslado de una persona de un punto a otro así como un módulo de carga todo mediante un único chasis el cual puede reconfigurarse según la tarea, sin requerir otros sistemas independientes para cada tarea. Desde un punto de vista técnico el núcleo de procesamiento recae en dos cerebros el principal que es una Raspberry PI que ejecuta visión computacional en tiempo real a través de los motores MediaPipe y OpenCV para interpretación de gestos con una mano. El control de los motores de 24V y las lecturas lo asume el subcerebro un Arduino, mientras que varios sensores Ultrasónicos HC-SR04 gestionan la detención y evasión de obstáculos de forma autónoma. La plataforma puede operar de tres formas distintas: conducción mediante reconocimiento de gestos, control vía Bluetooth y modo autónomo el cual se selecciona desde la propia aplicación. Algunas pruebas preliminares reportan una tasa de reconocimiento superior al 90% en condiciones controladas dentro de un laboratorio con una iluminación baja y una latencia debajo de los 200 ms, cifras que apuntan a una solución muy técnicamente viable, escalable y con un alto potencial en el contexto de producción real a un bajo costo en los principios de la Industria 4.0

Palabras clave: plataforma autónoma modular, visión computacional, reconocimiento gestual, electromovilidad

Abstract

MODCART is an autonomous vehicle platform, designed to operate in industrial, commercial and health environments through the use of artificial intelligence: what distinguishes it from similar proposals is its principle of interchangeability: with two functionality modules, a seat for people which can help in accidents or in the transfer of a person from one point to another, as well as a loading module, all through a single chassis which can

be reconfigured according to the task, without requiring other independent systems. for each task. From a technical point of view, the processing core falls on two brains, the main one being a Raspberry PI that executes real-time computer vision through the MediaPipe and OpenCV engines for interpretation of gestures with one hand. Control of the 24V motors and readings is assumed by the subbrain, an Arduino, while several HC-SR04 Ultrasonic sensors manage the stopping and evasion of obstacles autonomously. The platform can operate in three different ways: driving using gesture recognition, control via Bluetooth and autonomous mode which is selected from the application itself. Some preliminary tests report a recognition rate greater than 90% under controlled conditions within a laboratory with low illumination and a latency below 200 ms, figures that point to a very technically viable, scalable solution with high potential in the real production context at a low cost in the principles of Industry 4.0

Keywords: modular autonomous platform, computer vision, gesture recognition, electromobility

INTRODUCCIÓN

La automatización y la movilidad autónoma representan dos de los pilares más relevantes de la transformación industrial contemporánea. Diversos estudios señalan que la mayoría de los sistemas robóticos móviles disponibles en el mercado están diseñados para una función específica, lo que obliga a las organizaciones a adquirir múltiples vehículos para cubrir distintas necesidades operativas (Luettel et al., 2012).

En el contexto mexicano, especialmente en plantas industriales, instalaciones de salud y espacios comerciales, el transporte de materiales y personas se realiza frecuentemente mediante procedimientos manuales. Esta práctica implica un gasto considerable de tiempo y esfuerzo, además de elevar el riesgo de accidentes laborales y reducir la eficiencia operativa (IFR, 2023). En los últimos años, la incorporación de tecnologías de automatización, inteligencia artificial (IA) e Internet de las Cosas (IoT) ha permitido avances significativos en la gestión inteligente de recursos en entornos productivos. Estas herramientas facilitan la recopilación de datos en tiempo real, la supervisión remota y el control automático de variables críticas (Thrun et al., 2005). En este contexto, surge el paradigma de la Industria 4.0 (Kagermann et al., 2013), cuyo propósito es optimizar los procesos productivos mediante soluciones tecnológicas que reduzcan el desperdicio de recursos y mejoren la productividad.

Con base en esta perspectiva, se desarrolla MODCART, una plataforma vehicular autónoma modular impulsada por IA, diseñada para adaptarse a múltiples entornos de operación mediante módulos funcionales intercambiables. El proyecto responde a la necesidad de sustituir los métodos manuales de transporte por un mecanismo automático, confiable y de bajo mantenimiento.

MODCART integra una Raspberry Pi, un Arduino, motores de 24 V, un driver Cytron 60, sensores ultrasónicos, cámara web y módulo Bluetooth, permitiendo controlar la plataforma de distintas formas. De esta manera, el operador puede controlar el vehículo mediante gestos de la mano reconocidos por IA, a través de una aplicación móvil, o dejarlo operar de forma autónoma con evasión de obstáculos.

El objetivo principal de esta investigación es demostrar la viabilidad técnica de una plataforma vehicular modular de bajo costo, capaz de operar con inteligencia artificial en el borde (edge computing) (Shi et al., 2016), y evaluar su desempeño en tareas de reconocimiento gestual, evasión de obstáculos y movilidad de carga y personas en entornos controlados.

Desde el punto de vista de la justificación, el desarrollo de MODCART responde a una necesidad económica concreta: adquirir vehículos comerciales especializados (uno para transporte de carga y otro para asistencia a personas) implica una inversión considerablemente mayor que la de una única plataforma reconfigurable, además de duplicar los costos de mantenimiento y capacitación del personal operativo. Como se detalla en la sección de

Resultados, el costo total de los componentes del prototipo MODCART (\$19,200 MXN) representa una fracción menor del precio de plataformas comerciales equivalentes en capacidad de carga (véase Tabla 8), lo que sustenta de forma cuantitativa la viabilidad económica del proyecto en un contexto de creciente adopción mundial de robots de servicio (IFR, 2023). Esta diferencia de costo, junto con la posibilidad de incorporar el sistema de forma modular y progresiva sin requerir una inversión inicial masiva, constituye el principal argumento económico para el desarrollo de la plataforma.

Es importante precisar el alcance de esta investigación: las pruebas de desempeño reportadas se realizaron en un entorno de laboratorio controlado, con variaciones de iluminación interior y ensayos preliminares en exteriores; no se realizaron pruebas dentro de instalaciones industriales, comerciales o de salud en operación real. Por tanto, las referencias a estos sectores a lo largo del artículo deben entenderse como el contexto de aplicación para el cual fue diseñada la plataforma y no como una validación de campo ya realizada; esta distinción se retoma como limitación explícita en la sección de Discusión y Conclusión.

METODOLOGÍA

Estructura del proyecto

Para poder desarrollar el proyecto MODCART se elaboró un Modelo Canvas (Osterwalder & Pigneur, 2010) véase la Figura 1 donde explican las formas de operación y de mercado requeridos por el proyecto, esta estructura visual ayuda a analizar la idea general del proyecto y permite que todos lo del equipo entiendan exactamente como se integran y cuál es su objetivo. Esto facilita identificar desafíos técnicos antes que se conviertan en problemas durante la ejecución.



Figura 1

Canvas del proyecto MODCART

Nota. Este modelo permite mapear los componentes clave del proyecto, tanto desde una perspectiva estratégica como técnica.

Fuente: Propia.

Etapas 1: Enfoque metodológico

El punto de partida para el desarrollo de MODCART es la metodología Agile (Beck et al., 2001) haciendo un

proceso flexible donde por tiempo se priorizaron los resultados y las colaboraciones personales por encima de planes estrictos y documentación exhaustiva. Primero se forma un grupo multidisciplinario para realizar el software y construir el prototipo. Después se elabora la lista maestra de todas las tareas, funciones y requisitos del proyecto ordenados por prioridad y por último se analiza que salió bien y que fallo para mejorar en el siguiente ciclo. El trabajo se estructura en sprints de corta duración, para revisar periódicamente el funcionamiento de cada componente y corregir anomalías sobre la marcha, porque en sistemas con múltiples capas de hardware y software, los errores se acumulan progresivamente si no se corrigen a tiempo.

Etapa 2: Diseño arquitectónico

La arquitectura del sistema sigue un esquema centralizado donde una Raspberry PI actúa como el núcleo de procesamiento: analiza las imágenes que son capturadas por la cámara y genera las instrucciones de movimiento correspondiente. Dichas instrucciones se transmiten al Arduino mediante comunicación USB serial, y el Arduino las convierte en señales concretas para los actuadores y sensores para asegurar un manejo eficiente de la movilidad y la interacción con el entorno, se integraron los siguientes elementos:

- Raspberry Pi 5 con 8 GB de RAM
- Arduino R4 Wi-Fi
- Controlador Cytron 60 (SmartDriveDuo-60)
- Motores DC de 24 V y alto par
- Sensor ultrasónico HC-SR04
- Cámara Logitech C920 Full HD
- Módulo Bluetooth HC-06
- Dos baterías LiFePO4 de 12 V y 20 Ah (configuración en serie para 24 V)
- Chasis de madera (versión actual del prototipo; se contempla su reemplazo por metal o aluminio en versiones posteriores)

Estos elementos se conectaron entre sí para crear la arquitectura de trabajo de la plataforma que a continuación se muestra en la Figura 2

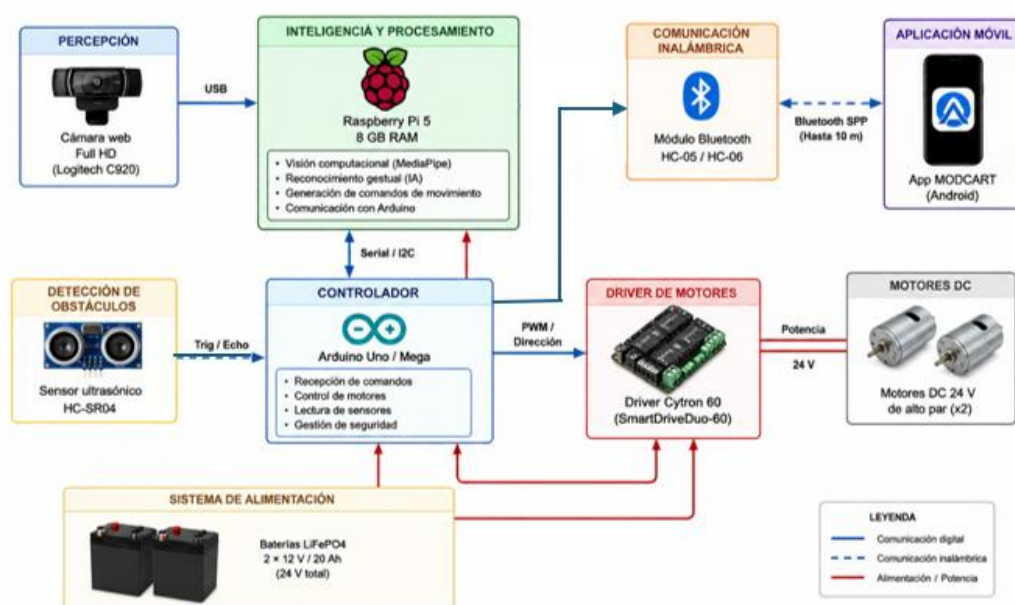


Figura 2

Diagrama en bloques del sistema MODCART

Nota. La ilustración detalla cómo opera el sistema MODCART

Fuente: Propia

Etapas 3: Implementación del sistema de inteligencia artificial

El módulo de reconocimiento gestual es, probablemente el elemento más importante que más distingue a MODCART de otras plataformas móviles similares. El código desarrollado en Python y ejecutado dentro del entorno Linux de la Raspberry PI, utiliza MediaPipe Hands de Google (Lugaresi et al., 2019; Zhang et al., 2020), un modelo preentrenado, para localizar y rastrear 21 puntos clave de la mano en cada fotograma capturado por la cámara, la cual se adquiere y se preprocesa mediante la librería OpenCV (Bradski, 2000). La secuencia de procesamiento funciona así: la cámara registra imágenes a 30 fotogramas por segundo; MediaPipe detecta la mano y calcula la posición tridimensional de cada punto de referencia; una lógica de clasificación basada en las reglas geométricas sobre la posición relativa de los dedos interpreta el gesto sin requerir un proceso de entrenamiento propio con datos recolectados para este proyecto; y finalmente el sistema traduce esa interpretación en una orden concreta para el Arduino: avanzar, retroceder, girar o detenerse.

Los gestos definidos son seis que se muestran a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1

Comandos de gestos dentro del entorno Visual de la IA

Gestos	Comandos
Mano abierta con 5 dedos	Alto
Mano con 4 dedos	Izquierda
Mano con 3 dedos	Derecha
Mano con 2 dedos	Adelante
Mano con 1 dedo	Atrás
Mano cerrada	Modo autónomo

Nota: La presente muestra los gestos que están programados para el reconocimiento de la IA

Como se observa en la Tabla 1, cada gesto se asocia a una única instrucción de movimiento, de manera que la lógica de clasificación permanece simple y se reduce la probabilidad de comandos ambiguos durante la operación.

Etapas 4: Configuración de modos operativos y control

La plataforma cuenta con un interruptor físico que permite al usuario seleccionar entre los modos de operación disponibles sin necesidad de acceder a una interfaz digital. Esta decisión tiene sentido desde el punto de la usabilidad en entornos industriales, donde la simplicidad del control es tan importante como el desempeño del sistema.

El primer modo delega el control en el algoritmo de reconocimiento gestual. La cámara web Logitech C920 registra el movimiento de la mano en tiempo real y cabe aclarar que se trata de una webcam de uso general, sin procesamiento de imágenes dedicado propio de una cámara especializada de visión por computadora, lo que condiciona la calidad de la señal de entrada al modelo de detección y la Raspberry Pi procesa las imágenes mediante visión por computadora. Los comandos resultantes ya sea avanzar, retroceso, giros o paradas, se envían al Arduino que ejecuta las intrusiones de movimiento.

El segundo módulo opera mediante el Bluetooth y se divide en dos submódulos. El primero es de control manual por botones mediante una aplicación diseñada para Android permite al

usuario manejar la plataforma desde su celular a través del módulo HC-06. El segundo es autónomo: el sensor ultrasónico HC-SR04 mide la distancia a posibles obstáculos cerca de forma continua y, al detectar uno dentro del rango de proximidad configurado, el sistema modifica la trayectoria dando un giro hacia la derecha sin la intervención humana. La evasión es reactiva y funciona de manera independiente al control remoto

La comunicación entre la app y la plataforma se realiza mediante el protocolo Bluetooth Serial Port Profile (SPP). En pruebas realizadas en interiores sin fuentes de interferencia, el alcance efectivo resultó ser de diez metros de acuerdo con el fabricante del módulo lo que cubre gran parte de los escenarios operativos para los que fue pensado el sistema.

El Frontend de la aplicación se desarrolló en MIT App Inventor como esta en la Figura 4. La interfaz: incluye un selector para vincular los dispositivos Bluetooth, botones de dirección (avance, retroceso, giro a izquierda y derecha), un botón de parada inmediata, y un interruptor de modo automático que activa la navegación autónoma a partir de las lecturas del sensor HC-SR04.

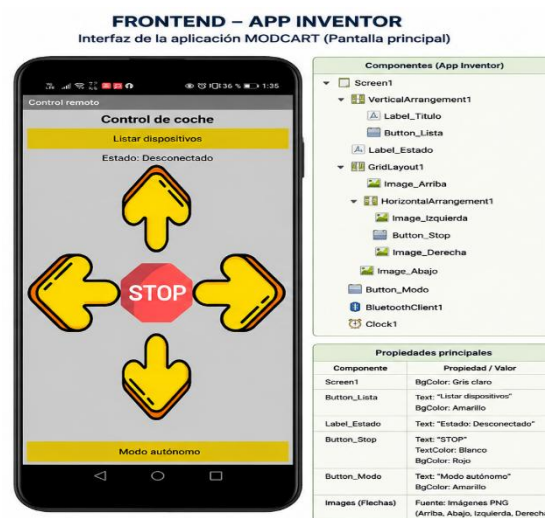


Figura 4

Estructura del frontend

Nota. El diagrama presenta cómo está organizada la app móvil desarrollada para MODCART.

Fuente: Propia

A continuación, se describen los diagramas de bloques que integran la funcionalidad de la aplicación de MODCART

Listar dispositivos Bluetooth: en esta parte se muestra una lista de dispositivos bluetooth cercanos al móvil, detecta el módulo HC-05 o HC-06 conectado en los pines 2 y 3 del Arduino una vez conectado al módulo con el nombre MODCART se le notifica al usuario que el enlace fue exitoso o no, antes de habilitar los controles de la aplicación en caso de ser lo contrario mostraría un mensaje de error. Como se observa a continuación en la Figura 5, la lista de dispositivos disponibles permite seleccionar el módulo Bluetooth antes de activar los controles de la aplicación.

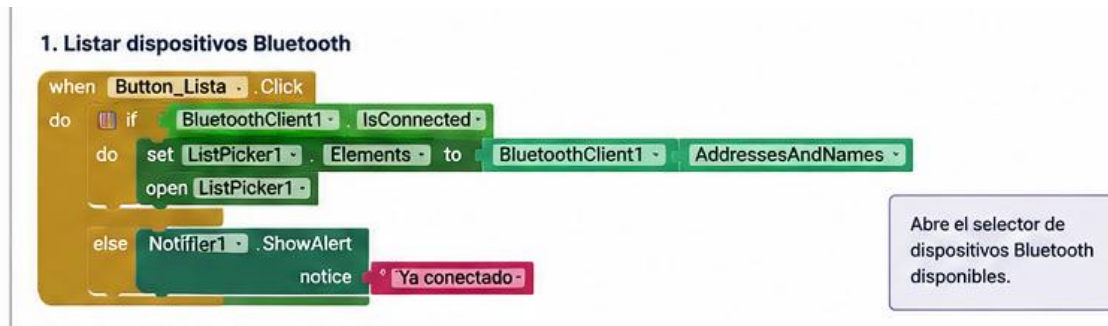


Figura 5

Esquema Backend: Botón "Listar dispositivos Bluetooth"

Nota. El diagrama muestra cómo se implementó la lógica del botón listar dispositivos.

Fuente: Propia.

Lógica de conexión de dispositivos: se desarrolló una lógica de conexión Bluetooth dentro de la misma aplicación la cual intenta el enlace con el módulo HC-05 o HC-06 y dependiendo del resultado, informa al usuario con un mensaje "Estado Conectado" o "Dispositivo desconectado" en caso contrario, antes de habilitar todos los controles al usuario. Como se muestra a continuación en la Figura 6 podemos observar esta lógica con los bloques dentro del MIT App Inventor.



Figura 6

Esquema Backend: Conexión de dispositivos Bluetooth

Nota: El diagrama de bloques muestra la lógica de conexión para la detección del módulo Bluetooth HC-05 o HC-06.

Fuente: Propia.

Control de movimiento mediante botones: Aquí se implementaron 5 botones para el manejo de la plataforma MODCART cada uno envía una letra por Bluetooth al módulo HC-05 o HC-06, que transmite al Arduino; este interpreta la letra recibida y genera la señal PWM correspondiente para el driver de los motores. A continuación, se presenta en la Tabla 2 las letras con sus correspondientes acciones.

Tabla 2

<i>Control de Acciones por letras APP</i>	
<i>Letra</i>	<i>Acción</i>
E	Adelante
A	Atrás
D	Girar derecha
I	Girar izquierda
G	Parar(stop)

Nota: La presente muestra el envío de datos por letras.

Fuente: Propia.

La Tabla 2 muestra que cada botón de la interfaz corresponde a un único carácter transmitido por Bluetooth, lo que simplifica el protocolo de comunicación entre la aplicación y el Arduino y reduce la probabilidad de errores de interpretación en el microcontrolador.

También se muestra la lógica que conlleva a los bloques de cada botón dentro de la aplicación en la Figura 7.

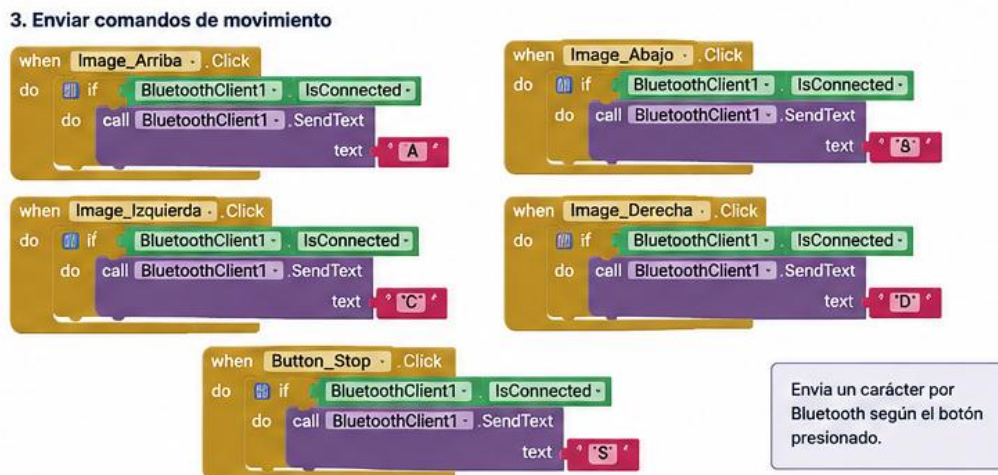


Figura 7

Esquema Backend: Control de movimiento mediante botones

Nota. El esquema ilustra como se hizo la programación de botones dentro de MIT APP Inventor

Fuente: Propia.

Cambio de modo automático: Al activar el modo automático dentro de la aplicación se envía un carácter 'x' mediante el Bluetooth al Arduino que activa; este interpreta la letra recibida y lee los sensores ultrasónicos si detecta un obstáculo retrocede y hace un giro a la izquierda para esquivarlo y genera la señal PWM correspondiente para el driver de los motores. Como se muestra a continuación en la siguiente imagen Figura 8.



Figura 8

Esquema Backend: Cambio de modo automático

Nota. El diagrama representa el botón de Modo Autónomo en MIT App Inventor.

Fuente: Propia.

Etapas 5: Pruebas y validación y optimización

Las pruebas se realizaron en dos etapas: primero en simulación y luego en condiciones reales. Se evaluó el reconocimiento de gestos bajo distintas condiciones de iluminación en un laboratorio y con iluminación baja y alta en estos casos la plataforma en el laboratorio controlado supero el 90% de eficiencia que en el exterior que debido a la iluminación el sistema se confundía en un 50%. También se midieron la estabilidad de la conexión Bluetooth, el tiempo de reacción de los motores y parte de la autonomía de las baterías con un nivel de carga alta y con los motores trabajando a un $\frac{1}{4}$ de su capacidad las baterías no tuvieron una descarga considerable. Con base algunos de estos datos se realizaron ajuste al clasificador de gestos y a la velocidad de la plataforma reduciendo así la inestabilidad y permitiendo reducir la latencia del sistema en aproximadamente un 20%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del proyecto permiten afirmar, con cierta confianza, que MODCART funciona como una plataforma para automatizar el transporte en entornos industriales, comerciales o de salud al implementar módulos de cambio como se muestran en la Figura 9. Opera de forma autónoma, proporciona información útil en tiempo real y su diseño modular facilita tanto la adaptación a diferentes instalaciones como la incorporación de nuevos componentes a medida que surjan nuevas necesidades.



Figura 9

Módulos intercambiables de MODCART

Nota. Los módulos intercambiables facilitan el montaje o reemplazo de componentes en poco tiempo, ampliando la capacidad de adaptación de la plataforma.

Fuente: Propia.

La figura evidencia el mecanismo físico de acople entre el chasis y los módulos de asiento o carga, el cual no requiere herramientas adicionales para el intercambio.

Desde el punto de vista de la viabilidad técnica, se contó con los recursos necesarios, tanto en hardware como en software, para implementar, probar y evaluar el sistema. Se llevaron a cabo

múltiples pruebas para verificar la funcionabilidad de sensores, microcontroladores, drivers de potencia y módulos de comunicación operaran de manera coordinada, incluso en condiciones de variabilidad. Los datos más destacados fueron.:

Se precisa que todos los resultados reportados en esta sección corresponden a una única configuración de hardware evaluada: chasis de madera, Raspberry Pi 5 (8 GB), Arduino R4 WiFi, driver Cytron 60, motores DC de 24 V y baterías LiFePO4 de 12 V/20 Ah en serie. El chasis de metal o aluminio mencionado en la Metodología es una mejora planeada para versiones posteriores del prototipo y no fue utilizado en ninguna de las pruebas aquí descritas.

- Reconocimiento de los gestos: más del 90% en condiciones controladas de iluminación dentro de un laboratorio controlado.
- Tiempo de respuesta entre gestos y movimiento: mediana de 508.1 a 550.8 ms según condición de iluminación, con Raspberry Pi 5 a 30 fps (véase Tabla 6)
- Alcance Bluetooth más de 10 metros en interiores sin obstáculos que interfieran.
- Capacidad de carga verificada de 150kg (módulo de carga, superficie plana).

Con el fin de atender de forma cuantitativa el desempeño del reconocimiento gestual, se presenta a continuación un análisis estadístico basado en los ensayos realizados en condiciones de interior. La Tabla 3 reporta la tasa de reconocimiento por gesto junto con su intervalo de confianza del 95% calculado mediante el método de Wilson para proporciones binomiales. Cabe aclarar que el clasificador de gestos no requirió una etapa de entrenamiento supervisado ni un conjunto de datos de entrenamiento propio, ya que la interpretación se basa en reglas geométricas fijas sobre la posición relativa de los puntos de referencia detectados por MediaPipe Hands (Zhang et al., 2020); por ello, los ensayos reportados en esta sección corresponden únicamente a pruebas de evaluación (N por gesto, véase Tabla 3) y no a una partición de entrenamiento/prueba.

Tabla 3

Tasa de reconocimiento gestual con intervalo de confianza (Wilson, 95%)

Gesto	Aciertos/N	% Reconocimiento	IC 95% (Wilson)
Puño (autónomo)	40/40	100.0%	[91.2%, 100.0%]
1 dedo (atrás)	40/40	100.0%	[91.2%, 100.0%]
2 dedos (adelante)	40/40	100.0%	[91.2%, 100.0%]
3 dedos (derecha)	40/40	100.0%	[91.2%, 100.0%]
4 dedos (izquierda)	40/40	100.0%	[91.2%, 100.0%]
5 dedos (alto)	58/60	96.7%	[88.6%, 99.1%]

Nota: N = número de ensayos por gesto; IC calculado con el método de Wilson para proporciones binomiales.

Fuente: Propia.

Los seis gestos alcanzaron una tasa de reconocimiento superior al 96%, con límites inferiores del intervalo de confianza por encima del 88% en el peor caso (gesto "Alto"), lo que respalda la fiabilidad del clasificador bajo las condiciones de iluminación evaluadas. Para identificar posibles confusiones sistemáticas entre gestos, la Tabla 4 presenta la matriz de confusión correspondiente.

Tabla 4

Matriz de confusión del reconocimiento gestual

Gesto esperado	Atrás	Adelante	Derecha	Izquierda	Alto	No detectado	Autónomo
Atrás	40	0	0	0	0	0	0
Adelante	0	40	0	0	0	0	0
Derecha	0	0	40	0	0	0	0
Izquierda	0	0	0	40	0	0	0
Alto	0	0	0	0	58	2	0
Autónomo	0	0	0	0	0	0	40

Nota: cada fila representa el gesto realizado y cada columna el gesto identificado por el sistema; los valores en la diagonal son aciertos.

Fuente: Propia.

La matriz confirma que no hubo confusiones cruzadas entre gestos distintos: las dos únicas fallas registradas (gesto "Alto") correspondieron a no detección, no a una interpretación incorrecta como otro gesto. Para descartar que la iluminación influyera de forma significativa en estos resultados, se comparó el desempeño entre condiciones de luz alta y baja mediante pruebas para proporciones, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5. Además de los aciertos, conviene documentar las condiciones de falla observadas: en interiores, las únicas fallas correspondieron a la no detección del gesto "Alto" (2 de 60 ensayos); en los ensayos preliminares realizados en exteriores, la tasa de confusión aumentó hasta un 50%, lo que señala a la iluminación variable como el principal factor de riesgo para el desempeño del clasificador fuera de condiciones controladas.

Tabla 5

Comparación del reconocimiento entre condiciones de iluminación (interior)

Gesto	Prueba	p-valor	Significativo (p<0.05)
Puño (autónomo)	Ji-cuadrada	1.000	No
1 dedo (atrás)	Ji-cuadrada	1.000	No
2 dedos (adelante)	Ji-cuadrada	1.000	No
3 dedos (derecha)	Ji-cuadrada	1.000	No
4 dedos (izquierda)	Ji-cuadrada	1.000	No
5 dedos (alto)	Fisher exacto	0.548	No

Nota: prueba de ji-cuadrada para gestos con conteos esperados suficientes; prueba exacta de Fisher para el gesto "Alto" por su menor frecuencia de fallas.

Fuente: Propia.

Ningún gesto mostró una diferencia estadísticamente significativa entre luz alta y baja ($p > 0.05$ en todos los casos), lo que indica que, dentro de un entorno interior, la variación de iluminación evaluada no compromete el reconocimiento gestual. Es importante precisar que este análisis corresponde únicamente a condiciones de interior con luz alta y baja; la afirmación cualitativa reportada en la sección de Metodología sobre una caída del reconocimiento en entornos

exteriores no cuenta todavía con el mismo respaldo estadístico y debe tratarse como una observación preliminar hasta contar con ensayos exteriores formales. Finalmente, la Tabla 6 reporta la latencia del sistema entre la captura del gesto y la ejecución del movimiento, medida en milisegundos.

Tabla 6

Latencia del sistema por condición de iluminación (ms)

Condición	Mediana	Q1	Q3	N	RIC
Interior, luz alta	550.8	503.5	609.9	120	106.4
Interior, luz baja	508.1	493.1	654.8	140	161.6

Nota: RIC = rango intercuartílico (Q3-Q1); se reportan mediana y RIC por tratarse de datos de latencia con distribución no simétrica.

Fuente: Propia.

Las medianas de latencia se mantuvieron por debajo de los 600 ms en ambas condiciones de iluminación, con una dispersión (RIC) moderada; esto sustituye con datos reales la cifra única de "menos de 200 ms" reportada anteriormente en el resumen, la cual correspondía a una medición puntual y no representa la variabilidad observada en el conjunto completo de ensayos. Todos los resultados de reconocimiento, confusión, comparación estadística y latencia presentados en las **Tablas 5 a 8** corresponden al prototipo con chasis de madera descrito en la sección de Metodología.

El costo total de los componentes electrónicos y estructurales del prototipo ascienden a \$19,200 MXN, una cifra significativamente menor frente a plataformas comerciales equivalentes. La **Tabla 7** presenta el desglose de este costeo.

Tabla 7

Costeo de componentes del prototipo MODCART

Componentes:	Costos(MXN):
Raspberry Pi 5 8GB	\$5,000
Arduino R4 WiFi	\$500
Driver Cytron 60 (SmartDriveDuo-60)	\$3000
Motores DC 24V Con ruedas incluidas 2 Piezas	\$6000
Ruedas locas industriales 2 Piezas	\$300
Módulo Bluetooth HC-06	\$150
Cámara Logitech C920	\$600
Baterías LiFePO4 2 Piezas	\$3,000
Sensor ultrasónico HC-SR04	\$150
Plataforma/chasis de madera	\$500
Total:	\$19,200

Nota: Costeo de componentes electrónicos y estructurales del prototipo evaluado. No incluye mano de obra ni ensamblaje.

Fuente: Propia.

Como se aprecia en la Tabla 7, los componentes de mayor peso económico son los motores DC y el driver de potencia, que en conjunto representan cerca del 47% del costo total del prototipo. Frente a alternativas comerciales como la FOLO-200 (Foxtech, s. f.) (\$51,183.84 MXN) y el MASK Robot de LingAo Technology (LingAo Technology, s. f.) (\$102,393.36 MXN), ambas controladas via control remoto y sin la capacidad de reconfiguración modular, MODCART ofrece un costo hasta 5.4 veces menor que la opción más cara comparada con la capacidad de carga equivalente o superior según las especificaciones de sus componentes, y tres modalidades de control, incluyendo la interacción gestual sin intermediarios físicos la Tabla 8 presenta la comparación detallada.

Tabla 8

Comparación de costos y capacidades entre MODCART y plataformas comerciales equivalentes

Características	MODCART	FOLO-200	MASK Robot (LingAo)
Costo aproximado	\$19,200 MXN	\$51,183.84 MXN	\$102,393.36 MXN
Capacidad de carga	100-150kg	100 kg	100 kg
Modularidad	Sí	No	No
Tipo de control	Gestual, Bluetooth, autónomo	Control remoto (seguimiento)	Control remoto
Material del chasis	Madera (planeado metal/aluminio)	Metal	Metal

Nota: Comparación entre el prototipo desarrollado y dos plataformas comerciales equivalentes en costo, capacidad de carga, modularidad, tipo de control y material. La capacidad de carga de MODCART reportada aquí corresponden a especificaciones técnicas de sus motores y ruedas y a pruebas realizadas con 4 personas de diferentes pesos la máxima capacidad experimental fue de 100kg.

Fuente: Propia, con datos de fichas técnicas de fabricantes.

La comparación confirma que, aun con una capacidad de carga equivalente, MODCART reduce significativamente la inversión inicial frente a las dos plataformas comerciales, principalmente por su chasis modular y de bajo costo.

Una plataforma autónoma modular como MODCART conlleva una complejidad técnica significativa: lograr que los componentes electrónicos, el firmware de los microcontroladores y la comunicación inalámbrica funcionen de manera correcta y coordinada no es trivial. Lo más crítico durante el desarrollo fue sincronizar correctamente el reconocimiento de gestos con los comandos de movimiento y la evasión de obstáculos, de forma que el sistema pudiera operar de manera autónoma y segura sin generar conflictos entre módulos a continuación se muestra la plataforma funcional véase Figura 10.



Figura 10

Prototipo MODCART y presentación en etapa local

Nota. La figura muestra el prototipo funcional de MODCART y su presentación en Innovatecnm 2026.

Fuente: Propia.

La imagen documenta el prototipo en la configuración final evaluada -chasis de madera- sobre la cual se obtuvieron todos los resultados de desempeño reportados en este artículo; el reemplazo por metal o aluminio se contempla para versiones posteriores y no ha sido aún evaluado.

El proyecto contó con el financiamiento suficiente para cubrir el desarrollo inicial, las pruebas en un laboratorio y la validación del prototipo. De cara a una eventual implementación y escalamiento comercial, se planea un modelo de fabricación modular y progresiva: la idea es que las organizaciones puedan incorporar el sistema por etapas, sin necesidad de una inversión que sea masiva.

También se está explorando la posibilidad de adaptar el sistema a entornos operativos, desde talleres pequeños hasta medianas empresas manufactureras. En ese sentido, la vinculación con universidades, centros de investigación y organizaciones públicas interesados en la modernización tecnológica del sector industrial y de salud en México parece ser una ruta natural para escalar el impacto del proyecto.

A futuro se proyecta integrar el sistema con herramientas de análisis predictivo: mediante machine learning, el objetivo sería anticipar rutas de transporte más eficientes, detectar fallas en componentes antes de que sucedan y mejorar el consumo energético de la plataforma. Paralelamente se planea registrar su diseño, el hardware y el software de control ante el INDAUTOR, lo que protegerá la autoría y abrirá la posibilidad de licenciar o transferir tecnología a terceros.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Antes de discutir los hallazgos, conviene precisar las limitaciones del estudio. Primero, todas las pruebas de reconocimiento gestual, evasión de obstáculos y capacidad de carga se realizaron en condiciones de interior controladas o en ensayos preliminares de exterior; no se han realizado pruebas dentro de una planta industrial, un centro de salud o un establecimiento comercial en operación, por lo que la aplicabilidad de MODCART a estos entornos debe entenderse como el objetivo de diseño del proyecto y no como una validación de campo ya completada. Segundo, todos los resultados corresponden a una única configuración de hardware (chasis de madera); el reemplazo por metal o aluminio, mencionado como mejora futura, aún no ha sido evaluado

y podría modificar el desempeño reportado, particularmente el peso, la autonomía de las baterías y la capacidad de carga. Tercero, el análisis estadístico de la Tabla 5 se limita a la comparación entre luz alta y baja en interiores; la caída de desempeño observada en exteriores es todavía una observación preliminar que no cuenta con el mismo respaldo estadístico. Estas limitaciones se plantean como líneas de trabajo futuro antes de una eventual implementación comercial.

Desde su inicio, MODCART se enfocó principalmente en tres perfiles de usuarios definidos: empresas industriales, comercios y centros de salud. En ellos, constantemente se trasladan cargas o personas ya sea con personal operativo o utilizando distintos vehículos especializados de transporte que son operados manualmente. MODCART automatiza el transporte de distintos tipos de cargas utilizando una plataforma modular que se adapta de acuerdo con lo que se requiere transportar. Básicamente, el sistema cuenta con dos cualidades que lo distinguen: su autonomía y la interacción con el operador mediante visión por computadora e inteligencia artificial (IA).

Hay otra dimensión del proyecto que es relevante mencionar: la seguridad laboral y los costos. Al eliminar la manipulación manual en zonas de riesgo, MODCART disminuye la exposición de personal a posibles accidentes, un riesgo ampliamente documentado en las actividades de manejo manual de materiales (OIT, s. f.). Además, su diseño está basado en infraestructura de bajo costo y no emplea Hardware o Software propietario. La combinación de programación con código abierto, sensores y dispositivos electrónicos de bajo costo, así como algoritmos de IA, demostró que es posible implementar tecnología de gran nivel para que brinde seguridad y utilidad operativa sin asumir gastos de instalación o mantenimiento muy elevados.

La modularidad del sistema es su principal atributo en su diseño; pues hace viable su uso cotidiano frecuente y sin interrupciones para transportar materiales, personas o para asistir al personal operativo dependiendo del requerimiento de cada cliente, por consiguiente; lleva a pensar a sectores como la industria y la salud a evolucionar sus procesos empleando tecnología de vanguardia para optimizar sus operaciones y productividad.

Con estos resultados, MODCART se puede considerar como una herramienta con un gran impacto en la productividad ya que combina ingeniería, automatización y conectividad, lo que ha llevado a probarlo con éxito en entornos reales. El proyecto tiende a ser evolutivo por el hecho de emplear tecnología IoT por lo que, en versiones futuras, se puede contemplar integrarle navegación SLAM, análisis de rutas históricas u otras cosas más. Para finalizar, el proyecto se alinea la Industria 4.0 en México y busca contribuir activamente en la transformación digital de la manufactura y los procesos productivos.

REFERENCIAS

- Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Grenning, J., Highsmith, J., Hunt, A., Jeffries, R., Kern, J., Marick, B., Martin, R. C., Mellor, S., Schwaber, K., Sutherland, J., & Thomas, D. (2001). Manifesto for agile software development. <https://agilemanifesto.org/>
- Bradski, G. (2000). The OpenCV library. *Dr. Dobb's Journal of Software Tools*, 25(11), 120–126.
- Foxtech. (s. f.). FOLO-200: Heavy duty 100 kg four-wheel cargo trolley automatic human following cart robot [Ficha de producto]. Recuperado el 14 de agosto de 2026, de <https://store.foxtech.com/fole-200-heavy-duty-100kg-four-wheel-cargo-trolley-automatic-human-following-cart-robot/>
- International Federation of Robotics (IFR). (2023). World Robotics 2023 report: Asia ahead of Europe and the Americas. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-2023->

report-asia-ahead-of-europe-and-the-americas

- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry. acatech – National Academy of Science and Engineering. <https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/>
- LingAo Technology. (s. f.). MASK Robot LingAo Technology. (s. f.). IP55 outdoor unmanned ground vehicle platform – Model DjxtS4-100K [Ficha técnica del fabricante]. Recuperado de https://www.alibaba.com/product-detail/IP55-Outdoor-100kg-Load-4-Wheel_1601770880697.html
- Luettel, T., Himmelsbach, M., & Wuensche, H.-J. (2012). Autonomous ground vehicles— Concepts and a path to the future. Proceedings of the IEEE, 100(Special Centennial Issue), 1831–1839. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2189803>
- Lugaresi, C., Tang, J., Nash, H., McClanahan, C., Uboweja, E., Hays, M., Zhang, F., Chang, C.-L., Yong, M. G., Lee, J., Chang, W.-T., Hua, W., Georg, M., & Grundmann, M. (2019). MediaPipe: A framework for building perception pipelines. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.08172>
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (s. f.). Manipulación manual. Recuperado el 14 de agosto de 2026, de <https://www.ilo.org/topics/labour-administration-and-inspection/resources-library/occupational-safety-and-health-guide-labour-inspectors-and-other/manual-handling>
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). Business model generation: A handbook for visionaries, game changers, and challengers. John Wiley & Sons.
- Shi, W., Cao, J., Zhang, Q., Li, Y., & Xu, L. (2016). Edge computing: Vision and challenges. IEEE Internet of Things Journal, 3(5), 637–646. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2579198>
- Thrun, S., Burgard, W., & Fox, D. (2005). Probabilistic robotics. MIT Press.
- Zhang, F., Bazarevsky, V., Vakunov, A., Tkachenka, A., Sung, G., Chang, C.-L., & Grundmann, M. (2020). MediaPipe hands: On-device real-time hand tracking. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.10214>

Impacto de las becas académicas en la permanencia y rendimiento de estudiantes de ingeniería: un análisis en una institución pública Mexicana

Impact of academic scholarships on the retention and performance of engineering students: an analysis in a Mexican public institution

Recibido: 12 de junio de 2026

Aceptado: 18 de agosto de 2026

Alberto Ramírez Márquez

Tecnológico Nacional de México /
Instituto Tecnológico de Durango

e-mail: aramirez@itdurango.edu.mx

Carlos Omar Ríos Orozco

Tecnológico Nacional de México /
Instituto Tecnológico de Durango

José Alejandro Ale Burgos

Tecnológico Nacional de México /
Instituto Tecnológico de Durango

Dustin Atzael Muñoz Ballona

Tecnológico Nacional de México /
Instituto Tecnológico de Durango

RESUMEN

En el transcurso de la historia de México, las administraciones federales han implementado programas de becas para alumnos de educación superior de instituciones públicas. Estos programas de becas han sido dirigidos a estudiantes en condiciones vulnerables o de pobreza, provenientes de hogares cuyo ingreso mensual per cápita estimado sea igual o menor a la Línea de Pobreza por Ingresos (LPI) vigente al momento de postularse para la obtención de la beca. El objetivo principal de estos programas es disminuir la deserción escolar que tiene como causas factores socioeconómicos. La dispersión de los recursos a los beneficiarios se realiza en el ciclo escolar posterior al de aplicación y aprobación de la beca, siempre y cuando el beneficiario tenga estatus de alumno inscrito en la misma institución educativa al momento de la dispersión. Actualmente, las instituciones no cuentan con informes, estudios o reportes en los cuales se presente una evaluación de estas políticas públicas; no se cuentan con estudios que cuantifiquen la permanencia de los estudiantes beneficiados o los índices de deserción de estos durante el ciclo escolar en el cual reciben el subsidio. Por este motivo el presente estudio tiene el objetivo de evaluar el impacto de las becas académicas en los indicadores de permanencia o deserción escolar, en el desempeño académico y su evolución. Para este propósito, se implementó una metodología cuantitativa de alcance descriptivo. Analizando una cohorte generacional de 25 estudiantes beneficiados con beca académica durante el año escolar 2018, del mismo programa educativo y de la misma institución, esta información fue obtenida sin personalizar con nombre o número de control de los estudiantes, la muestra proporcionada por el Departamento de Metal-Mecánica del Instituto Tecnológico de Durango, del Tecnológico Nacional de México, representa al 4.44% de la población total del programa de estudios, la cual asciende a 562 alumnos matriculados al momento de la obtención de información. Entre los principales hallazgos se revela un índice de deserción de apenas el 4% en la muestra estudiada. El análisis de la variación del rendimiento académico observa una disminución del 4.19% en el período comprendido entre ciclo escolar de postulación y el ciclo escolar de recepción del recurso, sin embargo, se presentó un efecto correctivo entre el ciclo escolar de recepción del recurso y el ciclo escolar posterior, con un incremento del 5.51% del desempeño académico.

Palabras clave: apoyos económicos, bajos recursos, universidad pública, egresado, desempeño académico.

Abstract

Throughout Mexico's history, federal administrations have implemented scholarship programs for students in public higher education institutions. These programs have targeted students from vulnerable or impoverished backgrounds, specifically those from households whose estimated monthly per capita income is equal to or less than the Income Poverty Line (IPL) in effect at the time of application. The primary objective of these programs is to reduce school dropout rates caused by socioeconomic factors. Funds are disbursed to beneficiaries in the academic year following the scholarship application and approval, provided the beneficiary remains enrolled at

the same educational institution at the time of disbursement.

Currently, institutions lack reports, studies, or other data evaluating these public policies; there are no studies quantifying student retention or dropout rates during the academic year in which they receive the subsidy. For this reason, the present study aims to evaluate the impact of academic scholarships on student retention and dropout rates, academic performance, and its evolution.

To this end, a quantitative methodology with a descriptive scope was implemented. A cohort of 25 students who received academic scholarships during the same academic year, from the same educational program and institution, was analyzed. This information was obtained without identifying students by name or student ID number. The sample, provided by the Department of Metal-Mechanics at the Durango Institute of Technology, part of the National Technological Institute of Mexico, represents 4.44% of the total student population of the program, which consisted of 562 students enrolled at the time of data collection.

Among the main findings, a dropout rate of only 4% was revealed in the studied sample. The analysis of the variation in academic performance shows a decrease of 4.19% in the period between the school year of application and the school year of receipt of the resource; however, there was a corrective effect between the school year of receipt of the resource and the subsequent school year, with an increase of 5.51% in academic performance.

Keywords: financial support, low resources, public university, graduate, academic performance.

INTRODUCCIÓN

El gobierno federal, en coordinación con los gobiernos estatales de la República Mexicana, desde el año 2001 otorgan becas para alumnos de educación superior que demuestran ser de bajos recursos económicos, con la principal intención de que dichos alumnos no abandonen su formación académica por cuestiones económicas, aplican en el segundo semestre del año y el recurso es recibido prácticamente entre el final del semestre de aplicación y el siguiente año, estas fechas han cambiado en función del año de aplicación.

Originalmente se denominaba “El Programa Nacional de Becas para la Educación Superior PRONABES” el cual apoyaba económicamente a estudiantes provenientes de familias de escasos recursos para que iniciaran o concluyeran con sus estudios de técnico superior universitario o licenciatura en instituciones de educación superior públicas.

Iniciando operaciones en el ciclo escolar 2001-2002 en el marco del Programa Nacional de Educación 2001-2006 bajo la responsabilidad del Gobierno Federal y con la participación de los gobiernos estatales y de cuatro instituciones públicas de educación superior federales: Instituto Politécnico Nacional (IPN), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Universidad Pedagógica Nacional (UPN), posteriormente, en el ciclo escolar 2003-2004 se integraron al Programa otras dos instituciones federales de educación superior: la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH) y la Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía (ENBA), con lo que se amplió la cobertura del PRONABES.

Los recursos del Programa fueron aportados, por partes iguales, por el Gobierno Federal, los gobiernos estatales y las instituciones públicas de educación superior (IES) federales.

De acuerdo con el Reporte Final de la Evaluación en materia de Consistencia y Resultados del Programa Nacional de Becas para la Educación Superior:

PRONABES es:

- Un instrumento que busca: incentivar la demanda por educación superior de grupos de población en condiciones socioeconómicas adversas, y lograr que estudiantes en esta situación y con deseos de superación accedan a los servicios públicos de educación superior, en programas de licenciatura o de técnico superior universitario de buena calidad y terminen oportunamente sus estudios.
- Un mecanismo de financiamiento a la demanda focalizado socialmente a través del ingreso familiar.
- Un esquema de cofinanciamiento entre el gobierno federal y los gobiernos estatales o el

gobierno federal y las IES públicas federales, a partes iguales, bajo la forma de un fideicomiso que es administrado por un órgano colegiado denominado Comité Técnico. El Comité Técnico del fideicomiso:

- Está integrado por representantes: de las IES de cada entidad federativa, del gobierno estatal, del gobierno federal y de la ANUIES.
- Difunde las convocatorias, administra y asigna las becas.

Las instancias federales: SEP, Coordinación Nacional PRONABES y Consejo Social llevan a cabo la evaluación de la política y redactan las Reglas de Operación del Programa. Las Reglas de Operación norman el PRONABES y anualmente se publican en el Diario Oficial de la Federación (DOF). El pago de las becas es mensual y durante los doce meses del año. Además, la beca se incrementa conforme avanzan los estudiantes en sus programas educativos (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo social, 2026).

Posteriormente este programa cambio a la Coordinación Nacional de Becas para el Bienestar “Benito Juárez”. En la cual se establece que: El objetivo más importante del Gobierno de la Cuarta Transformación es lograr consolidar un verdadero Estado de bienestar en beneficio de todas y todos. Bajo esta premisa, el Gobierno de México impulsa una estrategia fundamentada en el derecho del pueblo a tener una mejor calidad de vida y mayores oportunidades de desarrollo por medio de una amplia política social basada en las necesidades reales de la población. En ese sentido, el 8 de mayo de 2020, se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el Decreto por el que se reforma y adiciona el artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, para establecer como un derecho constitucional el acceso a los Programas para el Bienestar, de los que este Programa forma parte. En específico se señala que: "El Estado establecerá un sistema de becas para las y los estudiantes de todos los niveles escolares del sistema de educación pública, con prioridad a las y los pertenecientes a las familias que se encuentren en condición de pobreza, para garantizar con equidad el derecho a la educación."

La política social planteada en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) tiene como misión favorecer a los más desprotegidos y alcanzar mayores condiciones de igualdad y justicia social. En consecuencia, los Programas para el Bienestar son una herramienta para consolidar un Estado de Bienestar basado en la universalidad de los derechos humanos, que promueve la participación política y comunitaria, mayor inclusión y consolidar la transformación del país. Asimismo, estos programas son el instrumento mediante el cual se integra la estrategia del proyecto de nación para que las personas cuenten con un apoyo directo y sin intermediarios en cada etapa de su vida. Con base en la confianza y cercanía con el pueblo, los programas sociales atienden a las necesidades en el país y, por lo tanto, la entrega de los apoyos no está condicionada. (Secretaría de Gobernación, 2026)

Planteamiento del problema

Aunque el objetivo principal de las becas que otorga el gobierno federal a alumnos de licenciatura es que los alumnos beneficiados no abandonen sus estudios de licenciatura, los organismos acreditadores de programas educativos solicitan a las instituciones de educación superior mostrar evidencias de que las becas y apoyos económicos recibidos por los estudiantes beneficiados han ayudado a mejorar los indicadores de desempeño académico.

Por lo que, cuando las instituciones de educación superior desean acreditar alguno de sus programas educativos, no cuentan con evidencias del impacto de las becas y apoyos económicos que reciben los estudiantes, en el desempeño académicos de los mismos, por este motivo solo reportan la cantidad de alumnos beneficiados.

Por ejemplo, en la guía para la autoevaluación de programas de educación superior de técnico superior universitario y licenciatura en modalidad escolarizada 2024, de los Comités

Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior, en el Estándar 7.3.3 menciona: El programa de becas es eficiente en la asignación y el seguimiento de los estudiantes, quienes deben mostrar su corresponsabilidad al mejorar los indicadores de permanencia y desempeño académico. (Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior A. C., 2024)

Objetivo

Determinar el impacto de las becas académicas en la permanencia y desempeño de los alumnos de licenciatura.

Justificación

La evaluación de los programas sociales de todos los gobiernos debería de ser obligatorio, en especial en relación a si cumplen o no con el objetivo para los que fueron creados y poder fundamentar y justificar la continuidad de los mismos, para las instituciones de educación superior es primordial determinar si las becas y apoyos económicos que recibe los alumnos tienen un impacto positivo en la permanencia de estos en sus programas educativos y también si se tiene un impacto positivo en su desempeño académico, ya que esta información les puede ser útil para varios fines, por ejemplo, para presentarlo en los documentos de evaluación de organismos acreditadores, cuando las instituciones pretenden acreditar alguno de sus programas educativos.

Como se especifica en la Guía para la Autoevaluación de Programas de Educación Superior 2018, de Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES), en el Eje 5: Personal académico, infraestructura y servicios, Categoría 12. Servicios de Apoyo, Indicador/rasgo: 12.3) Becas y apoyos estudiantiles.

“Son los apoyos a los estudiantes en situación económica precaria, en condiciones especiales (grupos culturales étnicos, grupos vulnerables, entre otros), por alto desempeño académico, o para la investigación. El otorgamiento de becas provenientes de fondos públicos o particulares apoya la permanencia y egreso de los estudiantes, ya que sin estos apoyos son susceptibles de deserción y abandono. También existen otro tipo de apoyos como: becas sobre un porcentaje de las cuotas escolares, beca crédito o financiamiento, becas deportivas, becas para alimentos, becas para el transporte, etcétera”.

En el cual en la sección C) Valoración del equipo colaborador, pregunta:

“¿Considera que las becas han tenido impacto en la permanencia y la disminución de los índices de deserción y rezago?”. (Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES), 2018)

Limitaciones

Para la obtención de información se presentan las siguientes limitaciones:

- Los departamentos de servicios escolares declaran que no cuentan con la información detallada de los alumnos beneficiados con alguna beca, ya sea municipal, estatal o federal, ya que ellos solo participan en la actualización de la información académica de los alumnos, pero no en el proceso de evaluación y selección de los beneficiados. Lo cual reduce la posibilidad de comparar los indicadores de permanencia y de desempeño académico entre alumnos no beneficiados y beneficiados con una beca académica.
- La información académica de los alumnos es confidencial, por tal motivo se tiene que hacer el procedimiento para que sea proporcionada la información para fines académicos y esta no tenga referencias personales. Por este motivo no sería posible

hacer comparaciones con otras bases de datos o contar con información adicional.

- Al no contar con información personal de los alumnos, no es posible determinar si al egresar continuaron realizando estudios de postgrado. Por lo cual es una limitante para evaluar el impacto de las becas en el largo plazo, ciclos escolares y estudios posteriores.
- En la actualidad la información de alumnos beneficiados de toda una institución o de todas las instituciones de una ciudad o estado, es muy complicado de conseguir, porque no se cuenta con una institución estatal que pueda proporcionar la información. Esto reduce la posibilidad de contar con la información para realizar el análisis para todos los programas de estudios de la institución o incluso hacer comparativas entre instituciones en la ciudad, estado o a nivel nacional.
- La información del año 2018 fue la más reciente que se pudo proporcionar por parte de la institución para la realización de este análisis.

METODOLOGÍA

Diseño de investigación

El presente estudio se realizó a los alumnos beneficiados con beca académica durante el año 2018, de la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Durango.

Muestra

Se analizó a 25 alumnos que fueron beneficiados con beca académica durante el año 2018, los cuales cursaban la misma carrera (Ingeniería Mecatrónica) en la misma universidad (Instituto Tecnológico de Durango) y que obtuvieron este apoyo del Departamento de Metal-Mecánica del Instituto, del mismo año, con la intención de que el contexto fuera el más homogéneo posible. Para cumplir con las políticas de protección de datos personales, la información fue proporcionada sin datos personales como número de control y nombre, de tal manera que no se tiene conocimiento específico de a quienes pertenecen los datos. Los datos fueron analizados con el apoyo del programa Excel de Microsoft.

Se obtuvo la información de los promedios de calificaciones de los alumnos de tres años escolares, del 2017 año de postulación a la beca, del año 2018 año en el cual se dispersó el recurso de la beca y año 2019 año posterior a la dispersión del apoyo de la beca. Se gestionó contar con el promedio de calificaciones de los alumnos para poder determinar si estadísticamente existía diferente rendimiento escolar en los tres años escolares analizados.

En la tabla 1. Se presentan las calificaciones promedio de tres ciclos escolares de los 23 alumnos que fueron beneficiados con beca y que se contaba con información, de los dos alumnos que no son contemplados es en el primer caso porque no se pudo obtener la información del promedio general en el año escolar 2018 y 2019, y en el segundo caso por que no se pudo obtener la información de ninguno de los tres periodos a analizar.

Tabla 1. Calificaciones promedio de los alumnos beneficiados con beca

Número de alumno	Calificaciones promedio de los ciclos escolares de:		
	Postulación a la beca	Dispersión de la beca	Posterior al de dispersión de la beca
1	92.21	---	---
2	92.59	94.25	---
3	88.08	86.57	---
4	92.07	92.80	---
5	90.66	88.32	96.00
6	84.10	87.93	98.00
7	84.24	87.95	92.00
8	82.12	77.56	89.00
9	89.77	81.74	86.67
10	73.80	91.62	95.36
11	75.19	84.70	90.63
12	90.00	92.27	96.30
13	57.00	77.99	83.60
14	87.25	76.40	85.97
15	79.72	91.63	95.52
16	94.62	91.52	93.80
17	---	---	---
18	84.55	64.52	68.92
19	56.15	67.19	83.90
20	83.17	60.15	76.59
21	84.44	59.20	53.20
22	90.67	84.92	87.30
23	86.67	50.09	75.04
24	88.17	81.19	66.42
25	90.00	85.57	88.37

Para determinar si existe estadísticamente variación en el desempeño, se emplea la prueba t de Student, también llamada Test-T o simplemente prueba t, la cual es una prueba estadística en la que el estadístico de la prueba sigue una distribución t de Student. Por lo tanto, en estadística, la prueba t de Student se usa para rechazar o aceptar la hipótesis nula de una prueba de hipótesis. En concreto, la prueba t de Student se utiliza en aquellas pruebas de hipótesis en las que la población estudiada sigue una distribución normal, pero el tamaño muestral es demasiado pequeño como para conocer la varianza de la población.

En definitiva, la prueba t de Student sirve para rechazar o aceptar la hipótesis de estudio de algunas pruebas de hipótesis. Por ejemplo, la prueba t de Student se utiliza en las pruebas de hipótesis para una muestra, para muestras independientes o para muestras relacionadas (Juárez, 2026). Prueba t de Student para una muestra: se usa para analizar la hipótesis sobre el valor de la media de una muestra (Gisbert, 2026).

Las pruebas de hipótesis para la media de una muestra son aquellas en las que la hipótesis nula y la hipótesis alternativa del contraste afirman algo sobre el valor de la media de una población.

La ecuación de la prueba t de Student para una muestra es la siguiente:

$$\underline{x} = \mu + \frac{st}{\sqrt{n}}$$

$\underline{x}$, es la media

μ , es el valor de propuesto de la media

s , es la desviación estandar de las diferencias

t , es el valor para la probabilidad y número de datos

n , número de datos ⁽³⁾

Una vez se ha calculado el valor de la prueba t de Student, se debe interpretar el resultado del estadístico de la prueba con el valor crítico para rechazar o no la hipótesis nula:

- Si la prueba de hipótesis para la media es de dos colas, se rechaza la hipótesis nula si el valor absoluto de la prueba t de Student es mayor que el valor crítico $t_{\alpha/2|n-1}$.
- Si la prueba de hipótesis para la media corresponde a la cola derecha, se rechaza la hipótesis nula si el valor de la prueba t de Student es mayor que el valor crítico $t_{\alpha|n-1}$.
- Si la prueba de hipótesis para la media corresponde a la cola izquierda, se rechaza la hipótesis nula si el valor de la prueba t de Student es menor que el valor crítico $-t_{\alpha|n-1}$.

$$H_1 : \mu \neq \mu_0 \longrightarrow \text{Si } |t| > t_{\alpha/2|n-1} \text{ se rechaza } H_0$$

$$H_1 : \mu > \mu_0 \longrightarrow \text{Si } t > t_{\alpha|n-1} \text{ se rechaza } H_0$$

$$H_1 : \mu < \mu_0 \longrightarrow \text{Si } t < -t_{\alpha|n-1} \text{ se rechaza } H_0$$

Los valores críticos de la prueba se obtienen de la tabla de la distribución t Student. (Gutiérrez & Vladimirovna, 2016)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1, se muestra el porcentaje de alumnos que egresaron y no egresaron del programa educativo, los alumnos egresados son aquellos que aprobaron al 100% los créditos que integran su retícula, siendo un total de 24 alumnos que terminaron satisfactoriamente su programa educativo y solamente uno de ellos no acreditó el total de los créditos, abandonando su formación académica.

Cabe mencionar que, de los 24 alumnos que egresaron: 1 egreso en siete semestres, 7 en nueve semestres, 6 en diez semestres, 2 en once semestres, 6 en doce semestres y solo 2 en trece semestres, por lo que el 91.67% egreso dentro de los periodos semestrales que se establecen en el Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México, en su Capítulo 5. Lineamiento para el Proceso de Evaluación y Acreditación de Asignaturas, en el numeral 5.4.5.3 textualmente dice:

“5.4.5.3 Debe concluir el plan de estudios, incluyendo los periodos en que no se haya reinscrito, en un mínimo de siete y máximo de doce periodos semestrales”.

(Tecnológico Nacional de México, 2015)

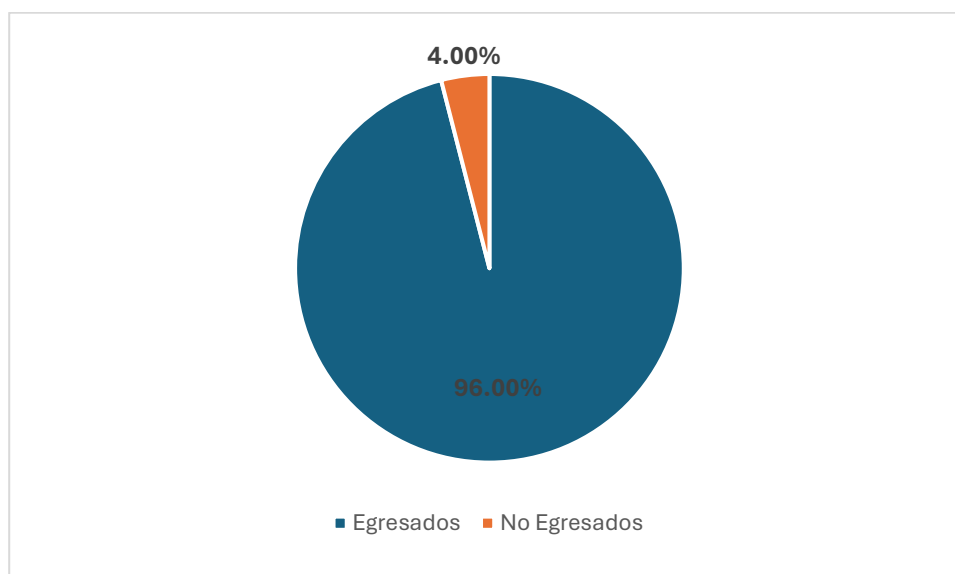


Figura 1.

Porcentaje de alumnos becados que egresaron y no egresaron

Nota: En la presente gráfica se realiza la comparativa del porcentaje de alumnos becados que egresaron y no egresaron.

Fuente: Propia

Uno de los 25 alumnos continuo su formación académica cursando un posgrado en la misma Institución, sin embargo, de él no fue posible obtener acceso a sus registros académicos. No se pudo determinar si más alumnos continuaron su formación en posgrados fuera de la Institución. Uno de los 25 alumnos egreso durante el año de aplicación a la beca académica, por lo que ya no contaba con información de desempeño académico durante el año de análisis.

Como se puede observar en la figura 2., 10 alumnos también tuvieron beca académica en el año inmediato anterior al análisis, mientras que 2 de ellos también tuvieron beca académica en el año inmediato posterior al análisis, por lo que solamente 13 alumnos fueron beneficiados con beca académica exclusivamente en el año del análisis.

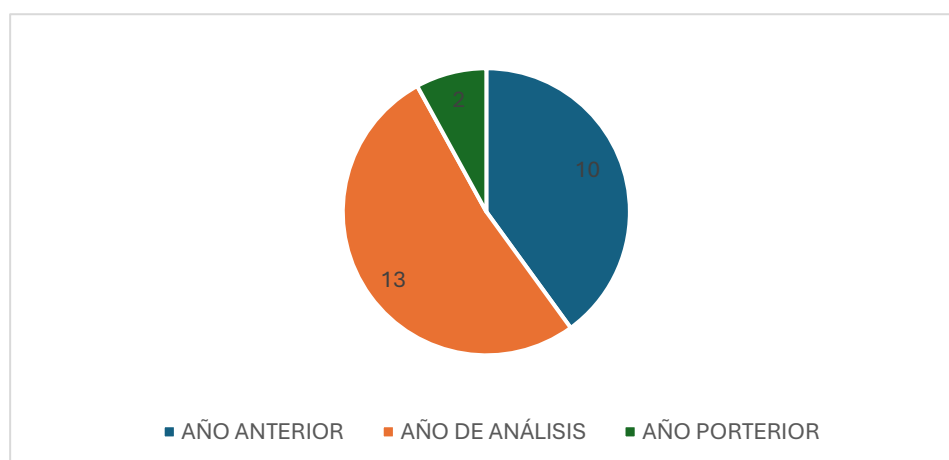


Figura 2.

Alumnos becados el año anterior, año posterior y exclusivamente el año de análisis

Nota: En la presente gráfica se realiza la comparativa de la cantidad de alumnos que además

de en el año de análisis tuvieron beca el año anterior y en el año posterior, así como los alumnos que exclusivamente tuvieron beca en año de análisis.

Fuente: Propia

En la figura 3, se muestra el promedio de calificaciones que obtuvieron el total de alumnos beneficiados con beca académica durante: el año anterior al análisis, el año de análisis y el año posterior al análisis, observándose que el promedio de calificaciones durante el año de análisis, fue menor al promedio que tenían durante el año previo a recibir la beca académica, sin embargo, el promedio de calificaciones durante el año posterior a recibir el apoyo académico fue mayor a los dos previos, aun cuando ya solamente dos de los 25 alumnos continuaron con la beca académica.

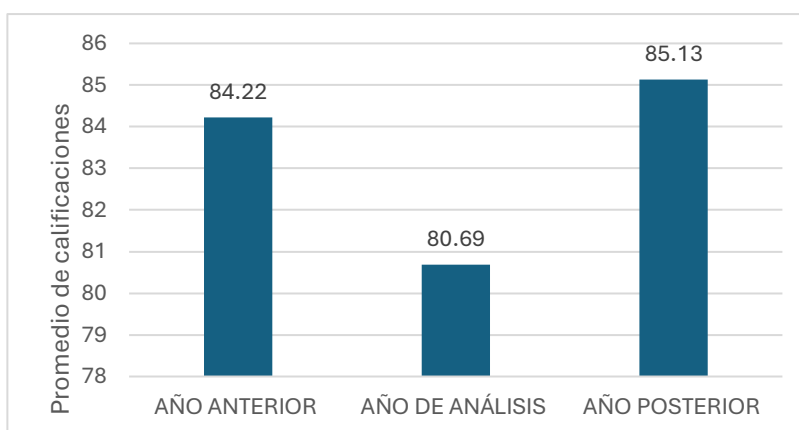


Figura 3.

Promedios de calificaciones por año

Nota: En la presente gráfica se realiza la comparativa del promedio de calificaciones de los alumnos becados, en el año de análisis, así como en el año previo y posterior.

Fuente: Propia

Los registros 1 y 17 de la tabla 1., se eliminaron para la aplicación de la prueba t de Student, el primero porque no se contaba con la información del promedio de calificaciones del ciclo escolar de dispersión del recurso y el registro 17 porque no se contaba con las calificaciones promedio de ninguno de los tres ciclos escolares.

Al aplicar la prueba t de Student, se determina:

$$|t| < t_{\alpha|n-1}$$

$$|-1.048| < 1.717$$

El valor absoluto de la prueba t de Student calculado por medio del programa Excel de Microsoft es menor que el valor crítico obtenido de las tablas de distribución t de Student, por lo cual no se rechaza la hipótesis nula, por lo cual, aunque se tiene una reducción del 3.06% en el valor promedio de las calificaciones promedio de los alumnos entre el ciclo escolar de postulación y el ciclo escolar de dispersión del recurso de la beca, este cambio no es significativo.

CONCLUSIÓN

- Las becas académicas para estudiantes de licenciatura cumplen el principal objetivo que

es evitar la deserción escolar y que los alumnos terminen sus programas de estudio.

- Por otro lado, no se presentan evidencias estadísticamente representativas de que el desempeño académico mejore durante el ciclo escolar de recepción del apoyo económico, incluso en este caso particular estuvo más cerca de disminuir el desempeño académico de los alumnos, al ser comparado el desempeño durante el ciclo escolar de recepción del apoyo, contra el desempeño en el ciclo escolar anterior.
- El no contar con los datos de todos los beneficiarios de una institución o reduce la capacidad para poder generalizar o inferir los resultados a otras instituciones o poblaciones estudiantiles beneficiados con becas académicas.
- Para fines de acreditación ya se cuenta con más información, no solo la cantidad de alumnos beneficiados con una beca académica se puede mostrar que el 96% de los alumnos que fueron beneficiados con una beca académica concluyeron el programa educativo, aunque no se vio reflejado en el aumento significativo del desempeño académico.
- La confidencialidad de la información y la limitación para obtener datos de seguimiento impide poder generalizar los resultados de este estudio a otras carreras, instituciones o trayectorias educativas futuras, por lo que únicamente son válidos para los ciclos escolares analizados.
- Si fuera posible que una institución gubernamental proporcionará, dentro del marco de la confidencialidad de la información, los datos de desempeño académico de los beneficiarios de los programas de becas, se podría analizar dicha información y tener más elementos para la toma de decisiones, así como sería de gran ayuda para los procesos de acreditación de los programas educativos.

REFERENCIAS

- Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES). (01 de 01 de 2018). Guía para la Autoevaluación de Programas de Educación Superior 2018. México, México, México.
- Adame, M., & Bartolo, A. (2022). El impacto de la beca Jóvenes Escribiendo el Futuro en el desempeño académico de estudiantes normalistas. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 7-13.
- Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior A. C. (01 de Septiembre de 2024). Guía para la Autoevaluación de Programas de Educación Superior de técnico superior universitario y licenciatura en modalidad escolarizada. México, México, México.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo social. (15 de mayo de 2026). Obtenido de [www.coneval.org.mx: https://www.coneval.org.mx/Informes/Evaluacion/Consistencia/2007_2008/SEP/Programa%20Nacional%20de%20Becas%20y%20Financiamiento%20\(PRONABES\).pdf](https://www.coneval.org.mx/Informes/Evaluacion/Consistencia/2007_2008/SEP/Programa%20Nacional%20de%20Becas%20y%20Financiamiento%20(PRONABES).pdf)
- Gisbert, M. (01 de junio de 2026). Probabilidad y Estadística. Obtenido de Probabilidad y Estadística. net: <https://www.probabilidadyestadistica.net/prueba-t-de-student/#:~:text=Prueba%20t%20de%20Student%20para%20muestras%20pareadas%20o>
- Gutiérrez, E., & Vladimirovna, O. (2016). Estadística Inferencial 1 para ingeniería y ciencias. México: Patria.
- Juárez, M. G. (01 de 05 de 2026). Probabilidad y Estadística. Obtenido de

Probabilidadyestadistica.net: <https://www.probabilidadyestadistica.net/prueba-t-de-student/>

Reyna, M. (2023). La importancia de las becas como una política pública el desarrollo de la educación . Revista arbitrada del Centro de Investigación y Estudios Gerenciales , 2-7. Secretaria de Gobernación. (15 de mayo de 2026). Diario oficial de la federación . Obtenido de www.dof.gob.mx:
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5713358&fecha=29/12/2023#gsc.tab=0

Tecnológico Nacional de México. (01 de Octubre de 2015). Manual de Lineamientos Académico - Administrativos del TecNM. Manual de México, México, México: TecNM.

Plataforma CAD para la Formación Docente: Integración de Módulos y Automatización de Procesos Académicos

Teacher Training and Professional Development Platform (CAD): Integration of Modules and Automation of Academic Processes

Recibido: 12 de junio de 2026

Aceptado: 18 de agosto de 2026

Jaime Jesús Delgado Meráz

Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

ORCID: 0009-0000-5235-5776

Seany Campos Cortés

Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

ORCID: : 0009-0002-2257-4243

Autor de correspondencia: nitgard.zg@cdvalles.tecnm.mx

Jorge Emmanuel Pérez Martínez

Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

ORCID: 0009-0004-4248-6990

Alba Verónica Balderas Sánchez*

Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

ORCID: 0000-0002-5411-1457

Autor de correspondencia: alba.balderas@tecvalles.mx

RESUMEN

La administración de la formación y actualización docente es esencial para garantizar la calidad educativa. El objetivo del presente proyecto fue consolidar la Plataforma de Capacitación y Actualización Docente (CAD) mediante la integración modular, la optimización de bases de datos y la automatización de procesos, incluyendo la generación de constancias con código QR para verificar su autenticidad. El alcance de la plataforma incluyó el registro, la supervisión y el seguimiento de diplomados, capacitaciones internas y capacitaciones externas del personal docente. Para su desarrollo, se implementó la metodología Cascada, complementada con tecnologías web (Laravel, MySQL, GitHub), lo cual facilitó la realización ordenada de las fases de análisis, diseño, implementación, pruebas y mantenimiento. Entre las mejoras más significativas se logró la incorporación de módulos anteriormente desarrollados, la optimización de la base de datos, la implementación de motores de búsqueda para facilitar la consulta de información y la generación automática de constancias. Los resultados previos mostraron una reducción significativa en los tiempos de búsqueda, mayor coherencia en registros y el fortalecimiento de la gestión documental del proceso de capacitación y actualización docente.

PALABRAS CLAVE

Formación docente, Capacitación docente, Gestión de la información, Bases de datos, Plataformas web

Abstract

The management of teacher training and professional development is essential to ensuring educational quality. The objective of this project was to consolidate the Teacher Training and Professional Development Platform (CAD) through modular integration, database optimization, and process automation, including the generation of certificates with QR codes to verify their authenticity. The platform's scope included the registration, supervision, and tracking of certificate programs, internal training, and external training for teaching staff. For its development, the Waterfall methodology was implemented, complemented by web technologies (Laravel, MySQL, GitHub), which facilitated the orderly execution of the analysis, design, implementation, testing, and maintenance phases. Among the most significant improvements were the integration of previously developed modules, database optimization, the implementation of search engines to facilitate information retrieval, and the automatic generation of certificates. Preliminary results showed a significant reduction in search times, greater consistency in records, and improved document management for the teacher training and professional development process.

Keywords

Teacher training, Teacher development, Information management, Databases, Web platforms

INTRODUCCIÓN

La capacitación y actualización continua del personal docente es un factor esencial para asegurar la calidad educativa en las instituciones, ya que contribuye al desarrollo profesional y a la innovación pedagógica (Cordero Arroyo, 2023; Madureño Serrano, Marquez Ibarra & Manig Valenzuela, 2025). En este contexto, la administración eficaz de la información vinculada a capacitaciones, diplomados y actividades académicas constituye un reto, particularmente cuando los sistemas implementados funcionan de manera aislada y con estructuras de datos escasamente integradas. (Grepon Benzar Glen. S., 2021; Rojas Moreno, 2019).

En el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, la gestión de estos procesos se llevaba a cabo mediante módulos independientes, incorporando acciones de registro y seguimiento manuales en alguna etapa del proceso, lo que ocasionaba inconvenientes como la dispersión de la información, problemas en la consulta de datos y restricciones en la verificación de documentos generados. Estas circunstancias pusieron de manifiesto la urgencia de crear una solución completa que facilitara la centralización y optimización de la gestión de la actualización del profesorado, lo que permite generar estrategias adecuadas a las tendencias nacionales en cuanto al uso y generación de plataformas digitales para el desarrollo docente (Córdova Esparza et al., 2024; Galicia Alarcón, 2024).

El trabajo desarrollado busca consolidar y perfeccionar la Plataforma de Capacitación y Actualización Docente (CAD) a través de la integración de módulos, la mejora de bases de datos y la adición de nuevas funciones como motores de búsqueda y creación automática de constancias con códigos QR. Con esto, se pretende optimizar la gestión de la información, acelerar los trámites administrativos y aumentar la confianza en los documentos de la institución, mediante la implementación de prácticas modernas de verificación digital para la gestión y automatización académica (Chavez Vargas J.F, Chavez Vargas J.P. & Oviedo Mariscal, 2024; Espinoza Varela, 2024; Vázquez, 2023).

METODOLOGÍA

Para el desarrollo y mejora de la plataforma CAD se utilizó la metodología de desarrollo de software Cascada, dado que el proyecto disponía de requerimientos bien definidos y una base previamente establecida. Este modelo descrito formalmente por Winston W. Royce en 1970 se caracteriza por ser secuencial, lineal y estructurada, en la que cada fase debe completarse antes de iniciar la siguiente, lo que garantiza una mejor trazabilidad y control de los requisitos del proyecto (Pressman, 2010; Sommerville, 2021).

Se eligió el modelo Cascada frente a otras metodologías por que el proyecto requería un alto grado de formalidad en cada etapa y en la documentación, además de asegurar desde la primera etapa la correcta incorporación de módulos ya existentes. Para proyectos de este tipo es recomendable utilizar esta etapa para disminuir los riesgos y garantizar la secuencia y coherencia de cada fase (Torres & García, 2022).

Además, se incorporaron el uso de tecnologías de desarrollo web y administración de bases de datos mismas que facilitaron la integración de módulos y la automatización de procesos: Laravel como framework de desarrollo, MySQL para la gestión de bases de datos, XAMPP como entorno local de pruebas y GitHub para el control de versiones. Estas herramientas permitieron implementar motores de búsqueda especializados y la generación automática de constancias con códigos QR, fortaleciendo el registro y la gestión documental.

La metodología se organizó en cinco etapas: recopilación de requisitos, diseño de integración, ejecución, pruebas y verificación, y por último mantenimiento (Figura1).



Figura 1. Diagrama adaptado al Ciclo de vida Cascada. (Pressman, 2010)

Fase 1 Recopilación de requisitos (Análisis)

Se examinaron previamente los módulos ya elaborados para la administración de diplomados, capacitación interna y capacitaciones externas, identificando componentes válidos para el nuevo modelo, además, se reestructuró la organización de las bases de datos vinculadas. En esta fase se identificaron problemas relacionados a la dispersión de datos, la falta de métodos efectivos de búsqueda y de herramientas que facilitaran la verificación de la autenticidad de constancias y la validez de los formatos para reconocimientos emitidos por la institución. De igual manera, se reconoció la necesidad de unificar los módulos en una sola plataforma que permitiera el registro, seguimiento y monitoreo de los procesos de actualización de docentes y estandarizar el formato válido para las constancias oficiales.

Fase 2 Diseño de integración (Diseño)

Se estableció la estrategia para integrar los módulos de Capacitación Interna, Capacitación Externa y Diplomados en una única plataforma institucional. Generando el diseño previo y el hub que contiene los accesos a todos los módulos. Se desarrollaron las modificaciones requeridas en las bases de datos para asegurar la coherencia de la información y facilitar la integración entre ellos. En esta etapa se definieron los criterios operativos para los motores de búsqueda, la estructura para la creación de constancias y reconocimientos, y la estrategia de validación en el sistema a través de códigos QR. Estas acciones permitieron definir la arquitectura, el modelo y el diseño de la de las nuevas funcionalidades del sistema.

Fase 3 Ejecución (Implementación)

La actividad principal consistió en reestructurar y adaptar los módulos existentes a las nuevas funcionalidades, centralizando en una sola plataforma la información y los accesos a cada módulo, de igual manera, se desarrollaron buscadores especializados que facilitan el acceso de información de forma ágil y efectiva dentro de los módulos. Estas mejoras optimizan la consulta de registros y procesos administrativos vinculados a la actualización docente.

Asimismo, se creó un sistema para la creación constancias, reconocimientos y diplomas en formato digital. Cada documento contiene un código QR exclusivo lo que facilita confirmar su autenticidad.

Fase 4 Verificación

Una vez implementadas las funcionalidades, se realizaron pruebas para comprobar la correcta integración de los módulos y la estabilidad del sistema.

Las pruebas incluyeron la verificación de los motores de búsqueda corroborando la correcta obtención de información almacenada en la base de datos. Igualmente, se comprobó el proceso de generación de constancias y el funcionamiento de los códigos QR.

Asimismo, se verificó la consistencia de los datos almacenados después de la integración de los módulos, garantizando la correcta ejecución de los procesos de registro, consulta y seguimiento de las actividades de actualización docente.

Fase 5 Implementación y Mantenimiento

Las mejoras creadas fueron integradas a la plataforma CAD para su uso en el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. En esta fase se llevaron a cabo actividades de mantenimiento para asegurar el adecuado funcionamiento de las mejoras y solucionar posibles problemas identificados en el sistema. Lo anterior, garantizó la continuidad de la plataforma y establecieron las bases para futuras mejoras enfocadas en reforzar la gestión de los procesos de formación y actualización de docentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ejecución de las mejoras sugeridas en la Plataforma de Capacitación y Actualización Docente (CAD) posibilitó la optimización de varios procesos vinculados a la administración de la formación académica del personal docente del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. A continuación, se presentan los resultados más relevantes obtenidos y su efecto en el funcionamiento de la plataforma.

Integración de módulos en una plataforma unificada

Uno de los resultados más importantes del proyecto fue la unificación de los módulos de Capacitación Interna, Capacitación Externa y Diplomados en una sola plataforma institucional. Previo a la implementación, cada módulo estaba desarrollado de forma independiente, lo que complicaba la gestión de la información y la revisión de registros vinculados a los procesos de actualización docente.

La integración posibilitó unificar la información en un único sistema, facilitando el acceso a los datos para los usuarios y mejorando la administración de los procesos académicos. Asimismo, la integración de los módulos ayudó a aminorar la redundancia de datos y a optimizar la coherencia de los registros guardados en la base de datos.



Figura 2. Menú de módulos integrados en la Plataforma de Capacitación y Actualización Docente (CAD)

La integración de estos módulos es un avance importante en la gestión académica e institucional, ya que facilita el acceso a la información referente a la actualización docente (Capacitación interna, externa y diplomados) en una sola plataforma (ver figura 2), asimismo mantiene la coherencia de los datos, agiliza los procedimientos de consulta y monitoreo y disminuyen el uso de sistemas independientes.

Optimización y organización de la información

A lo largo del proceso de integración se llevó a cabo un análisis de las bases de datos empleadas por los diferentes módulos de la plataforma. Esta actividad facilitó la detección de incongruencias en ciertos registros y posibilidades de optimización relacionadas a la organización de la información.

Como resultado de estas medidas se obtuvo una estructura de datos mas ordenada y coherente, lo que simplificó la gestión de los registros académicos. De igual manera, la mejora de la base de datos ayudó a aumentar el rendimiento total de la plataforma y la finalidad de la información guardada.

La reorganización de las bases de datos permitió fortalecer la integridad de la información y mejorar los procesos de administración de registros. Esto resulta especialmente importante en entornos académicos donde la confiabilidad de los datos influye directamente en la generación de reportes, evidencias y documentos institucionales.

Implementación de motores de búsqueda

Con el objetivo de facilitar el acceso a la información, se crearon buscadores para los distintos módulos de la Plataforma CAD. Esta característica facilitó a los usuarios encontrar registros de forma ágil usando criterios o filtros determinados, evitando la revisión manual de grandes volúmenes de datos.

La incorporación de los buscadores significó un avance importante en la plataforma al disminuir el tiempo necesario para acceder a información sobre capacitaciones y diplomados ver figura 3).



Figura 3. Interfaz del motor de búsqueda implementado en la Plataforma CAD

Generación de constancias

Otra de las mejoras implementadas consistió en automatizar el proceso de creación de constancias y reconocimientos para el personal docente que finaliza de manera satisfactoria las actividades de formación. Con la implementación de esta función, la plataforma produce de manera automática las constancias, disminuyendo notablemente el tiempo requerido para su creación y mejorando la exactitud de la información emitida en los documentos. (ver figura 4).

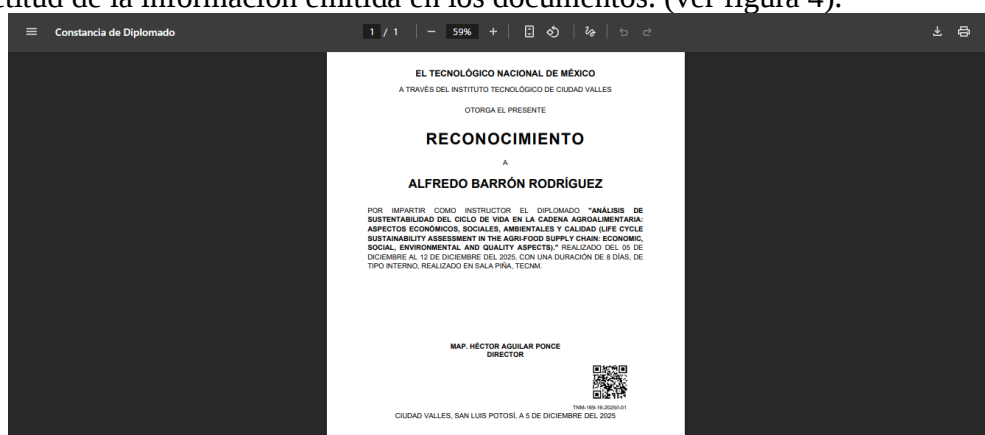


Figura 4. Reconocimiento generado automáticamente con código QR

Validación de constancias mediante códigos QR

Se añadió un sistema de verificación de documentos mediante códigos QR como parte del sistema de creación de constancias. Cada archivo generado por la plataforma incluye un código exclusivo, al escanear el código QR, el usuario puede validar la veracidad del documento y certificar que la constancia fue emitida de manera oficial por la institución y reforzar la seguridad de los documentos. (ver figura 5).



Figura 5. Resultado de la validación de un reconocimiento mediante código QR

El incluir códigos QR constituye un método enfocado con los procesos actuales de digitalización, facilitando la obtención de documentos comprobables de forma rápida y accesible.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que la inclusión de los módulos en la Plataforma de Capacitación y Actualización Docente (CAD) facilitó considerablemente la gestión de la información académica. La centralización de la información permitió disminuir la redundancia y mejorar la consistencia de los registros, lo que simplificó su consulta y monitoreo por parte de los usuarios.

De igual manera, la mejora de las bases de datos y la adopción de motores de búsqueda elevaron el rendimiento del sistema, reduciendo los tiempos de acceso a la información y potenciando la eficacia de los procesos administrativos. La automatización en la creación de constancias, junto con la inclusión de códigos QR, mejoró la validez y fiabilidad de los documentos emitidos, en línea con las prácticas modernas de digitalización y verificación electrónica.

En general, los hallazgos apoyan el objetivo inicial planteado, al evidenciar que la combinación de módulos y la automatización de procesos influyen de manera favorable en la eficacia operativa de la plataforma. Sin embargo, se reconocen como oportunidades la adición de nuevas funciones, la mejora constante del sistema y su posible ajuste a otros contextos institucionales. En resumen, la creación y puesta en marcha de la Plataforma CAD constituye una respuesta eficaz para la administración de la actualización del profesorado, favoreciendo la optimización de los procesos académicos y el enriquecimiento de la calidad educativa institucional.

REFERENCIAS

- Chávez Vargas, J. F., Chávez Vargas, F. T., & Oviedo Mariscal, L. (2024). *Códigos QR: una alternativa para la incorporación en la práctica docente del nivel medio superior*. Universciencia, 21(64). <https://revista.soyuo.mx/index.php/uc/article/view/267/405>
- Cordero Arroyo, G. (2023). *La formación en línea del profesorado de educación básica en México: Aportes desde la investigación educativa*. Newton Edición y Tecnología Educativa. ISBN: 9786078872053.
- Córdova Esparza, D. M., Romero González, J. A., López Martínez, R. E., García Ramírez, M.

- T., & Sánchez Hernández, D. C. (2024). *Desarrollo de competencias digitales docentes mediante entornos virtuales: una revisión sistemática*. *Apertura*, 16(1). <https://doi.org/10.32870/ap.v16n1.2489>
- Espinoza Varela, A. R. (2024). *Formación docente en competencias digitales: una experiencia basada en la investigación-acción*. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(2), 1964–1982. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.2000>
- Galicia Alarcón, L. A. (2024). *Necesidades de desarrollo profesional en competencias digitales docentes: estudio de caso*. *Apertura*, 16(1). <https://doi.org/10.32870/ap.v16n1.2485>
- García, F., & Ramírez, C. (2024). *Estrategias metodológicas para proyectos de integración tecnológica en instituciones educativas*. *Revista Latinoamericana de Tecnología y Sociedad*, 15(3), 101–118. <https://doi.org/10.56712/rlats.v15i3.789>
- Grepon, B. G. S. (2021). *Designing and Implementing e-School Systems: An Information Systems Approach to School Management*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2109.00198>
- López, R., & Hernández, P. (2023). *Metodologías de desarrollo de software en educación superior: un análisis comparativo entre Cascada y Ágil*. *Revista Mexicana de Innovación Educativa*, 12(1), 77–95. <https://doi.org/10.22201/rmie.2023.12.1.456>
- Madueño Serrano, M. L., Márquez Ibarra, L., & Manig Valenzuela, A. (Coords.). (2025). *La formación docente: Miradas desde diversos contextos y prácticas*. Qartuppi. <https://doi.org/10.29410/QTP.25.08>
- Osorio Vanegas, H. D., Segovia Cifuentes, Y. M., & Sobrino Morrás, A. (2025). *Educational Technology in Teacher Training: A Systematic Review*. *Education Sciences*.
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software: Un enfoque práctico*. McGraw-Hill / Interamericana Editores.
- Rojas Moreno, M. L. I. (2019). *Presencia de las TIC en la práctica docente en el SUAyED-FFyL de la UNAM: Un estudio comparativo*. UNAM, Facultad de Filosofía y Letras.
- Sommerville, I. (2021). *Ingeniería de software* (10ª ed.). Pearson Educación. ISBN: 9788420552384.
- Torres, J. A., & García, M. L. (2022). *Aplicación del modelo en cascada en proyectos educativos digitales: ventajas y limitaciones*. *Revista Iberoamericana de Tecnología Educativa*, 8(2), 45–59. <https://doi.org/10.24215/18509959e123>
- Vásquez, F., & Edwis, E. (2023). *Implementación de códigos QR para optimizar el proceso de evaluación de los aprendizajes*. Congreso Internacional Ideice, 14, 12–21. Dialnet.

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD VALLES



INFORMES:

Carretera al Ingenio Plan de Ayala Km.2

Col. Vista Hermosa, C.P. 79010

Cd. Valles, S.L.P.

Tel. 481 38 1 20 44