



ISSN: 1646-9895

Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação  
Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información

M a r ç o 2 1 • M a r c h 2 1



©AISTI 2021 <http://www.aisti.eu>

Nº 41

## **Edição / Edición**

Nº 41, 03/2021

**Tiragem / Tirage:** 1000

**Preço por número / Precio por número:** 17,5€

**Subscrição anual / Suscripción anual:** 30€ (2 números)

**ISSN:** 1646-9895

**Depósito legal:**

## **Indexação / Indexación**

Academic Journals Database, CiteFactor, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, IndexCopernicus, Index of Information Systems Journals, ISI Web of Knowledge, Latindex, ProQuest, QUALIS, SciELO, SCImago, Scopus, SIS, Ulrich's.

## **Publicação / Publication**

RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

Rua Quinta do Roseiral 76, 4435-209 Rio Tinto, Portugal

**Web:** <http://www.risti.xyz>

## **Director**

Álvaro Rocha, Universidade de Lisboa

## **Coordenadores da Edição / Coordinadores de la Edición**

Jezreel Mejía, Centro de Investigación en Matemáticas- Unidad zacatecas, MX

Mirna Muñoz, Centro de Investigación en Matemáticas- Unidad zacatecas, MX

Giner Alor-Hernández, Instituto Tecnológico de Orizaba, MX

Claude Y Laporte, École de Technologie Supérieure, Montreal, CA

## **Conselho Editorial / Consejo Editorial**

A. Augusto Sousa, FEUP, Universidade do Porto, PT

Adolfo Lozano-Tello, Universidad de Extremadura, ES

Adrián Hiebra Pardo, Universidad de Santiago de Compostela, ES

Alberto Fernández, Universidad Rey Juan Carlos, ES

Alberto Freitas, FMUP, Universidade do Porto, PT

Alcinia Zita Sampaio, IST, Universidade de Lisboa, PT

Alejandro Peña, Escuela de Ingeniería de Antioquia, CO

Alexandre L'Erario, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, BR

Alicia García-Holgado, Universidad de Salamanca, ES

Alma Gomez-Rodríguez, Universidade de Vigo, ES

Ana Amélia Carvalho, Universidade de Coimbra, PT

Ana Isabel Veloso, Universidade de Aveiro, PT

Ana Maria Correia, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT

Ana Paula Afonso, Instituto Politécnico do Porto, PT

Anabela Mesquita, Instituto Politécnico do Porto, PT

Anacleto Correia, Escola Naval, PT

Angelica Caro, Universidad del Bío-Bío, CL

Ana Calvão, Universidade de Aveiro, PT

Ana Carla Amaro, Universidade de Aveiro, PT

Ana Melro, Universidade de Aveiro, PT

Ania Cravero, Universidad de La Frontera, CL

Aníbal Zaldivar-Colado, Universidad Autonoma de Sinaloa, MX

António Abreu, ISCAP, Politécnico do Porto, PT

António Coelho, FEUP, Universidade do Porto, PT

Antonio Fernández-Caballero, Universidad de Castilla-La Mancha, ES  
António Godinho, ISLA-Gaia, PT  
Antonio Jesus Garcia Loureiro, Universidad de Santiago de Compostela, ES  
Antonio Jiménez-Martín, Universidad Politécnica de Madrid, ES  
António Palma dos Reis, ISEG, Universidade de Lisboa, PT  
António Pereira, Instituto Politécnico de Leiria, PT  
Armando Mendes, Universidade dos Açores, PT  
Arnaldo Martins, Universidade de Aveiro, PT  
Arturo J. Méndez, Universidad de Vigo, ES  
August Climent Ferrer, La Salle Open University, AD  
Beatriz Rodríguez, Universidad de la Republica, UY  
Beatriz Sainz de Abajo, Universidad de Valladolid, ES  
Bernabé Escobar-Pérez, Universidad de Sevilla, ES  
Borga Bordel, Universidad Politécnica de Madrid, ES  
Bráulio Alturas, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT  
Brenda L. Flores-Rios, Universidad Autónoma de Baja California, MX  
Carlos Alexandre Silva, Instituto Federal de Minas Gerais, PT  
Carlos Carreto, Instituto Politécnico da Guarda, PT  
Carlos Morais, Instituto Politécnico de Bragança, PT  
Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Politécnico do Porto, PT  
Carmen Galvez, Universidad de Granada, ES  
Carlos Rabadão, Politécnico de Leiria, PT  
Carlos Rompante Cunha, Politécnico de Bragança, PT  
Ciro Martins, Universidade de Aveiro, PT  
Cristina M.R. Caridade, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT  
Daniel Polónia, Universidade de Aveiro, PT  
David Fonseca, Universitat Ramon Llull, ES  
David Luis La Red Martínez, Universidad Nacional del Nordeste, AR  
David Ramos Valcarcel, Universidad de Vigo, ES  
Debora Paiva, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, BR  
Dora Simões, Universidade de Aveiro, PT  
Edna Dias Canedo, Universidade de Brasília, BR  
Eduardo Amadeu Dutra Moresi, Universidade Católica de Brasília, BR

Eduardo Sánchez Vila, Universidad de Santiago de Compostela, ES  
Enric Mor, Universitat Oberta de Catalunya, ES  
Eusébio Ferreira da Costa, Escola Superior de Tecnologias de Fafe, PT  
Fábio Marques, Universidade de Aveiro, PT  
Fernando Bandeira, Universidade Fernando Pessoa, PT  
Fernando Bobillo, Universidad de Zaragoza, ES  
Fernando Moreira, Universidade Portucalense, PT  
Fernando Paulo Belfo, ISCAC, Politécnico de Coimbra, PT  
Fernando Ramos, Universidade de Aveiro, PT  
Fernando Ribeiro, Politécnico de Castelo Branco, PT  
Filipe Caldeira, Politécnico de Viseu, PT  
Filipe Montargil, Politécnico de Lisboa, PT  
Filipe Portela, Universidade do Minho, PT  
Francisco Javier Lena-Acebo, Universidad de Cantabria, ES  
Francisco Restivo, Universidade Católica Portuguesa, PT  
Gabriel Alberto García-Mireles, Universidad de Sonora, MX  
Gabriel Guerrero-Contreras, Universidade de Cádiz, ES  
Gerardo Gonzalez Filgueira, Universidad da Coruña, ES  
Gloria Piedad Gasca-Hurtado, Universidad de Medellín, CO  
Guilhermina Lobato Miranda, Universidade de Lisboa, PT  
Hélder Gomes, Universidade de Aveiro, PT  
Hélder Zagalo, Universidade de Aveiro, PT  
Hélia Guerra, Universidade dos Açores, PT  
Henrique S. Mamede, Universidade Aberta, PT  
Higino Ramos, Universidad de Salamanca, ES  
Inês Domingues, CI-IPOP, PT  
Isabel Pedrosa, Instituto Politécnico de Coimbra, PT  
Isidro Calvo, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), ES  
Ismael Etxeberria-Agiriano, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), ES  
Ivaldir de Farias Junior, Universidade de Pernambuco, BR  
Ivan Garcia, Universidad Tecnológica de la Mixteca, MX  
João Paulo Ferreira, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT  
João Reis, Universidade de Aveiro, PT  
João Roberto de Toledo Quadro, CEFET/RJ, BR

Jacinto Estima, Universidade Europeia, PT  
Javier Garcia Tobio, CESGA-Centro de Supercomputacion de Galicia, ES  
Javier Medina, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, CO  
Jeimy Cano, Universidad de los Andes, CO  
Jezreel Mejia, Centro de Investigación en Matemática (CIMAT), MX  
João Balsa, FC, Universidade de Lisboa, PT  
João Paulo Costa, Universidade de Coimbra, PT  
João Rocha da Silva, FEUP, Universidade do Porto, PT  
João Tavares, FEUP, Universidade do Porto, PT  
João Vidal de Carvalho, ISCAP, Politécnico do Porto, PT  
Joaquim Ferreira, Universidade de Aveiro, PT  
Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT  
Jorge Bernardino, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT  
Jorge da Silva Correia-Neto, Universidade Federal Rural de Pernambuco, BR  
Jose Alfonso Aguilar, Universidad Autonoma de Sinaloa, MX  
José Alvarez-Garcia, Universidad de Extremadura, ES  
José Borbinha, IST, Universidade de Lisboa, PT  
José Carlos Ribeiro, Politécnico de Leiria, PT  
José Cascalho, Universidade dos Açores, PT  
José Felipe Cocón Juárez, Universidad Autónoma del Carmen, MX  
Jose J. Pazos-Arias, Universidad de Vigo, ES  
José Luís Pereira, Universidade do Minho, PT  
José Luís Silva, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), PT  
José Paulo Lousado, Instituto Politécnico de Viseu, PT  
José Luis Pestrana Brincones, Universidad de Málaga, ES  
José Luís Reis, ISMAI - Instituto Universitário da Maia, PT  
Jose M Molina, Universidad Carlos III de Madrid, ES  
José Machado, Universidade do Minho, PT  
Jose Maria de Fuentes, Universidad Carlos III de Madrid, ES  
Jose R. R. Viqueira, Universidade de Santiago de Compostela, ES  
José Silvestre Silva, Academia Militar, PT  
José Torres, Universidade Fernando Pessoa, PT  
Josep M. Marco-Simó, Universitat Oberta de Catalunya, ES  
Juan Angel Contreras Vas, Universidad de Extremadura, ES

Juan D'Amato, PLADEMA-UNCPBA-CONICET, AR  
Juan M. Santos Gago, Universidad de Vigo, ES  
Juan Manuel Fernández-Luna, Universidad de Granada, ES  
Jugurta Lisboa-Filho, Universidade Federal de Viçosa, BR  
Leila Weitzel, Universidade Federal Fluminense, BR  
Leonardo Bermon, Universidad Nacional de Colombia, CO  
Leticia Morales Trujillo, Universidad de Sevilla, ES  
Lucila Ishitani, PUC Minas, BR  
Lucila Romero, Universidad Nacional del Litoral, AR  
Luis Alvarez Sabucedo, Universidad de Vigo, ES  
Luís Bruno, Instituto Politécnico de Beja, PT  
Luis Camarinha-Matos, Universidade Nova de Lisboa, PT  
Luís Cavique, Universidade Aberta, PT  
Luis Chamba Eras, Universidad Nacional de Loja, EC  
Luís Ferreira, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT  
Luis Enrique Sánchez Crespo, Universidad de Castilla-La Mancha, ES  
Luis Vilán-Crespo, Universidad de Vigo, ES  
Luisa Miranda, Instituto Politécnico de Bragança, PT  
Lus Sussy Bayona Ore, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, PE  
Magdalena Arcilla Cobián, Universidade Nacional de Educación a Distancia, ES  
Manuel Fernández-Veiga, Universidad de Vigo, ES  
Manuel Jose Fernandez Iglesias, Universidad de Vigo, ES  
Marcelo Marciszack, Universidad Tecnológica Nacional, AR  
Marcelo de Paiva Guimarães, Universidade Federal de São Paulo, BR  
Marco Painho, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT  
Maria Amelia Eliseu, Mackenzie Presbyterian University, BR  
Maria Cristina Marcelino Bento, UNIFATEA, BR  
Maria do Rosário Bernardo, Universidade Aberta, BR  
Maria Hallo, Escuela Politécnica Nacional, EC  
Maria Helena Garcia Ruiz, Universidad de Cantabria, ES  
María J. Lado, Universidad de Vigo, ES  
Maria João Ferreira, Universidade Portucalense, PT  
Maria João Gomes, Universidade do Minho, PT  
Maria José Angélico, Instituto Politécnico do Porto, PT

Maria José Sousa, Universidade Europeia, PT  
Marisol B. Correia, Universidade do Algarve, PT  
Maristela Holanda, Universidade de Brasília, BR  
Martín Llamas Nistal, Universidad de Vigo, ES  
Martín López Nores, Universidad de Vigo, ES  
Matías García Rivera, Universidad de Vigo, ES  
Mercedes Ruiz, Universidad de Cádiz, ES  
Miguel A. Brito, Universidade do Minho, PT  
Miguel Bugalho, Universidade Europeia, PT  
Miguel Casquilho, IST, Universidade de Lisboa, PT  
Mirna Ariadna Muñoz Mata, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), MX  
Nelson Rocha, Universidade de Aveiro, PT  
Nuno Lau, Universidade de Aveiro, PT  
Nuno Melão, Politécnico de Viseu, PT  
Nuno Ribeiro, Universidade Fernando Pessoa, PT  
Oscar Mealha, Universidade de Aveiro, PT  
Patricia Dias, Universidade do estado de Minas Gerais, BR  
Patrícia Oliveira, Universidade de Aveiro, PT  
Paula Prata, Universidade da Beira Interior, PT  
Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT  
Paulo Pinto, FCT, Universidade Nova de Lisboa, PT  
Paulo Rurato, Universidade Fernando Pessoa, PT  
Paulo Urbano, FC, Universidade de Lisboa, PT  
Pedro Araújo, Universidade da Beira Interior, PT  
Pedro Sanz Angulo, Universidad de Valladolid, ES  
Pedro Sobral, Universidade Fernando Pessoa, PT  
Pedro Sousa, Universidade do Minho, PT  
Pilar Mareca Lopez, Universidad Politécnica de Madrid, ES  
Ramiro Delgado, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC  
Ramon Alcarria, Universidad Politécnica de Madrid, ES  
Raul Laureano, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT  
Renato Maurício Toasa Guachi, Universidad Tecnológica Israel, Ecuador  
Ricardo J. Rodríguez, Universidad de Zaragoza, ES  
Ricardo Linden, FSMA, BR

Rita Oliveira, Universidade de Aveiro, PT  
Rita Santos, Universidade de Aveiro, PT  
Roberto Theron, Universidad de Salamanca, ES  
Rodolfo Miranda Barros, Universidade Estadual de Londrina, BR  
Román Lara, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC  
Rubén González Crespo, Universidad Internacional de La Rioja, ES  
Rui Cruz, IST, Universidade de Lisboa, PT  
Rui José, Universidade do Minho, PT  
Rui Pedro Marques, Universidade de Aveiro, PT  
Rui S. Moreira, Universidade Fernando Pessoa, PT  
Samuel Sepúlveda, Universidad de La Frontera, CL  
Santiago Gonzales Sánchez, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, PE  
Sara Balderas-Díaz, Universidad de Cádiz, ES  
Saulo Barbara de Oliveira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR  
Sérgio F. Lopes, Universidade do Minho, PT  
Sergio Gálvez Rojas, Universidad de Málaga, ES  
Sérgio Guerreiro, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, PT  
Silvia Fernandes, Universidade do Algarve, PT  
Solange N Alves de Souza, Universidade de São Paulo, BR  
Telmo Silva, Universidade de Aveiro, PT  
Teresa Guarda, Universidad Estatal Península de Santa Elena, EC  
Thiago Dias, CEFET-MG, BR  
Valéria Farinazzo Martins, Universidade Presbiteriana Mackenzie, BR  
Verónica Vasconcelos, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT  
Vicente Morales, Universidad Técnica de Ambato, EC  
Victor Flores, Universidad Católica del Norte, CL  
Victor Hugo Medina Garcia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, CO  
Vitor Carvalho, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT  
Vitor Santos, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT  
Wagner Tanaka Botelho, Universidade Federal do ABC, BR  
Xose A. Vila, Universidad de Vigo, ES





## **Nuevos desafíos en Tecnologías de Información y Comunicación**

### ***New challenges in Information and Communication Technologies***

Jezreel Mejía<sup>1</sup>, Mirna Muñoz<sup>1</sup>, Giner Alor-Hernández<sup>2</sup>, Claude Y Laporte<sup>3</sup>

{jmejia, mirna.munoz}@ciimat.mx; galorh@orizaba.tecnm.mx; claudelaporte@etsmtl.ca

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Matemáticas- Unidad zacatecas, Parque Quantum, Ciudad del Conocimiento, Avenida Lasec, andador Galileo Galilei, manzana 3 lote 7, C. P. 98160, Zacatecas, México.

<sup>2</sup>División de Estudios de Postgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 No. 852 Col. Emiliano Zapata, 94330, Orizaba, Veracruz, Orizaba, México, Orizaba, Veracruz, México.

<sup>3</sup>Department of Software and IT Engineering, École de technologie supérieure, Montreal, Canada

**DOI: 10.17013/risti.41.0**

#### **1. Introducción**

Los artículos presentados en este número fueron seleccionados de los artículos aceptados en el Noveno Congreso Internacional de Mejora de Procesos Software (CIMPS) 2020, con sede local en la Ciudad de Mazatlán, Sinaloa, México del 21 al 23 de octubre del 2020. Este congreso ha tenido una tasa de aceptación del 30% de los artículos enviados.

Los artículos publicados en este número de la Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información (RISTI), aborda temas relacionados a “Nuevos Desafíos en Tecnologías de Información y Comunicación”. Los artículos presentan versiones extendidas y mejoradas de las versiones originales que han sido presentados en el congreso CIMPS 2020.

#### **2. Estructura**

En el primer artículo, los autores abordan el uso de Kanban, ya que se ha popularizado e incrementado en la industria del software. Sin embargo, la falta de experiencia y la difícil

formación de los nuevos practicantes limitan su adopción dentro de las organizaciones. Una alternativa para resolver este problema, es hacer uso de juegos serios como herramienta en la capacitación del capital humano, ya que impulsan un cambio en su actitud, motivación y compromiso. Los autores presentan una biblioteca de juegos serios para enseñar Kanban desarrollada con el propósito de ayudar a los entrenadores a seleccionar el juego serio que cumpla con sus objetivos de enseñanza. La biblioteca fue validada por un grupo de expertos en Kanban.

En el segundo artículo presenta una plataforma virtual de aprendizaje gamificada donde los alumnos se diviertan aprendiendo a programar influyendo positivamente en su motivación por el desarrollo de actividades autónomas de aprendizaje, además que también permitió mejorar su rendimiento académico. Esta propuesta se aplicó en la asignatura Programación I (P-I) de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Central de Ecuador (UCE). Esta plataforma aplica estrategias de gamificación implementadas en una plataforma virtual de aprendizaje como apoyo a clases presenciales. Jefferson

El tercer artículo, se centra en evaluar el desempeño académico de los estudiantes de la Licenciatura en Gastronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) en entornos virtuales, específicamente en la asignatura de estadística. La metodología aplicada fue cuasi-experimental con un enfoque longitudinal descriptivo mixto por encuesta. Además, se aplicó el modelo de Proprogramación Neurolingüística (PNL) para conocer el estilo de aprendizaje predominante en los estudiantes. Finalmente, analizó el desempeño académico de los estudiantes durante el desarrollo de dos unidades de aprendizaje.

El cuarto artículo presenta una herramienta también llamada ambiente de desarrollo en conjunto de un lenguaje de programación, en idioma español, que permita programar la generación de patrones geométricos, como un apoyo a la enseñanza de STEM en México. El objetivo de la herramienta pretende que el aprendizaje de la programación se mas fácil de lo que habitualmente se percibe.

El quinto artículo presenta los factores clave para la adopción de dos tecnologías inteligentes: Big Data y el Internet de las Cosas en las universidades. Esta caracterización e integración permite concluir sobre la necesidad de alineación de la tecnología con los procesos de la organización, exigiendo una mayor interacción con la alta dirección, debido a que una universidad inteligente se centra en la mejora de su infraestructura tecnológica para alcanzar sus objetivos de calidad educativa.

El sexto artículo propone una herramienta que apoye a las Mipymes a evaluar los procesos y el proyecto con base a la norma ISO/IEC 29110 para presentarse en una futura certificación. Para ello, la herramienta fue implementada en una Mipyme de desarrollo de software previo a iniciar un proceso de certificación en esta norma. Después de la implementación de esta herramienta, la Mipyme obtuvo la certificación en la norma ISO/IEC 29110 de una manera mas controlada y guiada, ya que le permitió solucionar las observaciones con antelación antes de presentarse a un proceso de certificación.

Con respecto al séptimo artículo presenta un marco de trabajo desarrollado para aplicación de tecnología Blockchain en el ámbito de la educación. El marco está compuesto por un conjunto de pasos como referencia para elaborar aplicaciones

descentralizadas (DApps), además, presenta la elección de herramientas utilizadas en diferentes propuestas de este ámbito. Por último, se desarrolla una arquitectura robusta que puede ser implementada en diferentes DApps. El marco se valida en el caso de certificación académica y la gestión de propiedad intelectual, que incluye beneficiados y un análisis del aporte de esta tecnología en cada ámbito

Finalmente, el octavo artículo aborda uno de los grandes problemas de la humanidad que es la excesiva cantidad de residuos que se generan a nivel mundial; Aproximadamente, el 50% de los residuos generados en las ciudades son orgánicos, para darles un valor agregado se pueden transformar en composta. Por lo tanto, este artículo, presenta el desarrollo de un software embebido para un compostero doméstico inteligente. En este trabajo se presentan los resultados de la primera iteración del proceso de desarrollo de software utilizado.

## **Agradecimientos**

Agradecemos al director de la Revista Álvaro Rocha por otorgar la oportunidad para dar a conocer los trabajos mas relevantes presentados en el congreso CIMPS 2020. Asimismo, expresamos nuestra gratitud a los autores de los trabajos publicados, lo cual hizo posible este número en RISTI. Damos la enhorabuena a todos aquellos autores cuyos artículos han sido publicados en este número de RISTI.

## Índice / Index

### EDITORIAL

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Nuevos desafíos en Tecnologías de Información y Comunicación .....        | xi |
| <i>Jezreel Mejía, Mirna Muñoz, Giner Alor-Hernández, Claude Y Laporte</i> |    |

### ARTIGOS / ARTICULOS / ARTICLES

|                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Biblioteca de juegos serios para hacer más efectiva la enseñanza de Kanban acorde a objetivos de aprendizaje enfocados .....                                                                     | 1   |
| <i>Mirna Muñoz, Miguel Ángel González Pacheco, José Guadalupe Hernández Reveles</i>                                                                                                              |     |
| Aprendizaje divertido de programación con Gamificación .....                                                                                                                                     | 17  |
| <i>Jefferson Beltrán Morales, Héctor Sánchez, Mercedes Rico</i>                                                                                                                                  |     |
| Evaluación del desempeño académico en entornos virtuales utilizando el modelo PNL.....                                                                                                           | 34  |
| <i>Raquel Aguayo<sup>1</sup>, Carmen Lizarraga<sup>1</sup>, Yadira Quiñonez<sup>1</sup></i>                                                                                                      |     |
| Herramienta para la Enseñanza de la Programación usando Elementos Gráficos.....                                                                                                                  | 50  |
| <i>Iván Picie-Alcaraz, Beatriz Alejandra Olivares-Zepahua, Ignacio López-Martínez, Celia Romero-Torres, Luis Ángel Reyes-Hernández</i>                                                           |     |
| Universidad inteligente: Factores claves para la adopción de internet de las cosas y big data .....                                                                                              | 63  |
| <i>Dewar Rico-Bautista, Gina Paola Maestre-Góngora, Cesar D. Guerrero, Yurley Medina-Cárdenas, Yesenia Areniz-Arévalo, María Camila Sanchez-Velasquez, Edwin Barrientos-Avendaño<sup>1</sup></i> |     |
| Apoyando a las Mipymes en la Evaluación Interna de Procesos y Proyectos para la Certificación en la Norma ISO/IEC 29110 .....                                                                    | 80  |
| <i>Jezreel Mejía, Edgar Bonilla, Israel Faustino, Einar Jhordany, Elizabeth Villanueva</i>                                                                                                       |     |
| Un marco de trabajo basado en tecnología blockchain para mejorar la trazabilidad y la confianza en el intercambio de información entre Instituciones de Educación Superior .....                 | 97  |
| <i>María Paula Jaramillo, Nelson Piedra</i>                                                                                                                                                      |     |
| Desarrollo de un sistema embebido para un compostero doméstico inteligente .....                                                                                                                 | 112 |
| <i>Oscar Sepúlveda-Cisneros, Brenda Acevedo-Juárez, Claudia Estela Saldaña-Durán, Wilson Castro, Miguel De-la-Torre, Himer Avila-George</i>                                                      |     |

# Biblioteca de juegos serios para hacer más efectiva la enseñanza de Kanban acorde a objetivos de aprendizaje enfocados

Mirna Muñoz<sup>1</sup>, Miguel Ángel González Pacheco<sup>1</sup>, José Guadalupe Hernández Reveles<sup>2</sup>

{mirna.munoz, miguel.gonzalez}@ciimat.mx; pphdez@jag.ac

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Matemáticas- Unidad Zacatecas, Parque Quantum, Ciudad el Conocimiento  
Avenida Lassec, Andador Galileo Galilei, Manzana, 3 Lote 7, 98160. Zacatecas, México.

<sup>2</sup>Kueski. Circuito Coru.a 68, Fracc. Lomas de Galicia, Guadalupe, Zac

DOI: 10.17013/risti.41.1-16

**Resumen:** En los últimos años el uso de Kanban se ha popularizado e incrementado en la industria del software. Sin embargo, la falta de experiencia y la difícil formación de los nuevos practicantes limitan su adopción dentro de las organizaciones. Una alternativa para resolver este problema, es hacer uso de juegos serios como herramienta en la capacitación del capital humano, ya que impulsan un cambio en su actitud, motivación y compromiso. Sin embargo, al existir muchos juegos serios con este propósito dificulta la elección del más adecuado, si no se cuenta con la debida experiencia. Este artículo presenta una biblioteca de juegos serios para enseñar Kanban desarrollada con el propósito de ayudar a los entrenadores a seleccionar el juego serio que cumpla con sus objetivos de enseñanza. La biblioteca fue validada por un grupo de expertos en Kanban. Los resultados destacan que la biblioteca ayuda a centralizar la información de los juegos serios y facilita la selección de juegos adecuados a los objetivos de aprendizaje establecidos a entrenadores poco experimentados.

**Palabras-clave:** juegos serios, Kanban, formación, biblioteca de juegos serios, ingeniería de software, mejora de procesos.

## *Serious game library to make the teaching of Kanban more effective according to the learning objectives targeted*

**Abstract:** In recent years the use of Kanban has become popular and its use in the software industry increased. However, the lack of experience and the difficult in the training of new practitioners have limited its adoption within organizations. As an alternative to solve this problem, is the use of serious games as a tool to training human resources because they address a change in their attitude, motivation and commitment. However, there are many serious games for this purpose that makes difficult to choose the most appropriate game, if trainers do not have an adequate experience. This paper presents a serious game library for teaching Kanban

developed, which aims to help trainers to select the serious game that meets their teaching objectives. The library was validated by a set of Kanban experts. The results highlight that the library helps to centralize the serious games information, and facilitates the selection of the games according to the established learning objectives for inexperienced trainers.

**Keywords:** serious games, Kanban, training, serious game library, software engineering, process improvement.

## 1. Introducción

El desarrollo de software enmarca un conjunto de actividades llevadas a cabo mediante el proceso de creación, diseño, implementación y soporte de software (IBM, 2014). La ingeniería de software es el área dentro de las Ciencias de la Computación encargada de mejorar este proceso para hacerlo más rápido y con mayor calidad, para lograr este propósito, en esta área se genera una gran gama de metodologías, frameworks, herramientas y métodos.

En este contexto, en los últimos años, en un esfuerzo por hacer el proceso de desarrollo de software más rápido, se ha incrementado el uso de métodos ágiles para el desarrollo de software (State of Agile, 2019). Uno que se ha destacado es Kanban, que es una herramienta que permite gestionar las actividades del proceso de desarrollo, logrando un cambio en la forma en la que se producen y se entregan los productos y servicios (Anderson, 2010).

Sin embargo, no hay muchos expertos en Kanban, por lo que resulta difícil aumentar el número de profesionistas del desarrollo de software que lo usen, lo que ocasiona una limitada adopción dentro de las organizaciones (Ahmad et al., 2013).

Como una solución a esta problemática y con el fin de incrementar el número de practicantes de Kanban, se ha recurrido al aprendizaje basado en el juego (Game Based Learning, GBL) ya que ha demostrado que es posible aprender y evaluar el conocimiento adquirido mientras se fomenta un cambio positivo en la actitud, motivación y compromiso de los participantes (Hernández & Cadavid, 2019). Por lo que los juegos serios han sido utilizados en la capacitación en diferentes áreas como: política, defensa, salud, sector educativo y las organizaciones (Hernández & Cadavid, 2019).

Para el caso de formación en Kanban, aun cuando ya se utilizan juegos serios como parte de sus capacitaciones, debido a la gran cantidad de juegos, la poca o nula documentación dispersa de los mismos, así como la falta de experiencia por parte de los entrenadores junior, dificulta la selección de los juegos más adecuados acorde a los objetivos de aprendizaje pretendidos.

Con base en la problemática mencionada, este artículo presenta una biblioteca de juegos serios para enseñar Kanban cuyo objetivo es servir de apoyo a entrenadores, principalmente a los junior, que buscan reforzar la enseñanza de los conceptos básicos de Kanban de una forma más eficiente, y de acuerdo al perfil de los participantes y necesidades y objetivos de aprendizaje establecidos.

Después de la introducción, este artículo se estructura como sigue: la sección 2, se presenta una breve definición de Kanban y juegos serios; la sección 3, muestran los

trabajos relacionados; la sección 4, presenta la biblioteca de juegos serios para enseñar Kanban; la sección 5, muestra la validación de la biblioteca; y la sección 6, presenta las conclusiones.

## 2. Definiciones de Kanban y juegos serios

### 2.1. Kanban

Kanban es una palabra japonesa que significa “señal” o “tarjeta”, y fue originada y aplicada por primera vez en Toyota, para la industria de manufactura (Ohno, 1988). El objetivo principal de Kanban es entregar valor de forma rápida, con el uso adecuado de recursos para eliminar el desperdicio y así lograr una mayor productividad y calidad en los productos (Liker et al., 2008; Magee, 2008).

Anderson (2010), se percató de que Kanban podría aplicarse en cualquier otro tipo de industria, no sólo la automotriz, y lo adapta al desarrollo de software. Por lo tanto, hoy en día, Kanban es explicado de mejor manera a través de sus principios y prácticas fundamentales definidas por Anderson & Carmichael en (Anderson & Carmichael, 2016) y Burrows & Hohmann en (Burrows & Hohmann, 2014).

Los principios de Kanban se dividen en dos grupos:

- *Principios de gestión del cambio.* Kanban reconoce que los individuos que conforman a las organizaciones son resistentes al cambio, por lo tanto, recomienda estos tres principios para reducción de resistencia al cambio y la obtención del compromiso de los individuos para la mejora: 1) partir de lo que ya haces, 2) entender el proceso actual, y 3) respetar los roles, responsabilidades y los títulos actuales.
- *Principios de entrega de servicios.* Las organizaciones forman ecosistemas de servicios que dependen de unos con otros, Kanban recomienda tres principios que se aplican a todos esos servicios: 1) conocer y centrarse en las necesidades de los clientes, 2) permitir que los individuos sean auto-organizados en sus labores, y 3) experimentar cambios de mejora de las políticas para favorecer los resultados con los clientes y el negocio.

Las prácticas fundamentales de Kanban se listan a continuación:

1. *Visualizar:* se refiere a tener tangible el trabajo y el proceso que conlleva. A menudo se utilizan tableros electrónicos o en otros medios, y estos varían entre sistemas Kanban ya que depende de cómo serán usados.
2. *Limitar el trabajo en proceso:* se refiere a determinar y comprometerse a límites de trabajo en proceso, actividad clave de un sistema de trabajo pull, donde los objetos no empiezan hasta que el trabajo actual sea completado o abortado.
3. *Gestionar el flujo:* se refiere a que el proceso se debe enfocar en maximizar la entrega de valor, reducir los tiempos de entrega e intentar ser predecible.
4. *Hacer las políticas explícitas:* se refiere a que las políticas deben ser pocas, entendibles, estar bien definidas y al alcance de todos para que puedan ser aplicadas, sin olvidar que pueden ser cambiadas con el fin de mejorar.

5. *Implementar ciclos de retroalimentación*: se refiere a realizar actividades de retroalimentación para lograr la mejora del proceso, enfocando en alineación estratégica, coordinación operativa, gestión del riesgo, mejora del servicio, reabastecimiento, flujo y entregas a los clientes.
6. *Mejorar colaborativamente, evolucionar experimentando*: se refiere al uso de un paradigma Lean, parte de lo que ya haces y busca una mejora continua por medio de la experimentación.

## 2.2. Juegos serios

El termino se popularizó en la iniciativa de juegos serios de 2002 que tenía como objetivo enfocar en el uso de los juegos para explorar los desafíos de gestión y liderazgo que enfrentaba el sector público (Susi et al., 2015).

Entre las definiciones de juegos serios Michael & Chen (2006), mencionan que los juegos son aquellos que los mismos objetivos que el entrenamiento educativo, pero que no están delimitados solo al propósito de memorizar o enfatizar en los hechos, siendo lo más importante, que los participantes aprendan y se diviertan.

Zyda (2005, p. 26) por otra parte, describe a los juegos serios como retos mentales que se juegan a través de una computadora con reglas previamente establecidas, por lo que éstos son utilizados dentro del sector salud, educativo, política, el gobierno y empresas como herramienta de capacitación.

## 3. Trabajos relacionados

Esta sección presenta dos trabajos relacionados con la investigación, los cuales fueron seleccionados porque presentan estudios de caso donde se enseña Kanban a través de juegos serios.

La relación que hay entre estos trabajos y el que se realizó en esta investigación, es que utilizan juegos serios para enseñar el método Kanban a un grupo de interés, los estudios buscan evaluar un juego serio para enseñar Kanban y analizan si se alcanzan los objetivos de aprendizaje. Sin embargo, cabe resaltar que la biblioteca de juegos serios tiene como objetivo recolectar juegos serios para enseñar Kanban, analizar sus características y evaluar su eficacia para ofrecer herramientas a los entrenadores para enseñar el método.

López y Petrillo (Lopes & Petrillo, 2017) presentan el juego serio SimKan que utiliza una simulación estocástica para introducir aspectos aleatorios en el juego, permitiendo una experiencia cuasi verdadera en Kanban implementada en un lapso corto de tiempo y utilizando simples herramientas. SimKan para reproducir escenarios de simulación de proyectos de software para entrenar en el uso de Kanban. Simkan permite a los participantes experimentar en poco tiempo y a bajo costo las prácticas de Kanban. Por lo tanto, es posible recoger métricas, llevar a cabo debates, y adquirir experiencia sin el riesgo y el tiempo necesarios de un proyecto real, con sus características y compromisos establecidos. Los resultados muestran que SimKan es adecuado para entrenar equipos Kanban brindando resultados positivos a corto plazo y bajo costo.

Heikkilä, Paasivaara y Lassenius (Heikkilä et al., 2016) presentan un juego de mesa colaborativo para enseñar Kanban en un curso de gestión de proyectos de software en la Universidad Aalto. El objetivo del juego es medir el alcance de los objetivos de aprendizaje de la clase y estudiar la percepción de los estudiantes sobre el juego. Se recolectaron datos de dos clases en 2014 y 2015. Reunieron datos cuantitativos con cuestionarios que fueron analizados de forma descriptiva y estadística. Los estudiantes percibieron que habían aprendido bastante del juego y evaluaron su experiencia de forma muy positiva. Sin embargo, los resultados cualitativos y aprendizaje medido indicaron que los objetivos de aprendizaje se alcanzaron de forma parcial.

4. Biblioteca de juegos serios para enseñar Kanban

Para el desarrollo de la biblioteca se realizaron cuatro actividades que se describen a continuación:

4.1. Identificar juegos serios para enseñar Kanban

Se identificaron doce juegos serios para enseñar Kanban, cada juego fue analizado, para extraer sus características más importantes, consideradas de utilidad para la selección del juego de acuerdo a objetivos de aprendizaje. Los juegos serios que fueron seleccionados en su mayoría son de libre acceso. La Tabla 1 muestra los doce juegos seleccionados para ser incluidos en la biblioteca, en cada uno se lista el nivel de cobertura sobre los siete objetivos de aprendizaje de Kanban: (1) entender los conceptos básicos de Kanban; (2) entender cómo funciona un sistema Kanban; (3) aprender los 3 principios de gestión de cambio; (4) aprender los principios y prácticas fundamentales Kanban; (5) experimentar los beneficios de limitar el trabajo en proceso para mejorar el flujo de trabajo; (6) entender cómo implementar reuniones Kanban en torno al trabajo, y (7) entender las métricas principales de Kanban.

| ID | Nombre                                | Objetivos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | GetKanban (v5.0)<br>(GetKanban, 2020) | TC: (1) entender los conceptos básicos de Kanban; (2) entender cómo funciona un sistema Kanban; (5) experimentar los beneficios de limitar el trabajo en proceso para mejorar el flujo de trabajo; (6) entender cómo implementar reuniones Kanban en torno al trabajo; (7) entender las métricas principales de Kanban.<br>PC: (4) aprender los principios y prácticas fundamentales de Kanban                                                                                                                                   |
| 2  | GetKanban (v2.0)<br>(GetKanban, 2020) | Edición gratuita de GetKanban, con la particularidad de que puede ser modificado para alcanzar otros objetivos de aprendizaje.<br>TC: (1) entender los conceptos básicos de Kanban; (2) entender cómo funciona un sistema Kanban; (5) experimentar los beneficios de limitar el trabajo en proceso para mejorar el flujo de trabajo; (6) entender cómo implementar reuniones Kanban en torno al trabajo; (7) entender las métricas principales de Kanban.<br>PC: (4) aprender los principios y prácticas fundamentales de Kanban |
| 3  | Ask Kanban<br>(Vovchko, 2016)         | TC: (6) entender cómo implementar reuniones Kanban en torno al trabajo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| ID | Nombre                                             | Objetivos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | Kanban Pizza Game (Agile42, 2020)                  | TC: (1) entender los conceptos básicos de Kanban; (2) entender cómo funciona un sistema Kanban; (4) aprender los principios y prácticas fundamentales de Kanban; (5) experimentar los beneficios de limitar el trabajo en proceso para mejorar el flujo de trabajo.<br>PC: (6) entender cómo implementar reuniones Kanban en torno al trabajo.                                                  |
| 5  | Decoration Kanban (Tastycupcakes, 2020)            | TC: (1) entender los conceptos básicos de Kanban; (5) experimentar los beneficios de limitar el trabajo en proceso para mejorar el flujo de trabajo.<br>PC: (2) entender cómo funciona un sistema Kanban; (4) aprender los principios y prácticas fundamentales de Kanban.                                                                                                                      |
| 6  | The Penny Game (Netmind, 2019)                     | TC: (5) experimentar los beneficios de limitar el trabajo en proceso para mejorar el flujo de trabajo.                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 7  | Sudokuban (Unbound DNA, 2014)                      | TC: (2) entender cómo funciona un sistema Kanban; (5) experimentar los beneficios de limitar el trabajo en proceso para mejorar el flujo de trabajo.<br>PC: (1) entender cómo funciona un sistema Kanban; (4) aprender los principios y prácticas fundamentales de Kanban.                                                                                                                      |
| 8  | Kanban Tetris (Tastycupcakes, 2020)                | TC: (2) entender cómo funciona un sistema Kanban; (5) experimentar los beneficios de limitar el trabajo en proceso para mejorar el flujo de trabajo.<br>PC: (1) entender cómo funciona un sistema Kanban;                                                                                                                                                                                       |
| 9  | Kanban 1s Game (Jon Jagger, s.f.)                  | TC: (5) experimentar los beneficios de limitar el trabajo en proceso para mejorar el flujo de trabajo.                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 10 | A Dice Game (LitheSpeed, 2020)                     | TC: (5) experimentar los beneficios de limitar el trabajo en proceso para mejorar el flujo de trabajo.                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 11 | Featureban (v3.0) (Agendashift, 2015)              | TC: (1) entender los conceptos básicos de Kanban; (2) entender cómo funciona un sistema Kanban; (4) aprender los principios y prácticas fundamentales de Kanban; (5) experimentar los beneficios de limitar el trabajo en proceso para mejorar el flujo de trabajo; (7) entender las métricas principales de Kanban.<br>PC: (6) entender cómo implementar reuniones Kanban en torno al trabajo. |
| 12 | Juego de los barcos de papel (Klaus Leopold, s.f.) | TC:(1) entender los conceptos básicos de Kanban; (2) entender cómo funciona un sistema Kanban; (5) experimentar los beneficios de limitar el trabajo en proceso para mejorar el flujo de trabajo.<br>PC: (4) aprender los principios y prácticas fundamentales de Kanban.                                                                                                                       |

TC: totalmente cubierto; PC: parcialmente cubierto

Tabla 1 – Juegos seleccionados para enseñar Kanban

#### 4.2. Probar y evaluar la eficacia de los juegos serios

Para probar y evaluar la eficiencia de los juegos, se seleccionó una muestra de dos de los juegos (Featureban v3 y el juego de los barcos de papel), y se implementaron en talleres realizados en tres ciudades de México: Aguascalientes, Pachuca y Zacatecas. Los juegos serios se utilizaron como herramienta de apoyo para enseñar Kanban en un ambiente real.

Los juegos serios fueron evaluados siguiendo la propuesta de Ghannem (2014), por lo que se enfocó en la usabilidad y el cumplimiento de sus objetivos de aprendizaje, así como la motivación e inmersión de los participantes. Para realizar la medición, se elaboró un cuestionario dividido en dos partes. La primera parte, implementada al iniciar el taller, tuvo como objetivo conocer los datos demográficos, experiencia previa en Kanban y

obtener un punto de referencia de los conocimientos de los conceptos básicos de Kanban de los participantes. La segunda parte, implementada posterior a finalizar el juego, tuvo como objetivo medir el conocimiento adquirido de los conceptos básicos de Kanban, así como la percepción de los jugadores hacia el juego, su motivación e inmersión al momento de jugar.

Además, se utilizó una escala de Likert de 10 valores para evaluar el conocimiento de los participantes para cada concepto de Kanban. Las encuestas fueron utilizadas en los tres talleres respectivamente, sin embargo, para el último taller se modificó la forma en la que se evaluaron los conceptos básicos de Kanban, utilizando opciones múltiples con respuestas correctas que otorgaban puntos positivos, y respuestas incorrectas que otorgaban puntos negativos, de esta forma se calculaba su valoración entre 0 y 10. La Figura 1 muestra los resultados del promedio para cada concepto de Kanban de las encuesta previa y posterior de cada taller.

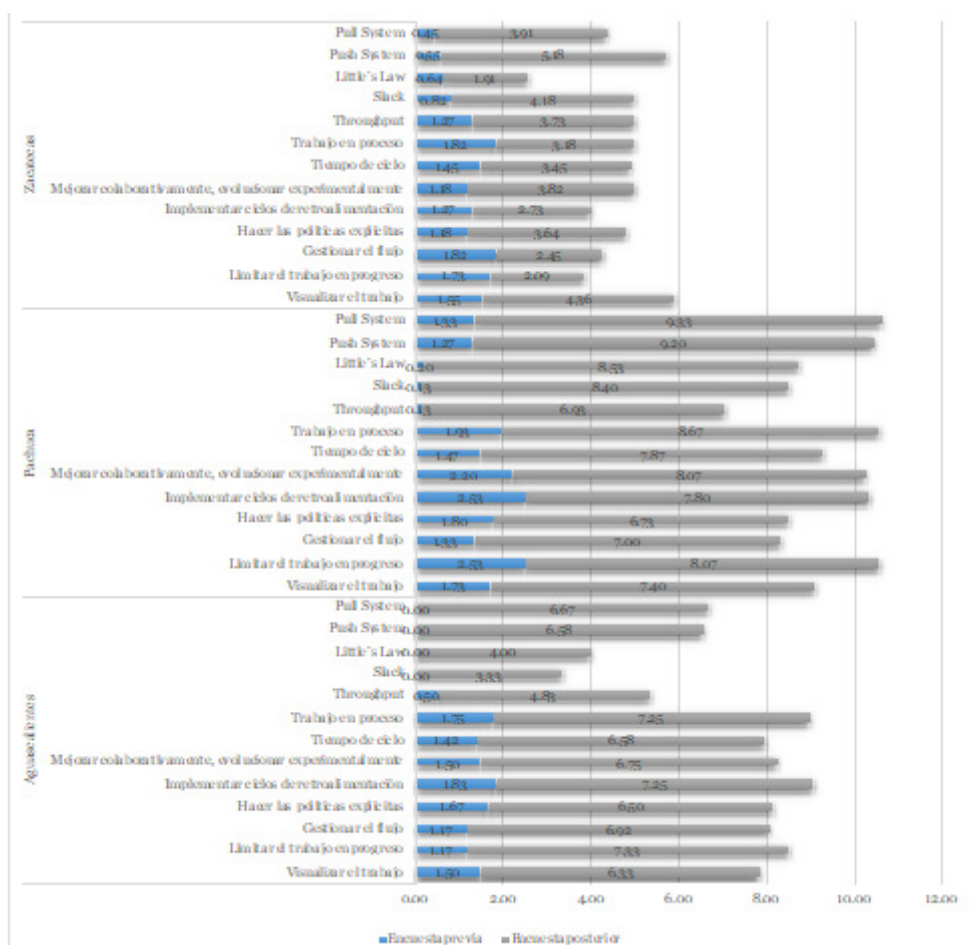


Figura 1 – Resultados del promedio de conocimiento de los conceptos de Kanban de los talleres

Como se observa en la gráfica de la Figura 1, en Aguascalientes los conceptos básicos que obtuvieron los mejores resultados fueron “Limitar el trabajo en proceso” e “Implementar ciclos de retroalimentación” con 7.33 y 7.25 respectivamente. Las principales métricas tuvieron una mejora significativa una vez que se explicaron con la ayuda de los juegos serios. Los conceptos sobre los sistemas de trabajo también obtuvieron resultados significativos, puesto que pasaron de un promedio de 0 a superiores a 6.

En el caso de Pachuca, los conceptos básicos de Kanban que obtuvieron mejores resultados fueron “Limitar el trabajo en proceso” y “Mejorar colaborativamente, evolucionar experimentado” cuyos promedios son de 8. Al igual que en Aguascalientes, las principales métricas también obtuvieron mejoras significativas al pasar de promedios inferiores a 2 a promedios superiores a 6. Lo mismo pasó con los conceptos sobre los sistemas de trabajo que obtuvieron promedios superiores a 9, así mismo, los conceptos de “Slack” y “Little’s Law” obtuvieron promedios superiores a 8 debido a que el instructor constantemente está mejorando su curso.

En Zacatecas la diferencia es visible, y esto se debe al cambio en la forma de evaluar los conocimientos obtenidos. Aun así, se puede ver que también hubo mejora en todos los conceptos. Los conceptos básicos que obtuvieron los mejores resultados son “Visualizar el trabajo”, “Hacer las políticas explícitas” y “Mejorar colaborativamente, evolucionar experimentado” con promedios que van desde 1.55 a 4.36, 1.18 a 3.64 y 1.18 a 3.82 respectivamente. Las principales métricas obtuvieron promedios superiores a 3, los conceptos de “Slack” y “Little’s Law” pasaron de promedios inferiores a 1 a promedios de 4.18 para “Slack” y 1.91 para “Little’s Law”. Finalmente, los sistemas de trabajo pasaron de promedios inferiores a 1, a promedios de 5.18 para el sistema push y 3.91 para el sistema pull.

Estos resultados concuerdan con los objetivos de aprendizaje que persiguen los juegos serios aplicados ya que los participantes experimentaron los beneficios de limitar el trabajo en proceso con el uso de un tablero Kanban, así como simular ambos sistemas de trabajo (sistema push y sistema pull) para identificar sus diferencias.

### 4.3. Desarrollo de la biblioteca

La biblioteca se desarrolló siguiendo un proceso de cuatro etapas principales, en cada una se realizaron diferentes actividades que se describen a continuación en la Tabla 2.

| <b>Etapas</b>          | <b>Descripción</b>                                                                                                       | <b>Actividades</b>                                                                                                                                                                                        | <b>Productos generados</b>                                               |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Análisis de requisitos | Entendimiento y definición de los requisitos del proyecto y establecimiento de los planes de desarrollo de la biblioteca | Establecer los requisitos del proyecto<br>Definir los objetivos del proyecto<br>Establecer las métricas de éxito, características principales, riesgos, asunciones y dependencias, alcance y limitaciones | Documento de visión y alcance<br>Documento de requisitos arquitecturales |

| Etapa                       | Descripción                                                                                                     | Actividades                                                                                                                                                                                                                   | Productos generados      |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Diseño de alto y bajo nivel | Elaboración de los diagramas que describen el proyecto de software tanto del funcionamiento general y detallado | Realizar la selección de la tecnología para el desarrollo de software<br>Elaborar un diagrama de contexto y de contenedores que describen la estructura general del software<br>Elaborar diagramas de casos de uso y de flujo | Documento de diseño      |
| Desarrollo y pruebas        | Codificar el producto de software y realizar las pruebas a la par de la codificación                            | Codificar<br>Probar                                                                                                                                                                                                           | Código fuente            |
| Lanzamiento o despliegue    | Lanzar a producción el producto de software para que los entrenadores puedan acceder a la plataforma            | Preparar el proyecto para su lanzamiento en Heroku (Salesforce, 2020)<br>Lanzar la biblioteca a producción<br>Realizar pruebas                                                                                                | Biblioteca en producción |

Tabla 2 – Proceso de desarrollo de la biblioteca

#### 4.4. Lanzamiento o despliegue de la interfaz de la biblioteca

La biblioteca puede ser accedida desde el siguiente enlace <https://bibliotecajuegosserios.herokuapp.com>. A continuación se describen brevemente las tres partes principales que la componen:

La página principal (Figura 2), esta sección sirve para describir brevemente el contexto y motivaciones que llevaron a la realización de este trabajo, la experiencia obtenida al participar en los talleres, las partes que conforman la página web, la definición de los conceptos utilizados y sobre las personas que ayudarán en su desarrollo.

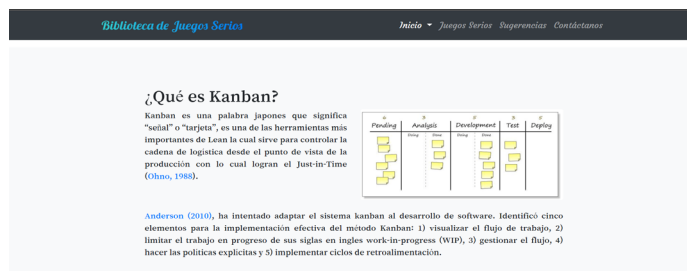


Figura 2 – Página principal de la biblioteca

La sección de la colección de los doce juegos serios donde es posible visualizar algunas de sus características (Figura 3). Así mismo, es posible visualizar todas las características de

cada juego ingresando a los detalles. Para cada juego se describe cómo se implementan los principios, prácticas y métricas principales de Kanban, así como los objetivos de aprendizaje que cubre.



Figura 3 – Colección de juegos serios

La sección de sugerencias (Figura 4), la cual tiene como objetivo brindar recomendaciones sobre objetivos de aprendizaje, juegos serios y consejos complementarios.



Figura 4 – Sugerencias complementarias

## 5. Validación de la biblioteca

Para validar la biblioteca se utilizó el método empírico de juicio de expertos, el proceso y las actividades que se realizaron se describe a continuación:

1. *Presentación de la propuesta y definición de las características a evaluar:* se redactó un documento donde se proporciona el contexto del problema, se explica la solución que se propone, y se muestra la propuesta que se desarrolló de la cual se desea obtener su opinión de expertos. Las características a evaluar se muestran en la Tabla 3.

| Característica                                           | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Colección de juegos serios                               | Es una lista de juegos serios para enseñar Kanban descritos y caracterizados.                                                                                                                                                                                    |
| Caracterización de los juegos serios                     | La caracterización se refiere a las secciones que presentan cada juego de forma detallada, por ejemplo, autores, duración, licencia, tipo de actividad, complejidad, dificultad, idioma, prerequisites, cantidad de jugadores, etc.                              |
| Cobertura de objetivos de aprendizaje                    | Los objetivos de aprendizaje mencionados en esta sección, están alineados a la primera certificación de Kanban (Team Kanban Practitioner®) de la Kanban University. En esa sección se describe si el juego serio cubre total, parcial o no cubre dicho objetivo. |
| Principios, prácticas y métricas fundamentales de Kanban | Estas secciones describen cómo cada juego serio implementa o no cada principio y/o práctica de Kanban, así como la enseñanza de las principales métricas.                                                                                                        |
| Sugerencias                                              | Son sugerencias sobre juegos serios, objetivos de aprendizaje, y consejos para los diferentes perfiles de participantes, que pueden servir para obtener mejores resultados.                                                                                      |

Tabla 3 – Características a evaluar

2. *Definición de los expertos para su selección:* se definieron dos perfiles y criterios que se deben cumplir para considerar a un individuo como experto. Para la validación de esta biblioteca se contó con la participación de 15 expertos con los perfiles y criterios mostrados en la Tabla 4.

| Perfil                               | Formación                                                                                                   | Entorno laboral                                                                                                                                                                                                                                            | Experiencia                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Entrenadores Kanban                  | Contar al menos con un certificado Accredited Kanban Trainer® (AKT) por la Kanban University.               | Se dedica a dar cursos y/o talleres de Kanban.<br>Da consultoría a las organizaciones acerca de la implementación de Kanban.                                                                                                                               | Que tengan conocimientos en los materiales de capacitación de KMP.<br>Tener por lo menos 1 año de experiencia en el uso del Método Kanban.<br>Haber impartido por lo menos 3 cursos y/o talleres de Kanban. |
| Profesores con experiencia en Kanban | Haber asistido a un taller o curso de Kanban al mismo nivel que la certificación Kanban System Design KMP1. | Ser docente de una universidad de carreras afines a las Tecnologías de la Información o Ciencias de la Computación donde imparte Kanban como curso o dentro de alguna materia.<br>Es encargado de la capacitación de una organización donde imparte Kanban | Conoce los conceptos básicos del Método Kanban, así como sus prácticas, principios y métricas fundamentales.<br>Tener experiencia en el uso de Kanban, por lo menos a nivel personal.                       |

Tabla 4 – Perfiles y criterios de expertos

3. *Elaboración del instrumento de recolección de la información:* se desarrolló un cuestionario para evaluar la utilidad, presentación y facilidad de uso de la biblioteca. Este instrumento fue elaborado utilizando Google Forms porque facilita la recolección y análisis de los datos. La Tabla 5 muestra las preguntas del instrumento de evaluación. La escala utilizada es de 1 a 5 como a continuación se describe: (1) Totalmente en desacuerdo; (2) En desacuerdo; (3) Ni en desacuerdo ni de acuerdo; (4) De acuerdo; (5) Totalmente de acuerdo.

| Pregunta |                                                                                                                                                                            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | ¿Considera que tener una colección de juegos serios para enseñar Kanban es de utilidad para usted?                                                                         |
| 2        | ¿Considera que las características de los juegos serios que se presentan en la biblioteca ayudan a la elección del juego serio para enseñar Kanban?                        |
| 3        | ¿Considera que conocer la cobertura de los objetivos de aprendizaje para enseñar Kanban le ayuda a elegir el juego serio que más se adecue a sus necesidades de enseñanza? |
| 4        | ¿Conocer el cómo cada juego serio implementa las prácticas, principios y métricas fundamentales de Kanban le ayuda a elegir el juego serio para enseñar Kanban?            |
| 5        | ¿Consultar sugerencias de acuerdo al perfil de los participantes y su experiencia en Kanban le resulta útil?                                                               |
| 6        | ¿Fue fácil acceder a la colección de juegos serios?                                                                                                                        |
| 7        | ¿La forma en que se presentan las características de los juegos serios le resulta adecuada?                                                                                |
| 8        | ¿Fue fácil consultar las sugerencias de acuerdo al perfil de los participantes?                                                                                            |
| 9        | ¿La forma en que se presentan las sugerencias le facilita su comprensión?                                                                                                  |
| 10       | ¿Cuáles serían sus sugerencias de mejora?                                                                                                                                  |

Tabla 5 – Preguntas del instrumento de medición

4. *Recolección de las respuestas de los expertos:* se preparó un paquete con el documento de presentación de la propuesta, la definición de los perfiles de expertos y un enlace a la encuesta. Este paquete fue enviado por correo electrónico a los sujetos que cumplían con los criterios.
5. *Análisis e interpretación de los datos:* una vez terminado de recolectar las respuestas, se llevó a cabo el análisis e interpretación de los datos.

### 5.1. Análisis de resultados

En esta sección se muestran los resultados obtenidos de las respuestas de los expertos a cada una de las preguntas del instrumento de medición.

Las preguntas de la 1 a la 5 evalúan la utilidad de la biblioteca, las preguntas 6 y 8 evalúan la facilidad de uso, las preguntas 7 y 9 evalúan la presentación y la pregunta 10 es un espacio abierto para que los expertos dejen sus comentarios de mejora.

La Figura 5 muestra los resultados de las preguntas de la 1 a la 5.

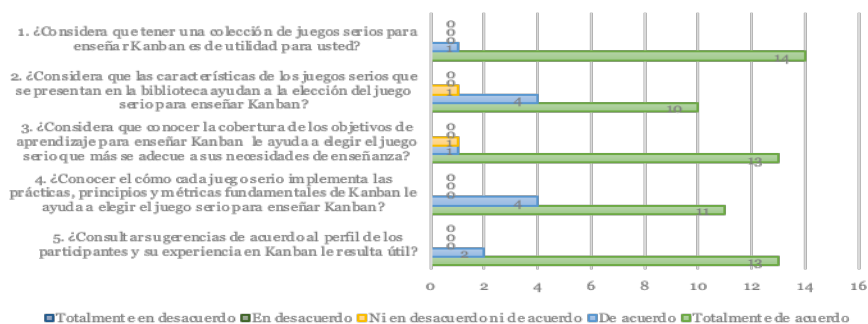


Figura 5 – Evaluación de la utilidad de la biblioteca

Como se observa en la figura, los expertos están de acuerdo en que todas las características de la biblioteca son de utilidad para los entrenadores Kanban.

La Figura 6 muestra los resultados a las preguntas sobre la facilidad de uso de las características de la biblioteca.

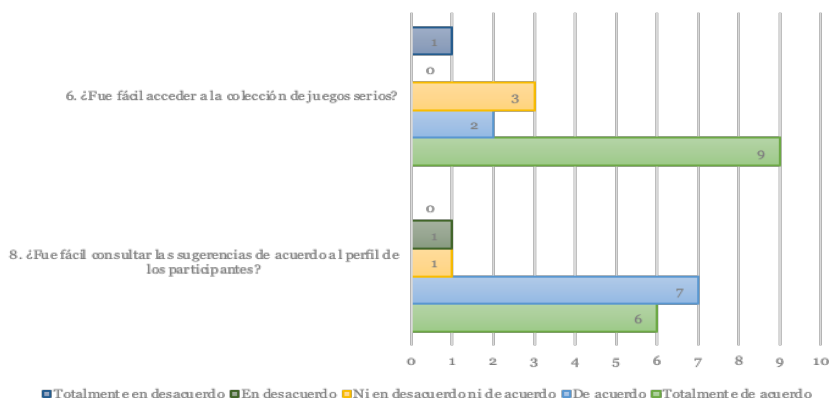


Figura 6 – Evaluación de la facilidad de uso de la biblioteca

Como se observa en la figura 73.33 % de los expertos están de acuerdo que es fácil acceder a la colección de los juegos serios y el 86.67% no tuvieron problemas para visualizar las sugerencias. Estos resultados arrojan que todavía se pueden mejorar las instrucciones o guías de uso de la biblioteca.

La Figura 7 muestra los resultados a las preguntas 7 y 9 que evalúan la presentación de las características de la biblioteca.

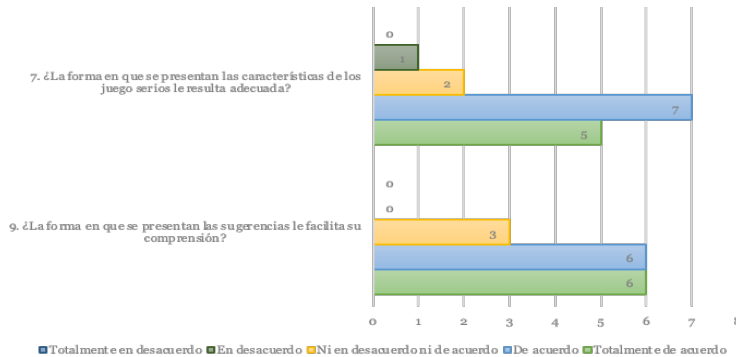


Figura 7 – Evaluación de la presentación de la biblioteca

Como se observa en la figura, 80% de los expertos coincidieron estar de acuerdo que la forma en la que se presentan las características de los juegos serios y las sugerencias es adecuada. Nuevamente estos resultados demuestran que es posible mejorar la presentación de los elementos de la biblioteca.

## 6. Conclusiones

Kanban, que fue adaptado a la Ingeniería de Software, ha ganado popularidad tanto dentro como fuera de la industria del software, sin embargo, esta popularidad puede tener sus riesgos, ya que implementarlo erróneamente puede dar resultados esperados. Por ello, la importancia de aplicar métodos de capacitación robustos que enseñen los conceptos básicos de Kanban y cómo implementarlo eficientemente.

Este artículo presenta una propuesta que tiene como propósito ser un repositorio concentrado de juegos serios para la enseñanza de Kanban, como apoyo para los entrenadores y profesores con poca o nula experiencia para facilitar la elección de aquellos que puedan ser de mayor utilidad con base a objetivos de aprendizaje establecidos.

La biblioteca fue validada por expertos en Kanban que evaluaron tres características de la biblioteca: utilidad, presentación y facilidad de uso. Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que la biblioteca es útil como herramienta de apoyo para entrenadores y profesores junior que enseñan Kanban.

La biblioteca, por lo tanto, brinda una solución al problema de hacer efectiva la enseñanza en Kanban, sin embargo, aún falta mucho trabajo por hacer, como la creación de un instrumento de evaluación que permita saber que juegos son los más adecuados para enseñar objetivos específicos de Kanban, además de incrementar el catálogo de juegos serios.

## Referencias

- Agendashift. (2015). Featureban. Recuperado de <https://www.agendashift.com/resources/featureban>
- Agile42. (2020). Kanban Pizza Game. Recuperado de <https://www.agile42.com/en/agile-teams/kanban-pizza-game/>
- Ahmad M. O., Markkula, J., & Oivo, M. (2013). *Kanban in Software Development: A Systematic Literature Review*. <https://doi.org/10.1109/SEAA.2013.28>
- Anderson, D. J., & Carmichael, A. (2016). *Essential Kanban Condensed*. Lean Kanban University Press. <https://books.google.com.mx/books?id=I4HeswEACAAJ>
- Anderson, D. J. (2010). *Kanban: Successful Evolutionary Change For Your Technology Business*. Blue Hole Press. <https://doi.org/10.1093/infdis/jit779>
- Burrows, M., & Hohmann, L. (2014). *Kanban from the Inside*. Blue Hole Press. <https://books.google.com.mx/books?id=bIrnoQEACAAJ>
- Emmerich, K., & Bockholt, M. (2016). Serious Games Evaluation: Processes, Models, and Concepts. In R. Dörner, S. Göbel, M. Kickmeier-Rust, M. Masuch, & K. Zweig (Eds.), *Entertainment Computing and Serious Games: International GI-Dagstuhl Seminar 15283*, Dagstuhl Castle, Germany, July 5-10, 2015, Revised Selected Papers (pp. 265–283). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-46152-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-46152-6_11)
- GetKanban. (2020). GetKanban. Recuperado de <https://getkanban.com/>
- Ghannem, A. (2014). Characterization of Serious Games Guided by the Educational Objectives. *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 227–233. <https://doi.org/10.1145/2669711.2669904>
- Heikkilä, V. T., Paasivaara, M., & Lassenius, C. (2016). Teaching university students Kanban with a collaborative board game. 471–480. <https://doi.org/10.1145/2889160.2889201>
- Hernández, M., & Cadavid, J. (2019). *A Systematic Literature Review on Organizational Training Using Game-Based Learning*. In: *4th Iberoamerican Workshop, HCI-Collab 2018, Popayán, Colombia, April 23–27, 2018, Revised Selected Papers* (pp. 1–18). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-05270-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05270-6_1)
- IBM Research. (2014). Software Development. IBM Recuperado de: [https://researcher.watson.ibm.com/researcher/view\\_group.php?id=5227](https://researcher.watson.ibm.com/researcher/view_group.php?id=5227)
- Jagger, J. (2021). Jon Jagers' Kanban 1s Board Game. Recuperado de <https://vdocuments.mx/jon-jagers-kanban-1s-board-game.html>
- Larson, K. (2020). Serious Games and Gamification in the Corporate Training Environment: a Literature Review. *TechTrends*, 64(2), 319–328. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00446-7>

- Leopold K. (2021). Paper Boats Flow Simulation - Facilitation Package. Recuperado de <https://www.squirrelnorth.com/post/paper-boats-flow-simulation-facilitation-package>
- Liker, J. K., Hoseus, M., & Center for Quality People and Organizations. (2008). *Toyota Culture: The Heart and Soul of the Toyota Way*. McGraw-Hill Education. <https://books.google.com.mx/books?id=mfqDBQLlinkC>
- LitheSpeed. (2020). An exercise in flow – The Dice Game. Recuperado de <https://lithespeed.com/an-exercise-in-flow-the-dice-game/>
- Lopez, F., & Petrillo, F. (2017). SimKan: Training Kanban Practices Through Stochastic Simulation. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-55907-0\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-55907-0_10)
- Michael, D., & Chen, S. (2006). *Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform*.
- Netmind. (2020). El juego ágil “Penny Game”: descubre la influencia de los tickets en un tablero Kanban. Recuperado de <https://netmind.net/es/el-juego-agil-penny-game/>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Taylor & Francis. <https://books.google.com.mx/books?id=QebEDwAAQBAJ>
- Salesforce. (2020). Heroku. Recuperado de <https://www.heroku.com>
- State of Agile (2019). 13th Annual State of Agile Report. CollabNet VersionOne, 13, 16. Recuperado de: <https://stateofagile.com/#ufh-i-613553418-13th-annual-state-of-agile-report/7027494>
- Susi, T., Johannesson, M., & Backlund, P. (2015). *Serious Games - An Overview*.
- Tastycupcakes (2020). Kanban Tetris. Recuperado de <https://www.tastycupcakes.org/2012/08/kanban-tetris/>
- Tastycupcakes (2020). Decoration Kanban. Recuperado de <https://www.tastycupcakes.org/2017/07/decoration-kanban/>
- Unbound DNA (2014). Sudokuban a Kanban in action - Puzzle Game. Recuperado de <http://www.unbounddna.com/resources/agile-games/sudokuban-a-kanban-in-action-puzzle-game/>
- Wovchko, B. (2016). Ending stale stand-ups with Ask Kanban. HUGE I/O Adventures in Lean & Agile. Recuperado de <https://blog.huge.io/ending-stale-stand-ups-with-ask-kanban-64de6c084d60>
- Zyda, M. (2005) From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25-32

# Aprendizaje divertido de programación con Gamificación

Jefferson Beltrán Morales<sup>1</sup>, Héctor Sánchez<sup>2</sup>, Mercedes Rico<sup>2</sup>

[jtbltran@uce.edu.es](mailto:jtbltran@uce.edu.es); [sasah@unex.es](mailto:sasah@unex.es); [mricogar@unex.es](mailto:mricogar@unex.es)

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

<sup>2</sup> Centro Universitario de Mérida, Universidad de Extremadura, Mérida, España.

DOI: 10.17013/risti.41.17-33

**Resumen:** Aplicar estrategias de gamificación implementadas en una plataforma virtual de aprendizaje como apoyo a clases presenciales, es una propuesta educativa que incrementa la motivación y compromiso en la realización de actividades y tareas autónomas haciendo divertido el aprendizaje. Esta propuesta se aplicó en la asignatura Programación I (P-I) de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Central de Ecuador (UCE), donde se evaluó el rendimiento académico de los estudiantes comparando grupos: experimental (metodología gamificada) y de control (metodología tradicional). Mediante encuestas también se valoró el curso gamificado y las estrategias empleadas que más aportaron a hacer divertido el aprendizaje. Como conclusión de la investigación se tiene que una plataforma virtual de aprendizaje gamificada hizo que los alumnos se diviertan aprendiendo a programar influyendo positivamente en su motivación por el desarrollo de actividades autónomas de aprendizaje, además que también permitió mejorar su rendimiento académico.

**Palabras-clave:** Gamificación; e-Learning; Programación; Motivación; Actividades de aprendizaje.

## *Fun programming learning with Gamification*

**Abstract:** Applying gamification strategies implemented in a virtual learning platform as support for face-to-face classes, is an educational proposal that increases motivation and commitment in carrying out autonomous activities and tasks, making learning fun. This proposal was applied in the Programming I (PI) subject of the Faculty of Engineering and Applied Sciences (FEAS) of the Central University of Ecuador (CUE), where the academic performance of the students was evaluated by comparing groups: experimental (gamified methodology) and control (traditional methodology). Surveys also assessed the gamified course and the strategies used that contributed the most to making learning fun. As a conclusion of the research, a gamified virtual learning platform made the students have fun learning to program, positively influencing their motivation for the development of autonomous learning activities, in addition to improving their academic performance.

**Keywords:** Gamification; e-Learning; Programming; Motivation; Learning activities.

## 1. Introducción

Uno de los principales problemas que enfrentan los docentes es cómo conseguir de sus estudiantes una motivación adecuada y el compromiso en el proceso de aprendizaje. (Mas & Medinas, 2007). Las asignaturas relacionadas a la programación no están fuera de esta problemática, los profesores de programación observan que, en general, los alumnos de primer y segundo semestres muestran algunos rasgos que dificultan el aprendizaje, tales como: falta de implicación estudiantil y apatía por la programación (Oviedo & Ortiz Uribe, 2012). La programación requiere de mucha práctica, y que para mantenerla los estudiantes deben estar adecuadamente motivados (Jenkins, 2001) (Fuentes-Rosado & Moo-Medina, 2017). Los alumnos prefieren más la práctica que la teoría, pero no les gusta las actividades de aprendizaje autónomas, mostrando una falta de motivación por el autoaprendizaje (Beltrán, Sánchez, & Rico, Análisis cuantitativo y cualitativo del aprendizaje de Programación I en la Universidad Central del Ecuador, 2015).

El docente debe entonces incidir sobre el aprendizaje de sus alumnos a través del desarrollo de la motivación por el estudio de programación; proponiendo estrategias e implementando métodos, herramientas y recursos que favorezcan la motivación intrínseca para el estudio, creando un espacio emocionante y agradable que fomente la participación y el interés por la programación y por las tareas fuera del aula (González C & Mora, 2015).

Los avances de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) a través de los entornos virtuales de aprendizaje (EVA), aportan instrumentos para el desarrollo del proceso educativo de una manera más integrada, que junto a estrategias de Gamificación ayudan a promover la motivación en el desarrollo de las actividades de aprendizaje, se estimula la participación activa de los estudiantes, genera un proceso de retroalimentación entre los compañeros de estudio, se crea confianza entre los alumnos y convierte las actividades difíciles en procesos más sencillos (Mas & Medinas, 2007) (Lorenzo & Buendía, 2016).

En educación, la gamificación se aplica desarrollando actividades para lograr ciertos objetivos de aprendizaje, los estudiantes participan en un entorno divertido y competitivo aumentando de esta manera su motivación (Kyriakova, Angelova, & Yordanova, 2014). La gamificación implementada en un entorno e-Learning, influye en la mejora del rendimiento de los estudiantes, principalmente en el desarrollo de sus tareas en ambientes virtuales, y en menor medida en las calificaciones (Ibáñez, Di-Serio, & Delgado-Kloos, 2014) (Urh, Vukovic, Jereb, & Pintar, 2015).

La presente investigación presenta los resultados de aplicar la metodología de Aprendizaje Gamificada propuesta dentro un entorno e-Learning, con el objetivo de incrementar la motivación y el compromiso en el desarrollo de tareas autónomas de aprendizaje en la asignatura P-I de la FICA de la UCE. Se describe el marco teórico, la metodología de investigación usada, luego se detallan los resultados obtenidos, y finalmente se listan las conclusiones y se proponen futuros trabajos de investigación.

## 2. Marco teórico

La gamificación es “el empleo de mecánicas de juego en entornos y aplicaciones no lúdicos, con el fin de potenciar la motivación, la concentración, el esfuerzo, la fidelización y otros valores positivos comunes a todos los juegos” (González C & Mora, 2015). Mediante la aplicación de ciertos elementos lúdicos, como insignias, puntos, tableros, etc., los jugadores incrementan su tiempo de participación en el juego, colaboran más y sobre todo que aprenden gracias a la información que reciben durante su estancia en el mismo. De esta forma se consigue que el jugador adquiera conocimientos de los que carecía, haciendo importante su uso para fines educativos.

En educación, la gamificación es “el uso de los elementos de juego (dinámicas, mecánicas y componentes) en un ambiente de aprendizaje, generalmente apoyado en las TIC” (Simões, Díaz, & Fernández, 2013). Las técnicas usadas en la gamificación se transforman en estrategias útiles para aplicarlas en la enseñanza, contribuyendo a la motivación de los alumnos hacia el aprendizaje. Es este contexto, la gamificación trata de sistematizar un procedimiento a la hora de impartir las clases, o en la realización de actividades innovadoras y divertidas de aprendizaje (Ibáñez, Di-Serio, & Delgado-Kloos, 2014), aumentando su interés y grado de atención, la actividad investigadora y la adquisición y consolidación de conocimientos (Serna, Mauricio, San Miguel, & Megías, 2016) (Pérez & Almela, 2018). Estas actividades pueden ser autónomas, es decir, tareas que por sí solo puede realizar el alumno con una adecuada guía del docente (aprender a aprender).

Una de las plataformas virtuales más usadas como apoyo al proceso de aprendizaje es Moodle, pues posee varias características, funcionalidades y plugins que permiten implementar fácil y efectivamente las dinámicas y mecánicas de juego, como: puntos, insignias, tableros, avatares, barras de progreso, etc. (Cacho & Rodrigo, 2014).

Varios investigadores proponen métodos donde el estudiante aprende a programar completando tareas de programación (codificación y ejecución de código) con retroalimentación correctiva dentro de una interfaz e-Learning basada en el juego (Watson, Li, & Lau, 2011) (Guo, Chai, & Qian, 2010). A diferencia del aprendizaje tradicionales, este concepto apoyado en las dinámicas y mecánicas de juego que ofrece la gamificación, desafíos, niveles de juego y experiencia e-Learning (Schefer-Wenzl & Miladinovic, 2018); permite un aprendizaje divertido, desarrollando rápidamente en los alumnos una comprensión de los conceptos de programación a través de un conjunto de ejemplos, además de fomentar la motivación, colaboración, participación, trabajo en equipo y el compromiso en actividades de desarrollo de software (Machuca-Villegas, Gasca-Hurtado, Restrepo, & Puente, 2020) (Gasca-Hurtado, Gómez-Álvarez, & Manrique-Losada, 2019).

## 3. Desarrollo Experimental - Metodología

### 3.1. Contexto

La investigación se realizó en la asignatura presencial P-I en la FICA de la UCE entre los años 2015 y 2019 en 9 cursos (S1, S2, S3, S4, S5, S6-1, S6-2, S7-1, S7-29). P-I se imparte en el primer semestre de las Carreras de Ingenierías: Informática, Matemática, Computación

Gráfica, Diseño Industrial, Computación y Sistemas de Información, periodo dividido en dos hemi-semestres, en el primero (I H-S) el estudiante adquiere los conocimientos iniciales para diseñar algoritmos usando pseudocódigo y diagramas de flujo, para en el segundo hemi-semester (II H-S) aprender los fundamentos de programación en Java utilizando las diferentes técnicas algorítmicas de la programación estructurada y de la programación orientada a objetos (clases, objetos, atributos y métodos).

### 3.2. Hipótesis y Variables

- Hipótesis: La implementación de estrategias de gamificación sobre una plataforma virtual de aprendizaje para desarrollar tareas autónomas influye sobre la motivación de los estudiantes y contribuye en mejorar su rendimiento académico, en la asignatura P-I de la FICA de la UCE.
- Variable independiente: Estrategias de gamificación.
- Variables dependientes:
  - Motivación.
  - Rendimiento académico.

### 3.3. Diseño de la Investigación y Muestra

Las principales actividades de la investigación se muestran en la Figura 1:

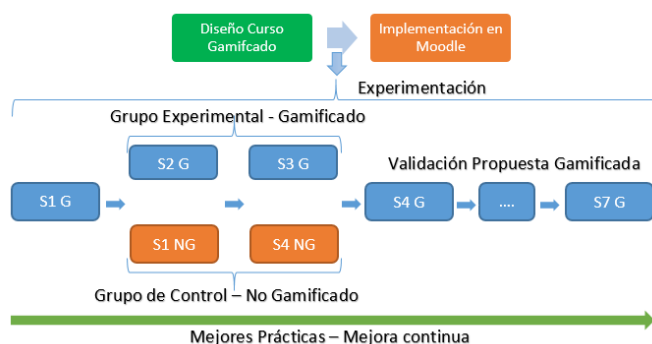


Figura 1 – Diseño de la investigación

Con un enfoque cuantitativo, para medir los resultados del Aprendizaje Gamificado sobre la motivación y el compromiso de los estudiantes en el desarrollo de tareas autónomas y el rendimiento académico, se realizó un estudio con alcance explicativo, con un diseño cuasi-experimental con grupos de control (metodología normal) y experimental (metodología gamificada), en el que se emplean grupos intactos de comparaciones ya existentes, no equivalentes (Tejedor, 2000).

En el I H-S de todos los periodos se usó la metodología tradicional o normal. Inicialmente, se analizó en forma cuantitativa las notas finales en los S1, S2 y S3. En el II H-S del S1 se aplicó la metodología gamificada para todos los estudiantes; en cambio, en el S2 se crearon dos grupos en forma aleatoria para aplicar las dos metodologías por separado.

Luego, en el II H-S del S3, se usaron las metodologías normal y gamificada en diferentes carreras. En cada experiencia se aplicaron mejoras metodológicas y tecnológicas a partir de la evaluación de la experiencia anterior. Cabe señalar que; en los dos grupos, control y experimental, el sílabo y los exámenes fueron comunes. Finalmente, en los siguientes semestres para validar la metodología propuesta, en el II H-S se utilizó la metodología gamificada. En la Tabla 1, se muestra la cantidad de estudiantes por metodología en cada semestre.

Además, con un enfoque cualitativo se aplicaron encuestas electrónicas anónimas a los estudiantes que terminaron el curso gamificado con el objetivo de valorar cuáles estrategias de gamificación aplicadas motivan, incentivan y comprometen a los estudiantes en el aprendizaje de P-I y permiten obtener mejores calificaciones. La cantidad de alumnos que responden la encuesta se listan en la Tabla 1.

| Semestre | Metodología | Carrera Ingeniería      | Total | II H-S | Responde Encuesta |
|----------|-------------|-------------------------|-------|--------|-------------------|
| S1       | Gamificada  | Computación Gráfica     | 17    | 10     | 9                 |
| S2       | Normal      | Matemática              | 12    | 6      | -                 |
| S2       | Gamificada  | Matemática              | 13    | 10     | 10                |
| S3       | Normal      | Diseño Industrial       | 31    | 28     | -                 |
| S3       | Gamificada  | Matemática              | 33    | 32     | 30                |
| S4       | Gamificada  | Informática             | 23    | 22     | 19                |
| S5       | Gamificada  | Informática             | 7     | 6      | 7                 |
| S6-1     | Gamificada  | Sistemas de Información | 31    | 31     | 44                |
| S6-2     | Gamificada  |                         | 45    | 43     |                   |
| S7-1     | Gamificada  | Sistemas de Información | 40    | 39     | 44                |
| S7-2     | Gamificada  |                         | 43    | 43     |                   |
| Total    |             |                         | 295   | 270    | 163               |

Tabla 1 – Cantidad de estudiantes, semestres y metodología usada

### 3.4. Análisis de datos

En el análisis cualitativo las encuestas se presentan en tablas y gráficos de frecuencia y contingencia, utilizando para su descripción estadísticos tales como frecuencia absoluta y porcentajes.

Para medir los resultados en el estudio cuantitativo los datos se organizan en tablas de frecuencia, contingencia y figuras, utilizando estadígrafos descriptivos como porcentajes y frecuencia absoluta.

Para comprobar la hipótesis se hace un análisis estadístico con test referidos a la variable “rendimiento académico”, inicialmente para verificar la normalidad de las notas finales en los semestres donde se usaron los grupos de control y experimental (S2 y S3) se usó el test de Kolmogorov-Smirnov. Para evaluar las diferencias entre las medias en cada grupo en los semestres donde la distribución de notas fue normal, se utilizó el test paramétrico

t-Student. Cuando las notas no siguen una distribución normal, se utiliza el test no paramétrico para muestras independientes U Mann-Whitney y la prueba de la mediana para k muestras. Por último, para evaluar en los grupos gamificados posibles diferencias significativas, se aplicó la prueba Anova de un factor de Kruskal-Wallis y el test de las medianas para k muestras.

Se fijó un intervalo de confianza del 95,0% para todos los casos, la significación estadística se interpretó según el siguiente criterio:

- Si  $p > 0,05$  no existen diferencias significativas.
- Si  $p \leq 0,05$  existen diferencias significativas.

## 4. Resultados

A continuación, se describen las estrategias de gamificación para el desarrollo de tareas autónomas implementadas en Moodle para fortalecer el aprendizaje de P-I. Luego se exponen los resultados del análisis cuantitativo sobre los puntos de experiencia, el número de insignias ganadas por el cumplimiento de tareas autónomas, y las notas finales; y del análisis cualitativo de las encuestas realizadas a los estudiantes sobre las estrategias de gamificación y la plataforma Moodle gamificada; para al final realizar las pruebas de hipótesis correspondientes sobre la variable “rendimiento académico”, tomando en cuenta las notas finales comparando los grupos gamificado (experimental) y normal (control).

### 4.1. Metodología gamificada

El diseño de la experiencia gamificada se realizó con el docente de la asignatura y se tomó en cuenta la problemática de falta de motivación por la realización de tareas autónomas (Beltrán, Sánchez, & Rico, Análisis cuantitativo y cualitativo del aprendizaje de Programación I en la Universidad Central del Ecuador, 2015), se basó en los seis pasos planteados en el framework D6 (Werbach & Hunter, 2012) adaptándolos al aprendizaje de programación:

- Definir los objetivos del curso: Se busca aumentar los conocimientos y capacidades de los estudiantes de P-I y mejorar su rendimiento académico.
- Diseñar las conductas objetivo: Se desea que los estudiantes incrementen la motivación y compromiso en el desarrollo de las tareas de programación fuera del aula desarrollando el autoaprendizaje.
- Describir a los jugadores-estudiantes: Los jugadores serán los estudiantes de P-I de la FICA de la UCE. En general no concen de programación y no les gusta realizar tareas fuera del aula (Beltrán, Sánchez, & Rico, Análisis cuantitativo y cualitativo del aprendizaje de Programación I en la Universidad Central del Ecuador, 2015).
- Elaborar los bucles de actividad: La experiencia gamificada se ambienta en un juego de ordenador de la Edad Media. El docente es el Sabio de la localidad, los alumnos serán aprendices de magos de la “Magia de la Programación”, los

materiales de programación son fórmulas y recetas de magia, las tareas como ejercicios y pruebas son las actividades de hechicería, los programas Java son hechizos o conjuros, y los foros y chats son tabernas virtuales donde los aprendices podrán interactuar y ayudarse mutuamente.

La misión y reto consiste en viajar y alcanzar los diferentes niveles de la “Programación Mágica” como se muestra en la Figura 2.



Figura 2 – Niveles de Programación Mágica. Fuente: elaboración propia

En cada nivel los alumnos deben realizar actividades en las que ganan puntos de experiencia y obtienen insignias que muestren su avance dentro de la plataforma, además de ser una recompensa por su esfuerzo. Cada nivel tiene mayor complejidad que el anterior, para que de esta manera el reto siga creciendo y motivando al aprendiz a superarlo. Para pasar de un nivel al siguiente, se necesita de la realización correcta de un número mínimo de tareas, o en caso contrario una vez transcurrido el tiempo límite para su realización se pasa de nivel sin acumular esos puntos. Además, podrá conseguir premios virtuales por la consecución de algunas competencias o cuando el sabio lo decida, como libros de magia de programación.

El estudiante podrá identificarse con un avatar en cada nivel. Se tendrá retroalimentación inmediata en cada tarea, el alumno podrá intentar las veces que sean necesarias para cumplir con ellas mientras el periodo de tiempo esté disponible. Para colaborar entre aprendices se tendrá una taberna virtual (foros).

Para motivar la competencia entre aprendices se tendrá un tablero donde verán los puntos de experiencia ganados. Además, los alumnos podrán ver gráficamente el avance que tienen y lo que les falta por cumplir para terminar cada nivel y sub nivel.

Los puntos de experiencia que ganen se transformarán en puntos de tareas autónomas para su nota final (50% de la nota), el 50% restante corresponde al examen final.

En la Tabla 2 se muestran los capítulos de Fundamentos de Java, niveles avatares, sub capítulos, sub niveles y puntos de experiencia por ganar.

- No se olvide de la diversión: Se busca motivación intrínseca cuando el aprendiz termine cada tarea de programación dentro un ambiente divertido, social y fácil de usar para jóvenes que están al día con la tecnología.
- Implementar las herramientas apropiadas: La plataforma gamificada será implementada en Moodle donde se podrá programar en Java.

| Capítulo              | Sub capítulo                    | Nivel  | Avatar     | Sub nivel             | Puntos |
|-----------------------|---------------------------------|--------|------------|-----------------------|--------|
| Introducción a la POO | Introducción a la POO           | Agua   | Aprendiz   | Introducción a la POO | 120    |
| Fundamentos de Java   | Estructuras secuenciales        | Tierra | Conjurador | Secuenciales          | 120    |
|                       | Estructura selectiva: if-else   |        |            | if-else               | 100    |
|                       | Estructura selectiva: switch    |        |            | Switch                | 50     |
|                       | Estructura repetitiva: for      |        |            | For                   | 50     |
|                       | Estructura repetitiva: while    |        |            | While                 | 50     |
|                       | Estructura repetitiva: do-while |        |            | do-while              | 50     |
| Arreglos y Matrices   | Arreglos                        | Aire   | Invocador  | Arreglos              | 120    |
|                       | Matrices                        |        |            | Matrices              | 100    |
| Métodos               | Métodos                         | Fuego  | Mago       | Métodos               | 320    |
|                       |                                 | Vida   | Archimago  |                       |        |

Tabla 2 – Capítulos, Niveles, Avatar y Puntuación de Fundamentos de Java

4.2.Implementación en Moodle

Las estrategias de gamificación diseñadas para el desarrollo de tareas autónomas de Fundamentos de Java de la asignatura P-I, se implementaron en el entorno virtual Moodle creándose la plataforma “Moodle Gamificado” (<http://www.aprendizajegamificado.com>) (Figura 3) donde se implementaron las siguientes dinámicas, mecánicas y componentes de juego (Werbach & Hunter, 2012):

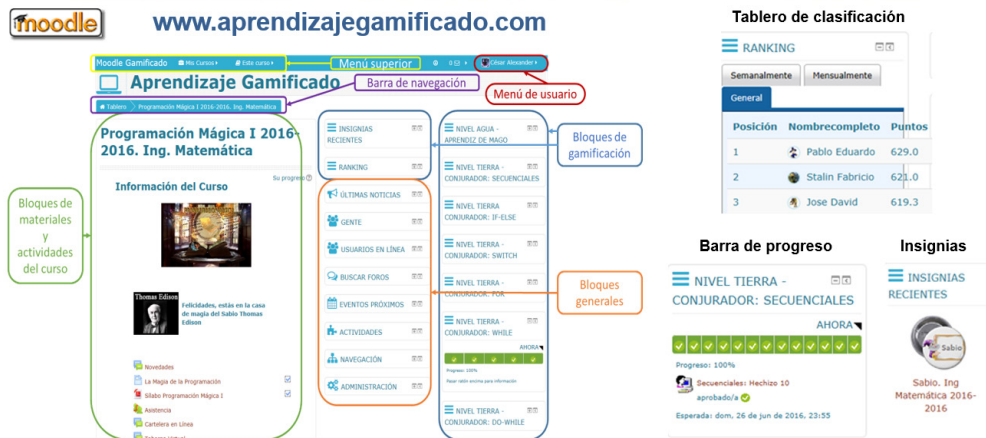


Figura 3 – Moodle Gamificado. Fuente: elaboración propia

- Dinámicas: Recompensas, estatus, competencia, logros, expresión e identidad propia, altruismo y ayuda, retroalimentación.

- Mecánicas y componentes: Puntos, insignias, tabla de clasificaciones (plugin Ranking Block), barra de progreso (plugin Completion Progress), niveles, avatares, retroalimentación automática de código Java (plugin Virtual Programming Lab –VPL), colaboración, misiones y retos, bienes virtuales.

VPL (Thiébaud, 2015) permite codificar, compilar, ejecutar y evaluar automáticamente programas Java y otros lenguajes.

Las mecánicas y componentes se usan para conseguir las dinámicas, por ejemplo, los puntos e insignias indican recompensa y logro; los niveles significan logro, las tablas de clasificaciones muestran estatus y competencia, la barra de progreso da retroalimentación, etc. (Werbach & Hunter, 2012).

### 4.3. Análisis Cuantitativo

Para medir los resultados del Aprendizaje Gamificado sobre la motivación y el compromiso de los estudiantes en el desarrollo de tareas autónomas y el rendimiento académico, se realizó un estudio con alcance explicativo, con un diseño cuasi-experimental con grupos experimental y de control en los S2 y S3, en el que se emplean grupos intactos de comparaciones ya existentes, no equivalentes. En los siguientes cursos, S4 a S7-2, se utiliza la metodología gamificada y se evalúan los resultados.

- Semestre 1: En este semestre, se podía ganar hasta 100 puntos de experiencia y 5 insignias. No existía límite de tiempo para terminar las tareas. Para ganar una insignia se necesitaba cumplir con el 100,0% de las tareas, para vencer un nivel y pasar al siguiente sólo del 80,0%.

Se observa que el 90,0% de los estudiantes obtuvieron el nivel superior (Vida-Archimago), significa que al menos realizaron correctamente el 80,0% de las tareas en cada nivel. El 50,0% tuvo 5 insignias, el 40,0% ganaron 4, y sólo un alumno obtuvo 3 insignias. En cuanto a los puntos de experiencia, el 90,0% obtuvo más de 88,90 que equivale a 8,89 en la nota de tareas autónomas.

- Semestre 2: La escala de puntos de experiencia pasó a un máximo de 1080 para tener mayor percepción de reconocimiento por las tareas que realizan, además se incrementó 9 insignias de sub nivel a las 5 de nivel que ya se tenía para premiar el cumplimiento de los hechizos de programación al cumplir cada sub nivel y no sólo al terminar un nivel. Al igual que el semestre anterior, no existía límite de tiempo para realizar todas las tareas. El 100,0% de los estudiantes alcanzaron el nivel superior y ganaron el total de insignias.
- Semestre 3: En los S1 y S2, al no tener tiempo límite la realización de las tareas para que los aprendices avancen a su ritmo, ocasionaba que en algunos estudiantes las clases presenciales estaba por un capítulo o sub capítulo y las tareas autónomas por otro nivel o sub nivel. Al final, previo al examen, la mayoría se igualaba, en varios casos producto de copia. Por esta razón se puso tiempo límite para terminar o vencer los niveles y sub niveles que haga correspondencia con las clases presenciales, si un estudiante no terminó a tiempo las tareas definidas en el diseño, deja de ganar los puntos de experiencia y avatar de sub nivel correspondiente.

De esta manera se incrementó el reto al tener tiempo máximo para vencer los niveles y sub niveles; además se influyó en la motivación, los alumnos intentaban una y otra vez los hechizos (ejercicios) y retos de hechicería (lecciones o pruebas) hasta vencerlos para no dejar de ganar los puntos e insignias, y finalmente para ir al mismo ritmo de las clases presenciales.

El 100,0% de los estudiantes alcanzaron el nivel superior. El 81,3% ganaron todas las insignias, lo que implica que hicieron todas las tareas autónomas en el tiempo establecido; el 12,5% ganaron 13 insignias, el 3,1% tuvo 11 insignias y el restante 9 (3,1%).

El 90,6% de los alumnos tuvieron más de 1000 puntos de experiencia que les da una nota final en tareas autónomas de 10,0; 2 estudiantes entre 900 y 1000 puntos (6,3%), y sólo 1 menos de 900 (3,1%).

- Semestre 4 a Semestre 7-2: En los siguientes semestres se usó la metodología óptima encontrada en el S3 y poder seguir validándola y aprendiendo de cada experiencia. El 88,0% de los alumnos obtuvieron más de 900,01 puntos de experiencia y una nota superior a 9,01 en tareas autónomas.

El 84,8% de los estudiantes obtuvieron el nivel de Vida-Archimago; el 67,4% ganaron 14 insignias, es decir, hicieron todas tareas autónomas en el tiempo determinado, y el 25,0% ganaron entre 9 y 13 insignias.

Antes de la implementación de la propuesta, la motivación no se mantenía constante durante el curso, disminuye mientras la complejidad de los ejercicios aumenta. Los resultados en todos los semestres muestran que se logró influir en los estudiantes por la realización de las tareas planificadas de programación en Moodle Gamificado, desarrollando y manteniendo una motivación intrínseca por el aprendizaje.

- Notas finales P-I: Para determinar si el Aprendizaje Gamificado tiene impacto en el rendimiento académico; se analizó el porcentaje de estudiantes aprobados, no aprobados (terminaron el curso sin aprobarlo), retirados (no terminaron el curso) y suspensos (no aprobados + retirados), comparando los resultados entre los grupos de control y experimental en los S2 y S3.

En la Tabla 3 se observa que el porcentaje de alumnos aprobados usando la metodología gamificada fue creciendo; en S1 aprobaron el 35,3%, en S2 el 38,5%, y en S3 el 97,0%. Además, se identifica que se retiran menos, ya que en S1 se retiró el 41,2%, en S2 un 23,1% y en S3 sólo un 3,0%.

| Semestre | Metodología | Aprobados | No aprobados | Retirados | Suspensos |
|----------|-------------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| S1       | Gamificada  | 35,3      | 23,5         | 41,2      | 64,7      |
| S2       | Normal      | 33,3      | 16,7         | 50,0      | 66,7      |
| S2       | Gamificada  | 38,5      | 38,5         | 23,1      | 61,5      |
| S3       | Normal      | 77,4      | 12,9         | 9,7       | 22,6      |
| S3       | Gamificada  | 97,0      | 0,0          | 3,0       | 3,0       |

Tabla 3 – Notas finales (%): Metodología Tradicional vs Gamificada

Comparando las metodologías tradicional y gamificada, se observa que, en S2 el porcentaje de alumnos aprobados con la metodología gamificada fue del 38,5% y con la normal del 33,3%; en el S3 la diferencia fue mayor, el 97,0% aprobaron usando la metodología gamificada y el 77,4% con la tradicional. La relación es contraria al analizar los estudiantes suspensos, quienes se retiraron y aquellos que no aprobaron.

Los mejores resultados se tuvieron en el S3 con el uso de las estrategias de gamificación en un entorno e-Learning donde se implementó las mejores prácticas de las experiencias adquiridas en los periodos anteriores; el 97,0% aprobaron, sólo el 3,0% se retiró; de quienes terminaron la asignatura, el 100,0% aprobó. Esto permitió perfeccionar varios elementos en las estrategias de gamificación y su forma de implementarlas en Moodle, y encontrar de esta manera la propuesta óptima al problema planteado en la investigación sobre la baja motivación de los alumnos por la ejecución de las tareas que realizan fuera del aula.

El porcentaje de estudiantes que aprobaron, suspendieron, no aprobaron y se retiraron en los siguientes semestres donde se usó Aprendizaje Gamificado se detalla en la Tabla 4. El 79,4% aprobó, el 18,0% no aprobó y el 2,6% se retiró, confirmando que la motivación por el aprendizaje de programación desarrollando tareas autónomas en Moodle Gamificado se mantuvo en todos los cursos debido al alto porcentaje de alumnos que aprobaron.

| Semestre            | Aprobados | No aprobados | Retirados | Suspensos |
|---------------------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| <i>Semestre 4</i>   | 87,0      | 8,7          | 4,3       | 13,0      |
| <i>Semestre 5</i>   | 85,7      | 0,0          | 14,3      | 14,3      |
| <i>Semestre 6-1</i> | 87,1      | 12,9         | 0,0       | 12,9      |
| <i>Semestre 6-2</i> | 86,7      | 8,9          | 4,4       | 13,3      |
| <i>Semestre 7-1</i> | 67,5      | 30,0         | 2,5       | 32,5      |
| <i>Semestre 7-2</i> | 72,1      | 27,9         | 0,0       | 27,9      |
| <i>Total</i>        | 79,4      | 18,0         | 2,6       | 20,6      |

Tabla 4 – Notas finales (%): Metodología Gamificada

#### 4.4. Análisis Cualitativo

Al finalizar el curso se realizó a los alumnos una encuesta electrónica anónima para conocer su opinión sobre la experiencia al desarrollar las tareas autónomas en Moodle Gamificado y sobre la metodología gamificada, los resultados son los siguientes:

El uso de Moodle Gamificado implicó que el estudiante esté al pendiente día a día de las tareas que debía realizar. Obtener los puntos de experiencia, recompensas, insignias y las calificaciones es cuestión de esfuerzo y voluntad. La valoración de excelente y muy bueno fue del 85,9% en los semestres estudiados.

El 90,2% de los alumnos afirmaron que la metodología propuesta fue mucho mejor y mejor que la metodología tradicional. El 85,3% de los estudiantes valoraron la

metodología “Gamificación en el ambiente e-Learning” como excelente y muy buena. Los alumnos realizaban los ejercicios de programación una y otra vez hasta que conseguían que funcionen correctamente, no se daban por vencidos, de esta manera lograron desarrollar sus conocimientos en Java.

El 87,7% de los estudiantes opinaron estar totalmente de acuerdo y de acuerdo que el aprendizaje de programación fue divertido. En esta nueva forma de aprender existía competencia y colaboración entre los estudiantes. Sin necesidad de una orden del profesor, los alumnos realizaban las tareas autónomas publicadas en la plataforma, el propósito era obtener mayor puntuación y premios para superar a sus compañeros.

El Aprendizaje Gamificado implementado en Moodle influyó en la motivación de los estudiantes, el 81,0% calificaron su motivación como muy alta y alta. El 90,8% de los alumnos afirmaron que su motivación fue mucho mejor y mejor que en el I H-S donde se usó la metodología tradicional. Son motivados por los premios, insignias, retroalimentación y otras dinámicas y mecánicas de juego que se aplican en el curso.

Las dinámicas mejor evaluadas fueron “los logros” y “las recompensas”. Entre las mecánicas de juego más valoradas estuvieron “las misiones o retos”, “puntos”, “desbloqueo de contenidos” y “retroalimentación”.

Las dinámicas y mecánicas aplicadas en las estrategias de gamificación motivaron a los alumnos para aprender a programar, el 92,6% quedaron satisfechos y muy satisfechos con las estrategias de gamificación aplicadas (Tabla 5).

| <b>Semestre</b> | <b>Muy Satisfactorio</b> | <b>Satisfactorio</b> | <b>Indiferente</b> | <b>Poco Satisfactorio</b> | <b>Malo</b> |
|-----------------|--------------------------|----------------------|--------------------|---------------------------|-------------|
| <i>S1</i>       | 66,7                     | 33,3                 | 0,0                | 0,0                       | 0,0         |
| <i>S2</i>       | 72,7                     | 27,3                 | 0,0                | 0,0                       | 0,0         |
| <i>S3</i>       | 53,3                     | 43,3                 | 3,3                | 0,0                       | 0,0         |
| <i>S4</i>       | 63,2                     | 36,8                 | 0,0                | 0,0                       | 0,0         |
| <i>S5</i>       | 100,0                    | 0,0                  | 0,0                | 0,0                       | 0,0         |
| <i>S6</i>       | 43,2                     | 54,5                 | 2,3                | 0,0                       | 0,0         |
| <i>S7</i>       | 20,5                     | 56,8                 | 18,2               | 4,5                       | 0,0         |
| <i>Total</i>    | 46,6                     | 46,0                 | 6,1                | 1,2                       | 0,0         |

Tabla 5 – Porcentaje de satisfacción del Curso Gamificado

#### 4.5. Comprobación de la hipótesis

Para determinar estadísticamente que la propuesta permitió mejorar en el rendimiento académico de los estudiantes de P-I, se realizó la comprobación de la hipótesis alternativa: “El rendimiento académico de los estudiantes en la asignatura P-I de la FICA de la UCE es significativamente diferente entre los estudiantes que emplean la propuesta y aquellos que no la siguen”.

En el S2 se evaluaron mediante la prueba t-Student (por ser una distribución normal, Tabla 6) la diferencia entre las notas finales para los grupos que estudiaron con

la metodología tradicional (control) y la metodología gamificada (experimental), mostrando que no existen diferencias entre ambos grupos pues  $p > 0,05$  (Tabla 7).

| Semestres | Z de Kolmogorov-Smirnov |                               |
|-----------|-------------------------|-------------------------------|
|           | Estadístico de prueba   | p (sig. Asintótica bilateral) |
| <i>S1</i> | 0,223                   | 0,025                         |
| <i>S2</i> | 0,112                   | 0,200                         |
| <i>S3</i> | 0,263                   | 0,000                         |

Tabla 6 – Test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov

| Metodología       | Test t-Student    |       |       |               |
|-------------------|-------------------|-------|-------|---------------|
|                   | $\bar{X} \pm D.E$ | t     | p     | IC 95%        |
| <i>Normal</i>     | $18,45 \pm 7,71$  | 1,057 | 0,076 | [-0,67;12,46] |
| <i>Gamificada</i> | $24,35 \pm 8,13$  |       |       |               |

Tabla 7 – Test T-Student Notas Semestre 2

Luego, en el S3, donde se usaron las mejores prácticas encontradas de acuerdo a las experiencias tenidas en los semestres anteriores, se evaluó la diferencia de las notas finales entre los grupos bajo ambas metodologías. En este caso, al no ser normal la distribución de la variable (Tabla 6), se aplicó el test no paramétrico para muestras independientes U Mann-Whitney. Al aplicar la prueba se comprueba la diferencia de los dos grupos ( $p < 0,05$ ), por lo que se rechaza la hipótesis nula “El rendimiento académico de los estudiantes en la asignatura de P-I de la FICA de la UCE no es significativamente diferente entre los estudiantes que emplean la propuesta y aquellos que no la siguen” en favor de la hipótesis alternativa descrita anteriormente, es decir, podemos afirmar que existe una diferencia significativa entre las notas del grupo bajo la estrategia de aprendizaje tradicional y las notas del grupo bajo la estrategia gamificada (Tabla 8).

| Estadígrafos y test utilizados                     | Metodología de enseñanza |                 |
|----------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|
|                                                    | Normal                   | Gamificada      |
| $\bar{X} \pm D.E$                                  | $26,88 \pm 7,9$          | $32,58 \pm 5,0$ |
| <i>Mediana</i>                                     | 29,0                     | 32,8            |
| <i>UMann-Whitney</i>                               | 740,500                  |                 |
| <i>Estadístico estandarizado</i>                   | -3,587                   |                 |
| <i>Significación asintótica bilateral (p)</i>      | 0,000                    |                 |
| <i>Mediana de grupos</i>                           | 30,615                   |                 |
| <i>Test con corrección de Yates (Chi cuadrado)</i> | 12,262                   |                 |
| <i>Significación asintótica bilateral (p)</i>      | 0,000                    |                 |

Tabla 8 – Test No Paramétrico Notas Semestre 3

Finalmente, al aplicar el test de Kruskal-Wallis y el test de medianas para k muestras a los semestres donde se usó el Aprendizaje Gamificado, se verifica que existe una diferencia de grupos ( $p < 0,05$ ), por lo tanto, los resultados de las notas finales bajo esta metodología fueron diferentes en los semestres y cursos donde fue aplicada (Tabla 9). Además, como el promedio de las notas (28,65) es mayor que el mínimo para aprobar el curso (27,50), se comprueba que existió un buen rendimiento académico en los cursos donde se aplicó la propuesta.

| Estadísticos y test utilizados                                              | Notas cursos gamificados |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| $\bar{X} \pm D.E$                                                           | 28.65 $\pm$ 7.2          |
| Anova de 1-factor de Kruskal-Wallis: Significación asintótica bilateral (p) | 0.000                    |
| Mediana de grupos                                                           | 30.660                   |
| Mediana de grupos: Significación asintótica bilateral (p)                   | 0.000                    |

Tabla 9 – Test No Paramétrico Notas cursos gamificados

5. Conclusiones

La presente investigación parte de conceptos establecidos para cambiar una realidad difícil, los estudiantes de programación no tienen suficiente motivación por el aprendizaje, pues las clases pueden llegar a ser monótonas o muy tediosas, y la falta de gusto por realizar tareas fuera del aula (Yacob, Yazid, & Saman, 2012); se asume entonces la necesidad del uso de estrategias metodológicas y tecnológicas con la finalidad de aumentar la motivación, a partir de la introducción de la gamificación en el desarrollo del aprendizaje, de combinar la diversión con el aprender (Kyriakova, Angelova, & Yordanova, 2014).

La implementación de gamificación como apoyo en el aprendizaje de programación debe realizarse en un ambiente e-Learning (Beltrán, Sánchez, & Rico, Incrementar la motivación en el aprendizaje de Fundamentos de Programación Java usando Moodle Gamificado, 2016) (Cacho & Rodrigo, 2014), pues ayuda en el incremento de la motivación de los estudiantes, la colaboración, participación, trabajo en equipo y compromiso (Machuca-Villegas, Gasca-Hurtado, Restrepo, & Puente, 2020) (Gasca-Hurtado, Gómez-Álvarez, & Manrique-Losada, 2019), factores condicionantes decisivos del aprendizaje y el rendimiento académico; además influye en la mejora de su rendimiento académico, principalmente en la participación de las tareas en ambientes virtuales y en la asistencia, y en menor medida en las calificaciones (Muntean, 2011) (Simões, Díaz, & Fernández, 2013).

La presente investigación tiene como objetivo principal presentar una propuesta metodológica, “Aprendizaje Gamificado”, y tecnológica, “Moodle Gamificado”, para el desarrollo de tareas autónomas en la asignatura P-I, que ayuden a promover el aprendizaje e incentivar a los alumnos por la programación en un ambiente tecnológico y virtual.

Los resultados del análisis cualitativo muestran que se desarrolló en los estudiantes un interés genuino por la programación creándose una motivación intrínseca que los

motiva a estudiar y realizar las actividades planificadas, para de esta forma adquirir el mayor nivel de conocimientos. El uso del Aprendizaje y Moodle Gamificado influyó en la motivación de los alumnos por la ejecución de las tareas autónomas, y fue fundamental para el cumplimiento de las mismas pues se divertían haciéndolas.

De los análisis cualitativo y cuantitativo, y pruebas de hipótesis realizadas; se concluye que la implementación de estrategias de gamificación sobre una plataforma virtual de aprendizaje, no sólo influyó en la motivación de los alumnos para desarrollar tareas autónomas, sino que también contribuyó a tener mejores calificaciones mejorando así su rendimiento académico, en la asignatura P-I de la FICA de la UCE. Es importante notar que el docente tiene un papel fundamental en la aplicación de la metodología, debe ir adaptándola y mejorándola, pues cada grupo de alumnos es diferente y tiene sus propias capacidades.

Como trabajo futuro se propone aplicar el Aprendizaje Gamificado en todos los cursos de Programación I y en asignaturas relacionadas (como Programación II o Estructura de Datos). Se plantea también aplicarlo y adaptarlo en otras asignaturas que se imparten en las diversas áreas de conocimiento en la universidad haciendo uso de Moodle Gamificado u otra plataforma virtual, permitiendo observar el comportamiento y resultados de la aplicación determinando las mejores estrategias y herramientas que permitan mejorar la motivación y el rendimiento académico de los alumnos. Para esto es importante desarrollar planes de actualización docente en el uso de las TIC, y en nuevas metodologías que favorezcan el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## Referencias

- Beltrán, J., Sánchez, H., & Rico, M. (2015). Análisis cuantitativo y cualitativo del aprendizaje de Programación I en la Universidad Central del Ecuador. *Revista Tecnológica ESPOL - RTE*, 28(5), 194–210. <http://bit.ly/2NllyoL>
- Beltrán, J., Sánchez, H., & Rico, M. (2016). Incrementar la motivación en el aprendizaje de Fundamentos de Programación Java usando Moodle Gamificado. *11th Iberian Conference on Information Systems and Technologies* (págs. 1189-1193). Gran Canaria, España: IEEE. doi:<https://doi.org/10.1109/CISTI.2016.7521419>
- Cacho, G., & Rodrigo, M. (2014). Gamifying Moodle: Integrating Game Elements Into an Open-Source Learning Management System. In *International Symposium on Computing for Education*, (págs. 22-29). Borocay, Philippines. <http://bit.ly/2Hh05iu>
- Fuentes-Rosado, J., & Moo-Medina, M. (2017). Dificultades de aprender a programar. *Revista educacion en ingenieria*, 12(24), 76-82. doi:<https://doi.org/10.26507/rei.v12n24.728>
- Gasca-Hurtado, P., Gómez-Álvarez, C., & Manrique-Losada, B. (2019). Using Gamification in Software Engineering Teaching: Study Case for Software Design. *World Conference on Information Systems and Technologies*, 932, 244-255. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-16187-3\\_24](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-16187-3_24)

- González, C. & Mora, A. (2015). Técnicas de gamificación aplicadas en la docencia de Ingeniería Informática. *Revista de Investigación en Docencia Universitaria de la Informática*, 8(1), 29-40. <http://bit.ly/2TOLk8i>
- Guo, M., Chai, T., & Qian, K. (2010). Design of Online Runtime and Testing Environment for Instant Java Programming Assessment. *Proc. Information Technology*, 1102-1106.
- Ibáñez, M., Di-Serio, A., & Delgado-Kloos, C. (2014). Gamification for engaging Computer Science Students in Learning Activities. *IEEE Transactions on learning technologies*, 7(3), 291-301. doi:<https://doi.org/10.1109/TLT.2014.2329293>
- Jenkins, T. (2001). The motivation of students of programming. *ITiCSE 2001 - 6th annual conference on Innovation and technology in computer science education* (págs. 53-56). Canterbury, UK: University of Kent at Canterbury. doi:<https://doi.org/10.1145/377435.377472>
- Kyriakova, G., Angelova, N., & Yordanova, L. (2014). Gamification in education. 9th International Balkan Education and Science Conference. Edirne, Turkey. <http://bit.ly/2ZcIbR3>
- Lorenzo, C., & Buendía, M. (2016). Uso de la Web Social en Enseñanzas Medias. *Interciencia*, 198-203. <http://bit.ly/2ZhG2Ya>
- Machuca-Villegas, L., Gasca-Hurtado, G., Restrepo, L., & Puente, S. (2020). Elementos de Gamificación en el Contexto de Ingeniería de Software. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação* (E27), 718-732.
- Mas, C., & Medinas, M. (2007). Motivaciones para el estudio en universitarios. *Anales de Psicología*, 23(1), 17-24. <http://bit.ly/2ZcNeAN>
- Muntean, C. (2011). Raising engagement in e-learning through gamification. 6th International Conference on Virtual Learning ICVL, (págs. 323-329). Romania. <http://bit.ly/3omovIP>
- Oviedo, M., & Ortiz Uribe, F. (2012). La enseñanza de la programación. México DF: Academias de Humanidades de la UPIICSA.
- Pérez, A., & Almela, J. (2018). Gamificación transmedia para la divulgación científica y el fomento de vocaciones procientíficas en adolescentes. *Comunicar*, XXVI(55), 93-103. doi:<https://doi.org/10.3916/C55-2018-09>
- Schefer-Wenzl, S., & Miladinovic, I. (2018). Teaching Software Engineering with Gamification Elements. *International Journal of Advanced Corporte Learning*, 11(1), 48-51. doi:<https://doi.org/10.3991/ijac.v11i1.9169>
- Serna, E., Mauricio, M., San Miguel, T., & Megías, J. (2016). Experiencia de gamificación en Docencia Universitaria: aprendizaje activo y entretenido. In-Red 2016 - II Congreso nacional de innovación educativa y docencia en red. Valencia, España: Editorial Universitat Politècnica de València. doi:<https://doi.org/10.4995/INRED2016.2016.4292>

- Simões, J., Díaz, R., & Fernández, A. (2013). A social gamification framework for a K-6 learning platform. *Computer in Human Behavior*, 29(2), 345-353. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.06.007>
- Tejedor, F. (2000). El diseño y los diseños en la evaluación de programas. *Revista de Investigación Educativa*, 18(2), 319-339. <http://bit.ly/2MluwCB>
- Thiébaud, D. (2015). Automatic evaluation of computer programs using Moodle's virtual programming lab (VPL) plug-in. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 30(6), 145-151. <http://bit.ly/32bO8Qa>
- Urh, M., Vukovic, G., Jereb, E., & Pintar, R. (2015). The Model for Introduction of Gamification into E-learning in Higher Education. 7th World Conference on Educational Sciences, 197, págs. 388-397. Kranj, Slovenia. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.154>
- Watson, C., Li, F., & Lau, R. (2011). Learning programming languages through corrective feedback and concept visualisation. *Advances in Web-Based Learning - ICWL 2011* (págs. 11-20). Hong Kong: Springer. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-642-25813-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-25813-8_2)
- Werbach, K., & Hunter, D. (2012). Level 5: Game Changer: Six Steps to Gamification. En K. Werbach, & D. Hunter. *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business* (págs. 85-102). Philadelphia: Wharton Digital Press. <http://bit.ly/2zigrjl>
- Yacob, A., Yazid, M., & Saman, M. (2012). Assessing level of motivation in learning programming among engineering students. *TATI University*, (págs. 425-432). Kemaman. <https://bit.ly/2HhDGi1>

# Evaluación del desempeño académico en entornos virtuales utilizando el modelo PNL

Raquel Aguayo<sup>1</sup>, Carmen Lizarraga<sup>1</sup>, Yadira Quiñonez<sup>1</sup>

[raquelaguayog@uas.edu.mx](mailto:raquelaguayog@uas.edu.mx); [carmen.lizarraga@uas.edu.mx](mailto:carmen.lizarraga@uas.edu.mx); [yadiraqui@uas.edu.mx](mailto:yadiraqui@uas.edu.mx)

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática, Av. Leonismo Internacional S/N y Av. de los Deportes, Ciudad Universitaria, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.

DOI: 10.17013/risti.41.34-49

**Resumen:** En la actualidad, ha incrementado considerablemente los avances e innovaciones tecnológicas, lo que ha permitido el desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas y entornos virtuales para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este trabajo se centra en evaluar el desempeño académico de los estudiantes de la Licenciatura en Gastronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) en entornos virtuales, específicamente en la asignatura de estadística. La metodología aplicada fue cuasi-experimental con un enfoque longitudinal descriptivo mixto por encuesta. El análisis de contexto se realizó a través de un instrumento para recolectar información relacionada con el uso y manejo de herramientas tecnológicas. Además, se aplicó el modelo de Programación Neurolingüística (PNL) para conocer el estilo de aprendizaje predominante en los estudiantes. Finalmente, se analizó el desempeño académico de los estudiantes durante el desarrollo de dos unidades de aprendizaje. Este documento finaliza con una discusión crítica de los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones.

**Palabras-clave:** proceso de enseñanza aprendizaje; entornos virtuales; estilos de aprendizaje; rendimiento académico.

## *Evaluation of academic performance in virtual environments using the NLP model*

**Abstract:** At present, it has considerably increased technological advances and innovations, which has allowed the development of new technological tools and virtual environments to optimize the teaching-learning process. This work focuses on evaluating the students' academic performance of the Bachelor of Gastronomy of the UAS in virtual environments, specifically in the subject of statistics. The applied methodology was quasi-experimental with a mixed descriptive longitudinal approach per survey. The context analysis was carried out through an instrument to collect information related to technological tools' use and management. Also, the NLP model was applied to know the predominant learning style in the students. Finally, the academic performance of the students was analyzed during the development of two learning units. This document ends with a critical discussion of the results obtained, the conclusions, and recommendations.

**Keywords:** teaching-learning process; virtual environments; learning styles; academic performance.

## 1. Introdução

Actualmente, vivimos inmersos en la llamada sociedad de la información, debido a que el uso de la tecnología ha tenido un incremento considerable, esto se ve reflejado en la educación, donde el modelo tradicional ha ido evolucionado con el uso de las nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) (Seitebaleng, 2018), así como la aplicación de espacios educativos virtuales; que sin duda alguna han venido marcando otra era (Zambrano, 2020). Cuando se habla de tecnología se refiere a un conjunto de conocimientos y técnicas aplicadas, que facilitan la creación de herramientas y entornos virtuales para que los estudiantes puedan intercambiar y colaborar entre ellos, y de esta forma lograr la optimización del proceso de enseñanza aprendizaje (Lizarraga, 2017), el aprendizaje colaborativo es considerado una técnica de aprendizaje muy efectiva (Quiñonez, 2016). Por esta razón, el constante cambio tecnológico lleva a la sociedad a aplicar la tecnología en diversas áreas, tales como: la medicina, las comunicaciones, el medio ambiente, la industria y la educación (Srivastava, 2014). La tecnología aplicada a la educación es de gran ayuda para que los estudiantes lleven a cabo el proceso de enseñanza y aprendizaje de una manera favorable y autodidacta (Lekka, 2015).

Debido a la importancia y a las condiciones actuales de enseñanza en los diferentes niveles educativos, algunos autores (Hui, 2016) proponen aprovechar la situación actual de los estudiantes que han crecido bajo la influencia de la tecnología interactiva, creando comunidades del conocimiento a partir de aprendizaje combinado. Esto es, con el uso e incorporación de tecnologías emergentes se ha proporcionado a la humanidad canales nuevos de comunicación e inmensas fuentes de información que difunden modelos de comportamiento social, actitudes, valores y formas de organización, como resultado, se mejora la calidad en el proceso de enseñanza aprendizaje, los estudiantes adquieren más responsabilidad, mejoran las habilidades y destrezas tanto en el estudio individual como grupal (Lillejord, 2018).

Recientemente, la pandemia de COVID-19 obligó a las instituciones educativas de todos los niveles académicos a cambiar los entornos de aprendizaje, sin embargo, el principal inconveniente que tenían la mayoría de las instituciones era la falta de un plan de contingencia o la tecnología adecuada para realizar todos los cursos en línea. El autor Attallah (2020) presenta un concentrado de diferentes trabajos relacionados con la experiencia de algunas universidades post COVID-19, centrándose en la aplicación de entornos virtuales, destaca las ventajas y la idoneidad de las herramientas tecnológicas utilizadas en las actividades para el aprendizaje en línea.

Por otro lado, Kumar et al. (2020) presentan un trabajo relacionado con las herramientas de asistencia tecnológica que están disponibles para que se pueda impartir una educación de calidad en entornos en línea. Particularmente, se enfocan en los Seminarios Web (Webinars) como herramienta de enseñanza para que los profesores puedan llevar a cabo sus clases durante este período de COVID-19. Dentro de las plataformas utilizadas para los Webinars destacan las siguientes: Zoom (Zoom, 2021), GoToMeeting (Gotomeeting, 2021), GoToWebinar (GoToWebinar, 2021), Google Meet (Google Meet, 2021), Cisco

Webex (Cisco Webex, 2021) y Microsoft Team (Microsoft Team, 2021). De cada una de estas plataformas han realizado una comparación con sus principales características tales como: versión gratuita disponible, número de participantes de la reunión, compartir pantalla, pizarra, grabación de las reuniones, seguridad (cifrado E2E), planes de pago, aplicación móvil, espacio de trabajo colaborativo, entre otras. Destacan la importancia de la exploración de diferentes plataformas, la capacitación de profesores y estudiantes, así como la realización de sesiones de demostración y la introducción de plataformas de evaluación.

Por lo tanto, de acuerdo con los trabajos mencionados anteriormente, este trabajo tiene como objetivo evaluar el desempeño académico de los estudiantes de Licenciatura en Gastronomía de la UAS en entornos virtuales, específicamente en la asignatura de estadística, utilizando el modelo PNL para conocer el estilo de aprendizaje predominante en los estudiantes y de esta forma estimular todos los canales de aprendizaje.

El resto de este artículo está organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 se presenta el contexto teórico que fundamentan el proceso de la investigación en lo que se refiere a las TIC. La sección 3, describe la estrategia metodológica aplicada en este trabajo. En la Sección 4, se presentan los resultados obtenidos con el instrumento de contexto, resultados de la aplicación del modelo PNL y el análisis de rendimiento académico. Finalmente, la sección 5 presenta un resumen de las conclusiones obtenidas con la realización de este trabajo.

## **2. Contexto teórico**

Un tema básico en el estudio del aprendizaje son sus teorías, las cuales han cambiado a lo largo de la historia, haciéndose presentes unas más que otras. Shuell, en 1986 menciona que aprender es un cambio perdurable de la conducta o en la capacidad de conducirse de manera dada como resultado de la práctica o de otras formas de experiencia. Basados en este concepto, se puede decir que el aprendizaje se presenta de manera empírica en todos los aspectos de la vida y empieza desde pequeños. Sin embargo, para la sociedad es importante que sus miembros estén completamente preparados para poder introducirse y desarrollarse satisfactoriamente en el campo laboral, y tener como resultado no sólo el desarrollo del individuo como profesionista sino también la sociedad de la que forma parte.

### **2.1. Modelos educativos.**

Los modelos educativos surgen de corrientes de pensamiento y teorías, las cuales abordan distintos paradigmas. Cada modelo tiene su propio paradigma, que habla sobre la educación y por supuesto del proceso enseñanza-aprendizaje. Existen diferentes modelos educativos, en este trabajo se abordan 5 que sustentan ésta investigación.

- **Modelo conductista:** Según Minetti (2015) se basa en la relación que existe entre estímulo y reacción, donde el estímulo lo proporciona el docente de diferentes formas y las reacciones del estudiante se observan para posteriormente elegir el estímulo correcto, para que el estudiante reaccione de la manera esperada; esta teoría se basa en los estudios de Skinner (1997).

- **Modelo cognitivo:** De acuerdo con Gómez & Polanía (2008) el modelo se enfoca en las teorías de Dewey (1957) y Piaget (1999); quienes plantearon que la educación debe buscar que cada individuo acceda progresiva y secuencialmente a una etapa superior del desarrollo intelectual, en relación con las necesidades y condiciones particulares de cada uno, con el fin de constituir en la meta educativa.
- **Modelo Psico-social:** Este modelo se refiere al estudio sistemático de los componentes, procesos y resultados de las intervenciones y programas que implican el conocimiento a través de técnicas de evaluación, así como del estudio de la población estudiantil a la que se pretende evaluar, asesorar, dinamizar, planificar y programar, en bienestar al proceso de enseñanza aprendizaje.
- **Modelo constructivista:** Según Minetti (2015) este modelo es fundamentado principalmente por Vigotsky, Piaget y Ausubel, quienes definieron al constructivismo como la aplicación y disposición de diferentes métodos de apoyo que le permiten al alumno construir su propio saber. Según este modelo, cada persona construye su propia perspectiva del mundo que le rodea a través de sus propias experiencias y esquemas mentales desarrollados.
- **Modelo conectivista:** Gayol de Pallán (2016) menciona que este modelo es el producto del desarrollo de la informática. Siemens (2007) plantea que las redes de cualquier naturaleza ya sean informáticas o sociales pueden ser conectadas con un todo integrado y que al alterarse las partes se altera todo. El conectivismo es la integración de principios explorados por el caos, las redes, la complejidad y las teorías de auto-organización.

## 2.2. Estilos de aprendizaje

El término “estilo de aprendizaje” básicamente se refiere a la forma en que cada individuo recibe o comprende el conocimiento, y generalmente, es utilizado como su propio método o estrategia de aprendizaje (Pantoja, 2013). Dichos estilos de aprendizaje permiten optimizar el proceso de enseñanza para el docente y el de aprendizaje para el estudiante, ya que ayuda a comprender por qué algunas estrategias pueden funcionar perfectamente para un grupo de estudiantes y para otros no. Por esta razón, una vez que el docente conoce los estilos de aprendizaje que existen, puede identificar cuales predominan en el grupo y de esta forma poder implementar las estrategias didácticas más adecuadas que fortalezcan todos los canales de aprendizaje de los estudiantes (Bustos-Lopez, 20218). En la Tabla 1 se muestran algunos de los modelos de estilos de aprendizaje más conocidos y utilizados, según Gómez, Aduna & García (2004), a través de los cuales se pueden entender los comportamientos diarios en el aula y la forma en que aprenden los alumnos y las acciones que resultan más eficaces.

| Modelo                                   | Estilo de aprendizaje                                                                                | Características del modelo                                                                                           |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Cuadrantes cerebrales de Herrmann</i> | Cortical izquierdo, Límbico izquierdo, Límbico derecho y Cortical derecho                            | Representan cuatro formas distintas de operar, de pensar, de crear, de aprender y, en suma, de convivir con el mundo |
| <i>Felder y Silverman</i>                | Sensitivo/intuitivo, Visual/verbal, Inductivos/Deductivos. Secuenciales/globales, Activos/reflexivos | Conciben los estilos de aprendizaje como las preferencias que tiene un sujeto para recibir y procesar información.   |

| Modelo                                                    | Estilo de aprendizaje                                                                                                      | Características del modelo                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Kolb</i>                                               | Activo, Reflexivo, Pragmático y Teórico                                                                                    | Identifican dos dimensiones principales del aprendizaje: la percepción y el procesamiento, obteniendo que el aprendizaje es el resultado de la forma de percibir y de cómo procesan lo que han percibido. Se plantean extremos para medir los puntos fuertes y débiles. |
| <i>Programación Neurolingüística de Bandler y Grinder</i> | Visual, Auditivo y Kinestésico                                                                                             | Define tres elementos como constituyentes claves de la conducta humana: Visual que entiende el mundo tal como lo ve. Auditivo: excelente conversador. Recuerda lo que oye, kinestésico: Procesa asociando al cuerpo. Recuerda lo que hace.                              |
| <i>Hemisferios cerebrales</i>                             | Lógico, Holístico,                                                                                                         | Permite determinar cuál de los hemisferios es más dominante.                                                                                                                                                                                                            |
| <i>Inteligencias Múltiples de Gardner</i>                 | Lógico-matemático, Lingüístico-verbal, Corporal-kinestésico, Espacial, Musical, Interpersonal, Intrapersonal y Naturalista | Mencionan que la inteligencia no se puede medir con un número como el coeficiente intelectual. La inteligencia es la capacidad de ordenar los pensamientos y coordinarlos con las acciones.                                                                             |

Tabla 1 – Modelos de estilos de aprendizaje

El modelo programación neurolingüística (PNL) también conocido como modelo VAK por sus iniciales Visual, Auditivo y Kinestésico, según Bandler (1988) lo define como la mejor forma de aprender de un estudiante, filtrando la información a través de un canal predominante, facilitando la asimilación del conocimiento, esto no quiere decir que solamente se tienen que asignar tareas del estilo predominante, sino también es conveniente fortalecer los otros canales a través de diversas actividades para formar alumnos más receptivos a la adquisición de nuevos conocimientos en distintos contextos. Además, se fundamenta en tres componentes como lo menciona Díaz-Barriga (2015), primero, la programación se refiere a la aptitud humana de producir y utilizar programas de comportamiento; segundo, el componente neurológico está conformado por las percepciones sensoriales que determinan el estado emocional propio de cada persona; tercero, el componente lingüístico se refiere a la comunicación verbal y no verbal.

De acuerdo con la información mencionada anteriormente, en este trabajo se ha utilizado el modelo programación neurolingüística (PNL) para conocer los estilos de aprendizaje predominantes de los estudiantes, esto con el fin de ayudar al docente para que realice una mejor selección de la metodología empleada. De acuerdo con Gallego (2013) de esta selección metodológica dependen los resultados que se obtienen en el grupo y sobre todo se evita que se trabaje únicamente a través del canal de aprendizaje del docente o el canal que el docente considere más apropiado por sentirse más cómodo.

### 2.3. Rendimiento académico

El término de rendimiento académico se puede definir como la calificación final del estudiante (Lin, 2013). Otros autores (Vanslambrouck, 2018) mencionan que el

rendimiento académico tiene muchas implicaciones e influyen diferentes factores determinantes tales como: el grado de satisfacción de la carrera y los factores sociodemográficos (Pauda, 2019), donde el resultado obtenido es la acción recíproca de los componentes tanto internos como externos. Es decir, depende directamente de características aptitudinales, intelectuales, la personalidad del alumno y los aspectos motivacionales durante el transcurso de los estudios universitarios.

En los últimos años, se han realizado diferentes trabajos relacionados con el desempeño académico de los estudiantes en la educación superior (Zhao, 2018), específicamente, analizan los principales factores que influyen en el rendimiento académico. Carnell et al. (2020) realizan una recopilación teórica de los principales factores que afectan al desempeño académico de los estudiantes de nivel superior, los cuales son: factores fisiológicos, pedagógicos, psicológicos y sociológicos.

Sari & Karsen (2016) miden y evalúan el rendimiento académico a través del aprendizaje combinado efectivo implementado en una universidad privada, de acuerdo con los resultados obtenidos, se mejora la calidad del aprendizaje, sin embargo, mencionan que el aprendizaje comienza a ser eficaz a partir del compromiso institucional, esto es, la institución adquiere un fuerte compromiso para mejorar y adaptar las condiciones del aprendizaje de los estudiantes. Por otro lado, otros autores (Umek, 2015) presentan una investigación realizada en la Universidad de Ljubljana a estudiantes de administración pública, para evaluar el rendimiento académico y la satisfacción de los alumnos mediante la introducción del aprendizaje combinado.

### **3. Metodología**

La utilización del método mixto, según Pereira (2011) menciona que es una excelente alternativa para abordar temáticas de investigación en el campo educativo ya que se busca la comprensión, profundización o transformación de aspectos en este campo. En este contexto, Onwuegbuzie & Leech (2006) plantearon que las investigaciones con un diseño mixto podían ser de dos tipos: con modelo mixto: en el cual se combinan en una misma etapa o fase de investigación, tanto métodos cuantitativos, como cualitativos. Con método mixto: en cuyo caso, los métodos cuantitativos se utilizan en una etapa o fase de la investigación y los cualitativos en otra.

Después de llevar a cabo un análisis exhaustivo de la información mencionada anteriormente, en este trabajo de investigación se llevó a cabo utilizando el enfoque mixto. Se realizó una investigación cuasi experimental donde se determinaron las relaciones de causa-efecto entre dos grupos, dichos comportamientos obtenidos en el grupo control (Grupo A) fueron comparados con el grupo experimental (Grupo B). Con un enfoque mixto, longitudinal descriptivo por encuesta.

#### **3.1. Población y muestra**

El universo de esta investigación son los estudiantes de la Unidad Académica de Gastronomía y Nutrición Mazatlán de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), que al mes de marzo del 2020 contaba con 400 alumnos de la Licenciatura de Gastronomía; con un total de 16 grupos distribuidos de la siguiente forma: 4 grupos en primer año, 4

grupos en segundo año, 4 grupos en tercer año y 4 grupos en cuarto año. La población con la que se trabajó fueron los estudiantes de cuarto semestre y la muestra fue por conveniencia por lo que se implementó la investigación con los estudiantes del grupo control (Grupo A: 27 alumnos) y del grupo experimental (Grupo B: 27 alumnos) que cursaron la asignatura de estadística, impartida en el cuarto semestre de la Licenciatura de Gastronomía.

El grupo control son los estudiantes que tomaron sus clases virtuales a través de la plataforma Zoom (Zoom, 2021), utilizando la plataforma Classroom (Classroom, 2021) como herramienta para la gestión del aprendizaje y presentaciones tradicionales en Power Point para transmitir la información de las unidades de aprendizaje a los estudiantes. El grupo experimental además de las plataformas utilizadas en el grupo control, también se utilizaron diferentes herramientas tecnológicas como estrategias didácticas de acuerdo con los estilos de aprendizaje predominantes en el grupo experimental para favorecer el proceso de enseñanza aprendizaje. Algunas de las herramientas que se utilizaron fueron: Mindomo (Mindomo, 2021), Kahoot! (Kahoot!, 2021), Padlet (Padlet, 2021), Genially (Genially, 2021), Powtoon (Powtoon, 2021), Canva (Canva, 2021), Mentimeter (Mentimeter, 2021), entre otros, que sirvieron de apoyo para potencializar el conocimiento adquirido cada unidad de aprendizaje.

### 3.2. Ruta metodológica

El proceso académico se llevó a cabo de manera organizada y sistemática, primero, se solicitaron los permisos correspondientes tanto a las autoridades de la Unidad Académica como a los estudiantes participantes en esta investigación. Segundo, se aplicó un instrumento al grupo A y al grupo B llamado “Uso y aplicación de las tecnologías” de Soto (2015), el cual sirvió para analizar el contexto de esta investigación. Tercero, se procedió



| Unidad Académica                                       | Formato de Asignación | Sesiones grupales                 | Canalización | SIIA-SACE-Empleado | Diagnóstico EDAOM | Diagnóstico HEMA | Estilos Aprendizaje | Evaluación de Tutorías | Informa |
|--------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------|--------------------|-------------------|------------------|---------------------|------------------------|---------|
| 21 Tutorados de 13899 ALMA YADIRA QUIÑONEZ CARRILLO () |                       |                                   |              |                    |                   |                  |                     |                        |         |
| Num                                                    | Cuenta                | Nombre                            | Clave UA     | Carrera            | Periodo           | Grupo            | Asesor              | Opciones               |         |
| 18921930                                               |                       | ALVARADO VAZQUEZ PERLA GUADALUPE  | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |
| 18921531                                               |                       | CECEÑA RODRIGUEZ FIDEL            | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |
| 15887316                                               |                       | CISNEROS MORALES SANTOS ALONSO    | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |
| 15887731                                               |                       | CRUZ CARRILLO MARA JOHANA         | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |
| 18921353                                               |                       | GALLARDO SANCHEZ ANGEL GABRIEL    | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |
| 18921914                                               |                       | GODINEZ GARCIA JUAN CARLOS        | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |
| 18921507                                               |                       | HERNANDEZ VALDIVIA ROSA ALEJANDRA | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |
| 17803632                                               |                       | LOYO VEGA EVA DANIELA             | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |
| 18921566                                               |                       | MARTINEZ GIL MARIAN               | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |
| 15882551                                               |                       | MENDOZA TIZNADO CARLOS ADRIAN     | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |
| 18921663                                               |                       | MONTEJANO VARGAS SEBASTIAN        | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |
| 18921469                                               |                       | ORTIZ SANDOVAL DIANA MICHEL       | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |
| 15890260                                               |                       | OSUNA MONTES IVAN ALEJANDRO       | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |
| 13867660                                               |                       | PADILLA MORAN LUIS DAVID          | 4540         | 2                  | 4                 | 1                |                     |                        |         |

Figura 1 – Plataforma oficial del Programa Institucional de Tutorías de la UAS, <http://tutorias.uas.edu.mx/web/>

a la aplicación del instrumento del modelo PNL desde la plataforma oficial del Programa Institucional de Tutorías de la UAS (Fig. 1), para obtener y conocer los diferentes estilos de aprendizaje predominantes de los estudiantes del grupo experimental (Grupo B). Cuarto, se llevó a cabo la aplicación de las evaluaciones tanto en el grupo control como en el experimental para evaluar los conocimientos adquiridos de la asignatura y evaluar el rendimiento académico grupal.

#### 4. Análisis y presentación de los resultados

La incorporación de las tecnologías al ámbito educativo es de gran importancia para mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje, ya que apoyan tanto al alumno como al docente en la adquisición de las competencias tecnológicas necesarias para enfrentarse al mundo laboral de actualidad. Como lo menciona Díaz-Barriga (2015), la tecnología se emplea para incrementar lo que se ha venido haciendo, pero ofreciendo una amplia posibilidad de experiencias de enseñanza, de una forma eficiente dejando atrás los ejercicios rutinarios y exámenes tradicionales. De esta forma, se logrará a través del seguimiento de pasos sistematizados los objetivos planteados para el curso, con ambientes de aprendizaje adaptados a la modalidad virtual. En este trabajo, se realizó el análisis de dos grupos que cursaron el cuarto semestre de la Licenciatura en Gastronomía, que permitieron obtener el análisis del contexto y los estilos de aprendizaje y el índice de rendimiento académico. En la tabla 2 se muestran el total de alumnos que formaron parte de la investigación.

| Grupo                       | Mujeres | Hombre | Total de alumnos |
|-----------------------------|---------|--------|------------------|
| <i>Grupo A Control</i>      | 14      | 13     | 27               |
| <i>Grupo B Experimental</i> | 11      | 16     | 27               |

Tabla 2 – Alumnos que participaron en la investigación.

##### 4.1. Resultados del instrumento de contexto

Se realizó un análisis de contexto utilizando el instrumento “Uso y aplicación de las tecnologías” de Soto (2015), con fin de extraer información pertinente para realizar esta investigación, se obtuvo información relacionada con el número de alumnos que cuentan con una computadora, celular e internet; cuántos estudiantes utilizan herramientas tecnológicas para realizar actividades escolares y con qué frecuencia. De acuerdo con los resultados obtenidos, en la figura 2 y 3 se muestra un resumen con relación al uso de la computadora, se puede observar que se obtuvieron datos relevantes que indican que la mayoría de los alumnos cuentan con herramientas tecnológicas y conexión a internet, por lo general, dichas herramientas son utilizadas diariamente para realizar trabajos escolares y acceder a redes sociales, con regularidad para descargar videos y aplicaciones. Además, se detectó como área de oportunidad que, al tener acceso de manera frecuente a internet, los alumnos, podrían aprender a optimizar los tiempos que pasan en línea para mejorar sus tareas y buscar información actualizada favoreciendo su aprendizaje.

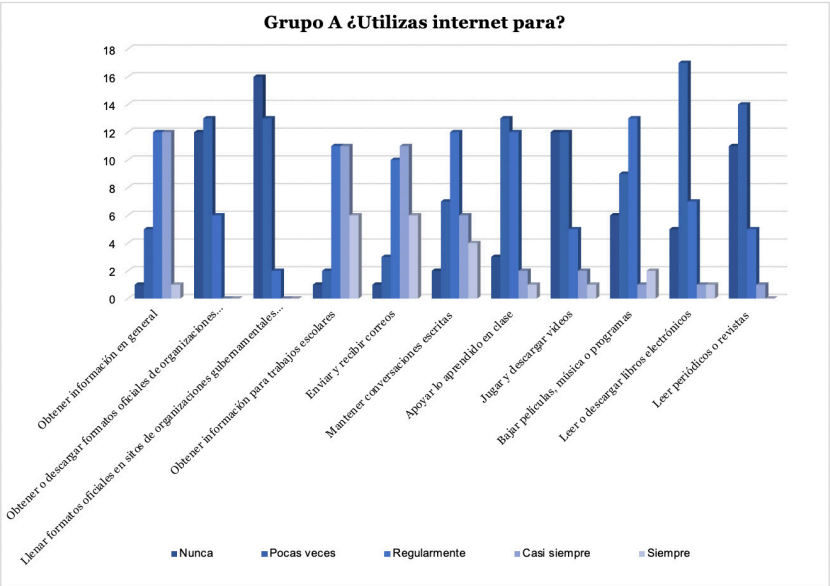


Figura 2 – Grupo A: aplicación del cuestionario uso y aplicación de las tecnologías

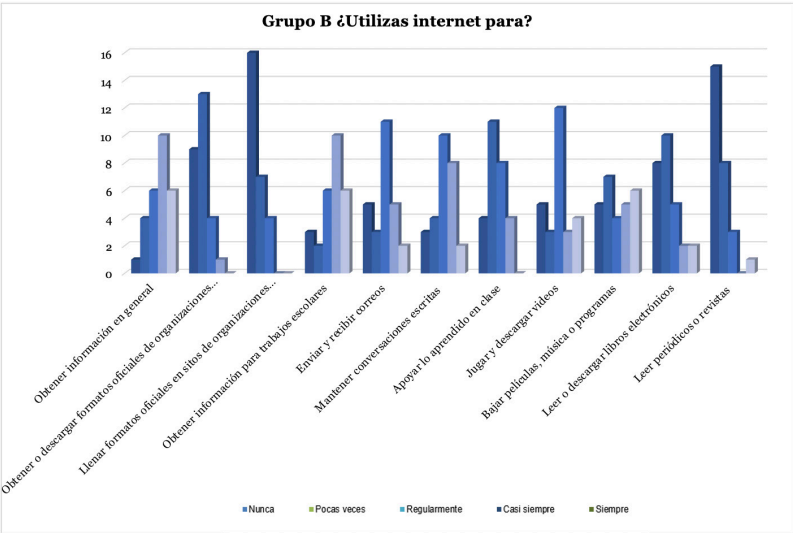


Figura 3 – Grupo B: aplicación del cuestionario uso y aplicación de las tecnologías

4.2.Resultados del modelo PNL

Para llevar a cabo la identificación de los estilos de aprendizaje de los estudiantes, los factores que afectan, la adquisición y la recuperación aprendida de información, se ha utilizado la plataforma institucional de tutorías desarrollada por la UAS dentro del

Programa Institucional de Tutorías, donde además de encontrar información pública, el tutor-tutorado, tutor-asesor par, asesor par-asesorados también pueden interactuar en ese espacio los alumnos al contestar los test psicopedagógicos: como EDAOM (Estrategias de Aprendizaje y Orientación Motivacional), HEMA (Hábitos de Estudio y Motivación al Aprendizaje), CHAEA (Cuestionario Honey Alonso de Estilos de Aprendizaje) y el modelo PNL (Estilos de Aprendizaje de la Programación Neurolingüística). En este trabajo se utilizó como instrumento el modelo psicopedagógico PNL, para identificar el estilo de aprendizaje VAK de los alumnos, el cual consta de 36 preguntas de opción múltiple y se realizó directamente en la plataforma del Programa Institucional de Tutorías.

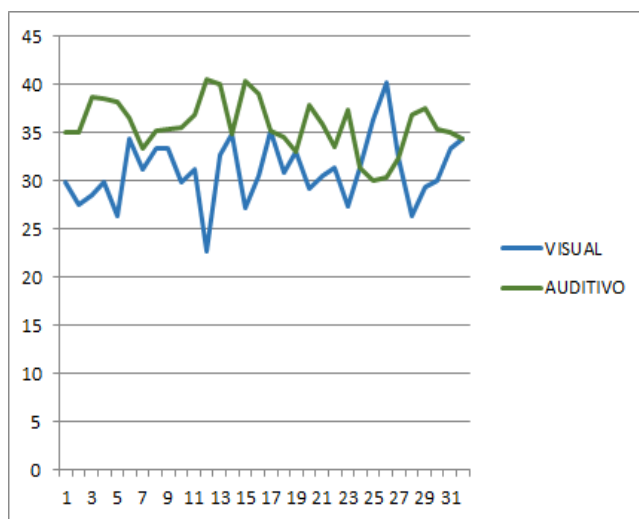


Figura 4 – Resultados del modelo PNL, comparativo de estilo visual y auditivo

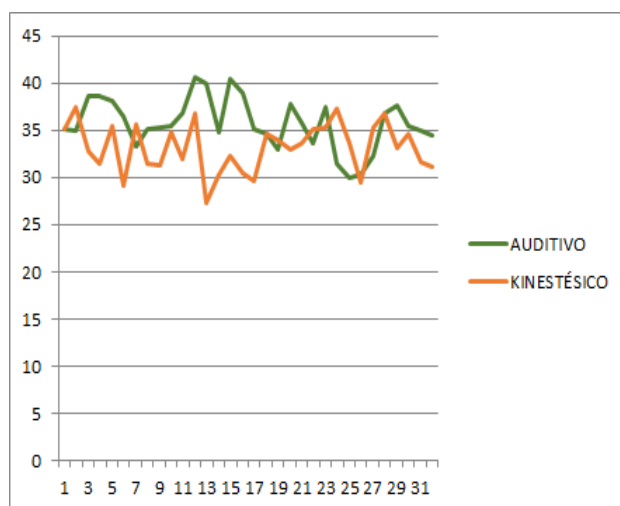


Figura 5 – Resultados del modelo PNL, comparativo del estilo auditivo y kinestésico

De acuerdo con los resultados obtenidos, a través de la plataforma de Tutorías arrojaron que el estilo de aprendizaje que más predomina en el grupo experimental (grupo B) de la Licenciatura de Gastronomía es el visual, continuando el kinestésico y por último el auditivo. En la Figura 4, se puede observar un comparativo del estilo de aprendizaje visual con el estilo de aprendizaje kinestésico y en la Figura 5 se muestran los resultados del comparativo del estilo auditivo con el kinestésico.

### 4.3. Análisis del rendimiento académico

Una vez realizado el análisis de contexto a través del instrumento “Uso y aplicación de las tecnologías” de Soto (2015) en cada uno de los grupos y la identificación del estilo de aprendizaje predominante con el modelo PNL en el grupo experimental, se procedió a realizar el análisis del rendimiento académico que tuvieron los estudiantes durante el desarrollo de dos unidades de aprendizaje de la asignatura de estadística tanto en el grupo de control como en el grupo experimental. A continuación, en la Tabla 3 se presenta un resumen de la evaluación obtenida en cada unidad de aprendizaje para cada uno de los estudiantes del grupo control y grupo experimental.

| Grupo Control |                         |                         | Grupo Experimental |                         |                         |
|---------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| Estudiantes   | Unidad de aprendizaje 1 | Unidad de aprendizaje 2 | Estudiantes        | Unidad de aprendizaje 1 | Unidad de aprendizaje 2 |
| Estudiante 1  | 5.90                    | 5.39                    | Estudiante 1       | 8.30                    | 9.33                    |
| Estudiante 2  | 6.45                    | 8.56                    | Estudiante 2       | 10.00                   | 9.33                    |
| Estudiante 3  | 9.16                    | 8.24                    | Estudiante 3       | 8.30                    | 10.00                   |
| Estudiante 4  | 7.18                    | 8.23                    | Estudiante 4       | 6.45                    | 10.00                   |
| Estudiante 5  | 6.20                    | 4.23                    | Estudiante 5       | 8.30                    | 9.33                    |
| Estudiante 6  | 7.89                    | 4.50                    | Estudiante 6       | 8.90                    | 9.33                    |
| Estudiante 7  | 7.64                    | 6.12                    | Estudiante 7       | 7.68                    | 9.0                     |
| Estudiante 8  | 8.52                    | 6.23                    | Estudiante 8       | 6.98                    | 9.33                    |
| Estudiante 9  | 9.56                    | 7.40                    | Estudiante 9       | 9.20                    | 10.00                   |
| Estudiante 10 | 8.15                    | 8.30                    | Estudiante 10      | 8.90                    | 8.00                    |
| Estudiante 11 | 7.68                    | 2.32                    | Estudiante 11      | 8.80                    | 9.33                    |
| Estudiante 12 | 7.12                    | 5.16                    | Estudiante 12      | 9.45                    | 7.47                    |
| Estudiante 13 | 2.88                    | 7.23                    | Estudiante 13      | 9.50                    | 10.00                   |
| Estudiante 14 | 5.72                    | 5.56                    | Estudiante 14      | 10.00                   | 7.13                    |
| Estudiante 15 | 6.96                    | 4.56                    | Estudiante 15      | 8.90                    | 7.30                    |
| Estudiante 16 | 7.17                    | 7.82                    | Estudiante 16      | 8.68                    | 8.00                    |
| Estudiante 17 | 7.90                    | 3.77                    | Estudiante 17      | 4.99                    | 8.67                    |
| Estudiante 18 | 6.00                    | 8.83                    | Estudiante 18      | 9.40                    | 10.00                   |
| Estudiante 19 | 6.10                    | 4.82                    | Estudiante 19      | 8.79                    | 8.00                    |
| Estudiante 20 | 4.42                    | 7.59                    | Estudiante 20      | 8.90                    | 9.60                    |
| Estudiante 21 | 8.38                    | 8.88                    | Estudiante 21      | 5.89                    | 8.88                    |

| Grupo Control          |                         |                         | Grupo Experimental     |                         |                         |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Estudiantes            | Unidad de aprendizaje 1 | Unidad de aprendizaje 2 | Estudiantes            | Unidad de aprendizaje 1 | Unidad de aprendizaje 2 |
| <i>Estudiante 22</i>   | 7.09                    | 9.16                    | <i>Estudiante 22</i>   | 9.80                    | 8.60                    |
| <i>Estudiante 23</i>   | 6.82                    | 0.45                    | <i>Estudiante 23</i>   | 9.60                    | 9.00                    |
| <i>Estudiante 24</i>   | 7.54                    | 8.26                    | <i>Estudiante 24</i>   | 8.50                    | 9.20                    |
| <i>Estudiante 25</i>   | 6.70                    | 8.06                    | <i>Estudiante 25</i>   | 10.00                   | 7.40                    |
| <i>Estudiante 26</i>   | 8.26                    | 5.92                    | <i>Estudiante 26</i>   | 9.80                    | 8.90                    |
| <i>Estudiante 27</i>   | 2.87                    | 8.50                    | <i>Estudiante 27</i>   | 10.00                   | 10.00                   |
| <i>Promedio Grupal</i> | 6.82                    | 6.52                    | <i>Promedio Grupal</i> | 8.67                    | 8.93                    |

Tabla 3 – Promedio grupal de las unidades de aprendizaje para el grupo control y para el grupo experimental.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede ver claramente que el rendimiento académico del grupo experimental es superior al rendimiento obtenido por el grupo control. En este contexto, para el grupo experimental el promedio de la evaluación grupal para la unidad de aprendizaje 1 es de 8.67 y 8.93 para la unidad de aprendizaje 2. Para el grupo control el promedio de la evaluación grupal para la unidad de aprendizaje 1 es de 6.82 y 6.52 para la unidad de aprendizaje 2, se puede observar que el resultado es inferior.

## 5. Conclusiones

La incorporación de las herramientas tecnológicas al ámbito educativo es de gran importancia para mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje, debido a que, apoyan tanto al alumno como al docente para adquirir las competencias tecnológicas necesarias para enfrentarse al mundo laboral en la actualidad. En este sentido, para crear un entorno eficaz de aprendizaje en línea y enseñar cursos en línea de manera eficiente, es necesario que el profesor posea habilidades didácticas, metodológicas y tecnológicas para que el proceso de enseñanza-aprendizaje se logre satisfactoriamente. Sin embargo, la elaboración de un curso en línea no es una tarea sencilla, se requiere de componentes básicos como una planeación, para lograr de forma satisfactoria el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Con la realización de esta investigación se obtuvieron diferentes resultados relacionados con el uso y dominio de las tecnologías y los estilos de aprendizaje del grupo control y grupo experimental. En primer lugar, se llevó a cabo la aplicación de un instrumento para analizar el uso y aplicación que le dan los alumnos a las tecnologías. Se obtuvieron datos muy interesantes como: el número de alumnos que cuentan con una computadora, celular, internet y cuántos de ellos utilizan estas herramientas tecnológicas para realizar actividades escolares y con qué frecuencia. Si bien es cierto que los estudiantes reflejan un dominio en las tecnologías, se ha identificado que solamente son utilizadas para cuestiones de redes sociales y no para académicas, en este sentido, el docente tiene la responsabilidad de guiarlos en el adecuado uso y aprovechamiento de las herramientas,

que hoy en día, se encuentra al alcance de la mayoría de los estudiantes, con el fin de lograr vincular las TIC con el aprendizaje, de una forma organizada y lograr implementar las estrategias más adecuadas.

En segundo lugar, se llevó a cabo la aplicación del test PNL para conocer los estilos de aprendizaje que predominaba en los estudiantes. Una vez identificados los estilos de aprendizaje predominantes en cada grupo, se procedió a la realización de una adecuada planeación didáctica que permitiera trabajar y estimular todos los canales de aprendizaje, logrando una integración de las tecnologías educativas, es decir, debido a que existe una amplia gama de herramientas se pueden hacer más interactivas las actividades, como: videos, audios, películas, documentos en línea, actividades lúdicas en la web, redes sociales, entre otras. De acuerdo con los resultados obtenidos con la aplicación el modelo PNL a través de la plataforma Institucional de Tutorías de la Universidad Autónoma de Sinaloa, los estilos de aprendizaje predominantes en el grupo experimental es el visual, después kinestésico, y por último, el auditivo.

Para finalizar, es importante mencionar que toda herramienta tecnológica utilizada por el docente, esté acompañada de un previo análisis de contexto como se realizó en esta investigación, porque permite seleccionar las mejores estrategias para ser implementadas a través de la plataforma, y de esta forma, poder medir el impacto en el rendimiento académico, el cual se vio favorecido en los estudiantes que estuvieron trabajando con las diferentes herramientas tecnológicas, potencializando sus conocimientos y fortaleciendo su interacción con la tecnología. Se ha verificado que independientemente del estilo de aprendizaje que el estudiante tenga (visual, auditivo o kinestésico), al utilizar diferentes herramientas se logró tener mayor interés durante el desarrollo de las unidades de aprendizaje, y por lo tanto, los estudiantes obtuvieron un mejor rendimiento académico en la evaluación de cada unidad de aprendizaje.

## Referencias

- Attallah, B. (2020). Post COVID-19 Higher Education Empowered by Virtual Worlds and Applications. In *Proceedings of the Seventh International Conference on Information Technology Trends (ITT)*, Abu Dhabi, United Arab Emirates, (pp. 161-164). IEEE Publisher.
- Bandler, R., (1988). Use su cabeza para variar, submodalidades en PNL. Cuatro Vientos.
- Bustos-López, M., Alor-Hernández, G., Sánchez-Cervantes, J.L., Salas-Zárate, M.P., & Paredes-Valverde, M.A. (2018). EduRP: an Educational Resources Platform based on Opinion Mining and Semantic Web, *Journal of Universal Computer Science*, 24(11), 1515–1535.
- Canva (2021) Diseño gráfico para todos. Disponible en: [https://www.canva.com/es\\_mx/](https://www.canva.com/es_mx/)
- Carnell, P. H., Schwab, M.C., Sochacka, N.W., & Hunsu, N.J. (2020) Performance and perception: A preliminary examination of factors that may motivate students to bounce back. *Frontiers in Education Conference (FIE)*, (pp. 1-4). Uppsala, Sweden; IEEE.

- Cisco (2021). Cisco Webex Meeting:Video conferencing. Disponible en <https://www.webex.com/>
- Google (2021). Google Classroom. Disponible en: <https://classroom.google.com/>
- Díaz-Barriga, F. (2015). Experiencias de aprendizaje mediadas por las tecnologías digitales: pautas para docentes y diseñadores educativos. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gallego, D. (2013). Ya he diagnosticado el estilo de aprendizaje de mis alumnos y ahora ¿qué hago. *Revista de Estilos de aprendizaje*, 11(12), 1-13.
- Gayol de Pallán, Y.(2016) Reseña del libro Educación a distancia: teoría, investigación, diseño y evaluación. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 8(16), 159-160.
- Genially (2021). Presentaciones e infografías. Disponible en: <https://www.genial.ly/es>
- Gómez, L., Aduna, A., & García, E. (2004). Manual de estilos de aprendizaje. México DF: Secretaría de Educación Pública. Disponible en <https://drive.google.com/file/d/oB76yT5ggiwqYNU1kZiF3WUVOTko/edit>
- Google Meet. (2021). Real-time meetings, video conferencing. Disponible en <https://meet.google.com/>
- GotoMeeting. (2021). Video conferencing. Disponible en: <https://www.gotomeeting.com/en-in>
- Hui, T., & Yan-Jun, Y. (2016). Knowledge Building Community in Blended Learning Environments. In *Proceedings of the 8th International Conference on Information Technology in Medicine and Education*, Fuzhou, pp. 581-583, IEEE Publisher.
- Kahoot! (2021) Play Kahoot! Learning game. Disponible en: <https://kahoot.it/>
- Kumar, A., Malhotra, S., Katoch, A., Sarathkar, A., & Manocha, A. (2020). Webinars: An assistive tool used by higher education educators during Covid19 case study. In *Proceedings of the 12th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)*, Bhimtal, India, (pp. 1-6). IEEE Publisher.
- Lekka, A., Tsironi, M., & Pange, J. (2015). New trends of information and communication technologies in education. In *IEEE International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning*, Thessaloniki, Greece, (pp. 389-389). <https://doi.org/10.1109/IMCTL.2015.7359626>.
- Lillejord, S., Borte, K., Nesje, K., & Ruu, E. (2018). Learning and teaching with technology in higher education – a systematic review. Oslo: Knowledge Centre for Education.
- Lin, C.C., & Chiu, C. H. (2013). Correlation between Course Tracking Variables and Academic Performance in Blended Online Courses. In *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Conference on Advanced Learning Technologies*, Beijing, China, (pp. 184-188). IEEE Publisher.

- Lizarraga, C., Quiñonez, Y., Aguayo, R., & Peraza, J. (2017). Incorporation of robots in the teaching-learning process for the different educational levels. In *Proceedings of the 9th International Conference on Education and New Learning Technologies*, Barcelona, Spain, pp. 5459-5457, Iated Digital Library.
- Mentimeter (2021). Interactive presentation software. Disponible en: <https://www.mentimeter.com/>
- Microsoft Team (2021). Video conferencing. Disponible en: <https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-teams/online-meetings>
- Mindomo (2021). Mapas mentales y conceptuales. Disponible en: <https://www.mindomo.com/es/>
- Minetti, M. L. (2015). ¿Enseñar o aprender? Escritos en la facultad, 11(109), 55-56.
- Onwuegbuzie, A. J., & Leech, N. L. (2006). Linking research questions to mixed methods data analysis procedures 1. The Qualitative Report, 11(3), 474-498. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2006.1663>
- Padlet (2021). Tableros colaborativos. Disponible en: <https://es.padlet.com/>
- Pantoja, M.A., Duque, L.I., & Correa, J.S. (2013) Modelos de estilos de aprendizaje: una actualización para su revisión y análisis. Revista Colombiana de Educación, (64), 79-105. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=413634076004>
- Padua Rodríguez, L.M. (2019). Factores individuales y familiares asociados al bajo rendimiento académico en estudiantes universitarios. Revista mexicana de investigación educativa, 24(80), 173-195. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-66662019000100173&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662019000100173&lng=es&tlng=es).
- Pereira Pérez, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. Revista Electrónica Educare, 15(1), 15-29. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194118804003>
- Powtoon (2021). Make video and animations online. Disponible en: <https://www.powtoon.com/>
- Quiñonez, Y., Luzardo, G., & Granda, R. (2016). Implementación de un sistema multi-táctil en ambientes educativos para promover y facilitar la evaluación del trabajo colaborativo en el aula. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (17), 66-79. <https://doi.org/10.17013/risti.17.66-79>
- Sari, S., & Karsen, M. (2016). An empirical study on blended learning to improve quality of learning in higher education. In *IEEE International Conference on Information Management and Technology*, pp. 235-240.
- Seitebaleng, S. D. (2018). Information and communication technology use in higher education: Perspectives from faculty. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, 14(2), 121-166.

- Shuell, T. J. (1986). Cognitive conceptions of learning. *Review of Educational Research*, 56, 411-436. <http://dx.doi.org/10.3102/00346543056004411>
- Siemens, G., & Fonseca, D. (2007). *Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital*. Philosophy.
- Skinner, B. F., & Ardila, R. (1977). *Sobre el conductismo*. Fontanella.
- Soto, M.G. (2015). Tecnologías de Información y Comunicación en los procesos educativos: Sus representaciones sociales desde el docente. *Revista Educativa Hekademos*, (17), 23-30.
- Srivastava, T., Waghmare, L.S., Jagzape, A., Rawekar, A., Quazi, N., & Mishra, V.P. (2014). Role of information communication technology in higher education: learners perspective in rural medical schools. *Journal of clinical and diagnostic research*, 8(6), XC01-XC06. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/8371.4448>
- Umek, L., Keric, D., Aristovnik, A., & Tomaevic, N. (2015). Implications of Blended Learning on Students' Performance in Public Administration Education. In *IEEE International Conference on u- and e-Service, Science and Technology*, pp. 39-44.
- Vanslambrouck, S., Zhu, C., Lombaerts, K., Philipsen, B., & Tondeur, J. (2018). Students' motivation and subjective task value of participating in online and blended learning environments. *The Internet and Higher Education*, (36), 33-40.
- Zambrano, L.L. (2020) Uso de la Tecnología de la Información y Comunicación en educación virtual y su correlación con la Inteligencia Emocional de docentes en el Ecuador en contexto COVID-19. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (40), 31-44. <https://doi.org/10.17013/risti.40.31-44k>
- Zhao, H., Guo, Y., Wang, K., & Lu, M. (2018). The Determinants of Students' Academic Achievement in B-Leaming Environment: An Empirical Investigation, In *13th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, Colombo, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/ICCSE.2018.8468828>.
- Zoom (2021). Video conferencing, Web conferencing, Webinnars. Disponible en: <https://zoom.us/meetings>

# Herramienta para la Enseñanza de la Programación usando Elementos Gráficos

Iván Picie-Alcaraz<sup>1</sup>, Beatriz Alejandra Olivares-Zepahua<sup>1</sup>, Ignacio López-Martínez<sup>1</sup>, Celia Romero-Torres<sup>1</sup>, Luis Ángel Reyes-Hernández<sup>1</sup>

{msc.jpicie, bolivares, ilopez, cromero, lreyes}@ito-depi.edu.mx

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México, Campus Orizaba, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Orizaba, Veracruz, México.

DOI: 10.17013/risti.41.50–62

**Resumen:** El aprendizaje de la programación es difícil y requiere un arduo trabajo por parte de los estudiantes. Necesitan hacer muchos ejercicios y crear muchos programas para mejorar sus competencias en programación, y más aún cuando las herramientas con las que se cuentan no están en su idioma nativo. En este artículo se propone una herramienta, también llamada ambiente de desarrollo en conjunto de un lenguaje de programación, en idioma español, que permita programar la generación de patrones geométricos, como un apoyo a la enseñanza de STEM en México.

**Palabras-clave:** ambiente de desarrollo; lenguaje de programación; patrones geométricos.

## *Tool for Teaching Programming Using Graphic Elements*

**Abstract:** Learning programming is difficult and requires hard work on the part of students. They need to do a lot of exercises and create a lot of programs to improve their programming skills, and even more so when the tools they have are not in their native language. This article proposes a tool, also called a development environment matching with a programming language, in Spanish, that allows programming the generation of geometric patterns, as a support to the teaching of STEM in Mexico.

**Keywords:** development environment; programming language; geometric patterns.

## 1. Introducción

En años recientes, alrededor del mundo, se ha hecho hincapié en la enseñanza de STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics - ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) con los objetivos de innovar en el conocimiento, promover el desarrollo de países y personas y disminuir la brecha de género y/o pobreza entre otros. Una de las aproximaciones a STEM es el manejo de la programación, bien sea mediante elementos

físicos como robots, o elementos intangibles como la solución de problemas; los lenguajes para programación en ese caso retoman lenguajes como Logo (Logo History, s/f) o se generan nuevos como el sucesor de Logo: Scratch (Scratch - About, s/f). En México se cuenta con varias iniciativas asociadas a STEM (Movimiento STEM, s/f), (STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) | British Council México, s/f) y, específicamente en las Ciencias Computacionales, a través de la enseñanza de la programación (Cuantrix, s/f).

Movimiento STEM México asegura en (Movimiento STEM, s/f) que la enseñanza de STEM debe a) basarse en un problema social real, b) utilizar tecnologías y arte para crear una solución, c) diseñarse, construirse, probarse y mejorarse. Otra iniciativa mexicana relacionada con la enseñanza de la computación es CuantriX (Cuantrix, s/f) que busca generar equidad de oportunidades a través de las Ciencias de la Computación para que cada año en México un millón de niñas, niños y jóvenes aprendan a programar; loable como es su causa, su solución presenta el problema del idioma porque su plataforma contiene pocas herramientas en español que ayuden a programar, ya que aproximadamente el 80% de sus aplicaciones se encuentra en inglés y, de acuerdo a un informe del 2015 de “Mexicanos Primero” citado en (Gómez et al., 2017), sólo el 3% de los egresados de secundaria cuenta con un nivel aceptable del idioma inglés.

En México existe una larga tradición artesanal, la cual se basa en motivos geométricos como las grecas, dibujos relativamente simples que siguen un patrón repetitivo y su estudio incluso forma parte del temario de Matemáticas de tercero de primaria (Ma. Teresa Rojano Ceballos, 2005), (2005). Dada su simplicidad, las grecas se pueden describir utilizando conceptos básicos de matemáticas (puntos, líneas, ángulos, unidades de medida) y también conceptos simples de programación (inicio, fin, avance, repetición). Por todo lo anterior, en este trabajo se aborda el diseño de un IDE que permita a niñas, niños y adolescentes aprender conceptos sobre programación mientras crean patrones geométricos.

## 2. Trabajos relacionados

Tisza et al. (Tisza et al., 2019) evaluaron tres formas de aprendizaje aplicadas a niños, relacionadas a STEM en Europa, las cuales son: a) aprendizaje formal que sigue un programa de estudios estructurado y es obligatorio; b) aprendizaje informal, fuera de un ambiente formal de aprendizaje, que sigue un programa de estudios estructurado, usualmente voluntario y c) aprendizaje no formal, donde sea, no sigue un programa de estudios estructurado y es voluntario. Se llevó a cabo un estudio de encuestas y se tomó un muestreo de 128 estudiantes en Europa utilizando las diferentes formas de aprendizaje, este estudio determinó que hay una diferencia entre las actividades que las chicas frecuentemente realizan y aquellas actividades en las que los chicos participan. Las chicas participan más frecuentemente en varias actividades destinadas a involucrar a los participantes en temas científicos como arte, biología, química y física. Los chicos participan en actividades que mejoran sus habilidades en ciencias de la computación. Esta información brindó una manera más rápida para determinar qué tipo de actividades se adapta mejor para enseñar algún tema relacionado con STEM, dependiendo de la edad y género de los usuarios.

No es claro cómo las diferentes modalidades de entrada y salida en la codificación apoyan la práctica de diferentes habilidades de resolución de problemas para los niños. En (Zhu et al., 2016) se presentaron cuatro talleres de codificación: GIGO (Graphical Input Graphical Output, Entrada Gráfica Salida Gráfica), TITO (Tangible Input Tangible Output, Entrada Tangible Salida Tangible), GITO (Graphical Input Tangible Output, Entrada Gráfica Salida Tangible), TIGO (Tangible Input Graphical Output, Entrada Tangible Salida Gráfica). Fueron en total tres ejercicios realizados por cada participante durante los talleres. Se contaron el número de intentos de cada niño para cada ejercicio, basados en los registros del sistema y los videos capturados. Los resultados resaltaron que los niños en TITO se calificaron a sí mismos con una mejor comprensión de la codificación (4.67 / 5), mayor confianza (5/5) y mayor disfrute (5/5), los mismos resultados denotaron que el método de entrada gráfica distrajo menos que el enfoque de entrada tangible, pero también fue menos provocativo durante la etapa de argumentación. En comparación con la contraparte gráfica, el resultado tangible podría atraer mejor la atención de los estudiantes, apoyar un razonamiento causal y promover una argumentación más activa.

Es común que los IDEs comerciales se diseñen pensando más en el rendimiento que en los principios de usabilidad. Karvelas (Ioannis Karvelas, 2019) demostró cómo las diferentes formas de indicar los errores afectan a los novatos al aprender programación; se tomaron en cuenta dos formas de presentar los mensajes de error: 1) mostrar sólo el primer error encontrado durante la compilación, excluyendo a los demás si los hubiera, esta forma hizo que los estudiantes se desmotivaran ya que tenían que seguir presionando el botón de compilar para encontrar todos los errores; 2) mostrar los mensajes de error de todos los errores a medida que se escribe, de esta manera los estudiantes tienen la oportunidad de revisar todo el código antes de presionar compilar, lo que tuvo un efecto positivo en los estudiantes. De esta forma, obtuvieron como resultado que el brindar mensajes de error de una manera no amigable para los usuarios hace que estos tengan dificultad al momento de aprender a programar, por lo que es de suma importancia tener en cuenta la experiencia de usuario.

Las dificultades en la comprensión de la programación por los programadores ha sido estudiada por mucho tiempo y se han sugerido diferentes modelos cognitivos para su comprensión; Zayour (Zayour & Hajjdiab, 2013) llevó a cabo el estudio de las prácticas de los programadores en una sola empresa para determinar el efecto que los IDEs tienen en diferentes proyectos en un mismo contexto, se determinó que los mensajes de error la mayoría de las veces representan lo que ha ido mal dentro de la herramienta, son muy generales y algunas veces parecen no tener sentido, lo cual aleja al programador de la causa real y prolonga el tiempo de corrección de errores teniendo que probar soluciones que se vengan a la mente o buscar en Internet soluciones a problemas similares para eventualmente solventar el error, también se obtuvo que las herramientas para depurar los errores a tiempo de ejecución son cada vez menos útiles ya que muestran errores en partes internas del propio IDE, impidiendo al programador revisar lo que él desarrolló.

En (Department of Computer Science, Interlink Polytechnic, Ijebu Jesa, Osun State, 233114, Nigeria et al., 2016) se investigó el efecto de los IDEs en los programadores

principiantes, en la investigación se tomaron muestras de estudiantes y profesores de disciplinas relacionadas con la programación; al analizar los datos se obtuvo que un IDE cuyo propósito es ayudar a los programadores a desarrollar aplicaciones de software efectivas y rápidas, podría causar lo contrario si no se elige correctamente; como resultado se recomendó que un programador principiante utilice un IDE con pocas características técnicas, para que no se sature con características que desconoce y se centre en aprender lo necesario para su nivel, así posteriormente podrá abordar IDEs con características más avanzadas e ir aprendiendo escalonadamente lo que cada uno de ellos puede brindarle. Otro elemento que se remarca es la experiencia previa del usuario en los diferentes IDEs ya que dependiendo de la comodidad que haya sentido se sentirá motivado o no a continuar su aprendizaje.

### 2.1. Análisis de los trabajos relacionados

Después de revisar los artículos descritos anteriormente se encontró que hay suficiente información respecto a las modalidades en las que los niñas, niños y adolescentes se desenvuelven mejor y aprenden más como se presenta en (Zhu et al., 2016), (Tisza et al., 2019); así también hay información relevante respecto al manejo de ambientes de desarrollo integrado y de las características que deben cumplir para realmente ser un apoyo para programadores novatos como se refleja en los artículos (Ioannis Karvelas, 2019), (Zayour & Hajjdiab, 2013) y (Department of Computer Science, Interlink Polytechnic, Ijebu Jesa, Osun State, 233114, Nigeria et al., 2016). De lo anterior se desprende que el presente trabajo es relevante y es posible determinar muchos de los requisitos funcionales y no funcionales para el IDE a partir de los artículos analizados; por otro lado, si bien existen otras herramientas que persiguen objetivos parecidos a la presente investigación, como los mencionados en los trabajos (*Scratch - About*, s/f) y (*Turtlestitch - Coded Embroidery / TurtleStitch - Coded Embroidery*, s/f), estos no se encuentran en idioma español.

## 3. Desarrollo

Tras el análisis de la problemática descrita en la Introducción y el análisis de trabajos relacionados, se determinó crear una herramienta pensada para un lenguaje de programación simple y reducido, que permita al estudiante comprender los conceptos básicos y constatar fácilmente sus resultados. A este tipo de herramientas se les conoce generalmente como Ambiente de Desarrollo Integrado o Ambiente de Desarrollo Interactivo (IDE por sus siglas en inglés).

El lenguaje de programación que se pretende implementar se basa en conceptos matemáticos simples que se cubren en los temarios de matemáticas en México como parte de la educación básica puesto que se tienen en mente en todo momento los postulados de STEM aunque con mayor énfasis en la computación. La mayoría de las instrucciones en lenguajes con resultados gráficos son semejantes y se basan en el idioma inglés como es el caso de Logo y Scratch, la diferencia del lenguaje planteado es que sus instrucciones se basan en el idioma español, considerando instrucciones muy simples como <iniciar>, <terminar>, <avanzar n unidades>, <girar n grados>, <repetir> y <elegir color> entre otros.

### 3.1. Identificación de requerimientos

Para el desarrollo de una aplicación de software de calidad uno de los puntos más importantes es la utilización de una metodología de software que sirva de guía durante el proceso; la mayoría de las metodologías de desarrollo de software consideran en la primera fase reunir información para tener claro lo que se espera que la aplicación realice, dicha información se recolecta mediante reuniones con el cliente y con usuarios que van a hacer uso de la aplicación, o bien aplicando encuestas a los usuarios potenciales identificados; la información obtenida de reuniones o encuestas se transforma en los requerimientos funcionales y no funcionales a cubrir en la aplicación. En el presente proyecto no existe un cliente y los usuarios potenciales son niñas, niños y adolescentes de habla hispana, por lo que en caso de seguir alguna de las técnicas anteriores se habría optado por aplicación de encuestas a un universo amplio de niñas, niños y adolescentes.

Sin embargo, para la obtención de requisitos del IDE para enseñanza de la programación no se siguió ninguna de las dos técnicas mencionadas en el párrafo anterior debido a que casi todos los IDEs, tanto comerciales como de uso libre, dirigidos a la enseñanza o al desarrollo de software, tienen elementos parecidos. En ese sentido, el análisis de herramientas semejantes como alternativa a la recolección de requerimientos (técnica de análisis comparativo) se muestra en “The Deadline” (DeMarco, 1997), de Tom DeMarco, donde se presentan de forma novelada las ideas respecto a administración de proyectos de software y en general sobre ingeniería de software de uno de los autores más renombrados en el área; con esto en mente, en este caso se optó por recurrir a técnicas de análisis comparativo sobre ambientes de desarrollo integrado y herramientas de apoyo a la enseñanza de programación para identificar los requerimientos funcionales y no funcionales de la herramienta; además, se tomaron en consideración buenas prácticas para la enseñanza de la programación descritas en la literatura.

### 3.2. Análisis de ambientes de desarrollo integrado (IDEs)

#### 1. Eclipse:

Fue desarrollado por Eclipse Foundation bajo una licencia de software libre y es multiplataforma, este IDE está pensado para trabajar con Java, aunque también permite trabajar otros lenguajes al añadirle *plugins* por ejemplo para C++, JavaScript, Python o PHP entre otros. Entre las características de este IDE se encuentran autocompletar código, acceso eficiente a archivos del proyecto, facilidad para probar el código y corrección de sintaxis entre otros (Guindon, s/f).

#### 2. Visual Studio:

Fue desarrollado por Microsoft en febrero de 1997, su tipo de licencia es considerada Freemium ya que cuenta con versiones gratuitas y de pago. Es multiplataforma y cuenta con una amplia colección de *plugins* para aumentar su funcionalidad, por ejemplo, para relacionar el código con controladores de versiones. Entre las características que ofrece a sus usuarios se encuentran (*Visual Studio 2019*, s/f): sugerencia de código, facilidad en la navegación de archivos y sugerencia de acciones, como cambiar nombre de una función o agregar un parámetro, entre otros.

### 3. NetBeans:

Es un IDE escrito en el lenguaje de programación Java y es de código abierto (*NetBeans IDE 8.2 Release Information*, s/f). Como en el caso de Eclipse, permite trabajar en Java, aunque soporta otros lenguajes de programación mediante configuración como PHP y JavaScript. Entre las características destacadas con las que cuenta se encuentran: sintaxis resaltada, autocompletado de código, soluciones rápidas y soporte para diferentes marcos de trabajo mediante *plugins*.

## 3.3. Análisis de herramientas de enseñanza de programación

### 1. Scratch

En (*Scratch - About*, s/f) se menciona que Scratch sirve para programar historias interactivas, juegos y animaciones, además de compartir estas creaciones con otros miembros en la comunidad en línea. Scratch ayuda a los jóvenes a aprender a pensar de forma creativa, a razonar sistemáticamente, y a trabajar de forma colaborativa, habilidades que son esenciales para la vida en el siglo XXI.

### 2. Snap!

Snap! es un lenguaje de programación visual basado en el modelo de arrastrar y soltar que permite a los estudiantes crear historias interactivas, animaciones, juegos y más, mientras aprenden ideas matemáticas y computacionales. Snap! se inspiró en Scratch, pero también se dirige a estudiantes novatos y más avanzados al incluir y expandir las características de Scratch.

El diseño de Snap! está influenciado e inspirado por Scratch, del grupo Lifelong Kindergarten en el MIT Media Lab (*Scratch - About*, s/f).

### 3. Turtlestitch

Turtlestitch está basado en un lenguaje de programación educativo que se desarrolló a partir de Snap!, para generar patrones para máquinas de bordar. Es fácil de usar, no requiere conocimientos previos en programación y es poderoso para crear patrones de bordado, aunque no está pensado como herramienta para aprender a programar. Es útil para los diseñadores experimentar con la estética generativa y el bordado de precisión, así como una herramienta innovadora para talleres, que combina una introducción a la programación con un resultado háptico (*Turtlestitch - Coded Embroidery / TurtleStitch - Coded Embroidery*, s/f).

## 3.4. Requerimientos del IDE

De acuerdo a (Ask John: Which IDE should I use with my students? – WeTeach\_CS Blog Archive, s/f) un IDE tiene dos partes básicas: un editor y un elemento para compilar/ ejecutar el programa editado. La mayoría de los editores tienen comportamientos semejantes y lo mismo puede decirse de los elementos para ejecutar programas. Sin embargo, el IDE propuesto está pensado para la enseñanza de la programación que no se considera en las herramientas descritas en el apartado 3.2, por lo que debe contar también con elementos particulares como son ejemplos dirigidos (tutoriales) y, al ser gráfico, soporte para “arrastrar y soltar” (drag and drop) las instrucciones del programa que son algunos elementos identificados en el análisis del apartado 3.3.

En la Tabla 1 se muestran las listas de requisitos funcionales y no funcionales del IDE obtenidas a partir del análisis comparativo de los apartados 3.2 y 3.3 se encuentran marcados con un asterisco (\*) o un signo más (+) respectivamente:

| Requisitos funcionales                        | Requisitos no funcionales                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Abrir programa *                              | Implementación mediante JavaFX                                                                                                                        |
| Cerrar programa *                             | Las instrucciones del lenguaje se presentarán en una lista de la que podrá elegirse un elemento y arrastrarlo hacia el área de edición del programa + |
| Guardar programa *                            | La ejecución del código presentará el gráfico obtenido en otra área del IDE +                                                                         |
| Crear nuevo programa *                        | Relación con una máquina de coser/bordar mediante Arduino (a futuro) +                                                                                |
| Colocar instrucción +                         |                                                                                                                                                       |
| Deshacer última acción *                      |                                                                                                                                                       |
| Procesar código *                             |                                                                                                                                                       |
| Ejecutar código mostrando diseño resultante + |                                                                                                                                                       |
| Ejecutar código creando bordado (a futuro) +  |                                                                                                                                                       |

Tabla 1 – Requisitos Funcionales y No Funcionales

3.5. Diagrama de casos de uso

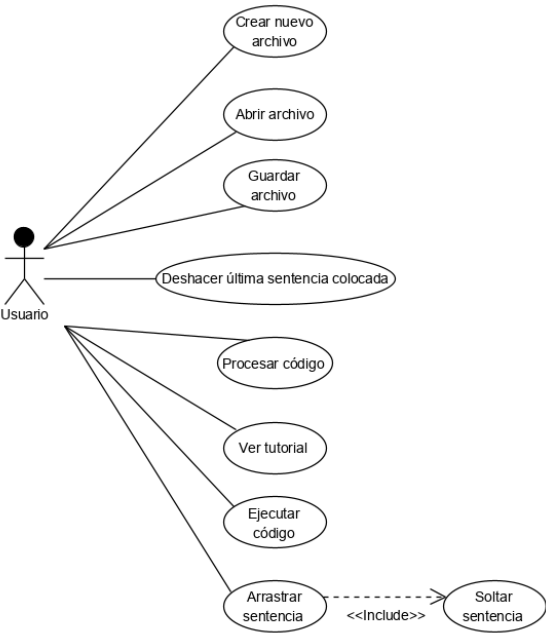


Figura 1 – Diagrama de casos de uso.

Con los requerimientos de la herramienta obtenidos se modeló el diagrama de casos de uso (Fig. 1); como se había mencionado antes, los usuarios potenciales son niñas, niños y adolescentes de habla hispana, mismos que aparecen en el diagrama con el nombre genérico de “Usuario”.

3.6.Arquitectura

Una vez que se contó con los requisitos, se procedió a determinar los componentes de software para la arquitectura, mismos que se muestran en la Fig. 2; en gris se indicaron los componentes más relacionados con el comportamiento del IDE y en blanco los componentes relacionados con la compilación del programa resultante en el lenguaje de diseño gráfico a crear.

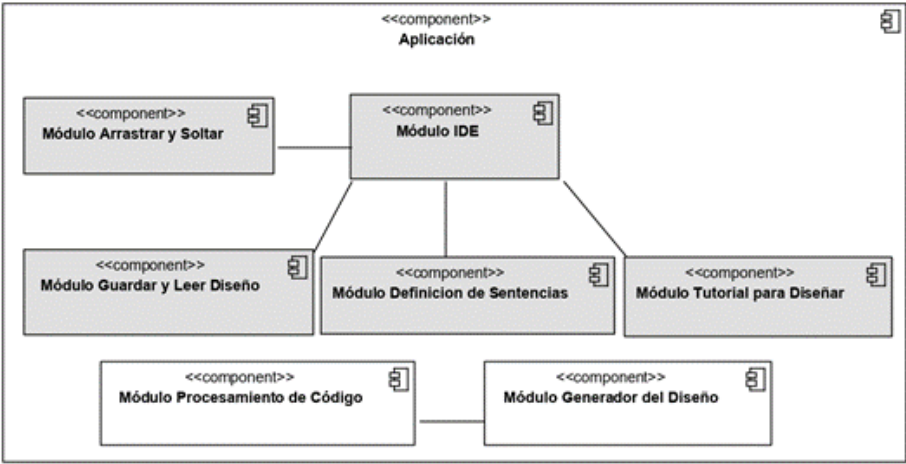


Figura 2 – Componentes de la arquitectura para el ambiente de desarrollo integrado

3.7. Requerimientos del Lenguaje

Para plantear el lenguaje primero se describieron las “frases esperadas”, es decir, cómo serían los programas esperados, posteriormente se describieron los elementos léxicos, gramaticales y semánticas del lenguaje.

| Línea | Código                      |
|-------|-----------------------------|
| 1     | Metodo HacerUnaLinea Inicio |
| 2     | Girar 90 grados;            |
| 3     | Avanzar 5 unidades;         |
| 4     | Girar 270 grados;           |
| 5     | Pintar 20 unidades;         |
| 6     | Fin                         |

Tabla 2 – Ejemplo 1 de frases soportadas.

A continuación, se muestran unas posibles frases a considerar en el IDE para obtener los elementos necesarios para la creación del lenguaje.

| <b>Línea</b> | <b>Código</b>               |
|--------------|-----------------------------|
| 1            | Metodo HacerCuadrado Inicio |
| 2            | Repetir 4 Inicio            |
| 3            | Pintar 5 unidades;          |
| 4            | Girar 90 grados;            |
| 5            | Fin                         |
| 6            | Fin                         |

Tabla 3 – Ejemplo 2 de frases soportadas.

- **Lexemas o Tokens**

El nombre del token es un símbolo abstracto que representa un tipo de unidad léxica; por ejemplo, una palabra clave específica o una secuencia de caracteres que denotan un identificador. Los nombres de los tokens son los símbolos de entrada utilizados para procesar en el analizador léxico.

A partir del análisis de las frases mostradas anteriormente se obtuvieron los lexemas o tokens del lenguaje (tabla 4)

| <b>Palabra Reservada</b> | <b>Valor Asociado</b> |
|--------------------------|-----------------------|
| <i>PR_Avanzar</i>        | Avanzar               |
| <i>PR_Unidades</i>       | Unidades              |
| <i>PR_Pintar</i>         | Pintar                |
| <i>PR_Girar</i>          | Girar                 |
| <i>PR_Grados</i>         | Grados                |
| <i>PR_Repetir</i>        | Repetir               |
| <i>PR_Cambiar</i>        | Cambiar               |
| <i>PR_Color</i>          | Color                 |
| <i>PR_Metodo</i>         | Metodo                |
| <i>PR_Inicio</i>         | Inicio                |
| <i>PR_Fin</i>            | Fin                   |
| <i>PR_Azul</i>           | Azul                  |
| <i>PR_Rojo</i>           | Rojo                  |
| <i>PR_Verde</i>          | Verde                 |
| <i>PR_Negro</i>          | Negro                 |
| <i>SG_PC</i>             | ;                     |
| <i>ID</i>                | [A-z]+                |
| <i>Numero</i>            | [0-9]+                |

Tabla 4 – Tokens o Lexemas para el Lenguaje

- **Gramática**

En la gramática se explica la forma en que los elementos del lenguaje se relacionan para formar textos y se analizan los significados de estas combinaciones.

En la tabla 5 se muestran las reglas del lenguaje, en la primera columna se encuentra el No Terminal y en la segunda columna la regla correspondiente; el No Terminal “Método” corresponde al axioma de la gramática.

| No Terminal   | Regla                                              |
|---------------|----------------------------------------------------|
| Metodo        | PR_Metodo ID PR_Inicio Instrucciones PR_Fin        |
| Instrucciones | Avanzar   Pintar   Girar   Mientras   CambiarColor |
| Avanzar       | PR_Avanzar Numero PR_Unidades SG_PC                |
| Pintar        | PR_Pintar Numero PR_Unidades SG_PC                 |
| Girar         | PR_Girar Numero PR_Grados SG_PC                    |
| Repetir       | PR_Repetir Numero PR_Inicio instrucciones PR_Fin   |
| CambiarColor  | PR_Cambiar PR_Color color SG_PC                    |
| Color         | PR_Azul   PR_Rojo   PR_Verde   PR_Negro            |

Tabla 5 –Gramática del lenguaje de programación

- **Semántica**

La semántica verifica el “sentido” de la “frase” mediante la comprobación estática de información.

Las validaciones semánticas a considerar de acuerdo a las frases estudiadas fueron las siguientes:

1. Verificar que se haya introducido un número.
2. Verificar que se haya introducido un ángulo correcto (donde solo se consideraron los ángulos de: 45, 90 y 135 grados).
3. Verificar que Número sea un Número válido.
4. Validar que el color sea un color válido (en donde se establecieron solo algunos colores, lo cuales se pueden observar en la parte de tokens).
5. Verificar inicio y fin de instrucciones.
6. Verificar inicio y fin del método.

### 3.8.Resultados

Una vez generada nuestra aplicación de lenguaje mediante ANTLR4 partimos a implementarla en la primera versión del IDE, la cual fue programada con ayuda de java y javafx, para poder generar una greca como se planteó al principio del artículo.

## 4. Conclusiones

Al realizar la investigación para el presente trabajo, se identificaron varios puntos relevantes a) una aproximación temprana a la programación es una ventaja competitiva, b) los ambientes gráficos resultan más atractivos para los jóvenes y se despierta mayor interés cuando el resultado es algo visible, c) existe una amplia tradición de bordados en

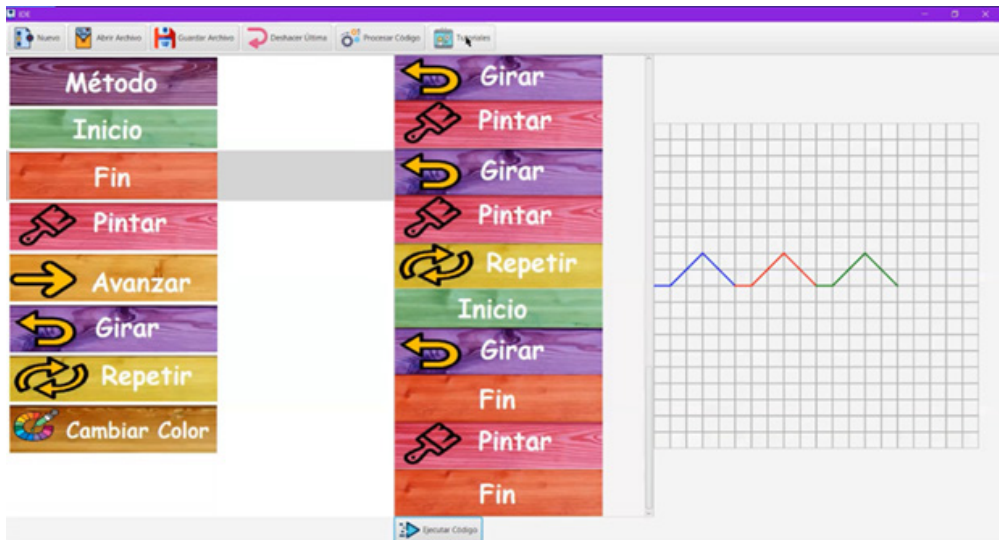


Figura 3 – Resultado de la primera versión de la herramienta.

México, d) el uso de patrones geométricos fortalece el pensamiento lógico matemático y e) en México el porcentaje de estudiantes con conocimientos suficientes del idioma inglés es reducido.

Debido a estos puntos, la creación de un IDE para realizar patrones geométricos como una forma de facilitar el aprendizaje de conceptos básicos de programación y matemáticas es altamente recomendable sobre todo si se brinda al usuario un resultado “tangible” de su programa y utiliza el idioma español.

Para realizar una aplicación o herramienta es necesario conocer los requisitos que debe cumplir y existen varias técnicas para lograrlo, una de ellas es el análisis comparativo de elementos con objetivos semejantes, en este caso se siguió dicha técnica y se analizaron herramientas para la enseñanza de la programación como Snap! y Scratch, herramientas que generan bordados (TurtleStitch) y también IDEs para el desarrollo de aplicaciones; de ahí surgieron los requisitos a cubrir, sin ser una copia de ellos sino la identificación de funcionalidades con diferencias como el ambiente de ejecución (escritorio para la nueva aplicación), el idioma (español), el lenguaje a programar (basado en conceptos matemáticos muy simples), el tipo de resultados esperados (grecas) y el objetivo (enseñanza de la programación) entre otros.

Por otra parte, la generación de un lenguaje propio en español para la herramienta ayuda a que los niños no se sientan intimidados de utilizar la herramienta ya que parten de conceptos familiares para ellos, gracias a la ayuda de ANTLR4 la creación del mismo se vuelve relativamente fácil, ya que nos brinda clases java que pueden ser heredadas para obtener información en el tiempo de ejecución.

Al seguir los lineamientos de la Ingeniería de Software fue posible construir un ambiente de desarrollo integrado gráfico, que considere los aspectos necesarios para incorporar

exitosamente a más niños, niñas y adolescentes a la tecnología disminuyendo las brechas por idioma que se presentan con otras herramientas similares.

## Referencias

- Ask John: Which IDE should I use with my students? – WeTeach\_CS Blog Archive. (s/f). Recuperado el 24 de junio de 2020, de <https://sites.utexas.edu/weteachcs/ask-john-which-ide-should-i-use-with-my-students/>
- Cuantrix (s/f). Recuperado el 13 de mayo de 2020, de <https://cuantrix.mx>
- DeMarco, T. (1997). *The Deadline: A Novel about Project Management*. Dorset House Pub.
- Gómez, L. A. R., Maya, C. J. P., & Villanueva, R. S. L. (2017). Panorama del sistema educativo mexicano en la enseñanza del idioma inglés como segunda lengua.
- Guindon, C. (s/f). Eclipse desktop & web IDEs. The Eclipse Foundation. <https://www.eclipse.org/ide/>
- Karvelas, I. (2019). Investigating Novice Programmers' Interaction with Programming Environments. Session 6B: Doctoral Consortium Preseentation, 2.
- Logo History (s/f). Recuperado el 22 de junio de 2020, de [https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what\\_is\\_logo/history.html](https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/history.html)
- Movimiento STEM (s/f). Recuperado el 10 de octubre de 2019, de <https://movimientostem.org/>
- Narayanan, V., Albaugh, L., Hodgins, J., Coros, S., & Mccann, J. (2018). Automatic Machine Knitting of 3D Meshes. *ACM Transactions on Graphics*, 37(3), 1–15. <https://doi.org/10.1145/3186265>
- NetBeans IDE 8.2 Release Information. (s/f). <https://netbeans.org/community/releases/82/>
- Owoseni, A., & Akanji, S. A. (2016). Survey on Adverse Effect of Sophisticated Integrated Development Environments on Beginning Programmers' Skillfulness. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 8(9), 28–34. <https://doi.org/10.5815/ijmecs.2016.09.04>
- Rojano Ceballos, M. T. (2005). Enseñanza de la Física y las Matemáticas con Tecnología: Modelos de transformación de las prácticas y la interacción social en el aula.
- Scratch—About. (s/f). Recuperado el 31 de enero de 2020, de <https://scratch.mit.edu/>
- Secretaria de Educacion Publica. (2005). Programación computacional para matemáticas de secundaria, Libro de actividades para el alumno: Enseñanza de las Matemáticas con Tecnología.
- STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) | British Council México. (s/f). Recuperado el 13 de mayo de 2020, de <https://www.britishcouncil.org.mx/stem-science-technology-engineering-and-mathematics>

- Tisza, G., Papavlasopoulou, S., Christidou, D., Voulgari, I., Iivari, N., Giannakos, M. N., Kinnula, M., & Markopoulos, P. (2019). The role of age and gender on implementing informal and non-formal science learning activities for children. Proceedings of the FabLearn Europe 2019 Conference on ZZZ - FabLearn Europe '19, 1–9. <https://doi.org/10.1145/3335055.3335065>
- Turtlestitch—Coded Embroidery (s/f). Turtlestitch - Coded Embroidery. Recuperado el 31 de enero de 2020, de <https://www.turtlestitch.org/page/about>
- Visual Studio 2019. (s/f). Visual Studio. <https://visualstudio.microsoft.com/es/vs/>
- Yang, S. (2017). Knitting Visualizer: Connecting Craft and Code. Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children - IDC '17, 705–708. <https://doi.org/10.1145/3078072.3091985>
- Zayour, I., & Hajjdiab, H. (2013). How Much Integrated Development Environments (IDEs) Improve Productivity? Journal of Software, 8(10), 2425–2431. <https://doi.org/10.4304/jsw.8.10.2425-2431>
- Zhu, K., Ma, X., Wong, G. K. W., & Huen, J. M. H. (2016). How Different Input and Output Modalities Support Coding as a Problem-Solving Process for Children. Proceedings of the The 15th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '16, 238–245. <https://doi.org/10.1145/2930674.2930697>

# Universidad inteligente: Factores claves para la adopción de internet de las cosas y big data

Dewar Rico-Bautista<sup>1</sup>, Gina Paola Maestre-Góngora<sup>2</sup>, Cesar D. Guerrero<sup>3</sup>,  
Yurley Medina-Cárdenas, Yesenia Areniz-Arévalo<sup>1</sup>, María Camila Sanchez-Velasquez<sup>1</sup>,  
Edwin Barrientos-Avendaño<sup>1</sup>

**dwricob@ufpso.edu.co; ycmedinac@ufpso.edu.co; yareniza@ufpso.edu.co;  
mcsanchezv@ufpso.edu.co; ebarrientos@ufpso.edu.co**

<sup>1</sup> Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Sede Algodonal Vía Acolsure, 546551, Ocaña, Colombia.

<sup>2</sup> Universidad Cooperativa de Colombia, Calle 50 No. 40 – 74 Bloque A piso 6 , 050016, Medellín, Colombia.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de Bucaramanga, Avenida 42 No. 48 – 11, 680003, Bucaramanga, Colombia.

**DOI: 10.17013/risti.41.63–79**

**Resumen:** El concepto de universidad inteligente es emergente, fuertemente anclado a las tecnologías inteligentes, y considerado por diferentes autores. Las organizaciones, incluidas las universidades, necesitan incorporar las tecnologías inteligentes para aprovechar las capacidades que proporcionan para transformar sus procesos e impulsarlas hacia nuevos modelos organizativos. Una universidad inteligente se centra en la mejora de su infraestructura tecnológica para alcanzar sus objetivos de calidad educativa. Este trabajo presenta los factores clave para la adopción de dos tecnologías inteligentes: Big Data y el Internet de las Cosas. Esta caracterización e integración permite concluir sobre la necesidad de alineación de la tecnología con los procesos de la organización, exigiendo una mayor interacción con la alta dirección.

**Palabras-clave:** Big Data; Caracterización; Internet de las cosas; Tecnologías inteligentes; Universidad inteligente.

## *Smart university: Key factors for the adoption of internet of things and big data*

**Abstract:** The concept of a smart university is emerging, strongly anchored to smart technologies, and considered by different authors. Organizations, including universities need to incorporate smart technologies to take advantage of the capabilities they provide to transform their processes and driving them toward new organizational models. A Smart University focuses on improving its technological infrastructure for achieving their quality educational goals. This paper presents the key factors for adopting two smart technologies: Big Data and the Internet of Things. This characterization and integration allow us to conclude about the need for technology alignment with the organization's processes, demanding more interaction with the high management.

**Keywords:** Big Data; Characterization; Internet of Things; Smart technologies; Smart university.

## 1. Introducción

Las innovaciones tecnológicas han influenciado el modelo educativo y las interacciones entre el alumno y su entorno académico para generar y compartir conocimiento. La aparición del concepto de Universidad Inteligente (D. Rico-Bautista et al., 2019; D. W. Rico-Bautista, 2019) permite un proceso de aprendizaje inteligente que implica la implementación de un modelo educativo adaptativo utilizando tecnologías inteligentes informativas (Akhri et al., 2019). En el sector de la educación el uso creciente de herramientas digitales ha permitido que la educación avance progresivamente, con el fin de satisfacer a la generación de estudiantes que están conectados en la era digital para aprender, informarse y mantener contacto con el mundo exterior (Akhri et al., 2019). Pero el proceso para convertir una universidad tradicional en una Universidad Inteligente es complejo (D. Rico-Bautista, Medina-Cárdenas, Coronel-Rojas, et al., 2020), requiere de la interacción de recursos físicos, humanos y tecnológicos, así como la planeación de estrategias que garanticen esta transformación.

Según Putsadee & Tuan, la transición de una universidad tradicional a una Universidad Inteligente requiere contemplar los siguientes aspectos:

- Identificación de la política de gestión del consejo universitario para desarrollar directrices y apoyar la administración de la Universidad y
- Reingeniería o modificación de la estructura organizacional, el proceso de administración, la estrategia de administración, el seguimiento y la mejora de la administración según el concepto de ingeniería de procesos empresariales (BPR) mediante la aplicación de una estrategia de transformación (Pornphol & Tongkeo, 2018).

La decisión de adopción de tecnología dentro de las organizaciones suele ser gestionada por la alta dirección, por lo tanto, una cuestión clave en las organizaciones debe ser la forma de garantizar que los usuarios acepten y utilicen la tecnología de la información en sus procesos de trabajo (Sargent et al., 2012). Por otra parte Sigg & Erasmus et al. (Erasmus et al., 2009; Sigg et al., 2014) mencionan que la gobernanza de la tecnología de la información incluye asegurar la utilización de la tecnología de la información mediante la definición e implementación de procesos, estructuras y mecanismos relacionales que permitan la creación de valor empresarial a partir de las inversiones en TI. Las investigaciones sobre la gobernanza de la información han demostrado la importancia de que la administración alinee la tecnología de la información con los objetivos estratégicos; haga frente a sus riesgos; utilice los recursos para ejecutar las estrategias; asegure la entrega de valor; y seleccione y utilice medidas para evaluar los cambios en el desempeño operacional y el valor de la tecnología de la información. Desde esta perspectiva, la adopción de la tecnología de la información es el resultado de deliberaciones de gestión estratégica en las que se abordan la aplicación, los problemas de riesgo, el uso de recursos y el estudio de viabilidad (Y. C. Medina-Cárdenas & Rico-Bautista, 2016; Y. Medina-Cárdenas & Rico-Bautista, 2009; Y. Medina-Cárdenas & Rico-Bautista, 2008, 2012; Medina Cárdenas et al., 2016; Medina et al., 2015).

En consecuencia, es necesario el uso de modelos y herramientas que permitan investigar la adopción de las tecnologías, algunos de los más usados derivados de la literatura revisada son TAM (Modelo de aceptación de la tecnología) y el UTAUT (Modelo de Teoría Unificada de Aceptación y Uso de la Tecnología), los cuales aportan diferentes criterios al momento de estudiar la adopción de la tecnología (Y.-S. Kao et al., 2019; Venkatesh et al., 2016). UTAUT identifica cuatro factores clave (por ejemplo, la expectativa de desempeño, la expectativa de esfuerzo, la influencia social y las condiciones de facilitación) y cuatro moderadores (por ejemplo, la edad, el género, la experiencia y la voluntariedad) relacionados con la predicción de la intención conductual de usar una tecnología y el uso real de la tecnología principalmente en contextos organizacionales. El continuo crecimiento de la investigación basada en UTAUT ha surgido en parte debido a la proliferación y difusión de nuevas tecnologías de la información (González Arza, 2013).

Este artículo está organizado de la siguiente manera: la Sección II, presenta la metodología de investigación, describe lo desarrollado y publicado, así como lo propuesto actualmente; la caracterización de las tecnologías seleccionadas (Inteligencia artificial, Big Data, Computación en la nube e Internet de las cosas) para una universidad inteligente; la Sección III, proporciona un resumen de las características de adopción por tecnología inteligente; Finalmente, la Sección VI muestra las conclusiones.

## 2. Método

Para el desarrollo de este artículo se presenta en la tabla 1, la metodología adaptada de Petersen (Petersen et al., 2008), que puede ser profundizada en Revelo et al. (Revelo Sánchez et al., 2018). Se tuvo en cuenta el análisis de los resultados de Dybå et al. (Malheiros et al., 2007), quienes proporcionan una lista de bases de datos importantes en el campo de las Ciencias de la Computación y la Ingeniería. Se seleccionaron las siguientes bases de datos electrónicas: *ACM Digital Library*; *IEEE Xplore*; *ScienceDirect*; *Scopus*.

| Fase                                                             | Resumen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Pregunta de investigación                                     | 1) ¿Cuáles son los modelos de adopción de Big Data en universidades?<br>2) ¿Cuál es la aplicación de los modelos de Big Data en las universidades?<br>3) ¿Cuáles son los factores claves relacionados con la aplicación de los modelos de adopción de Big Data encontrados?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2. Definición de los criterios de búsqueda de estudios primarios | “adoption Smart technologies”; Adoption IoT; Adoption cloud computing; “adoption Smart technologies”; “adoption” AND Adoption Big Data; Big Data AND education; Smart education                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3. Definición de los criterios de inclusión y exclusión          | I1: Artículos publicados en los últimos cinco (5) años (2015 - 2020).<br>I2: Si varios artículos están relacionados con el mismo estudio, solamente se selecciona el más reciente.<br>I3: Si un artículo describe más de un estudio, cada estudio es evaluado individualmente.<br>I4: Si hay versiones corta y completa de un mismo estudio, esta última es la que se incluye.<br>E1: Reportes técnicos y documentos que están disponibles en forma de resúmenes o presentaciones (literatura gris) y estudios secundarios (revisiones y mapeos sistemáticos).<br>E2: Artículos en idiomas diferentes al inglés o al español.<br>E3: Artículos que no presentan estudios relacionados con educación. |

| Fase                                                                                                                                                                                                            | Resumen                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. Determinación del esquema de clasificación                                                                                                                                                                   | Se clasificaron de acuerdo a las tecnologías inteligentes: : Inteligencia artificial, Big Data, Computación en la nube e Internet de las cosas (D. Rico-Bautista, Maestre-Góngora, et al., 2020), ver tabla 2.                                                                                   |
| 5. Caracterización de modelos de adopción por tecnología inteligente (Choix et al., 2015; Frasquet Deltoro et al., 2012; López Cabrera et al., 2019; Luzardo Briceño et al., 2017; Martín García et al., 2014). | A cada modelo clasificado por tecnología inteligente se generan sus ventajas y desventajas al momento de cumplir su función.<br>Se generan las variables que logran medir de una mejor manera el grado de adopción.<br>Se formulan los factores asociados a cada una de las variables definidas. |

Tabla 1 – Resumen metodología del artículo

Con el avance del tiempo y la llegada del internet, han surgido herramientas en el campo de la tecnología que buscan facilitar los procesos del día a día; pero a medida que esas tecnologías surgen, es necesario tener herramientas disponibles que tengan la capacidad de medir el nivel de su adopción por parte de las comunidades. El objetivo de medir la adopción es conocer qué tal se siente un individuo al momento de hacer uso de la tecnología, es decir, las percepciones que tenga sobre la utilidad y facilidad de uso percibida; entre más libre de esfuerzo sea catalogado, mayor será el nivel de adopción. Muchos modelos han sido planteados para entender el por qué los usuarios aceptan o usan las tecnologías, ver tabla 2. De los que han surgido para el estudio de la adopción de tecnologías están TAM, UTAUT, UTAUT2, DOI, TPB, TRA, entre otros. Cada uno de ellos con ventajas y desventajas al momento de cumplir su función, de los mencionados anteriormente, el más usado y validado actualmente es TAM, este modelo es utilizado principalmente en organizaciones, brinda una base para lograr descubrir variables que influyen de manera directa en la aceptación de tecnologías inteligentes, pero en ciertos aspectos es limitado ya que solo utiliza una parte de los atributos para realizar su medición, es decir, TAM captura las percepciones del usuario de una manera más general en comparación con los otros modelos.

| Tecnología inteligente                    | Modelo de adopción                   | Documento                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Internet de las cosas</i>              | TAM<br>UTAUT<br>UTAUT2<br>TPB<br>TRA | (Brous et al., 2020); (Mital et al., 2018); (Das, 2019); (Y. Kao et al., 2019); (Shaikh et al., 2019); (Abushakra & Nikbin, 2019); (Al-Momani et al., 2019); (Nikbin & Abushakra, 2019); (Sivathanu, 2018); (Al-Momani et al., 2018); (Grandón et al., 2020); (Authors, 2016); (Authors, 2018) |
| <i>Computación en la nube</i>             | TAM<br>UTAUT<br>DOI<br>UTAUT2        | (Pinheiro et al., 2014); (Vasudavan et al., 2018); (Nasir & Niazi, 2011); (Nikolopoulos, 2017); (Al-Ruithe et al., 2017); (Raut et al., 2018); (Priyadarshinee et al., 2017); (Njenga et al., 2019); (Arpaci, 2017); (Sabi et al., 2016); (Palos-Sanchez et al., 2019)                         |
| <i>Big Data e Inteligencia artificial</i> | TAM<br>UTAUT                         | (Shorfuzzaman et al., 2019); (Surbakti et al., 2020)                                                                                                                                                                                                                                           |

Tabla 2 – Modelos de adopción de tecnologías inteligentes

### 3. Resultados

#### 3.1. Factores claves para la adopción de big data en universidades

Inteligente significa darse a sí mismo y a sus empleados la oportunidad de para evaluar cuán exitosamente se está moviendo hacia la meta que desea alcanzar, la cual se acercará rápidamente debido al alto nivel de potencial de la entidad comercial. En la actualidad, el papel y la eficiencia de la utilización del potencial de la organización están aumentando significativamente (D. Rico-Bautista, Medina-Cárdenas, Maestre-Góngora, et al., 2020). En general, el potencial puede describirse como oportunidades, fuentes, fondos y acciones que pueden utilizarse para lograr un objetivo específico. La sociedad inteligente establece una nueva tarea global para las universidades: la formación de personal con potencial creativo, capaz de pensar y trabajar en la sociedad moderna (Berdnikova et al., 2019).

El gran impacto en el campo de la educación no sólo ha cambiado las prácticas tradicionales de enseñanza, sino que también ha producido cambios en la infraestructura de las instituciones educativas, generando conceptos como campus inteligentes (Pandey & Verma, n.d.), (Sánchez-Torres et al., 2018) o universidades inteligentes (D. Rico-Bautista et al., 2019), (Maciá, 2017). Para analizar, proponer y desarrollar infraestructura en una organización, por ejemplo, en las universidades, se debe conocer las arquitecturas y sus tecnologías (D. Rico-Bautista et al., 2019). El papel de las universidades ha cambiado como consecuencia de la irrupción de la revolución tecnológica y la globalización, significando la necesidad de aprender a gestionar tecnologías para fortalecer su contribución a la sociedad. Big data; cloud computing; IoT (Internet of Things) y AI (artificial intelligence), siguen emergiendo y logrando grandes avances (Shaoyong et al., 2016). En los resultados generados a nivel internacional (Rjab & Mellouli, 2018), una revisión de la literatura de 1990 a 2017, el 97% de la bibliografía se centra en la IoT y la AI (más concretamente, el 55% de la bibliografía se centra en AI y el 42% de los estudios se centran en IoT). Sin embargo, el 3% de los estudios se centraron en cloud computing. Esta observación, nos permite identificar que las principales tecnologías utilizadas en las ciudades inteligentes son esencialmente IoT y AI, donde la integración de la inteligencia artificial en la red de IoT permite crear una infraestructura sostenible e inteligente.

Big data es un fenómeno complejo, y la comprensión de los factores técnicos, organizativos y humanos que contribuyen a su uso efectivo son clave para proporcionar a las organizaciones una guía para mejorar los resultados de sus proyectos de gran tamaño (Surbakti et al., 2020). Big Data ha creado muchas oportunidades para el análisis de datos. Varias compañías como Google, Amazon, Facebook y otras han emergido más fuertes que nunca porque pueden explotar los datos para su beneficio. Los datos se han vuelto tan importantes que el análisis de datos se ha convertido en un activo competitivo decisivo y un elemento central en el proceso de toma de decisiones de varias industrias (Kumar, 2019).

Para la propuesta se tomó como base el modelo de aceptación tecnológica (TAM), el cual plantea 4 aspectos fundamentales: utilidad percibida, facilidad de uso percibida, actitud hacia el uso e intención hacia el uso. En la actualidad las personas están enfocadas en hacer uso de las tecnologías que les traigan beneficios, que agilicen las tareas y por lo tanto que mejoren los procesos, logrando establecer puntos clave para el desarrollo de

la toma de decisiones asertivas; si se habla en el caso particular de las organizaciones, este ítem está basado en las mejoras que se pueden tener en el caso de hacer uso de esta tecnología, estableciendo como punto máximo las mejoras en el rendimiento de su trabajo. UTAUT identifica cuatro factores clave (por ejemplo, la expectativa de desempeño, la expectativa de esfuerzo, la influencia social y las condiciones de facilidad) y cuatro moderadores (por ejemplo, la edad, el género, la experiencia y la voluntariedad) relacionados con la predicción de la intención conductual de usar una tecnología y el uso real de la tecnología principalmente en contextos organizacionales. El continuo crecimiento de la investigación basada en UTAUT ha surgido en parte debido a la proliferación y difusión de nuevas tecnologías de la información (Aune et al., 2003).

En el caso de Big data, Fig. 1, los factores propuestos para medir su nivel de adopción están asociados de diferente forma:

**F1. Percepción de la Institución.** Tiene que ver con las percepciones que se tengan en este caso de la tecnología inteligente Big Data. A la cual se le asociaron los siguientes factores, que determinan de una u otra manera la adopción.

**F1.1 Voluntariedad de implementación.** Este elemento infiere directamente en la percepción de la institución, al ser voluntario, este factor influenciará de manera positiva la adopción de la tecnología.

**F1.2 Utilidad.** Este factor es directamente proporcional a la eficacia de la herramienta tecnológica y está estrechamente ligada a las expectativas de resultado. Al implantar cualquier tecnología, lo que se busca es el aumento de las utilidades dentro de la institución y esta se mide en términos de eficacia y rendimiento de procesos.

**F1.3 Costos.** Puede influenciar de ambas maneras, tanto positiva como negativa, si los costos analizados son superiores a las utilidades esperadas, la institución no optará por la adopción de una nueva tecnología.

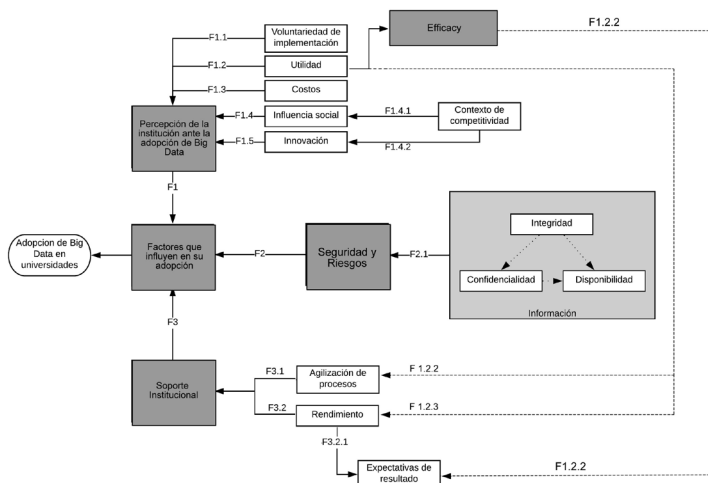


Figura 1 – Factores de adopción para la tecnología Big Data propuestos.

**F1.4 Influencia Social.** Tiene una relación significativa con la percepción, es decir, la percepción o los resultados positivos que se han dado dentro en otras instituciones de ámbito educativo puede actuar como un impulso para la implementación de una tecnología. Por lo general la influencia social también conlleva a la generación de expectativas de resultado

**F1.4.1 Contexto de competitividad.** En una institución de educación, la adopción de nuevas tecnologías se presta para mejorar la competitividad en su entorno y contribuir a la buena ejecución de procesos en el tiempo esperado.

**F1.5 Innovación.** Está relacionado con el contexto de competitividad, impulsa a que las universidades estén en constante innovación, implementando estrategias que mantienen a la institución en la vanguardia tecnológica.

**F2. Seguridad y riesgos.** Esta tecnología está estrechamente relacionada con la información y por tal motivo para su adopción las instituciones educativas tienen el manejo de datos en cuanto a seguridad y riesgo como punto de partida. En este caso las principales variables que se toman como factores corresponden al triángulo de la seguridad de la información.

**F2.1 Triángulo de la información.** El manejo de información está estrechamente ligado a influenciar positivamente la adopción de la tecnología, brindando la oportunidad de actuar positivamente ante el uso de nuevas tecnologías.

### **F3. Soporte Institucional**

**F3.1 Agilización de procesos.** La implementación de una nueva tecnología siempre tiene el objetivo de traer beneficios, en este caso la adopción está relacionada con el manejo de la información y el objetivo es agilizar los procesos académicos.

**F3.2 Utilidad.** Que es lo que buscan los usuarios al implementar una tecnología inteligente.

**F3.3 Rendimiento.** Relacionado directamente con las expectativas de resultado y con el soporte organizacional, a su vez con la eficacia.

### **3.2. Factores claves para la adopción de internet de las cosas en universidades**

La información es un activo importante para todas las organizaciones y en los últimos años la obtención de la misma ha avanzado, lo que conlleva a la utilización de nuevas tecnologías inteligentes y virtuales para su debido tratamiento. El desarrollo de procesos digitales, incluidas las aplicaciones de Internet de las cosas (IoT), es fundamental para la transformación requerida de la industria, desde hace más de tres décadas investigadores han estudiado el impacto de las tecnologías de información (TI) en las organizaciones. Ha sido documentado que, entre otros beneficios, las TI mejoran la competitividad de las empresas. Sin embargo, la implementación de tecnología no está exenta de problemas; la aceptación de una nueva tecnología en muchos casos se ha vuelto un tema crítico y de difícil solución. Motivo por el cual se hace necesario el uso de herramientas o métodos que puedan medir el nivel de aceptación o adopción de las nuevas tecnologías (Grandón et al., 2020). La adopción de IoT converge en la generación de grandes volúmenes de datos, provenientes de los dispositivos conectados en la red que al final conducirán al

manejo y análisis de Big Data (Mourtzis et al., 2016). El internet de las cosas puede ser enfocado a un sin número de áreas como la medicina (Kang et al., 2019), (Authors, 2018) bienestar, construcción (BaÅikovÅi et al., 2020), ciudades inteligentes, dispositivos fitness (Y. Kao et al., 2019) y cadenas de suministros inteligentes (Mital et al., 2018); Sus plataformas son facilitadores clave para iniciativas de ciudades inteligentes, dirigidas a la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos y el crecimiento económico (Fahmideh & Zowghi, 2020). En el futuro, los servicios de Internet de las cosas se ampliarán y los datos recopilados de los dispositivos emergentes podrán ahorrar tiempo, dinero y mano de obra (Kang et al., 2019).

Para la propuesta se tomó como base el modelo de aceptación tecnológica (TAM), en este caso el modelo inicial según lo describíamos anteriormente, plantea 4 aspectos fundamentales, utilidad percibida, facilidad de uso percibida, actitud hacia el uso e intención hacia el uso; para efectos de esta propuesta se ha decidido priorizar dos factores, dejándolos en el centro, los cuales se consideraron más adecuados en el enfoque del nivel de adopción del internet de las cosas(IOT) los cuales fueron, la utilidad percibida y la intensidad hacia el uso, directamente relacionadas y con inferencia una en la otra. Existen algunos factores que inciden en aspectos del nuevo modelo, que son de tipo individual y de tipo externo, estos contienen elementos que inferen de una u otra manera en la adopción del Internet de las Cosas. En la actualidad las personas están enfocadas en hacer uso de las tecnologías que les traigan beneficios, que agilicen las tareas y por lo tanto que mejoren los procesos, logrando establecer puntos clave para el desarrollo de la toma de decisiones asertivas; si se habla en el caso particular de las organizaciones, este ítem está basado en las mejoras que se pueden tener en el caso de hacer uso de esta tecnología, estableciendo como punto máximo las mejoras en el rendimiento de su trabajo. Prácticamente el internet de las cosas está basado en estos aspectos y trae ganancias para las personas u organizaciones que lo usen.

Otro aspecto clave que se tuvo en cuenta para la propuesta de este nuevo modelo es la intención hacia su uso, la percepción de una persona cambia cuando esta decide por voluntad propia hacer uso de una herramienta tecnológica, la experiencia en cuanto al manejo de la tecnología varía, tornándose a los aspectos positivos y resaltándolos, inclusive, puede llegar a recomendar la herramienta a otras personas, reconociendo las ventajas que tiene y permitiendo que otras personas lleguen a esta. En otras palabras, una persona que se adentre en el uso de la tecnología voluntariamente va a obtener mayores ganancias que un individuo que lo hace porque está definido dentro del criterio de su trabajo. En siguiente línea, están la facilidad percibida de uso, en la cual inferen aspectos como: la experiencia, conocimientos de TI, entre otros, y la actitud que se tenga ante su uso donde se pueden encontrar aspectos como la experiencia en el uso de la tecnología, la resistencia al cambio, seguridad y privacidad de los datos entre otros. La Fig. 2, muestra el resumen de los factores claves propuestos a continuación:

**F1.** La integración entre la utilidad percibida por la institución y la intención de uso, representan la base del nuevo modelo, la adopción de la tecnología IoT para universidades está ligada a estos dos componentes, el primer componente representa valores tanto negativos como positivos, que pueden llegar a influenciar la implementación de la tecnología, estos dos elementos actúan como receptores de factores individuales y factores externos que se verán en los demás factores.

**F1.1. Voluntariedad.** Este factor se presenta de lado de la institución educativa que desea implementar la tecnología y su cuerpo de administrativos y docentes. La percepción de una persona cambia cuando esta decide por voluntad propia hacer uso de una herramienta tecnológica, la experiencia en torno al manejo de la tecnología varía, tornándose a los aspectos positivos, resaltándolos y llegando al caso de recomendar el uso de la tecnología a demás instituciones.

**F1.2. Facilidad de uso de IoT percibida por la institución.** De este factor dependen los siguientes factores externos

**F1.2.1. Conocimiento de TI implantado en la institución.** El conocimiento es uno de los principales factores que pueden influenciar la implementación de una tecnología en específico, se hace necesario que las personas que están en el entorno donde será implementada la tecnología, en este caso docentes, estudiantes, administrativos, conozcan de una u otra manera su funcionamiento, características primordiales entre otras cosas.

**F1.2.2. Experiencia del uso de IoT que tengan los docentes, administrativos, estudiantes.** Este elemento es directamente proporcional a la facilidad de uso, es decir entre más experiencia tenga el personal de la institución, más fácil será el manejo y administración de la tecnología, en este sentido, son vitales los procesos de enseñanza y capacitaciones en información que sea relevante para tener el máximo provecho de IoT en una institución de educación superior. La integración de la experiencia con la buena actitud de su uso es vital para la optimización de la información.

**F1.3. Actitud hacia el uso de IoT que tenga la institución.** Existen mejores resultados, cuando hay mayor compromiso por parte de la institución, no solo se trata de estar a la vanguardia con esta herramienta, si no contribuir a su buen uso para aumentar los buenos resultados, una buena actitud hacia el proceso de aprendizaje, uso y adopción de nuevas tecnologías como IoT puede hacer la diferencia. En este aspecto influyen diversos factores que se presentan a continuación.

**F1.3.1. Privacidad de la información.** Los centros de educación superior tienen almacenados grandes volúmenes de datos de sus estudiantes y personal de la institución, información de gran relevancia. El análisis de esta información prevé cientos de oportunidades para la toma asertiva de decisiones. Por este motivo el papel de la privacidad juega un papel tan importante cuando de tecnologías inteligentes se trata, es preciso recalcar que estos datos deben estar asegurados y se debe garantizar la privacidad de estos. La adopción de IoT en instituciones de educación superior trae consigo una gran variedad de oportunidades, pero no se debe dejar de lado la privacidad.

**F1.3.2. Coste de los dispositivos.** La inversión en redes de sensores y herramientas propias de la tecnología puede ser elevado, pero las ventajas que se obtendrán con su utilización serán máximas, siempre y cuando se den las condiciones anteriores, como adecuado manejo de los elementos y que el personal tenga conocimiento de cómo utilizarlo; pero si por el contrario, se hace una gran inversión y el personal de la institución no tiene conocimiento, la actitud hacia la implementación trascenderá como algo negativo.

**F1.3.3. Seguridad de los datos.** Los riesgos siempre van a estar presentes en la adopción de cualquier tecnología de información, en base a esto se deben aplicar medidas que garanticen que la información estará segura. En las instituciones de educación superior estas medidas deben ser a gran escala para que se garantice que la información estará salvaguardada. Por ejemplo, se pueden contratar a expertos en seguridad que apliquen esas medidas.

**F1.3.4. Precio-costos.** Representa un factor externo que influye directamente en la implementación de la tecnología en una institución educativa; Es necesario realizar un análisis donde se establezcan todos los puntos de beneficios que se pueden llegar a tener con la implementación de la tecnología, y en base a eso, fortalecer la infraestructura de la institución.

**F1.3.5. Compatibilidad con otros sistemas implantados en la institución.** Y este punto tiene que ver con el anterior, muchas veces en las instituciones de educación superior se invierte en herramientas que no tienen compatibilidad con los sistemas que están actualmente en la institución y por este motivo, lo que se hace es incurrir en gastos y generar una actitud negativa al adentrarse en el uso de nuevas tecnologías, que no son compatibles con las que se tienen actualmente.

**F1.3.6. Requerimientos de infraestructura.** Esta tecnología, requiere ciertas modificaciones en la infraestructura física para la instalación de sensores, cámaras, dispositivos y demás, puede ser un impedimento para algunas instituciones debido a que se incurre en gastos

**F1.3.7. Relevancia en procesos y entornos educativos.** En la actualidad, la tecnología juega un papel importante en todos los aspectos de la sociedad, incluido el proceso educativo, la tecnología brinda oportunidades invaluablees que llevan a la educación un paso más adelante, aunque su uso representa un gran desafío debido al poco conocimiento que se tiene. Mantenerse a la vanguardia en cuanto a tecnología, representa un proceso que no es de una sola persona, si no que involucra el compromiso de la institución de forma general.

**F1.3.8. Resistencia al cambio.** Esto sucede con mucha frecuencia, y se debe a que las personas se acostumbran a realizar sus actividades de forma tradicional, por ejemplo un docente está acostumbrado a realizar procesos de forma manual, y al enfrentarse a una tecnología que no solo promete realizar las actividades en menor tiempo con mejores resultados se opone, tal vez por su desconocimiento sobre la tecnología, o tal vez porque piensa que es más pertinente hacerlo de forma manual; como esta teoría, existen muchas, y tiene que ver con la resistencia al cambio que puede darse durante la adopción de una tecnología, es un elemento individual, pero que puede llevar a que las personas que están en su círculo sientan temor ante nuevas cosas.

**F1.3.9. Experiencia de su uso.** Representa un aspecto individual, cuando se tiene experiencia en torno al manejo de ciertas herramientas puede tener favorabilidad al momento de implementarlo; es decir la actitud hacia el uso tiende hacia lo positivo. En esta parte radica la importancia de las capacitaciones para todo el personal, creando un espacio de aprendizaje donde se pueda socializar las dudas, y que se preste para que las personas indiquen sus experiencias en el uso de la tecnología en el caso que las tengan.

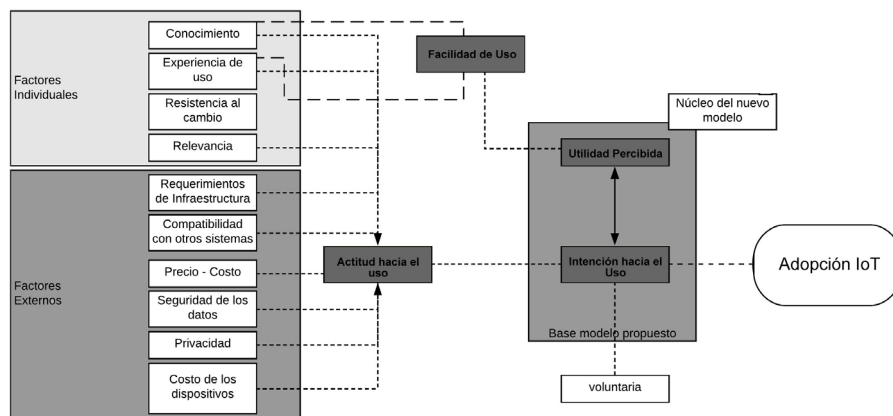


Figura 2 – Factores de adopción para la tecnología Internet de las cosas.

**F1.3.10. Conocimiento de TI.** Es un valor relacionado también con la actitud hacia el uso, si se tiene conocimiento del manejo de las tecnologías la actitud al momento de implementar y usar va a tender hacia lo positivo, y va a garantizar que la tecnología se use de la mejor manera posible, obteniendo los beneficios esperados. Dentro del ambiente educativo, ese ítem debe ser priorizado, debido a que muy pocas instituciones cuentan con herramientas inteligentes que contribuyan en el desarrollo de sus actividades; es importante el compromiso que se adquiere por ambas partes, tanto de los docentes y administrativos como de la dirección

#### 4. Conclusiones

Las organizaciones, incluyendo las universidades, necesitan incorporar las tecnologías “Smart” generadas por la denominada cuarta revolución industrial, para aprovechar las capacidades que éstas les proporcionan para transformar sus procesos e impulsar nuevos modelos organizativos que les permitan incorporarse de manera adecuada a este nuevo concepto de Universidad inteligente. La rápida disrupción de las tecnologías “Smart”, hace que la manera tradicional de abordar una buena parte del trabajo se vuelva obsoleta. Obliga a las organizaciones, incluyendo las universidades, a rediseñar sus procesos para acometerlos de una forma nueva y radicalmente diferente. Esta actualización incluye también los procedimientos, las estructuras de las organizaciones, la mentalidad y la cultura para explotar estas tecnologías “Smart” aún no están en el lugar que les corresponde.

A pesar de la masificación de tecnologías emergentes como IoT, Big Data, Cloud Computing e Inteligencia Artificial, la tasa de adopción es baja, en parte debido a un temor generalizado a causa del desconocimiento del manejo de la información y de las tecnologías inteligentes. Una de las tendencias que se distingue en la práctica global de desarrollo de la educación inteligente es la de diseñar tecnologías inteligentes y su implementación en el proceso educativo. En este artículo se han presentado los enfoques

tradicionales de adopción de tecnología. Se pudo reconocer la existencia de factores internos transitivos que nos permitiría dar cuenta de cómo sería el paso de un nivel de adopción a otro, dinamizando el punto de vista tradicional de adopción tecnológica por niveles. La adopción de tecnologías inteligentes empieza a ser un objeto de estudio cada vez más común en los trabajos de investigación.

La implementación de tecnologías emergentes en las universidades debe tener en cuenta aspectos relacionados con la seguridad, la privacidad, disponibilidad de información y conexión a internet. Para el caso en particular de Big Data, existen 3 factores principales que giran en cuanto a su adopción, la percepción de la institución ante la adopción de la tecnología es importante porque la institución debe tener un valor bueno de percepción para tener buenos resultados en la implementación de la tecnología. El segundo aspecto y con más importancia tiene que ver con los riesgos y la seguridad, prácticamente esta tecnología está basada en el manejo y administración de la información, por este motivo este inciso representa un valor fundamental, se debe garantizar para que una universidad confíe en que usando esta tecnología podría tener un buen análisis de su información; y por último, soporte institucional, que está relacionado con la funcionalidad de la tecnología ya implantada en la institución; por ejemplo una universidad espera un alto rendimiento que tiene que ver con el nivel de utilidad y a su vez con la agilización de procesos

## Referencias

- Abushakra, A., & Nikbin, D. (2019). Extending the UTAUT2 Model to Understand the Entrepreneur Acceptance and Adopting Internet of Things ( IoT ). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-21451-7>
- Akhri, O., El Idrissi, Y., & Hmina, N. (2019). Enabling smart collaboration with smart university services. In ACM International Conference Proceeding Series. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3331453.3361311>
- Al-Momani, A. M., Mahmoud, M. A., & Ahmad, M. S. (2018). Factors that Influence the Acceptance of Internet of Things Services by Customers of Telecommunication Companies in Jordan. *Journal of Organizational and End User Computing*, 30(4), 51–63. <https://doi.org/10.4018/JOEUC.2018100104>
- Al-Momani, A. M., Mahmoud, M. A., & Ahmad, M. S. (2019). A Review of Factors Influencing Customer Acceptance of Internet of Things Services. *International Journal of Information Systems in the Service Sector*, 11(1), 54–67. <https://doi.org/10.4018/IJISSS.2019010104>
- Al-Ruithe, M., Benkhelifa, E., & Hameed, K. (2017). Current State of Cloud Computing Adoption – An Empirical Study in Major Public Sector Organizations of Saudi Arabia (KSA). *Procedia Computer Science*, 110, 378–385. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.06.080>
- Arpaci, I. (2017). Antecedents and consequences of cloud computing adoption in education to achieve knowledge management. *Computers in Human Behavior*, 70, 382–390. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.024>

- Aune, T. K., Gjestland, H., Haagenzen, J. O., Kittilsen, B., Skar, J. I., & Westengen, H. (2003). Magnesium Alloys. In Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry (pp.1–19). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. [https://doi.org/10.1002/14356007.a15\\_581](https://doi.org/10.1002/14356007.a15_581)
- Authors, F. (2016). An exploratory study of Internet of Things ( IoT ) adoption intention in logistics and supply chain management - a mixed research approach.
- Authors, F. (2018). Adoption of internet of things ( IOT ) based wearables for elderly healthcare – a behavioural reasoning theory ( BRT ) approach. <https://doi.org/10.1108/JET-12-2017-0048>
- BaAikovAi, R., StrukovAi, Z., & KozlovskAi, M. (2020). Construction Cost Saving Through Adoption of IoT Applications in Concrete Works. Lecture Notes in Civil Engineering, 47, 452–459. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7\\_57](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_57)
- Berdnikova, L. F., Sherstobitova, A. A., Schnaider, O. V., Mikhalenok, N. O., & Medvedeva, O. E. (2019). Smart university: Assessment models for resources and economic potential. In Smart Innovation, Systems and Technologies (Vol. 144). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-8260-4\\_51](https://doi.org/10.1007/978-981-13-8260-4_51)
- Brous, P., Janssen, M., & Herder, P. (2020). The dual effects of the Internet of Things (IoT): A systematic review of the benefits and risks of IoT adoption by organizations. International Journal of Information Management, 51, 101952. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.008>
- Choix, R. A., Perez, R. R., & Parra, M. E. L. (2015). Factores determinantes en la adopción de tecnologías de información (TI) en las pymes. VinculaTégica EFAN, 1(1), 806–828. <http://eprints.uanl.mx/17205/1/44.pdf>
- Das, S. (2019). The Early Bird Catches the Worm - First Mover Advantage through IoT Adoption for Indian Public Sector Retail Oil Outlets. Journal of Global Information Technology Management, 1–29. <https://doi.org/10.1080/1097198X.2019.1679588>
- Fahmideh, M., & Zowghi, D. (2020). An exploration of IoT platform development. Information Systems, 87, 101409. <https://doi.org/10.1016/j.is.2019.06.005>
- Frasquet Deltoro, M., Mollá Descals, A., & Ruiz Molina, M. E. (2012). Factores determinantes y consecuencias de la adopción del comercio electrónico B2C: una comparativa internacional. Estudios Gerenciales, 28(123), 101–120. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(12\)70207-3](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(12)70207-3)
- González Arza, E. (2013). Validación de la Teoría Unificada de Aceptación y Uso de la Tecnología UTAUT en castellano en el ámbito de las consultas externas de la Red de Salud Mental de Bizkaia. Universitat Oberta de Catalunya. <http://hdl.handle.net/10609/19284>
- Grandón, E. E., Ibarra, A. A., Bío-Bío, U., Ramirez-Correa, P., & Alfaro-Pérez, J. (2020). Internet de las Cosas : Factores que influyen su adopción en Pymes chilenas.

- Kang, S., Rn, H. B., Jung, E., & Hwang, H. (2019). Survey on the demand for adoption of Internet of Things ( IoT ) -based services in hospitals : Investigation of nurses' perception in a tertiary university hospital. *Applied Nursing Research*, 47(May 2018), 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.apnr.2019.03.005>
- Kao, Y.-S., Nawata, K., & Huang, C.-Y. (2019). An Exploration and Confirmation of the Factors Influencing Adoption of IoT-Based Wearable Fitness Trackers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), 3227. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183227>
- Kumar, U. D. (2019). Analytics Education. In *IIMB Management Review*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2019.10.014>
- López Cabrera, M. V., Hernandez-Rangel, E., Mejía Mejía, G. P., & Cerano Fuentes, J. L. (2019). Factores que facilitan la adopción de tecnología educativa en escuelas de medicina. *Educación Médica*, 20, 3–9. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2017.07.006>
- Luzardo Briceño, M., Sandia Saldivia, B. E., Aguilar Jiménez, A. S., Macias Martínez, M., & Herrera Díaz, J. (2017). Factores que influyen en la adopción de las Tecnologías de Información y Comunicación por parte de las universidades. *Dimensión Enseñanza-Aprendizaje*. *Educere*, 21(68), 143–153. <https://www.redalyc.org/pdf/356/35652744018.pdf>
- Maciá, F. (2017). *Smart University. Hacia una universidad más abierta*. Primera.
- Malheiros, V., Hohn, E., Pinho, R., Mendonca, M., & Maldonado, J. C. (2007). A Visual Text Mining approach for Systematic Reviews. *First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM 2007)*, 245–254. <https://doi.org/10.1109/ESEM.2007.21>
- Martín García, A. V., García del Dujo, Á., & Muñoz Rodríguez, J. M. (2014). Factores determinantes de adopción de blended learning en educación superior. *Adaptación del modelo UTAUT*. *Educación XXI*, 17(2). <https://doi.org/10.5944/educxx1.17.2.11489>
- Medina-Cárdenas, Y. C., & Rico-Bautista, D. (2016). Strategic alignment under a technology management organizational approach: ITIL & ISO 20000. *Revista Tecnura*, 20(1), 82–94. <https://doi.org/10.14483/22487638.11681>
- Medina-Cárdenas, Y., & Rico- Bautista, D. (2009). Modelo de gestión basado en el ciclo de vida del servicio de la Biblioteca de Infraestructura de Tecnologías de Información ( ITIL ). *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, 27, 1–21. [148.215.2.11/redalyc-seam/articulo.oa?id=194215432010](https://doi.org/10.148215.2.11/redalyc-seam/articulo.oa?id=194215432010)
- Medina-Cárdenas, Y., & Rico-Bautista, D. (2008). Model of Administration of Services for the Universidad of Pamplona: ITIL. *Scientia et Technica XIV*, 14(39), 314–319.
- Medina-Cárdenas, Y., & Rico-Bautista, D. (2012). Mejores prácticas de gestión para la calidad de los servicios en tecnologías de información. *Gerencia Tecnológica Informática*, 11(29), 47–58.

- Medina Cárdenas, Y. C., Areniz Arévalo, Y., & Rico Bautista, D. W. (2016). Modelo estratégico para la gestión tecnológica en la organización: plan táctico de la calidad (ITIL & ISO 20000). In Fondo editorial ITM (Vol. 1). Instituto Tecnológico Metropolitano. <https://doi.org/10.22430/9789585414006>
- Medina, Y., Rico, D., & Areniz, Y. (2015). La apropiación del direccionamiento estratégico: una cuestión de competencias organizacionales. *Revista Face*, 2(1794–9920), 71–80. <https://doi.org/10.24054/01204211.v2.n2.2015.1617>
- Mital, M., Chang, V., Choudhary, P., Papa, A., & Pani, A. K. (2018). Adoption of Internet of Things in India: A test of competing models using a structured equation modeling approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 339–346. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.03.001>
- Mourtzis, D., Vlachou, E., & Milas, N. (2016). Industrial Big Data as a Result of IoT Adoption in Manufacturing. *Procedia CIRP*, 55, 290–295. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.038>
- Nasir, U., & Niazi, M. (2011). Cloud computing adoption assessment model (CAAM). *Proceedings of the 12th International Conference on Product Focused Software Development and Process Improvement - Profes '11*, 44(0), 34–37. <https://doi.org/10.1145/2181101.2181110>
- Nikbin, D., & Abushakra, A. (2019). Internet of Things Adoption: Empirical Evidence from an Emerging Country. In *Communications in Computer and Information Science* (pp. 348–352). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-21451-7\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-030-21451-7_30)
- Nikolopoulos, F. (2017). Using UTAUT2 for Cloud Computing Technology Acceptance Modeling.
- Njenga, K., Garg, L., Bhardwaj, A. K., Prakash, V., & Bawa, S. (2019). The cloud computing adoption in higher learning institutions in Kenya: Hindering factors and recommendations for the way forward. *Telematics and Informatics*, 38(May), 225–246. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.10.007>
- Palos-Sanchez, P., Reyes-Menendez, A., & Saura, J. R. (2019). Models of adoption of information technology and cloud computing in organizations. *Informacion Tecnológica*, 30(3), 3–12. <https://doi.org/10.4067/So718-07642019000300003>
- Pandey, R., & Verma, M. (2020). Current Emerging Trends in IOT : A Survey and Future Prospects. 8(Iii), 339–344.
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., & Mattsson, M. (2008). Systematic Mapping Studies in Software Engineering. 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, EASE 2008. <https://doi.org/10.14236/ewic/EASE2008.8>
- Pinheiro, P., Aparicio, M., & Costa, C. (2014). Adoption of cloud computing systems. *Proceedings of the International Conference on Information Systems and Design of Communication - ISDOC '14*, 127–131. <https://doi.org/10.1145/2618168.2618188>

- Pornphol, P., & Tongkeo, T. (2018). Transformation from a traditional university into a smart university. *Proceedings of the 6th International Conference on Information and Education Technology*, 144–148. <https://doi.org/10.1145/3178158.3178167>
- Priyadarshinee, P., Raut, R. D., Jha, M. K., & Gardas, B. B. (2017). Understanding and predicting the determinants of cloud computing adoption: A two staged hybrid SEM - Neural networks approach. *Computers in Human Behavior*, 76, 341–362. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.07.027>
- Raut, R. D., Priyadarshinee, P., Gardas, B. B., & Jha, M. K. (2018). Analyzing the factors influencing cloud computing adoption using three stage hybrid SEM-ANN-ISM (SEANIS) approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 134(July), 98–123. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.05.020>
- Revelo Sánchez, O., Collazos Ordoñez, C. A., & Jiménez Toledo, J. A. (2018). La gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: un mapeo sistemático de literatura. *Lámpsakos*, 1(19), 31–46. <https://doi.org/10.21501/21454086.2347>
- Rico-Bautista, D., Maestre-Góngora, G. P., & Guerrero, C. D. (2020). Caracterización de la situación actual de las tecnologías inteligentes para una Universidad inteligente en Colombia/Latinoamérica. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, (E27), 484–501.
- Rico-Bautista, D., Medina-Cárdenas, Y., Coronel-Rojas, L. A., Cuesta-Quintero, F., Barrientos-Avendaño, E., León, R. A. G., Maestre-Góngora, G. P., Barrientos-Avendaño, E., & García-León, R. A. (2020). Smart university: Strategic map since the adoption of technology. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, (E28), 711–724. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85080987823&partnerID=40&md5=aa8ca7c9cfbe217b2e40bb3b16df4f85>
- Rico-Bautista, D., Medina-Cárdenas, Y., & Guerrero, C. D. (2019). Smart University: A Review from the Educational and Technological View of Internet of Things. In *International Conference on Information Technology and Systems, ICITS 2019* (Vol. 918, pp. 427–440). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11890-7\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11890-7_42)
- Rico-Bautista, D. W. (2019). Conceptual framework for smart university. *Journal of Physics: Conference Series*, 1409(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1409/1/012009>
- Rjab, A. Ben, & Mellouli, S. (2018). Smart cities in the era of artificial intelligence and internet of things. 1, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3209281.3209380>
- Sabi, H. M., Uzoka, F. E., Langmia, K., & Njeh, F. N. (2016). Conceptualizing a model for adoption of cloud computing in education. *International Journal of Information Management*, 36(2), 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.11.010>
- Sánchez-Torres, B., Rodríguez-Rodríguez, J. A., Rico-Bautista, D. W., & Guerrero, C. D. (2018). Smart Campus: Trends in cybersecurity and future development. *Revista Facultad de Ingeniería*, 27(47), 93–101. <https://doi.org/10.19053/01211129.v27.n47.2018.7807>

- Sargent, K., Hyland, P., & Sawang, S. (2012). Factors influencing the adoption of information technology in a construction business. *Construction Economics and Building*, 12(2), 86. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v12i2.2448>
- Shaikh, H., Khan, M. S., Mahar, Z. A., Anwar, M., Raza, A., & Shah, A. (2019). A Conceptual Framework for Determining Acceptance of Internet of Things (IoT) in Higher Education Institutions of Pakistan. 2019 International Conference on Information Science and Communication Technology (ICISCT), 1–5. <https://doi.org/10.1109/CISCT.2019.8777431>
- Shaoyong, C., Yirong, T., & Zhefu, L. (2016). UNITA: A Reference Model of University IT Architecture. ICCIS '16: Proceedings of the 2016 International Conference on Communication and Information Systems, 73–77. <https://doi.org/10.1145/3023924.3023949>
- Shorfuzzaman, M., Hossain, M. S., Nazir, A., Muhammad, G., & Alamri, A. (2019). Harnessing the power of big data analytics in the cloud to support learning analytics in mobile learning environment. *Computers in Human Behavior*, 92, 578–588. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.07.002>
- Sigg, M. de L., Cisneros, J. L. V., Reyes, S. V., & Salcedo, J. A. R. (2014). Explicación de la Adopción de Tecnologías de Información en Pequeñas Empresas Usando el Modelo del Usuario Perezoso: un Caso de Estudio. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, e1, 91–104. <https://doi.org/10.4304/risti.e1.91-104>
- Sivathanu, B. (2018). Adoption of internet of things (IOT) based wearables for healthcare of older adults – a behavioural reasoning theory (BRT) approach. *Journal of Enabling Technologies*, 12(4), 169–185. <https://doi.org/10.1108/JET-12-2017-0048>
- Surbakti, F. P. S., Wang, W., Indulska, M., & Sadiq, S. (2020). Factors influencing effective use of big data: A research framework. *Information & Management*, 57(1), 103146. <https://doi.org/10.1016/j.im.2019.02.001>
- Vasudavan, H., Shanmugam, K., & Ahmada, H. A. (2018). User Perceptions in Adopting Cloud Computing in Autonomous Vehicle. Proceedings of the 6th International Conference on Information Technology: IoT and Smart City - ICIT 2018, 151–156. <https://doi.org/10.1145/3301551.3301583>
- Venkatesh, V., Thong, J., & Xu, X. (2016). Unified Theory of Acceptance and Use of Technology: A Synthesis and the Road Ahead. *Journal of the Association for Information Systems*, 17(5), 328–376. <https://doi.org/10.17705/1jais.00428>

# Apoyando a las Mipymes en la Evaluación Interna de Procesos y Proyectos para la Certificación en la Norma ISO/IEC 29110

Jezreel Mejía<sup>1</sup>, Edgar Bonilla<sup>1</sup>, Israel Faustino<sup>1</sup>, Einar Jhordany<sup>1</sup>, Elizabeth Villanueva<sup>1</sup>

{jmejia; edgar.bonilla; israel.faustino; einar.serna; elizabeth.villanueva}@cimat.mx

<sup>1</sup> Centro de Investigación en Matemáticas, Parque Quantum, Ciudad del Conocimiento, Av. Lassec, Andador Galileo Galilei, Manzana, 3 Lote, 7 CP 98160 Zacatecas, ZAC, Mexico.

DOI: 10.17013/risti.41.80-96

**Resumen:** Las Mipymes de desarrollo de software son muy importantes para el desarrollo general en cualquier país. Esto genera la necesidad de crear modelos y estándares de acuerdo a su tamaño y características. Además, este tipo de empresas enfrentan problemas como falta de conocimiento, de personal capacitado y de experiencia en la implementación de modelos y normas de calidad, aun cuando ya existen normas ajustadas a su tamaño como lo es la norma ISO/IEC 29110. Este artículo propone una herramienta que apoye a las Mipymes a evaluar los procesos y el proyecto con base a la norma ISO/IEC 29110 para presentarse en una futura certificación. Para ello, la herramienta fue implementada en una Mipyme de desarrollo de software previo a iniciar un proceso de certificación en esta norma. Después de la implementación de esta herramienta, la Mipyme obtuvo la certificación en la norma ISO/IEC 29110 de una manera mas controlada y guiada, ya que le permitió solucionar las observaciones con antelación antes de presentarse a un proceso de certificación.

**Palabras-clave:** Herramienta; Mejora; Evaluación, ISO/IEC 33002, ISO/IEC 292110.

## *Supporting VSEs to assess internal processes and projects for certification in the Standard ISO/IEC 29110*

**Abstract:** Very Small Entities (VSE) are very important in the software product and service development sector. Therefore, it is necessary to implement models and/or standards according to their size and features. Moreover, this kind of enterprises face problems such as lack of knowledge, trained personnel and experience in the implementation of this type of norms even when there are already standards adjusted to their size such as ISO/IEC 29110. This article proposes a tool that supports VSEs to assess the processes and the project based on the ISO/IEC 29110 standard to be presented in a future certification. For this, the tool was implemented in a Software development VSE prior to starting a certification process in this standard. After the implementation of this tool, the VSE obtained the certification in the ISO/IEC 29110 standard in a more controlled and guided way, since it allowed it to solve the observations in advance before starting a certification process.

**Keywords:** Tool; GP and IS; Improvement; Assessment, ISO/IEC 33002, ISO/IEC 292110.

## 1. Introducción

Hoy en día, las Mipymes en la industria del desarrollo de software representan mas del 92% en varios países. Además, la producción de productos y servicios de software de estas tienen un impacto en empresas medianas y grandes, ya que son uno de sus principales proveedores (Meathawachananont et al., 2020; Galván-Cruz et al., 2020). En el contexto de México, de acuerdo al informe publicado por la Encuesta Nacional de Productividad y Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (ENAPROCE) en (INEGI, 2018), existían alrededor de 4 millones de empresas en México de las cuales el 97.3% de ellas son Mipymes. Por lo tanto, este tipo de empresas también requieren de la aprobación de alguna evaluación de habilidades, así como, conocimientos en el seguimiento de algún modelo o norma aplicado de manera integra que certifique la calidad de productos y servicios de software que desarrollan (Laporte & Mejía, 2020).

En este contexto, se ha creado la norma ISO/IEC 29110 (Meathawachananont, 2020) que se ajusta al tamaño de este tipo de organizaciones con hasta 25 personas en la implementación de procesos relacionados a la Gestión de Proyectos (GP) e Implementación del Software (IS). Esta norma, define una serie de elementos de proceso como lo son actividades, tareas y productos de trabajo para gestionar y desarrollar un proyecto de desarrollo de software (ISO/IEC 29110, 2011). Sin embargo, aun cuando esta norma se ha ajustado a este tipo de empresas (Laporte & Mejía, 2020), enfrentan problemas para su implementación como no contar con el conocimiento y recursos necesarios para hacerle frente en su adecuada implementación, además de, personal capacitado, siendo estos problemas incidentes para saber cómo interpretar y entender todos los componentes de la norma 29110. Además, estos problemas se acentúan aun más al momento de iniciar un proceso de auditoria para obtener la certificación con respecto a esta norma (Laporte & Mejía, 2020), desconociendo los requisitos mandatorios, su estructura que indica esta norma al momento de ser auditados.

Por lo tanto, este artículo propone una herramienta que apoye a las Mipymes en la Evaluación Interna de Proyectos y Procesos para la Certificación en la Norma ISO/IEC 29110. Esto permitirá dar a conocer el porcentaje de cobertura a nivel de proceso y del proyecto y mejorar la implementación de esta norma en las Mipymes antes de iniciar el proceso de certificación. Para llevar a cabo esta propuesta se ha realizado el análisis de la norma ISO/IEC 29110 y de la norma ISO/IEC 33002 (ISO/IEC 33002, 2015), con el fin de establecer en la herramienta que se propone todos los requisitos mandatorios a ser evaluados. Esta herramienta permitirá evaluar, validar, e identificar las oportunidades de mejora en los procesos y el proyecto para poder obtener la certificación dentro de este tipo de organizaciones.

Este artículo está estructurado de la siguiente manera: después de la introducción, en la segunda sección, se describe de manera general la norma ISO/IEC 29110; en la tercera sección, se describe de manera breve la norma ISO/IEC 33002; en la cuarta sección, se presentan los elementos principales que se toman en cuenta en el proceso de evaluación para cumplimiento; en la quinta sección, se presenta la herramienta propuesta; la sexta

sección se presenta un estudio de caso, y finalmente en la última sección, las conclusiones y el trabajo futuro posible a desarrollar son presentados.

## 2. ISO/IEC 29110

Esta norma es una nueva serie de Normas e Informes Técnicos que llevan como título “Ingeniería de Software–Perfiles de Ciclo de Vida para Pequeñas Organizaciones. Una PO (VSE por sus siglas en inglés – Very Small Entities) se define como una entidad (empresa, organización, departamento o proyecto) que tiene menos de 25 personas. La mayoría de las PYMES de software pertenecen a la categoría VSE (Meathawachananont et al., 2020). Esta norma contiene dos áreas de proceso, las cuales se describen a continuación:

### 2.1. Proceso de Gestión de Proyectos (GP).

El propósito de GP es establecer y llevar a cabo de manera sistemática las tareas del proyecto de implementación de software, lo que permite cumplir con los objetivos del proyecto respecto a la calidad, tiempo y costos esperados (ISO/IEC, 2011).

El proceso de GP consta de cuatro actividades y cada actividad con un número de tareas específicas:

GP 1. Planificación del Proyecto. 15 tareas.

GP 2. Ejecución del Plan del Proyecto. 6 tareas.

GP 3. Evaluación y control del Proyecto. 3 tareas.

GP 4. Cierre del Proyecto. 2 tareas.

Cada una de estas actividades con sus tareas producen alguno de los siguientes productos.

**Productos de Entrada:** los productos de Entrada son necesarios para realizar las tareas del proceso de GP. Los productos de entrada son:

- Enunciado del Trabajo.
- Configuración del Software.
- Solicitud de Cambio.

**Productos Internos:** los productos internos para el proceso de GP son generados y consumidos por el mismo proceso. Los productos internos son:

- Solicitud de Cambio
- Acciones Correctivas.
- Acta de Reunión.
- Resultados de Verificación.
- Reporte de Avance.
- Respaldo del Repositorio del Proyecto.

**Productos de Salida:** los productos de salida señala son aquellos que se generan al realizar las tareas del proceso de GP. Los productos de salida son:

- Plan de Proyecto.
- Acta de Aceptación.
- Repositorio del Proyecto.
- Acta de Reunión.
- Configuración de Software.

## 2.2. Proceso de Implementación de Software (IS)

El propósito del proceso IS es la realización sistemática del análisis, el diseño, actividades de construcción, integración y pruebas de productos de software nuevos o modificados de acuerdo con los requisitos (ISO/IEC, 2011).

El proceso de IS consta de seis actividades y cada actividad con un número de tareas específicas:

- IS 1. Inicio de la Implementación de Software. 2 tareas.
- IS 2. Análisis de Requerimientos del Software. 7 tareas.
- IS 3. Arquitectura y Diseño Detallado del Software. 8 tareas.
- IS 4. Construcción de Software. 7 tareas.
- IS 5. Integración y Pruebas del Software. 11 tareas.
- IS 6. Entrega del Producto. 6 tareas.

Cada una de estas actividades con sus tareas producen alguno de los siguientes productos.

**Productos de Entrada:** los productos de Entrada son necesarios para realizar las tareas del proceso de IS. Los productos de entrada son:

- Enunciado del Trabajo.
- Plan del Proyecto Gestión de Proyectos.
- Repositorio del Proyecto Gestión de Proyectos.

**Productos Internos:** los productos internos para el proceso de IS son generados y consumidos por el mismo proceso. Los productos internos son:

- Resultados de Verificación.
- Resultados de Validación.

**Productos de Salida:** los productos de salida son aquellos que se generan al realizar las tareas del proceso de IS. Los productos de salida son:

- Configuración de Software:
  - Especificación de Requisitos.
  - Diseño de Software.
  - Registro de Trazabilidad.
  - Componente de Software.
  - Software.
  - Casos de Prueba y Procedimientos de Prueba.
  - Reporte de Pruebas.

- Manual de Operación.
- Manual de Usuario.
- Manual de Mantenimiento.
- Solicitud de Cambio Gestión de Proyectos.

### 3. ISO/IEC 3302

La norma (ISO/IEC 3302, 2015) es un marco para medir el logro del proceso. El marco proporciona un esquema para su uso en la caracterización de la capacidad de un proceso implementado con respecto a un Modelo de Evaluación de Procesos. ISO/IEC 33002 es una versión actualizada de ISO/IEC 15504. Esta norma proporciona cuatro niveles de capacidad y atributos de proceso. Cada atributo define una propiedad medible de la capacidad del proceso. La extensión del logro de los atributos del proceso se caracteriza en una escala de calificación establecida.

La escala de calificaciones de logro aplicada a la evaluación de los atributos del proceso de acuerdo a la Norma ISO/IEC 33002 son:

1. **Nivel o:** proceso incompleto.
2. **Nivel ALPHA:** Proceso realizado.
3. **Nivel BETA:** Proceso articulado.
4. **Nivel GAMMA:** Proceso alineado.

Para lograr los niveles anteriores se establece la siguiente calificación durante la evaluación de los elementos del proceso.

1. **Completamente logrado:** Existe evidencia de un enfoque sistemático y pleno de los atributos de proceso definido en el proceso evaluado. No se detectan debilidades significativas relacionadas con los atributos del proceso evaluado.
2. **Ampliamente logrado:** Se observa un logro significativo y enfoque sistemático. Se detectan implementaciones bajas en algunas áreas del proceso.
3. **Parcialmente logrado:** algunos logros y parcial la adopción de un enfoque sistemático es evidente. Otro los aspectos de los atributos del proceso no están controlados.
4. **No logrado:** poco o ningún logro del proceso atributos.

Los porcentajes de valores que se asignan tomando como referencia esta norma son:

| Indicadores de cumplimiento de producto |                                                      |          |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|----------|
| Indicador                               | Descripción                                          | %        |
| Completamente logrado                   | Cumple con lo establecido por la norma.              | 85%-100% |
| Ampliamente logrado                     | Cumple ampliamente con lo establecido por la norma.  | 50%-84%  |
| Parcialmente logrado                    | Cumple parcialmente con lo establecido por la norma. | 15%-49%  |
| No logrado                              | No cumple con lo establecido por la norma.           | 0-14%    |

Tabla 1 – Indicadores para evaluación.

Por lo tanto, los valores mostrados en la Tabla 1 son utilizados dentro de la herramienta para obtener el resultado de la evaluación.

#### 4. Proceso de evaluación para cumplimiento

La evaluación que se lleva a cabo tiene como objetivo verificar que se cumplen con los requisitos para la norma ISO/IEC 29110, la cual se divide en dos etapas.

**Etapla 1:** Esta enfocada en evaluar desde el punto de vista del proceso. Para ello, se evalúa que la documentación sea completa y adecuada para los dos procesos GP e IS. Dentro de la documentación que se evalúa como requisito se encuentran: descripción documentada del proceso dentro de la cual se debe demostrar, el modelado del proceso, así como descripción del proceso, el uso de formatos que cumplan con los elementos que solicita cada tarea en cada actividad para cumplir con los productos de entrada, interno o salida. Además, se evalúan los posibles paquetes de despliegue (procedimientos) que sean requeridos o necesarios para apoyar la realización de cada actividad.

**Etapla 2:** Su objetivo es evaluar la implementación y adopción de los procesos de GP e IS dentro de la organización. Para esta etapa, la evidencia de la implementación de los dos procesos se realiza a través de evaluar la realización de las tareas y de los productos de entrada, internos y salida a través de la presentación de un proyecto de software no crítico terminado.

Además, los procesos de Gestión de Proyectos (GP) y de Implementación de Software (IS) deben cumplir los siguientes requisitos mandatorios por cada área de proceso y que son extraídos de los 7 objetivos en cada área de proceso:

##### Proceso de Gestión de Proyectos:

- a. Alcance del proyecto con entregables.
- b. Tareas y recursos asociados con el alcance del proyecto.
- c. Costos, calendario y cuestiones técnicas.
- d. Estimación del calendario, esfuerzo, costos y duración del trabajo.
- e. Recursos humanos planificados.
- f. Plan de proyecto de acuerdo con el alcance, los recursos humanos planificados y tareas definidas.
- g. Aceptación del cliente al plan de trabajo.
- h. Riesgos identificados y modificados, durante la ejecución del proyecto.
- i. Estrategia de control de versiones que incluya, respaldos y recuperación.
- j. Configuración del software que incluya la descripción de su almacenamiento, línea base, manejo y modificaciones.
- k. Progreso del proyecto, respecto a lo planeado.
- l. Correcciones de desviaciones del plan del proyecto de acuerdo a las acciones tomadas.
- m. El equipo de trabajo y el cliente revisan las actividades para asegurar que el trabajo haya sido hecho y cumpla con los requisitos del software y el plan de proyecto.
- n. Seguimiento a los acuerdos resultantes de las actividades de revisión.
- o. Cierre del proyecto tras la aceptación por parte del Cliente.

## Proceso de Implementación de Software:

- a. El plan de proyecto y los requisitos de software, debe ser revisado y comprendido por parte del equipo de trabajo.
- b. Definir los requisitos del Software.
- c. Requisitos del software son adecuados y pueden ser probados.
- d. Aprobación de los requisitos del Software, por parte del Cliente o del patrocinador del proyecto.
- e. Línea base de los requerimientos del Software y comunicarlo a las partes interesadas.
- f. Cambios en los requisitos de software evaluados por costo, cronograma e impacto técnico
- g. Diseño Arquitectónico y detallado del Software, establecer una línea base y comunicarlo a las partes interesadas.
- h. Diseño arquitectónico y detallado del software para describir los componentes del software y sus interfaces internas y externas relevantes.
- i. Consistencia y trazabilidad entre los requisitos del software, la arquitectura del software y el diseño detallado del software.
- j. Producir los componentes de software definidos en el diseño detallado.
- k. Controlar las entregas y poner a disposición de las partes interesadas pertinentes.
- l. Pruebas de unidad entre los requisitos de software y el diseño detallado, para verificar la consistencia.
- m. Consistencia y trazabilidad entre los componentes del software, los requisitos y el diseño.
- n. Documentación del Usuario.
- o. Integrar los componentes para construir el Software.
- p. Probar y verificar el Software, registrar los resultados y comunicarlos al equipo de trabajo.
- q. Corregir los defectos identificados en revisiones, pruebas y verificaciones.
- r. Integrar la configuración de software y almacenarla en el repositorio del proyecto. Establecer una línea base final y comunicarla al equipo de trabajo y al cliente.
- s. Liberar el producto de Software completo para su uso, después de la validación por el cliente o patrocinador del proyecto.

Además, como parte del proceso de evaluación se buscan evaluar elementos de la estructura de los dos procesos de la norma, dentro de los cuales se encuentran:

- *Objetivos específicos:* permiten asegurar el cumplimiento del propósito del proceso.
- *Productos de entrada:* productos necesarios para realizar el proceso y su origen correspondiente, que puede ser otro proceso o una entidad externa al proyecto, como el Cliente.
- *Productos de salida:* productos generados por el proceso y su destino correspondiente, que puede ser otro proceso o una entidad externa al proyecto, como el Cliente o la Alta Dirección.
- *Productos internos:* productos generados y consumidos por el proceso.

5. Evaluando proyectos y procesos con base a la norma ISO/IEC 29110

Para llevar a cabo la evaluación se desarrolló una herramienta tomando en consideración la descripción de todos los elementos que contiene la norma ISO/IEC 29110 y la escala de calificaciones de logro aplicada a la evaluación de los atributos del proceso de acuerdo a la Norma ISO/IEC 33002. Asimismo, de los requisitos mandatorios que se indican en la sección del proceso de evaluación.

Esta herramienta es realizada en una hoja de cálculo de google, con la finalidad de tenerla disponible vía web. Además, la herramienta además de tomar en cuenta los elementos que se evalúan en la primera etapa, se evalúa que existan objetivos de negocio, políticas, Misión, Visión y políticas, así como métricas. La Tabla 2 muestra de manera general las características que conforman a la herramienta.

| Módulos                                    | Descripción                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Objetivos de la organización.              | Consiste en identificar que existen objetivos de la organización, así como, visión, misión, y políticas.                                                                                                                            |
| Evaluación de Métricas.                    | Define una relación de métricas identificadas en tareas del proceso de Gestión.                                                                                                                                                     |
| Evaluación de características del Proceso. | Enlista características que deben ser documentadas en el establecimiento de procesos dentro de las organizaciones, así como de elementos que deben ser demostrados con forme a la estructura de procesos de la norma ISO/IEC 29110. |
| Evaluación de procedimientos.              | Muestra las características que debe contener una documentación de los procedimientos asociados a los procesos de Gestión de proyectos e Implementación del software.                                                               |
| Cumplimiento de requisitos de GP.          | Se verifica los 7 objetivos del área de proceso de Gestión de Proyectos.                                                                                                                                                            |
| Cumplimiento de requisitos de IS.          | Se verifica los 7 objetivos del área de proceso de Implementación del Software.                                                                                                                                                     |
| Características de productos de trabajo.   | Se evalúan las características de los productos de entrada, salida e internos.                                                                                                                                                      |
| Resumen General.                           | Muestra el resumen de los indicadores cumplidos e incumplidos.                                                                                                                                                                      |
| Informe.                                   | Este módulo muestra las observaciones que se recopilaron a través de los módulos anteriores.                                                                                                                                        |

Tabla 2 – Módulos de la herramienta

La herramienta utiliza los valores de **Cumple** y **No cumple** para evaluar las características de los elementos a evaluar en cada módulo de la herramienta.

| número de Identificar | Tarea Origen | Característica                                                                 | Observaciones                            | Cumplimiento | Tarea Destino |
|-----------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------|---------------|
| AC-01                 | GP 3.2       | Identificación del problema inicial                                            |                                          | Cumple       | GP 2.3        |
| AC-02                 |              | Propuesta de solución                                                          | Se coloca en reporte de avance de Sprint | Cumple       |               |
| AC-03                 |              | Identificación de las Acciones Correctivas a tomar                             | Reunión de retrospectiva                 | Cumple       |               |
| AC-04                 |              | Identificación del responsable que dará conclusión a las Acciones Correctivas. |                                          | No cumple    |               |
| AC-05                 |              | Fecha de apertura                                                              |                                          | No cumple    |               |
| AC-06                 |              | Fecha de cierre esperada                                                       |                                          | No cumple    |               |
| AC-07                 |              | Indicador de estado                                                            |                                          | No cumple    |               |
| AC-08                 |              | Listado de acciones a seguir                                                   |                                          | No cumple    |               |

Figura 1 – Valores para evaluar las características

Como puede observarse en la Figura 1, la columna “cumplimiento” indica el valor de **cumple** y **no cumple**, asociando una observación a la característica del elemento evaluado. Con ello, la sumatoria de elementos que cumplen o no cumplen, la herramienta calcula y obtiene el indicador de cumplimiento de acuerdo a la Tabla 1. Además, permite obtener una gráfica para visualizar los elementos evaluados para el cumplimiento de la certificación como se muestra en la Figura 2.



Figura 2 – Gráficas para visualizar las características evaluados que se debe cumplir para el elemento y para la certificación del elemento

Como puedo observarse, en la Figura 2 muestra una gráfica superior sobre el cumplimiento de acciones correctivas. En la gráfica inferior muestra el cumplimiento con respecto a la certificación del elemento evaluado.

Esta distribución de elementos mostrados para llevar la evaluación y los gráficos obtenidos se muestran para cada módulo que se utiliza en la Herramienta propuesta. A continuación, se describe cada módulo y en la Figura 3 se muestra de manera gráfica los resultados obtenidos.

1. Objetivos de la organización

En este primer módulo de la herramienta se evalúan los objetivos de la organización para identificar las características que deben contener los objetivos: validados y autorizados por el CEO, específicos y concretos, medibles, realizables, realistas y el tiempo para ser alcanzados. Además, se evalúan características que fortalecen el establecimiento de los objetivos organizacionales como: Misión, Visión y políticas.

## **2. Evaluación de métricas**

En este módulo se evalúan métricas que se han identificado y que tienen origen en el proceso de Gestión de proyecto y que son alimentadas por información o datos en el mismo proceso o desde el proceso de Implementación de Software. Dentro de las métricas identificadas se encuentran:

- Coste técnico y viabilidad de cronograma.
- Estimación del horario, esfuerzo, costo y duración del trabajo.
- Avance del proyecto vs planificación
- Desviaciones en el proyecto durante la ejecución del plan del proyecto.
- Numero de cambios en los requisitos.
- Costo en errores de codificación.
- Eficiencia de eliminación de defectos.

## **3. Evaluación de características del proceso**

Este módulo evalúa características del proceso que deben ser documentadas o deben estar como parte de la documentación del proceso. Las características a evaluar son:

- Narrativa descriptiva del proceso.
- Modelado del ciclo del desarrollo.
- Modelado de proceso.
- Herramienta para el proceso modelado de proceso.
- Modelado de actividades.
- Descripción de iconografía.
- Diccionario de términos.
- Estándar de iconografía.
- Herramientas para realizar las actividades del proceso.
- Métricas para las actividades del proceso.
- Estatus de productos.
- Roles.
- Interacción entre roles de cada tarea, actividades o procesos.
- Identificación de productos de entrada, internos y salida.

## **4. Evaluación de procedimientos**

En esta parte de la herramienta se evalúan características que deben ser incluidas en la documentación de los procedimientos. Dentro de las características se encuentran:

- Propósito.
- Definiciones.
- Descripciones de Procesos, actividades, tareas, pasos, roles y productos.
- Plantillas.
- Ejemplos.
- Lista de verificación.
- Herramientas indicadas.
- Referencias a otros estándares y modelos.

| Número de Identificador | Elementos                             | Tipo de elemento | Observaciones                                                                                                                               | Porcentaje de cumplimiento entre |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1                       | Objetivos de la organización          | Documentación    | <div><div>Cumplimiento de Objetivos</div><div><div></div></div><div>Características en "No Cumplimiento"</div></div>                        | 0%                               |
| 2                       | Métricas de proceso                   | Documentación    | <div><div>Cumplimiento de Métricas de Proceso</div><div><div></div></div><div>Características en "No Cumplimiento"</div></div>              | 0%                               |
| 3                       | Características generales de procesos | Documentación    | <div><div>Cumplimiento de las Características generales...</div><div><div></div></div><div>Características en "No Cumplimiento"</div></div> | 0%                               |
| 4                       | Procedimientos                        | Documentación    | <div><div>Cumplimiento de Procedimientos</div><div><div></div></div><div>Características en "No Cumplimiento"</div></div>                   | 0%                               |

Figura 3 – Gráficas para visualizar 4 características necesarios para la evaluación del proceso

La Figura 3 muestra a la Mipyme a manera de resumen el porcentaje de cumplimiento de las 4 primeras características del proceso.

5. Cumplimiento de requisitos de GP

Este modulo evalúa los requisitos que deben cubrirse en el área de proceso de Gestión de proyectos (GP). Para ello, se evalúan los 7 objetivos del área de proceso de GP, así como, los productos de entrada, internos y salida. Dentro de productos se encuentran:

- Enunciado de trabajo.
- Instrucciones de entrega.
- Tareas.
- Recursos.
- Cronograma de tareas.
- Esfuerzo y costo estimado.
- Validación del plan.
- Formación.
- Acta de reunión.
- Acta de aceptación.
- Plan de riesgo.
- Estrategia de control de versiones.
- Repositorio de proyecto.
- Plan de proyecto actualizado.
- Solicitud de cambios.
- Reporte de avance.
- Acciones correctivas.
- Resultados de verificación.
- Configuración del software.

## **6. Cumplimiento de requisitos de IS**

Este modulo evalúa los requisitos que deben cubrirse en el área de proceso de Implementación del software (IS). Para ello, se evalúan los 7 objetivos del área de proceso de GP, así como, los productos de entrada, internos y salida. Dentro de productos se encuentran:

- Plan de proyecto.
- Acta de reunión.
- Ambiente de implementación.
- Especificación de requisitos.
- Solicitudes de cambio.
- Resultados de verificación.
- Configuración del software.
- Diseño del software – Arquitectura.
- Casos y procedimientos de pruebas.
- Registro de trazabilidad.
- Componentes de software.
- Manual de mantenimiento.
- Manual de operación.
- Manual de usuario.
- Software.
- Reporte de pruebas.
- Repositorio del proyecto.
- Acta de aceptación.

## **7. Características de productos de trabajo**

Este módulo evalúa en cada producto de entrada, interno y salida los requisitos que deben cubrirse por cada producto. En este modulo, se identifica la tarea donde se origina el producto, así como la tarea donde será utilizado. Este módulo evalúa las características que deben identificarse en cada producto que se genera en la ejecución de tareas y actividades en cada proceso. Por ejemplo, en el caso de: Casos y procedimientos de prueba, dentro de algunas características a evaluar son:

- Identificar del caso de prueba.
- Elementos a probar.
- Especificaciones de entrada.
- Especificaciones de salida.
- Necesidades del ambiente de pruebas.
- Procedimientos de prueba.

## **8. Resumen general**

Este módulo presenta un resumen de los valores obtenidos de todos los módulos anteriores y permiten visualizar los siguientes elementos, que se muestran en la siguiente Figura 4:

| Productos de trabajo               | Proceso | Características de cumplimiento certificación | Características totales de certificación | Cumplimiento Norma | Puntos de Mejora | Total Revisado |
|------------------------------------|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|------------------|----------------|
| Evaluación de objetivos            |         | N/A                                           | N/A                                      | 2                  | 7                | 9              |
| Evaluación de métricas             |         | N/A                                           | N/A                                      | 10                 | 2                | 12             |
| Evaluación de procesos             |         | N/A                                           | N/A                                      | 10                 | 7                | 17             |
| Evaluación de procedimientos       |         | N/A                                           | N/A                                      | 38                 | 182              | 220            |
| Indicadores de cumplimiento de Etr | G.P.    | 8                                             | 8                                        | 9                  | 0                | 9              |
| Indicadores de cumplimiento PP     |         | 40                                            | 40                                       | 40                 | 41               | 81             |
| Indicadores de cumplimiento AR     |         | 18                                            | 19                                       | 11                 | 1                | 12             |
| Indicadores de cumplimiento RP     |         | 13                                            | 13                                       | 13                 | 0                | 13             |
| Indicadores de cumplimiento RA     |         | 5                                             | 8                                        | 6                  | 3                | 9              |
| Indicadores de cumplimiento SC     |         | 8                                             | 8                                        | 12                 | 0                | 12             |
| Indicadores de cumplimiento AC     |         | 3                                             | 8                                        | 3                  | 5                | 8              |
| Indicadores de cumplimiento AA     |         | 6                                             | 6                                        | 6                  | 0                | 6              |
| Indicadores de cumplimiento CS     |         | 11                                            | 11                                       | 11                 | 1                | 12             |
| Indicadores de cumplimiento RV     |         | 4                                             | 9                                        | 4                  | 5                | 9              |
| Indicadores de cumplimiento RVA    |         | 4                                             | 9                                        | 4                  | 5                | 9              |
| Indicadores de cumplimiento MM     |         | 6                                             | 7                                        | 6                  | 2                | 8              |
| Indicadores de cumplimiento ER     |         | 7                                             | 13                                       | 9                  | 7                | 16             |
| Indicadores de cumplimiento SW     |         | 3                                             | 3                                        | 3                  | 1                | 4              |
| Indicadores de cumplimiento CoS    |         | 2                                             | 2                                        | 3                  | 0                | 3              |
| Indicadores de cumplimiento DS     | I.S.    | 12                                            | 16                                       | 14                 | 5                | 19             |
| Indicadores de cumplimiento CPP    |         | 11                                            | 16                                       | 12                 | 5                | 17             |
| Indicadores de cumplimiento RPr    |         | 6                                             | 9                                        | 6                  | 4                | 10             |
| Indicadores de cumplimiento RZ     |         | 3                                             | 3                                        | 4                  | 0                | 4              |
| Indicadores de cumplimiento MU     |         | 10                                            | 13                                       | 11                 | 5                | 16             |
| Indicadores de cumplimiento AI     |         | N/A                                           | N/A                                      | 4                  | 1                | 5              |
| Indicadores de cumplimiento MQ     |         | 11                                            | 11                                       | 11                 | 1                | 12             |

Figura 4 – Resumen general de cumplimiento para proceso y proyecto

Este módulo muestra los indicadores obtenidos. En ella se indica los siguientes indicadores de acuerdo a las columnas siguientes:

- *Características de cumplimiento:* Indica el número de características que han sido evaluados y que son cumplidos.
- *Características totales de certificación:* Indica el número total de características que deben ser cumplidos.
- *Cumplimiento de Norma:* muestra el total de características que deben cumplirse por cada elemento a evaluar.
- *Puntos de Mejora:* Se identifica el numero de puntos a mejorar en toda la documentación presentada por parte del proceso y del proyecto.
- *Total revisado:* Indica el numero de elementos y características revisadas. Este numero puede incrementar de acuerdo a los productos de trabajo documentados de manera digital o física. Por ejemplo, el numero de actas de reunión puede variar de 1 a n actas elaboradas durante la elaboración de un proyecto.

9. Cumplimiento de requisitos de cada área de proceso

Este módulo muestra los hallazgos de cumplimiento en cada área de proceso GP e IS. La información recolectada en este módulo permite construir el informe final de cumplimiento de cada área de proceso.

La Figura 5, muestra las siguientes columnas:

- *Requisitos:* Enlista cada uno de los objetivos que debe cumplir cada área de proceso que son descritos en la sección “Proceso de evaluación para cumplimiento”.

| El grado de cumplimiento de cada requisito es con base en el promedio de porcentaje de cumplimiento de todos los productos de trabajo relacionados a dicho requisito. |                           |                                                           |                                                |                                                             |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gestión de Proyecto                                                                                                                                                   |                           |                                                           |                                                |                                                             |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Requisitos                                                                                                                                                            | Cumplimiento de Requisito | Producto                                                  | Actividad / tarea                              | Formulario/ Característica                                  | Cumplimiento Producto de Trabajo | Hallazgos                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Se deberá definir el alcance de trabajo para el proyecto, incluidos sus entregables                                                                                   | Cumple                    | Enunciado de Trabajo                                      | Cliente GP 1.1<br>GP 1.2                       | ETr                                                         | Cumple                           | - Requisitos generales del cliente: Lo tienen como "Lista de características"                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                       |                           | Plan de Proyecto - Instrucciones de Entrega               | G.P. 1.2<br>G.P. 1.13<br>G.P. 1.14<br>G.P. 2.2 | PP-32<br>PP-33<br>PP-34<br>PP-35<br>PP-36<br>PP-37<br>PP-38 | Cumple                           | - Identificación del estado aplicable (Verificado, Validado, Actualizado y Revisado): Realizan una minuta de reunión para verificar, validar y autorizar                                                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                       |                           | Plan de Proyecto - Tareas                                 | GP 1.3                                         | PP-08<br>PP-09                                              | Cumple                           | - Tareas de validación : Muestran el documento al cliente para validar el plan                                                                                                                                                                                                                 |
| Se deberán definir las tareas y los recursos asociados con el alcance del trabajo                                                                                     | Cumple                    | Plan de Proyecto - Recursos                               | GP 1.5                                         | PP-13<br>PP-14<br>PP-15<br>PP-16<br>PP-17<br>PP-18          | Cumple                           | - Recursos - Plan de Capacitación : Los alumnos investigan para realizar el proyecto sobre temas que no conocen (apartado: Casos y/o actividades a seguir)<br>- Programación de los recursos: Análisis de todo lo necesario para iniciar el proyecto                                           |
|                                                                                                                                                                       |                           | Plan de Proyecto - Recursos                               | GP 1.5                                         | PP-13<br>PP-14<br>PP-15<br>PP-16<br>PP-17<br>PP-18          | Cumple                           | - Recursos - Plan de Capacitación : Los alumnos investigan para realizar el proyecto sobre temas que no conocen (apartado: Casos y/o actividades a seguir)<br>- Programación de los recursos: Análisis de todo lo necesario para iniciar el proyecto                                           |
| Se deberán obtener la viabilidad de costo, la viabilidad técnica y el cronograma                                                                                      | Cumple                    | Plan de Proyecto - Duración                               | GP 1.4                                         | PP-12                                                       | Cumple                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                       |                           | Plan de Proyecto - Recursos                               | GP 1.5                                         | PP-13<br>PP-14<br>PP-15<br>PP-16<br>PP-17<br>PP-18          | Cumple                           | - Recursos - Plan de Capacitación : Los alumnos investigan para realizar el proyecto sobre temas que no conocen (apartado: Casos y/o actividades a seguir)<br>- Programación de los recursos: Análisis de todo lo necesario para iniciar el proyecto                                           |
|                                                                                                                                                                       | Cumple                    | Plan de Proyecto - Programación de las tareas de proyecto | GP 1.7                                         | PP-22<br>PP-23                                              | Parcialmente cumple              | - Calendario de las Tareas del proyecto, indicando la fecha de inicio y fecha de finalización previstas para cada Tarea.: Se apoyan con la herramienta de Trelio<br>- Las relaciones y dependencias entre tareas.: Se muestra evidencia en el cronograma, de la relación entre las actividades |

Figura 5 – Cumplimiento de requisitos de cada área de proceso

- *Cumplimiento de requisito:* Con base a la evaluación de los elementos en cada producto de trabajo de cada área de proceso, se evalúa para obtener el porcentaje obtenido que se establece en la Tabla 1. Este porcentaje se traduce a un indicador de Completamente logrado, Ampliamente logrado, Parcialmente logrado y no logrado.
- *Producto:* enlaza al producto de trabajo de cada área de proceso.
- *Actividad Tarea:* indica el área de proceso, actividad y tarea al que pertenece el producto de trabajo.
- *Formulario:* enlista los formularios establecidos como módulos en la herramienta. En cada formulario de cada producto se enlistan los elementos a evaluarse en cada producto de trabajo.
- *Cumplimiento del producto de trabajo.* Se obtienen los valores similares a la columna *Cumplimiento de requisito*, pero con base a los productos de trabajo.
- *Hallazgos.* Se recolectan las observaciones descritas en cada formulario de los productos de trabajo. Estos hallazgos son un factor importante porque deben indicar las mejoras que debe realizar la organización evaluada.

## 6. Estudio de caso

La propuesta de herramienta fue implementada en un Mipyme enfocada en la investigación, innovación, desarrollo e integración tecnológica. Esta empresa se dedica a la creación de productos y servicios tecnológicos innovadores en las áreas de telecomunicaciones, internet de las cosas, diseño electrónico, ingeniería de software y consultoría durante el año 2020. El objetivo de implementar la herramienta propuesta

fue realizar una evaluación previa antes de iniciar el proceso formal para obtener la certificación en la norma ISO/IEC 29110.

La herramienta además permitió guiar la entrevista a los responsables de la implementación de la norma y a su equipo de desarrollo del software. La herramienta se utilizó en 2 momentos durante dos meses (agosto y septiembre, 2020) antes de iniciar el proceso formal de certificación. Esto permitió obtener hallazgos de mejora de acuerdo a las observaciones durante el proceso de evaluación y que fueron registradas y entregadas a la MiPyme evaluada.

La implementación de la herramienta consistió en tener reunión vía la utilización de plataformas para la realización de reuniones virtuales. Durante éstas, se implementaron todos los módulos descritos en la Tabla 2. Para ello, se realizaron 2 reuniones:

- **Primera reunión:** su objetivo es dar a conocer la herramienta y llevar a cabo la entrevista con la finalidad de identificar las evidencias tanto del proceso y del proyecto. Tras la finalización de la entrevista, se proporciona los resultados. Para visualizar los resultados obtenidos se muestra de manera general el módulo de Resumen general, en el cual se pueden visualizar los resultados generales con respecto a la evaluación de las características que deben cumplirse en los procesos y del proyecto. Con respecto al proceso, el módulo de Resumen General enlaza a los módulos de Objetivos de la organización, Evaluación de métricas, evaluación de características del proceso y evaluación de procedimientos. Con respecto al proyecto se presentan los resultados obtenidos en el módulo de Cumplimiento de requisitos de GP e IS, así como del módulo de resumen general y el informe, dando a conocer los elementos que se indican en estos dos módulos. Resaltando las características que no han sido cubiertos y los puntos de mejora, así como las observaciones que deben ser cubiertas y que son presentadas en el módulo de Informe.
- **Segunda reunión:** El objetivo es revisar que se hayan realizado aquellas observaciones indicadas para los procesos y el proyecto y que son registrados en el módulo de Informe, así como de las características no cubiertas que fueron identificadas en la primera reunión y que son reflejados en el módulo de Resumen General.

La Figura 6 muestra los resultados obtenidos de la evaluación del proceso GP.

Como puede observarse en la Figura 6, se muestra de manera gráfica el porcentaje obtenido tras la evaluación de los elementos en cada módulo de la herramienta. De acuerdo a la Figura 6, con respecto al reporte de avance se obtuvo de cumplimiento del 0%; con respecto a solicitudes de cambio a cumplido al 92% las características que deben contener. Para el producto de acciones correctivas evaluado, obtuvo el 100%. De esta misma manera, para todos los productos del área de GP e IS se obtienen los valores evaluados en los módulos de la herramienta.

La Figura 7 muestra parte del cumplimiento de los requisitos de GP con respecto a los productos de trabajo. En el informe se muestra el producto de trabajo, la observación y la calificación obtenida. A manera de ejemplo, se describen las observaciones y la calificación obtenida para algunos productos de trabajo:



Figura 6 – Gráficas para visualizar el cumplimiento de los productos de trabajo del área de proceso GP.

- Enunciado de trabajo: **Calificación: Cumple.**
- Instrucciones de entrega: **Calificación: No Cumple.**
- Plan de proyecto-Tareas: **Calificación: Cumple.**
- Plan de proyecto-Recursos: **Calificación: Ampliamente en cumplimiento.**

El grado de cumplimiento de cada requisito es con base en el promedio de porcentaje de cumplimiento de todos los productos de trabajo relacionados a dicho requisito.

| Gestión de Proyecto                                                                 |                           |                                             |                                               |                                                             |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Requisitos                                                                          | Cumplimiento de Requisito | Producto                                    | Actividad / tarea                             | Formulario/ Característica                                  | Cumplimiento Producto de Trabajo | Hallazgos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Se deberá definir el alcance de trabajo para el proyecto, incluidos sus entregables | Parcialmente cumple       | Enunciado de Trabajo                        | Cliente GP 1.1<br>GP 1.2                      | ETr                                                         | Cumple                           | - Descripción del producto: El documento se llama Enunciado de trabajo<br>- Alcance del proyecto (Lo que no incluye): No lo tiene contemplado<br>- Identificar los Componentes de Software: No mostró evidencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                                     |                           | Plan de Proyecto - Instrucciones de Entrega | G.P. 1.2<br>G.P. 1.13<br>G.P.1.14<br>G.P. 2.2 | PP-32<br>PP-33<br>PP-34<br>PP-35<br>PP-36<br>PP-37<br>PP-38 | No Cumple                        | - Instrucciones de entrega - Elementos requeridos para la liberación del producto: No cuentan con ello<br>- Instrucciones de entrega - Requisitos de entrega: No cuentan con ello<br>- Instrucciones de entrega - Tareas a realizar en orden secuencial: No cuentan con ello<br>- Instrucciones de entrega - Liberaciones aplicables identificadas: No cuentan con ello<br>- Instrucciones de entrega - Identifica todos los Componente de Software entregados con información de la versión: No cuentan con ello<br>- Instrucciones de entrega - Identifica cualquier procedimiento de copia de respaldo y recuperación necesarios: No cuentan con ello<br>- Identificación del estado aplicable (Verificado, Validado, Actualizado y Revisado): Se realiza mediante de una minuta, con el cliente y los miembros del equipo de trabajo |
| Se deberán definir las tareas y los recursos asociados con el alcance del trabajo   | Cumple                    | Plan de Proyecto - Tareas                   | GP 1.3                                        | PP-08<br>PP-09                                              | Cumple                           | - Tareas de validación : Manejan Actualización del producto ya realizado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                     |                           | Plan de Proyecto - Recursos                 | GP 1.5                                        | PP-13<br>PP-14<br>PP-15<br>PP-16<br>PP-17<br>PP-18          | Ampliamente en cumplimiento      | - Recursos Humanos (descripción de las capacidades ): En el archivo de Gantt<br>- Recursos Materiales (Plan de Adquisición): Lo manejan en el documento de Plan del Proyecto, en la pestaña de ambientes y recursos<br>- Estándares: No mostró evidencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

Figura 7 – Se visualiza parte de los productos de trabajo del área de proceso GP.

Como puede observarse en la Figura 7, en la columna Hallazgos se recogen los comentarios de acuerdo a cada producto de trabajo. Asimismo, en la columna cumplimiento de requisitos hace referencia a la calificación obtenida de acuerdo a los objetivos de cada área de proceso.

## 7. Conclusiones

El apoyo a las Mipymes en la Evaluación Interna de Proyectos y Procesos para la Certificación en la Norma ISO/IEC 29110 es un factor crítico para este tipo de organizaciones. La herramienta que se propone toma en consideración la escala de calificaciones de logro aplicada a la evaluación de los atributos del proceso de acuerdo a la Norma ISO/IEC 33002. Asimismo, permite evaluar los requisitos mandatorios que están relacionados a los 7 objetivos de las dos áreas de proceso, así como, de los elementos de los procesos como lo son productos de entrada, salida e internos. A través del estudio de caso, la Mipyme obtuvo una visualización global del porcentaje de cobertura con respecto a los procesos de GP e IS y del proyecto evaluado. Esta evaluación permitió realizar las mejoras indicadas a través de las observaciones y poder atenderlas. Con el apoyo de la herramienta se pudo confirmar las mejoras realizadas con respecto a las observaciones realizadas de la primera entrevista a la segunda. Como resultado de aplicar esta evaluación a través de la herramienta, la Mipyme obtuvo su certificación de una manera mas controlada.

Como trabajo futuro dentro de esta investigación se propone mejorar la interfaz hacia un sistema web, así como, vincular los formatos.

## Referencias

- Meathawachananont, A., Buranarach, M., Amsuriya, P., Chaimongkhon, S., Krairaksa, K., & Supnithi, T. (2020). Software process capability self-assessment support system based on task and work product characteristics: a case study of ISO/IEC 29110 standard. *IEICE Trans. Inf. Syst.* E103(2), 339–347. <https://doi.org/10.1587/transinf.2018EDP7303>.
- Galván-Cruz, S., Muñoz, M., Mejía, J., Laporte, C.Y., & Negrete, M. (2020). Building a Guideline to Reinforce Agile Software Development with the Basic Profile of ISO/IEC 29110 in Very Small Entities. In: Mejía, J., Muñoz, M., Rocha, Á., Quiñonez, Y. (eds) *New Perspectives in Software Engineering. CIMPS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 1297. Springer, Cham. [https://doi-org.svproxy01.cimat.mx/10.1007/978-3-030-63329-5\\_2](https://doi-org.svproxy01.cimat.mx/10.1007/978-3-030-63329-5_2).
- INEGI (2018). Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE). <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/especiales/ENAPROCE2018.pdf>
- Laporte, C. Y., & Mejía, J. (2020). Delivering Software- and Systems-Engineering Standards for Small Teams. *Computer*, 53(8), 79-83. <https://doi.org/10.1109/MC.2020.2993331>.
- ISO/IEC 29110. (2011). Software engineering- Lifecycle profiles for Very Small Entities (VSEs) - Part 5-1-2: Management and engineering guide: Generic profile group: Basic profile. ISO/IEC TR 29110-5-1-2:2011. Technical report. (2011). <http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/index.html>.
- ISO/IEC 33002. (2015). Information technology — Process assessment — Requirements for performing process assessment. <https://www.iso.org/standard/54176.html>.

# Un marco de trabajo basado en tecnología blockchain para mejorar la trazabilidad y la confianza en el intercambio de información entre Instituciones de Educación Superior

María Paula Jaramillo<sup>1</sup>, Nelson Piedra<sup>2</sup>

[mpjaramillo9@utpl.edu.ec](mailto:mpjaramillo9@utpl.edu.ec); [nopiedra@utpl.edu.ec](mailto:nopiedra@utpl.edu.ec)

<sup>1</sup> Universidad Técnica Particular de Loja, residencia, 110150, Loja, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Técnica Particular de Loja, residencia, 110150, Loja, Ecuador.

DOI: 10.17013/risti.41.97–111

**Resumen:** Blockchain (BC) es una forma de tecnología de contabilidad distribuida (DLT) que ha ganado una atención y adopción destacadas en los últimos años. BC reduce los riesgos a los que son propensos los sistemas centralizados, a través de la descentralización de datos. Sin embargo, existe el gran reto de introducir esta tecnología a la sociedad. El artículo presenta un marco de trabajo desarrollado para aplicación de tecnología BC en el ámbito de la educación. El marco está compuesto por un conjunto de pasos como referencia para elaborar aplicaciones descentralizadas (DApps), además, presenta la elección de herramientas utilizadas en diferentes propuestas de este ámbito. Por último, se desarrolla una arquitectura robusta que puede ser implementada en diferentes DApps. El marco se valida en el caso de certificación académica y la gestión de propiedad intelectual, que incluye beneficiados y un análisis del aporte de esta tecnología en cada ámbito. El marco permite entender de manera precisa el funcionamiento de la tecnología BC y su aporte en la educación, ayuda a realizar un seguimiento y asegura la inmutabilidad de cada elemento académico individual de una manera escalable, ayuda a reducir los niveles de riesgo, elimina varios fraudes y malas prácticas, potencia la transparencia, y también ayuda a aumentar las medidas de seguridad.

**Palabras-clave:** Blockchain; aplicaciones descentralizadas; educación.

***A framework based on blockchain technology to improve traceability, and trust in the exchange of information between Higher Education Institutions***

**Abstract:** Blockchain (BC) is a form of Distributed Ledger Technology (DLT), have gained prominent attentiveness and adoption in recent years. BC decreases the risks that centralized systems are prone to, through decentralization of data. However, there is the great challenge of introducing this technology to society. The article presents a framework developed for the application of BC technology in the field of education. The framework is composed of a set of steps as a reference

to develop decentralized applications (DApps), in addition, it presents the choice of tools used in different proposals in this area. Finally, a robust architecture is developed that can be implemented on different DApps. The framework is validated in the case of academic certification and intellectual property management, which includes beneficiaries and an analysis of the contribution of this technology in each area. The framework provides an accurate understanding of how BC technology works and how it contributes to education; aids to keeping track and ensures the immutability of each individual academic item in a scalable way, helps in reduce the levels of risk, stamps out various frauds and malpractices, helps in maintaining transparency, and also helps in raising the security measures.

**Keywords:** Blockchain; DApps, education.

## 1. Introducción

La llegada del COVID-19 ha sido perjudicial para todo el mundo y en todos los ámbitos, y la educación no es la excepción. Esta situación ha resaltado el entorno globalizado en el que nos encontramos. A pesar de todas las dificultades que se han presentado en esta época, ha aumentado la educación informal, mediante cursos en línea, plataformas digitales y redes sociales. Actualmente los estudiantes asisten a varias instituciones y realizan diferentes cursos de su agrado, donde obtienen como resultado un certificado.

Este nuevo entorno de educación nace la necesidad de que las instituciones educativas trabajen en conjunto para lograr entornos conectados, transparentes y seguros. De esta manera, toda la información de los estudiantes, más allá de la institución a la que pertenezca, se encontraría disponible para todos los interesados en una red conectada por diferentes nodos, en este caso las instituciones.

Actualmente la información de un estudiante se obtiene mediante sistemas de información y LMSs (Learning Management Systems) de cada institución. Están almacenadas en almacenes de datos y los procesos de validación son diferentes dependiendo de la organización.

El escenario ideal sería que estas instituciones se encuentren en un entorno enlazado y los registros de los estudiantes, como actas de calificaciones, certificados académicos, títulos y otra información sobre su trayectoria profesional sea de fácil acceso y exista un solo sistema de verificación. De esta manera, las organizaciones interesadas en contratar una persona calificada tendrían una visión completa e integral de los candidatos, así como información fácil de verificar.

Blockchain (BC) es una de las tecnologías centrales de esta transformación y permite mantener registros descentralizados y distribuidos de transacciones digitales (Bartolomé et al., 2017). Actúa como una base de datos distribuida que almacena registros de todas las transacciones en una red. Las transacciones son agrupadas en bloques identificados por su hash criptográfico. Los bloques forman una secuencia lineal, cada uno hace referencia al hash del anterior, formando una cadena de bloques llamada Blockchain (Bahga & Madiseti, 2016).

La gran parte de las soluciones se enfocan en solucionar los problemas relacionados con el fraude en certificaciones, crear pasaportes de aprendizaje digitales o crear identidades soberanas digitales.

Estas soluciones, además de permitir a los estudiantes acceder a sus registros fácilmente, reducen tiempo y costos en los procesos de verificación y autenticación de las instituciones. Muchas de las organizaciones que actualmente proporcionan certificación operan más ampliamente en certificados basados en blockchain con educación como un subconjunto (Galen et al., 2018). El caso ideal sería que existan una red mundial de blockchain en donde las cadenas de bloque de cada institución se unan y así el pasaporte de cada persona sea válido en cualquier parte del mundo.

El objetivo de este trabajo es reutilizar conocimiento arquitectónico de diferentes DApps en el ámbito de educación para desarrollar y aplicar un marco de trabajo para modelar DApps basados en el ámbito de educación. El marco de trabajo se valida en dos casos de estudio planteados. El primer caso, busca eliminar la centralización que existe en la emisión y verificación de certificados académico, por otro lado, el segundo caso presenta una alternativa para gestionar la propiedad intelectual e incrementar la creación de contenido académico utilizando un mecanismo de recompensas.

El documento está estructurado de la siguiente manera. La Sección 2 proporciona un contexto sobre la tecnología Blockchain y su aporte en la educación, mientras que Sección 3 describe los casos de estudio mencionados. La sección 4 presenta el marco de trabajo, que incluye una los pasos para la elaboración de una DApp, una arquitectura robusta para este tipo de aplicaciones y diferentes flujos para controlar el cambio de políticas de terceros de las herramientas seleccionadas. La sección 5 se resume de forma clara la aplicación del marco a los casos de uso presentando las arquitecturas probadas en dos casos a más detalle. Finalmente, los principales hallazgos se resumen y discuten en la sección 6.

## **2. BC y Educación**

### **2.1. Trabajos relacionados y usos de BC en Educación**

Se realizó una revisión sistemática basada en una metodología (Okoli & Schabram, 2010)(Alammery et al., 2019), sobre las soluciones que la tecnología BC ofrece, donde se destaca la certificación académica, la identidad soberana y los pasaportes de aprendizaje.

Para obtener la información se utilizó un gestor de bibliografía, en este caso Mendeley, para gestionar la bibliografía y realizar las referencias correctamente. Con los artículos seleccionados, se realiza un análisis de cada archivo, buscando temas relevantes que se describen en la sección Definición de búsqueda. Algunos de los temas tratados son definiciones, beneficios, limitaciones, áreas de aplicación y trabajo futuro (Jaramillo & Piedra, 2020).

Como resultado de las soluciones que la tecnología BC ofrece, se destaca la certificación académica, la identidad soberana y los pasaportes de aprendizaje, además, se comparó algunas cadenas de bloque existentes que se encuentran en el mercado y va aumentando su popularidad.

La tabla 1 presenta algunas soluciones encontradas en los diferentes casos mencionados.

| <b>Soluciones BC en la Educación</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Artículos relacionados</b>                                                                                                                              |
|--------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Certificación</i>                 | 5               | (Franzoni et al., 2019; Karale & Khanuja, 2019; Kuppusamy, 2019; LuxTag, 2019; Sharma, 2018)                                                               |
| <i>Pasaporte de Aprendizaje</i>      | 6               | (Gräther et al., 2018; Jirgensons & Kapenieks, 2018; Mikroyannidis et al., 2019; Ocheja et al., 2019; Tapscott & Kaplan, 2019; Wanotayapitak et al., 2019) |
| <i>Identidad Soberana</i>            | 4               | (Alsayed Kassem et al., 2019; Bai et al., 2019; Sahnim et al., 2019; Zhu & Badr, 2018)                                                                     |
| <i>Otros</i>                         | 4               | (Bessa & Martins, 2019; Mao et al., 2019; Rahman et al., 2018; Turkanović et al., 2018)                                                                    |

Tabla 1 – Soluciones de la tecnología Blockchain

La tabla 2 presenta un cuadro comparativo entre algunas de las opciones de esta tecnología más utilizadas en la actualidad.

| <b>Parámetro</b>           | <b>Tron</b>                                                                          | <b>EOS</b>                                                                   | <b>Etherum</b>                         |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <i>DApps Desarrolladas</i> | 108, de los cuales cuatro están en el top 10.                                        | 270, de las cuales 5 están en el top 10.                                     | 1348, solo una está en el top 10.      |
| <i>Seguridad</i>           | Aunque fue atacada en enero, tienen un gran presupuesto para priorizar la seguridad. | Grandes problemas en su seguridad. Existen incidentes de seguridad a diario. | Gran capacidad de defensa ante ataques |
| <i>Desarrollo</i>          | Permite el uso de cualquier lenguaje de alto nivel para contratos inteligentes.      | Descarta parte de la descentralización que mejora el rendimiento.            | Gran comunidad de desarrolladores      |

Tabla 2 – Comparación diferentes cadenas de bloques

Las principales características del Blockchain son la descentralización, trazabilidad y la inmutabilidad. Estas implican que los datos registrados en blockchain son más específicos, auténticos y seguros (Ezeudu et al., 2018). Esta tecnología puede resolver los problemas de irregularidad de información y facilitar la confianza entre extraños por sus características de descentralización e inmutabilidad.

En este contexto, la tecnología BC puede transformar el proceso de emisión de certificados, creando datos enlazados que se encuentren encriptados, disminuyendo así el fraude académico debido al que existiría un proceso de verificación confiable. Las cadenas de bloques se pueden usar para almacenar hashes criptográficos (“huellas digitales”) de los certificados, o para almacenar las propias reclamaciones. Por lo tanto, una cadena de bloques puede asumir la función de un registro de certificado público (Camilleri & Grech, 2017).

Los principales interesados con esta tecnología en el ámbito de la educación son los estudiantes y los docentes, sin embargo, las empresas, los centros de educación e incluso los bancos y el mismo gobierno pueden verse beneficiados por esta tecnología.

Estas soluciones no solo proporcionan a los estudiantes una forma más eficiente de acceder a los registros, sino que puede reducir la carga administrativa y de costos de las instituciones para verificar y autenticar los registros. El caso ideal sería que existan una red mundial de blockchain en donde las cadenas de bloque de cada institución se unan y así el pasaporte de cada persona sería válido en cualquier parte del mundo. (Galen et al., 2018). La figura 1 presenta el contexto de BC en la Educación.

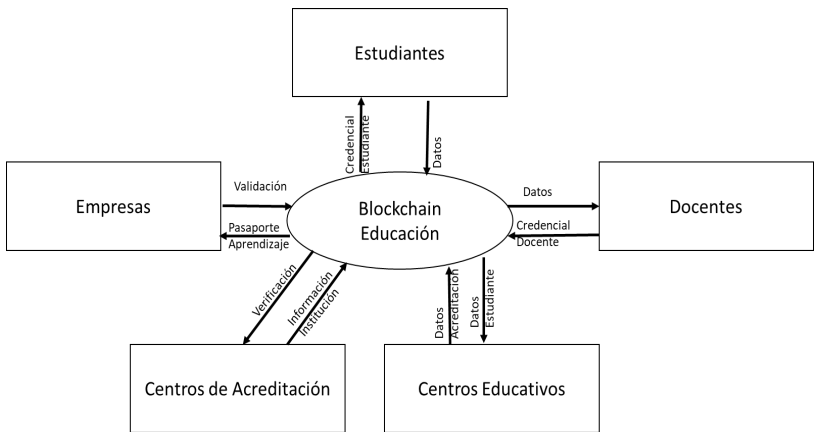


Figura 1 – Diagrama de Contexto de Blockchain en la Educación

2.1. Certificación Académica

Las certificaciones digitales que se emiten en las unidades educativas utilizan infraestructura pública. Estos documentos representan un gasto significativo para las instituciones, así como desperdicio de tiempo en sus procesos (Sharma, 2018).

| Proceso      | Descripción                                                                                                                                                                                                   |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Emisión      | Proceso de generación del certificado. Se recolecta datos de emisión del certificado<br><br>Datos: identidad del emisor y receptor, firmas, evidencia, etc.                                                   |
| Verificación | El foco es la autenticidad de identidad, sellos, documentos notariados, entre otros.<br><br>Una vez que se emite el certificado, este se valida por la institución, y un tercero da visto bueno.              |
| Difusión     | Con el documento emitido y verificado, el receptor puede compartir su documento con terceros.<br><br>La difusión del certificado puede realizarse por diferentes medios, dependiendo del tipo de certificado. |

Tabla 3 – Proceso de un certificado

La necesidad de un certificado académico es primordial, ya sea por la asistencia a un congreso, el registro de una acreditación o el propio título de grado y postgrado, sirven

como un mecanismo de verificación. Por esta razón, los pasos a seguir son generalizados. La tabla 3 presenta el proceso de un certificado.

Este es un proceso global, que incluso siendo controlado de forma centralizada aún debe enfrentar la posibilidad de fraude académico, y la dificultad de verificar la veracidad de los certificados académico. Incluso si se toman medidas de seguridad, aún es posible copiar el formato de un certificado, alterarlo y añadirlo a la hoja de vida (Jaramillo & Piedra, 2020).

La tabla 4 presenta una comparación entre los diferentes tipos de certificados.

| Certificado físico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Certificado Digital                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Sin tecnología BC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Con tecnología BC                                                                                                                                                                                               |
| Este método es poco práctico, inseguro, y para nada amigable con el medio ambiente. Algunas situaciones comunes son la pérdida de certificados, papeles desgastados que ya no se pueden visualizar, pérdida de tiempo en búsquedas interminables, sólo por describir algunas. En casos extremos, pueden existir incendios, inundaciones y otras situaciones que pueden eliminar toda esta evidencia | Las soluciones de certificación digital actuales tienen una arquitectura robusta que trata el tema de seguridad utilizando algoritmos de encriptación para que no exista una fuga de información que podría ser peligrosa. A pesar de lo mencionado, hoy en día el fraude de certificaciones es muy común, debido a que mediante herramientas de diseño se pueden lograr certificados bastantes creíbles por lo que la certificación cada vez más pierde su credibilidad. Cuenta con una estructura descentralizada que hace imposible la manipulación de la información. Por lo tanto, el uso de una Blockchain crea la mayor seguridad y confianza posibles, a la vez que es independiente de un organismo de control central (intermediario). | BC en la educación tiene el potencial de aportar seguridad y transparencia de la información, además, siendo un modelo distribuido permite una colaboración entre instituciones, y se elimina la centralización |

Tabla 4 – Tipos de Certificados

### 3. Oportunidades de Aplicación

En el contexto de esta propuesta se han identificado dos casos de uso que se describen a continuación.

#### 3.1. Certificación Académica

Para probar la descentralización de la aplicación, se han definido cuatro instituciones que trabajan en conjunto dentro de la red BC, además, cada estudiante puede recibir certificados de cualquiera de las instituciones. En este caso hay siete estudiantes que pertenecen a una o más instituciones.

Cada archivo podrá cargarse por la institución, que se da por validado directamente, o por el estudiante, en donde debe esperar una validación de la institución. Una vez que el certificado se encuentre validado, el estudiante podrá compartir sus certificados a cualquier empleador interesado. La figura 2 presenta la interacción entre diferentes instituciones, estudiantes y posibles empleadores.

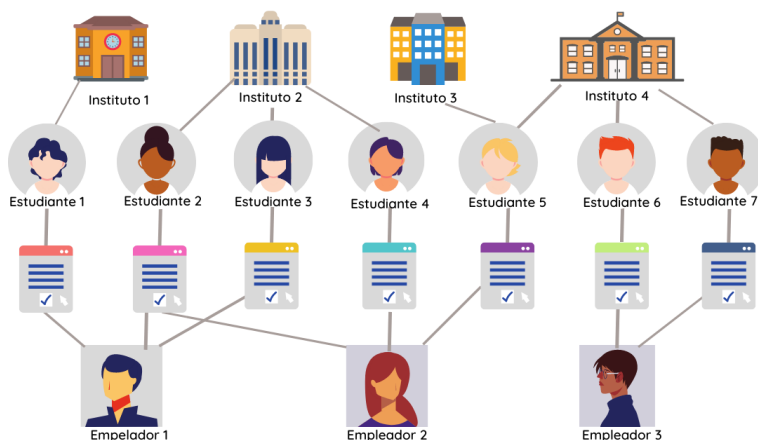


Figura 2 – Descripción del caso de estudio para verificación de certificados

Para este caso se han planteado cuatro instituciones, además, existen siete estudiantes que pueden interactuar con diferentes instituciones. Cada estudiante tiene un perfil con sus certificados validados por las instituciones. El estudiante puede dar acceso a un empleador interesado para que pueda visualizar sus certificados validados.

Esta solución permite: (1) eliminar intermediarios, (2) obtener procesos transparentes en el proceso de un certificado, (3) Información inmutable, es decir, imposible de eliminar y modificar.

### 3.2. Gestión de propiedad Intelectual y Sistema de Recompensas

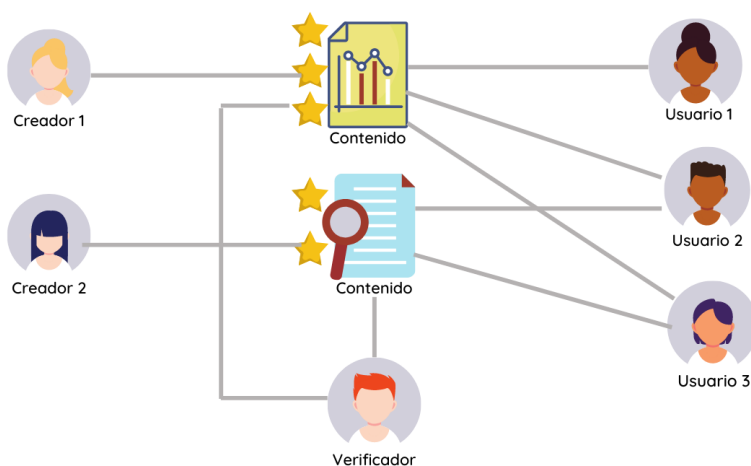


Figura 3 – Descripción del caso de estudio para gestión de PI y sistema de recompensas.

En este caso, se plantea un sistema de gestión de propiedad intelectual, en donde todo el contenido creado por un autor es verificado por su institución y se almacena con una clave única, de esta manera, es fácil rastrearlo y tener un control sobre el mismo, en caso de que este documento presente otra clave, se puede concluir que no es un documento auténtico.

Por otro lado, este contenido verificado puede compartirse con usuarios que pueden dar recompensas, en donde el autor que tenga contenido con muchas recompensas pueda ser reconocido por su institución, ya sea mediante bonos, becas o un certificado. Esta solución permite crear contenido de mejor calidad por parte de los autores lo que mejora el nivel de la institución. La figura 3 presenta el funcionamiento de este caso.

En este caso, existen dos creadores de contenido, en donde el verificador acepta su contenido para que pueda ser observado por los usuarios, estos usuarios envían una recompensa a los trabajos que consideran buenos y estas se acumulan sumando una buena reputación al autor del contenido.

Esta solución ofrece: (1) trazabilidad en el proceso de creación y aceptación de contenido, (2) Contenido almacenado de forma segura, (3) Recompensas para los autores del contenido.

#### 4. Propuesta de arquitectura del framework

Toda aplicación web es construida con un conjunto de tecnologías que permitan tener un servidor, un cliente, una base de datos y, en fin, todas las herramientas necesarias; esta combinación es conocida como *stack* (Subramanian, 2019). En este contexto, una aplicación descentralizada que está compuesta a breves rasgos por: (1) Un *backend* que trabaja con contratos inteligentes. (2) Un *frontend* (que permite visualizar la aplicación web) desarrollada en React. (3) Toda la información de los usuarios es encriptada localmente y luego es almacenada en IPFS para tener un nivel de seguridad alto.

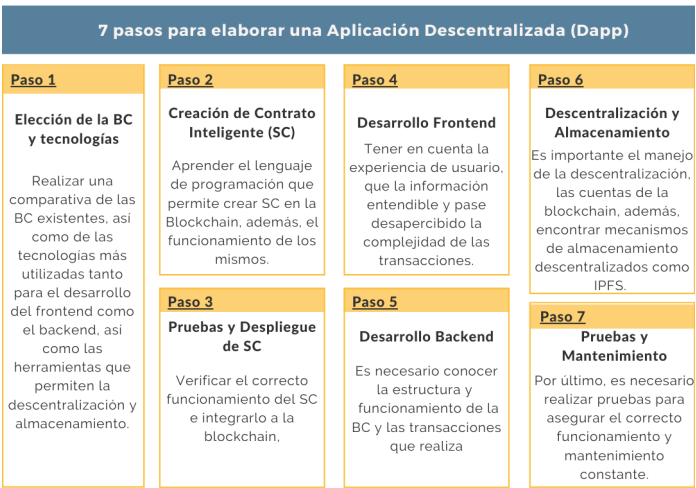


Figura 4 – Pasos para elaborar una DApp.

Se han definido 7 pasos (Jaramillo & Piedra, 2020), descritos en la figura 4, para la creación de una aplicación descentralizada. Estos pasos abarcan los temas más importantes para el desarrollo de estas.

El primer paso arranca con la elección de tecnologías BC de acuerdo al propósito de la BC. Cada DApp requiere diferentes herramientas, de acuerdo con las necesidades y necesidades. En este sentido, se han definido varias herramientas que se considera pueden utilizarse en diferentes casos de aplicación. La figura 5 presenta las herramientas seleccionadas para cada paso.

De acuerdo con los pasos propuestos, se han definido algunos componentes importantes que son presentados en una arquitectura. En esta se presenta una solución con las herramientas previamente seleccionadas, sin embargo, pueden ser aplicadas otras tecnologías

El marco de trabajo contiene una arquitectura que puede ser usada en diferentes DApps en el ámbito de la educación. Tiene dos componentes grandes que es la parte del cliente (frontend) y la parte del servidor (backend). Además, incluye un componente de pruebas y despliegues, donde se maneja la migración y compilación de contratos inteligentes (Jaramillo & Piedra, 2020). La fig. 6 presenta la arquitectura propuesta.



Figura 5 – Herramientas seleccionadas de acuerdo con los pasos definidos.

#### 4.1. Componente Navegador

En el componente Navegador, podemos observar que existe un *Frontend* en donde todos los interesados interactúan con la aplicación. En este caso, react es una buena opción para realizar este componente, sin embargo, puede usarse otras tecnologías como Angular o Vue y apoyarse con Drizzle.

Al ser una aplicación descentralizada, se utiliza una extensión del navegador para que se pueda integrar con la BC. Para comunicarse con el proveedor se utiliza una API que facilita la comunicación con el lado del cliente.

## 4.2.Backend

En el caso del Backend, se utiliza una BC, que permite gestionar cada una de las transacciones realizadas. En este caso se utiliza Ethereum, pero podría sustituirse por cualquier otra BC como Hyperledger, Tron, etc.

Para la gestión de contratos inteligentes – parte importante al trabajar con una BC – se plante usar el lenguaje Solidity, utilizado para la plataforma Ethereum.

Por otro lado, para almacenar archivos multimedia, como documentos o imágenes, se utiliza el protocolo IPFS de que crea un clave hash y la almacena en la BC ofreciendo mayor seguridad y eficiencia.

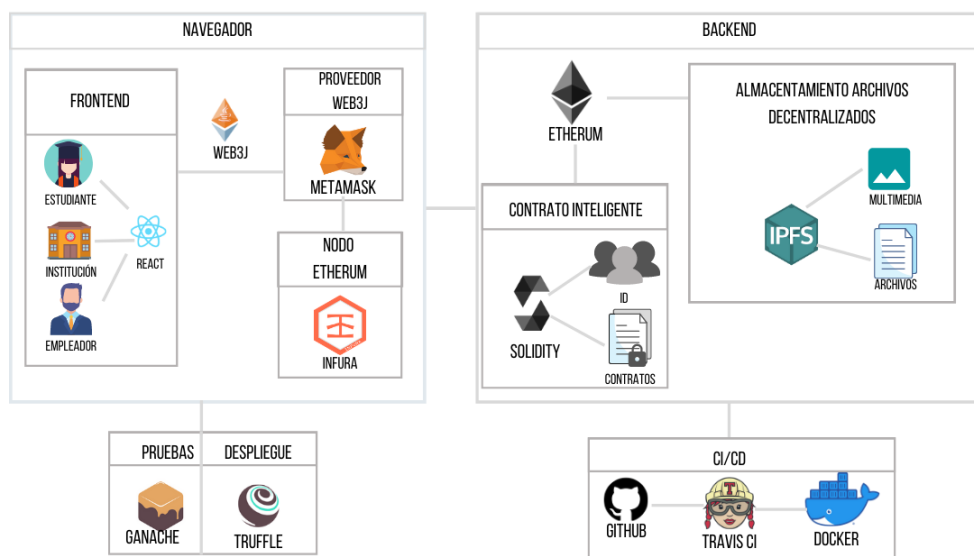


Figura 6 – Arquitectura propuesta para aplicaciones descentralizadas en el ámbito de la Educación

## 4.3.Pruebas y despliegue

Se incluye también un componente de pruebas y despliegue, en donde se puede usar una BC local con la ayuda de Ganache para probar la aplicación antes de que entre en operación, y usar Truffle para la migración y compilación de los contratos inteligentes.

## 4.4.Integración/Entrega Continua (CI/CD)

Este componente se ha considerado necesario debido a las aplicaciones descentralizadas utilizan varias aplicaciones de terceros, lo que una integración/entrega continua permite tener un mejor control de errores tanto durante el desarrollo como el mantenimiento. En este caso, se ha seleccionado Travis CI, aunque existen otras herramientas como Jenkins, CircleCI, entre otras

#### 4.5. Gestión de errores y políticas de cambios en herramientas de terceros

Las aplicaciones descentralizadas tienen una gran dependencia de herramientas de terceros, lo que crea una preocupación para la gestión de las políticas y errores causados por estas tecnologías. Por esta razón, se define dos diagramas de flujo para gestionar los errores o cambios de políticas en estos terceros. La figura 7 presenta el flujo definido para gestionar errores.

En primer lugar, se presenta una situación donde se produce un error, para esto hay que verificar si un cambio de versión resuelve el problema. Si no se debe buscar una solución online, en la arquitectura se buscó herramientas que tengan soporte y comunidad de usuarios para procurar que existan soluciones a errores. Por último, se recomienda cambiar la tecnología en el caso de que no se encuentre soluciones en los pasos definidos anteriormente.

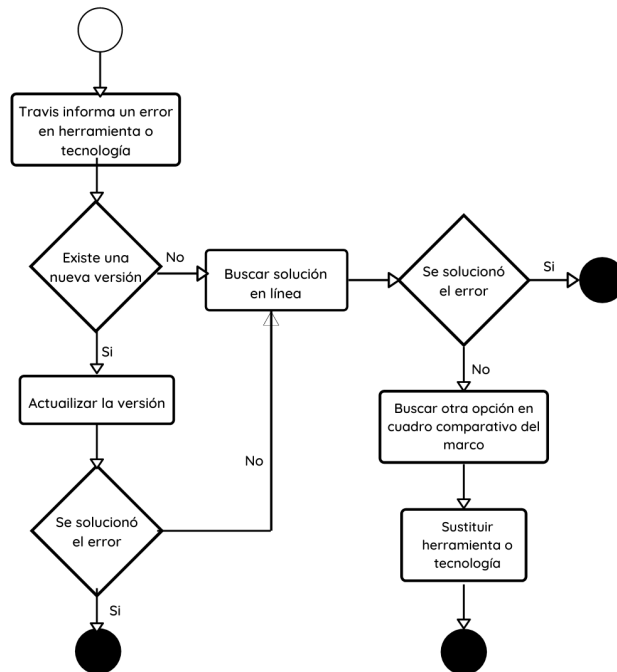


Figura 7 – Gestión de errores de herramientas de terceros.

La gran parte de herramientas y tecnologías creadas como apoyo para las aplicaciones descentralizadas son de código abierto y es una política que estas aplicaciones promueven. Sin embargo, pueden existir cambios en políticas que deben ser analizados por las instituciones. La figura 8 presenta un flujo de cómo actuar en estos casos.

Mediante este flujo se puede determinar cómo actuar en caso de errores, de esta manera, el mantenimiento de la aplicación es más eficiente.

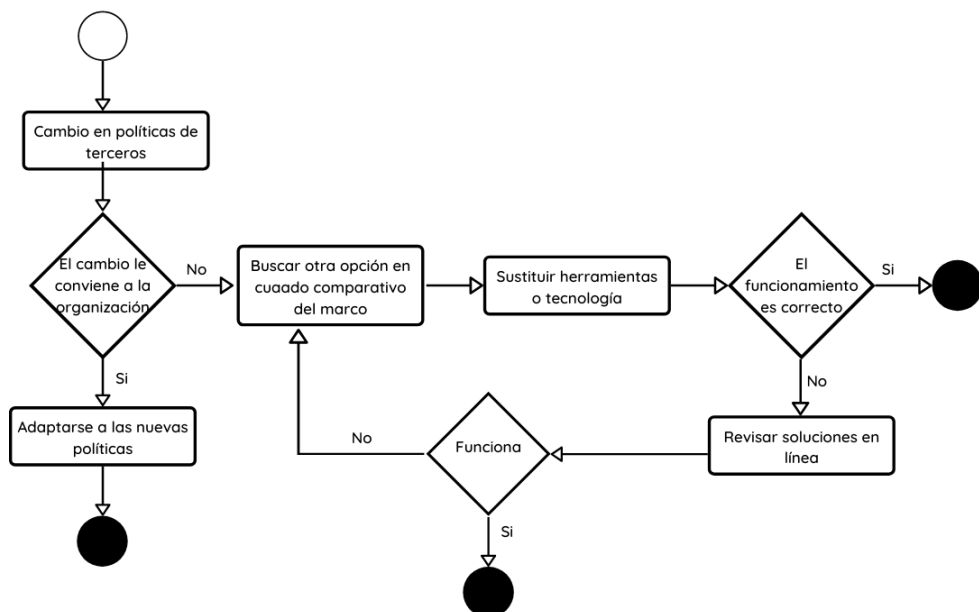


Figura 8 – Gestión de cambio de política de terceros.

## 5. Conclusiones

Actualmente nos encontramos en un entorno competitivo donde la velocidad de adaptación es crucial para sobresalir. La tecnología BC, considerada por muchos técnicos como una tecnología que revolucionará al mundo, podría ser la solución a la actual situación de las instituciones, donde la gestión centralizada predomina. Con la cadena de bloques podemos crear entornos descentralizados en donde los sistemas sean interoperables. Esta tecnología va tomando fuerza en diferentes áreas como la agricultura, medicina, gobierno y educación.

La característica de descentralización de esta tecnología hace posible que las transacciones sean transparentes, de manera que exista trazabilidad en todo el proceso educativo de un estudiante. Como resultado obtenemos transacciones confiables, sin la necesidad de un intermediario que controle la transacción. Por otro lado, cada transacción se encuentra encriptada de manera que se disminuye la posibilidad que la información almacenada sea vulnerada, también, permite tener un registro bien definido de cada actividad realizada de manera que se pueda rastrear todo el ciclo de vida de un estudiante dentro de la institución.

BC es una tecnología que tiene un potencial tanto disruptivo como transformador para abordar cuestiones fundamentales para la integridad de los procesos educativos, garantizar la confianza pública y la productividad en entornos distribuidos y descentralizados. El marco de trabajo planteado contempla diferentes puntos en la creación de una aplicación descentralizada en el ámbito de la educación superior, por lo que puede ser aplicado en los diferentes casos de uso presentados. Es un gran

punto de inicio para los investigadores y programadores que quieren desarrollar soluciones en este ámbito, sin embargo, se recomienda realizar un análisis previo de las diferentes herramientas y tecnologías necesarias para los diferentes componentes de la arquitectura planteada.

Las herramientas mencionadas crean cierta dependencia de terceros, por esta razón, se ha definido medidas de control para saber como actuar ante cambio de políticas de estas organizaciones, sin embargo, la gran mayoría de las herramientas y soluciones BC son de código abierto y existe una gran campaña por incentivar a que esta filosofía *open source* continúe.

Este trabajo expone dos casos de aplicación de la cadena de bloques para la educación, pese a que existe otros casos como la gestión de identidad soberana, creación de pasaportes de aprendizaje y la verificación de acreditaciones. La tecnología blockchain tiene el potencial de revolucionar procesos académicos. Sin embargo, todas estas propuestas, incluido nuestro propio marco, enfrentan barreras para su adopción e implementación que requieren más experimentación, evaluación y colaboración activa con la comunidad académica y la administración de instituciones educativas. Sobre esta base, como trabajos futuros se van a realizar prototipos donde se presente el flujo de la certificación académica y poder probar la arquitectura planteada.

## Referencias

- Alammary, A., Alhazmi, S., Almasri, M., & Gillani, S. (2019). Blockchain-based applications in education: A systematic review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/app9122400>
- Alsayed Kassem, J., Sayeed, S., Marco-Gisbert, H., Pervez, Z., & Dahal, K. (2019). DNS-IdM: A Blockchain Identity Management System to Secure Personal Data Sharing in a Network. *Applied Sciences*, 9(15), 2953. <https://doi.org/10.3390/app9152953>
- Bahga, A., & Madiseti, V. K. (2016). Blockchain Platform for Industrial Internet of Things. *Journal of Software Engineering and Applications*, 09(10), 533–546. <https://doi.org/10.4236/jsea.2016.910036>
- Bai, Y., Chen, Z., Liao, L., Li, L., Liang, S., Wang, J., Chen, J., & Ouyang, B. (2019). Discussion of College and University Laboratory Safety Management System Using Blockchain. *Journal of Physics: Conference Series*, 1213, 052018. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1213/5/052018>
- Bartolomé, A., Bellver, C., Castañeda, L., & Adell, J. (2017). Blockchain en Educación: introducción y crítica al estado de la cuestión. *EduTec Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 61, a363. <https://doi.org/10.21556/edutec.2017.61.915>
- Bessa, E. E., & Martins, J. S. B. (2019). A Blockchain-based Educational Record Repository. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2567524>
- Camilleri, A. F., & Grech, A. (2017). *Blockchain in education*. Joint Research Centre. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/blockchain-education>

- Ezeudu, F. O., Eya, N. M., & Nworgi, H. I. (2018). Application of Blockchain-based Technology in Chemistry Education Students' Data Management. *International Journal of Database Theory and Application*, 11(2), 11–22.
- Franzoni, A. L., Cardenas, C., & Almazan, A. (2019). *Using Blockchain to Store Teachers' Certification in Basic Education in Mexico*. 217–218. <https://doi.org/10.1109/icalt.2019.00070>
- Galen, D., Boucherle, L., Davis, R., Do, N., El-Baz, B., Wharton, K., & Lee, J. (2018). Blockchain fo social impact: Moving Beyond the hype. *RippleWorks*, 82. [https://www.gsb.stanford.edu/sites/gsb/files/publication-pdf/study-blockchain-impact-moving-beyond-hype\\_o.pdf](https://www.gsb.stanford.edu/sites/gsb/files/publication-pdf/study-blockchain-impact-moving-beyond-hype_o.pdf)
- Gräther, W., Kolvenbach, S., Ruland, R., Schütte, J., Ferreira, C., & Wendland, F. (2018). Blockchain for Education: Lifelong Learning Passport. *Proceedings of the ERCIM Blockchain Workshop 2018, Reports of the European Society for Socially Embedded Technologies*, 10, 1–8. <https://doi.org/10.18420/blockchain2018>
- Jaramillo, M. P., & Piedra, N. (2020). Use of blockchain technology for Academic Certification in Higher Education Institutions. *2020 XV Conferencia Latinoamericana de Tecnologías de Aprendizaje (LACLO)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/LACLO50806.2020.9381181>
- Jirgensons, M., & Kapenieks, J. (2018). Blockchain and the Future of Digital Learning Credential Assessment and Management. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 20(1), 145–156. <https://doi.org/10.2478/jtes-2018-0009>
- Karale, A. S., & Khanuja, H. (2019). Implementation of blockchain technology in education system. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2), 3823–3828. <https://doi.org/10.35940/ijrte.B2462.078219>
- Kuppusamy, P. (2019). Blockchain Architecture to Higher Education Systems. *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science*, 8(2), 124–138.
- LuxTag (2019). *e-Scroll, Certificados educativos digitales en la cadena de bloques*. <https://www.luxtag.io/our-product/e-scroll/>
- Mao, D., Wang, F., Wang, Y., & Hao, Z. (2019). Visual and User-Defined Smart Contract Designing System Based on Automatic Coding. *IEEE Access*, 7, 73131–73143. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2920776>
- Mikroyannidis, A., Domingue, J., Bachler, M., & Quick, K. (2019). Smart Blockchain Badges for Data Science Education. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2018-Octob*. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8659012>
- Ocheja, P., Flanagan, B., Ueda, H., & Ogata, H. (2019). Managing lifelong learning records through blockchain. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s41039-019-0097-0>

- Okoli, C., & Schabram, K. (2010). A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. *Sprouts*, 10(26), 10–26. <http://sprouts.aisnet.org/10-26>
- Rahman, M. A., Hassanain, E., Rashid, M. M., Barnes, S. J., & Shamim Hossain, M. (2018). Spatial Blockchain-Based Secure Mass Screening Framework for Children with Dyslexia. *IEEE Access*, 6, 61876–61885. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2875242>
- Sahmim, S., Gharsellaoui, H., & Bouamama, S. (2019). Edge Computing: Smart Identity Wallet Based Architecture and User Centric. *Procedia Computer Science*, 159, 1246–1257. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.294>
- Sharma, R. (2018). Certificates on Blockchain. *Universal Computer Science*.
- Subramanian, V. (2019). Pro MERN Stack. Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4391-6>
- Tapscott, D., & Kaplan, A. (2019). Blockchain Revolution in Education and Lifelong Learning: Preparing for Disruption, Leading the Transformation. *IBM Institute for Business Value*.
- Turkanovic, M., Hölbl, M., Kosic, K., Hericko, M., & Kamisalic, A. (2018). EduCTX: A blockchain-based higher education credit platform. *IEEE Access*, 6, 5112–5127. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2789929>
- Wanotayapitak, S., Saraubon, K., & Nilsook, P. (2019). Process design of cooperative education management system by cloud-based blockchain E-Portfolio. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 15(8), 4–17. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v15i08.10374>
- Zhu, X., & Badr, Y. (2018). Identity Management Systems for the Internet of Things: A Survey Towards Blockchain Solutions. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 18(12), 1–18. <https://doi.org/10.3390/s18124215>

# Desarrollo de un sistema embebido para un compostero doméstico inteligente

Oscar Sepúlveda-Cisneros<sup>1</sup>, Brenda Acevedo-Juárez<sup>2</sup>, Claudia Estela Saldaña-Durán<sup>3</sup>, Wilson Castro<sup>4</sup>, Miguel De-la-Torre<sup>1</sup>, Himer Avila-George<sup>1</sup>

oscar.sepulveda9265@alumnos.udg.mx; brenda.acevedo@academicos.udg.mx;  
cesduran@uan.edu.mx; wcastro@unf.edu.pe; miguel.dgomora@academicos.udg.mx;  
himer.avila@academicos.udg.mx

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Computacionales e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Ameca, 46600, Jalisco, México.

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guadalajara, Ameca, 46600, Jalisco, México.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, 63000, Nayarit, México.

<sup>4</sup> Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de Frontera, Sullana, 20101, Piura, Perú.

DOI: 10.17013/risti.41.112–129

**Resumen:** Uno de los grandes problemas de la humanidad es la excesiva cantidad de residuos que se generan a nivel mundial; por lo tanto, es de vital importancia no sólo reducirlos sino también transformarlos en nuevos productos. Aproximadamente, el 50% de los residuos generados en las ciudades son orgánicos, para darles un valor agregado se pueden transformar en composta. En este artículo, se presenta el desarrollo de un software embebido para un compostero doméstico inteligente. El proceso de desarrollo del software propuesto está guiado por un método específico para sistemas embebidos el cual combina las técnicas de desarrollo en espiral y prototipos; consta de once etapas y tres iteraciones. En este trabajo se presentan los resultados de la primera iteración del proceso de desarrollo de software utilizado.

**Palabras-clave:** Compostero Doméstico Inteligente, Ingeniería de Software, Sistema Embebido, Metodología.

## *Development of an embedded system for a smart home composter system*

**Abstract:** One of the great problems of humanity is the excessive amount of waste generated worldwide; therefore, it is of vital importance not only to reduce it but also to transform it into new products. Approximately 50% of the waste generated in cities is organic, and this waste can be given an added value when transformed into compost. In this paper, the development of embedded software for a smart home composter is presented. The development process of the proposed software is guided by a specific method for embedded systems which combines the

techniques of spiral development and prototyping; it consists of eleven stages and three iterations. This paper presents the results of the first iteration of the software development process used.

**Keywords:** Smart Home Composter, Software Engineering, Embedded System, Methodology.

## 1. Introducción

El proceso de compostaje es una técnica que permite la transformación residuos orgánicos en composta, con el propósito de obtener un producto con un valor agregado. El compostaje se lleva a cabo, mediante reacciones microbiológicas de mineralización y humidificación de la materia orgánica, para lograr un producto final biológicamente estabilizado, que no consume oxígeno, ni es capaz de generar metabolitos fitotóxicos (Cesaro, Belgiorno, & Guida, 2015; Das et al., 2011).

La composta se puede producir implementando el método aeróbico cerrado, este método requiere de un reactor cerrado y la oxigenación constante durante el proceso (Pratama, 2019). Por el estado de la temperatura son observadas tres etapas en el proceso de compostaje aerobio, éstas son: la mesófila (20 a 45° C), la termófila (45 a 70° C) y la de enfriamiento (70 a 20° C). Es importante que para llevar a cabo el proceso de compostaje sean controlados los factores fisicoquímicos, tales como: (1) temperatura, (2) humedad, (3) tamaño de la partícula, (4) pH, (5) aireación y (6) tipo de residuo orgánico. El producto será considerado de calidad, para ser usado como sustituto de tierra para maceta, si tiene las siguientes características: materia orgánica entre <20% en materia seca, humedad entre 25% y 35% y una relación carbono/nitrógeno < 15, según los parámetros establecidos en la norma ambiental para el distrito federal NADF-020-AMBT-2011 (Cesaro et al., 2015; Delgado Peralta, 2012; Ministerio de la Presidencia, 2013).

El proceso de compostaje podría automatizarse mediante el desarrollo de un sistema inteligente. De acuerdo con Sassone et al., los sistemas inteligentes incorporan funciones de detección, actuación y control con el fin de describir y analizar una situación, y tomar decisiones basadas en los datos disponibles de manera predictiva o adaptativa, realizando así acciones inteligentes (Sassone, Grosso, Poncino, & Macii, 2016). Por lo tanto, el desarrollo de un sistema inteligente que permita el monitoreo y control de las variables que intervienen en el proceso de compostaje, mediante la implementación de un conjunto de sensores y actuadores controlados por un software alojado en el microcontrolador, puede ser una solución eficiente y de bajo costo.

En este trabajo de investigación, se propone el desarrollo de un sistema de software embebido que tenga la capacidad de automatizar un compostero doméstico inteligente que mantenga las condiciones fisicoquímicas para obtener composta de calidad y que el desarrollo del sistema de software sea soportado por técnicas de ingeniería de software.

## 2. Antecedentes

El término de sistema embebido surge por primera vez en la década de los 70s, gracias a la aparición del chip 4004 por parte de una compañía Japonesa llamada *Busicom*,

siendo una calculadora la primera aplicación que se le dio para un sistema embebido. Esta implementación dio paso para el desarrollo de un circuito electrónico de propósito general que pudiera ser implementado en una línea completa de producción de calculadoras (Barr & Massa, 2006).

En la época de los 80s y 90s, el desarrollo de sistemas embebidos tuvo un gran incremento debido al desarrollo de una gran cantidad de equipos electrónicos en diversas áreas que facilitaron las actividades cotidianas, entre las cuales se encuentran: la cocina (tostadoras, procesadores de comida, y hornos de microondas), en el hogar (televisión, control remoto y equipos de sonido) y áreas de trabajo (fax, impresoras, cajas registradoras y lectores de tarjetas de crédito).

En la actualidad, los sistemas embebidos los podemos encontrar en muchos aparatos y aplicaciones computacionales, resolviendo un gran número de actividades diarias. En (Malinowski & Yu, 2011), se mencionan algunas de las aplicaciones donde se pueden encontrar sistemas embebidos, entre ellas: (a) sistemas de automatización, (b) sistemas adaptativos de control, (c) compensación no-lineal, (d) procesamiento de audio e imágenes, (e) servicios de Internet, (f) sistemas de comunicación, (g) diagnóstico del sistema y análisis de ruido/fallas, (h) plataformas robóticas, (i) diseño de circuitos y (j) plataformas educativas.

En lo que respecta al proceso de transformación de los residuos orgánicos, hoy en día, es posible encontrar una gran variedad de sistemas. Pansari et al. presentaron un sistema de monitoreo remoto mediante sensores de temperatura, humedad y gas metano (DTH11, MQ) para mejorar el proceso aerobio en las pilas de compostaje; además, utilizaron una tarjeta Arduino y midieron las variables temperatura, humedad, gas metano (Pansari, Deosarkar, & Nandgaonkar, 2019). Wardhany et al. desarrollaron un compostero inteligente que consiste en activar un triturador de residuos orgánicos recolectados y depositados en una caja de fermentación; incorporan un sistema de monitoreo remoto de temperatura, humedad y altura de los residuos orgánicos triturados en la caja de fermentación utilizando los sensores LDR, DS18B20, Kalemaban, Ultrasónico y una placa Arduino MEGA (Wardhany et al., 2019). En 2019, Pratama et al. propusieron un prototipo para la elaboración de compostaje aerobio; el prototipo consiste en una máquina mezcladora de composta con un sistema de automatización del mezclado basado en lógica difusa en función de los valores de temperatura y humedad recibidos usando los sensores YL-39 YL-69 Soil Moisture, DS18B20, sensor pH y una tarjeta RaspBerry (Pratama, Ariyanto, & Karimah, 2019). Finalmente, Elalami et al. presentan el diseño y fabricación de una máquina electromecánica rotativa dedicada al tratamiento aerobio de residuos orgánicos y gestionada por un control remoto que permite controlar los parámetros de temperatura, pH, humedad y amonio en tiempo real, sin embargo, no mencionan que dispositivos electrónicos utilizaron (Elalami et al., 2019).

En lo que respecta a los modelos de desarrollo de software enfocados a sistemas embebidos, en la literatura se encuentran reportados varios modelos. En (Boehm, 1984) se abordan algunos enfoques basados en el *V-Model*; Brown analiza algunos modelos basados en el ciclo de vida reportados en el estándar IEC 61508 (Brown, 2000); Douglas introduce el método *Rapid Object-Oriented Process for Embedded Systems (ROOPES)* el cual se basa en el modelo en espiral (Douglass, 2004); Liggesmeyer y Trapp proponen

un método que combina el diseño en espiral y el método de prototipos (Liggesmeyer & Trapp, 2009); recientemente, Oshana y Kraeling abordan un modelo basado en metodologías ágiles (Oshana & Kraeling, 2019).

### 3. Materiales y Método propuesto

#### 3.1. Materiales

Materiales electrónicos y mecánicos componen el compostero doméstico inteligente. En cuanto a los componentes electrónicos se emplean: un microcontrolador, leds, una pantalla LCD, una memoria micro SD, y sensores de humedad, temperatura, oxígeno y peso, cada uno de estos componentes fueron elegidos mediante un previo análisis y comparación de sus características. Estos componentes se observan en la Figura 1 y se describen a continuación.

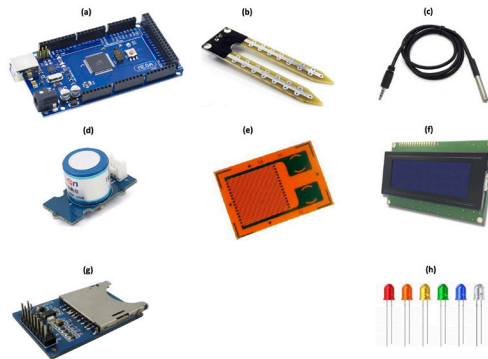


Figura 1 – Componentes electrónicos que integran el sistema embebido. (a) placa Arduino; (b) sensor de humedad; (c) sensor de temperatura; (d) sensor de oxígeno; (e) sensor de peso; (f) pantalla LCD; (g) módulo SD; y (h) Leds.

- a. Una placa electrónica *Arduino Mega 2560* basada en el microcontrolador *ATmega2560*, cuenta con 54 entradas/salidas digitales de las cuales 14 pueden ser utilizadas como PWM (modulación por ancho de pulsos por sus siglas en inglés); asimismo, tiene 16 entradas analógicas y un oscilador de cristal de 16 MHz.
- b. El sensor *FC-28* está conformado por dos placas separadas recubiertas con un material conductor, estas placas permiten obtener la humedad del suelo cuando se detecta una variación en su conductividad. Cuenta con un módulo *YL-38* que contiene un amplificador operacional *LM393* que se encarga de transformar la señal de conductividad obtenida en un valor analógico. Este tipo de sensor permite obtener la humedad como un valor analógico (0-1023) o digital (*High* o *Low*).
- c. El sensor de temperatura utilizado es el *DS18B20* que se comunica sobre un bus denominado 1-Wire y requiere solo de una línea de datos para enviar la información al microcontrolador.

- d. El sensor *gas-Grove* permite obtener la concentración de oxígeno en el aire, basado en el principio de una célula electroquímica. Entre las ventajas de utilizar este sensor se tienen: (1) una alta precisión, (2) una gran fiabilidad, (3) una fuerte habilidad para evitar la interferencia y (4) una alta sensibilidad.
- e. Sensor de peso (*galga extensiométrica*), este sensor permite detectar variaciones de presión sobre una superficie. Las características de este sensor son las siguientes: opera con 5 V, bajo una de temperatura de -20 a 65° C, cuenta con 4 cables de conexión (1) GND, (2) VCC, (3) señal positiva y (4) señal negativa; además, requiere del módulo HX711 que se encarga de convertir la señal analógica obtenida en digital.
- f. Pantalla LCD, permite mostrar caracteres en sus 4 filas y 20 columnas, el voltaje de operación es de 3 a 5 V, con un consumo de corriente de 10 mA y cuenta con 16 pines de conexión. La pantalla LCD requiere de la librería del IDE de *Arduino LiquidCrystal* que permite acceder a las funciones para el manejo de la pantalla LCD. Este dispositivo contiene una memoria interna donde se encuentran almacenados los caracteres alfanuméricos; además, permite extender hasta 8 caracteres personalizados adicionales.
- g. Micro SD, este módulo permite al microcontrolador del Arduino almacenar y extraer información de la memoria micro SD, trabaja con 3.3 o 5 V, requiere la librería *SD.h* para establecer comunicación entre el microcontrolador del Arduino y la memoria SD. Las memorias SD son las más utilizadas por dispositivos portátiles gracias a su reducido tamaño y gran capacidad de almacenamiento.
- h. Leds, tiene la capacidad de emitir luz una vez que se energiza en polarización directa. Entre las ventajas de utilizar este tipo de componentes electrónicos se encuentran: el bajo consumo de energía requiere de una resistencia para limitar el paso de corriente, tiene un elevado tiempo de vida, consumen poca corriente de 10-20 mA dependiendo el color del LED y son muy utilizados en dispositivos que requieren iluminación debido a su bajo costo y gran variedad de colores.

En cuanto a los componentes mecánicos, el artefacto de compostaje consta de un biorreactor y los sistemas de mezclado, trituración, ventilación y aspersión.

### 3.2. Método propuesto

De acuerdo con Pressman, la ingeniería de software permite establecer un enfoque sistemático que garantice la calidad del sistema propuesto, siguiendo una metodología de desarrollo del sistema e implementado un conjunto de estándares (Pressman, 2010). El desarrollo de software para sistemas embebidos tiene la complejidad añadida de trabajar con hardware y software, puesto que, presenta el mismo nivel de importancia.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se decidió usar el método propuesto por Liggesmeyer y Trapp, este proceso permite a los desarrolladores producir implementaciones parciales después de cada iteración, siendo implementados primero los aspectos más críticos (Liggesmeyer & Trapp, 2009). Este modelo se seleccionó porque no se conocen inicialmente todos los requisitos, y los requisitos de funcionalidad y seguridad que se conocen son complejos. Por lo tanto, se busca ir mejorando el diseño mediante prototipos, ya que el tamaño del equipo de desarrollo es pequeño. La Figura

2, muestra el modelo de desarrollo de software seleccionado, en la parte superior de color verde se muestran las seis etapas asociadas a la parte del hardware y en la parte inferior de color azul se muestran las cinco etapas dedicadas al desarrollo de software. A continuación, se describe cada una de las etapas del proceso de desarrollo de software.

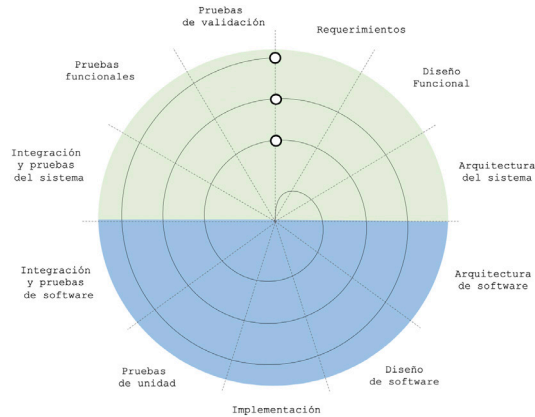


Figura 2 – Modelo de desarrollo de software para sistemas embebidos propuesto por Liggesmeyer y Trapp (Liggesmeyer, 2009).

**Requerimientos:** se llevó a cabo una encuesta dirigida al público en general con el objetivo de obtener la visión del cliente sobre los requerimientos del compostero inteligente. Posteriormente, se realizó una sesión grupal de lluvia de ideas con el fin de identificar requerimientos no detectados al analizar los datos recabados en la encuesta, se especificó la viabilidad del proyecto e identificaron los posibles riesgos. Para la documentación de los requerimientos se siguió el estándar IEEE 830-1998, al final se tuvo una lista de requerimientos clasificados como funcionales, no funcionales, seguridad e interfaz.

**Diseño funcional:** una vez que se definieron los requerimientos del sistema se crearon representaciones gráficas de los mismos usando el lenguaje de modelado unificado (UML), en específico los diagramas de casos de uso.

**Arquitectura del sistema:** se definió una arquitectura que soportara el sistema embebido del compostero doméstico inteligente. Para ello, se utilizó un diagrama de componentes, en el cual se ilustró la dependencia de los componentes electrónicos.

**Arquitectura de software:** se utilizaron los diagramas de vistas para agrupar en módulos las funciones que el sistema debe realizar.

**Diseño de software:** se modeló la comunicación entre los componentes del sistema de acuerdo con la secuencia en el tiempo de los eventos, para lo cual, se utilizaron los diagramas UML de secuencia.

**Implementación:** se realizó la implementación de cada uno de los componentes de software usando el Arduino IDE basado en lenguaje C y aplicando la Guía de sintaxis ANSI/ISO Estándar C++.

**Pruebas de unidad:** una vez que se codificó cada uno de los componentes de software, se realizaron por separado pruebas a cada uno de ellos, con el fin de identificar fallas en el código de cada componente de software, la técnica utilizada para comprobar el funcionamiento de los componentes es la clase de equivalencia.

**Integración y pruebas de software:** consistirá en integrar todos los componentes y se realizarán pruebas de integración de estos con el fin de detectar defectos en la comunicación e integración de los componentes, en esta etapa se utilizó la técnica de valor al límite.

**Integración y pruebas del sistema:** se realizará la integración de los componentes de hardware (electrónicos y mecánicos) y los componentes de software, de tal manera que el sistema completo quedará integrado aplicando la técnica de *botton-up* para poder realizar pruebas.

**Pruebas funcionales:** a partir de los requerimientos especificados se realizarán pruebas de cada una de las funciones del sistema.

**Pruebas de validación:** estas pruebas se realizarán una vez que el prototipo o sistema final está completo. Las pruebas las realizarán los usuarios del sistema con la finalidad de validar el producto.

4. Resultados

En este trabajo, se reportan los resultados de la primera iteración del método propuesto por Liggesmeyer y Trapp. Los resultados obtenidos son los siguientes: un documento que agrupa los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema y un conjunto de diseños a diferentes niveles de abstracción, en los cuales se especifica el funcionamiento del sistema embebido. Los resultados obtenidos son los siguientes: un documento que agrupa los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, un conjunto de diseños a diferentes niveles de abstracción, en los cuales se especifica el funcionamiento del sistema embebido y un conjunto de pruebas diseñadas y aplicadas al sistema.

4.1. Etapa de requerimientos

Como resultado de la visión general del cliente y la lluvia de idea se identificaron y documentaron los requerimientos del sistema embebido usando el estándar *IEEE 830-1998*. En la Tabla 1 se listan los requerimientos especificados los cuales se muestran agrupados en las siguientes categorías: funcionales, no funcionales, seguridad e interfaz.

| Funcionales              | No funcionales                        | De seguridad                                | De interfaz                                                              |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| RF-01: Medir humedad     | RNF-01: Sensor de temperatura ds18b20 | RS-01: Acceso de seguridad a la trituradora | RI-01: Mostrar estado de las variables físicas con la utilización de LED |
| RF-02: Medir temperatura | RNF-02: Medir humedad higrómetro      | RS-02: Activar paro de emergencia           | RI-02: Mostrar datos del sistema en la pantalla LCD                      |

| Funcionales                | No funcionales                                                      | De seguridad                          | De interfaz                                                              |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| RF-03: Medir oxígeno       | RNF-03: Sensor de oxígeno                                           | RS-03: Validar contraseña del usuario | RI-03: Mostrar el estado de los actuadores por medio de varios LED       |
| RF-04: Medir volumen       | RNF-04: Sensor de peso                                              |                                       | RI-04: Implementación de teclado para realizar modificaciones al sistema |
| RF-05: Activar hélice      | RNF-05: Lenguaje de programación C                                  |                                       |                                                                          |
| RF-06: Activar trituradora | RNF-06: Tipo de desechos orgánicos permitidos                       |                                       |                                                                          |
| RF-07: Activar aspersores  | RNF-07: Tiempo de almacenamiento de los datos en la memoria microSD |                                       |                                                                          |

Tabla 1 – Requerimientos del sistema propuesto

4.2. Diseño Funcional

A partir de los requerimientos obtenidos en la etapa 1, se generó el diagrama de casos de uso que se muestra en la Figura 3. En el diagrama se pueden apreciar los posibles escenarios que van a ser desarrollados por las funciones del compostero doméstico inteligente.

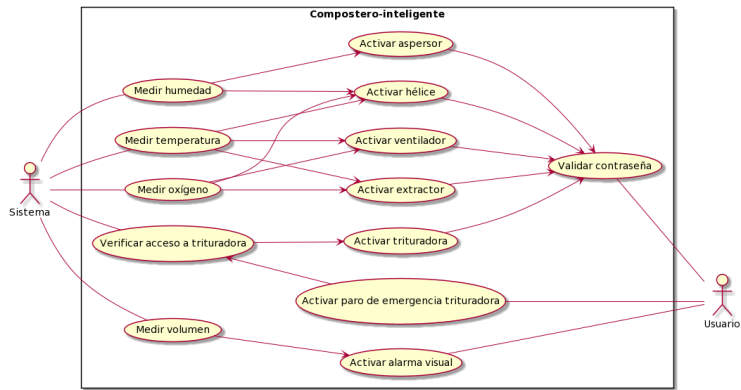


Figura 3 – Diagrama UML para la representación de casos de uso

Los escenarios se desarrollaron de acuerdo con las necesidades del proceso de compostaje. Dependiendo del valor obtenido por el sensor de temperatura, el sistema activará: el aspersor, el extractor, el ventilador y/o la hélice. Mientras que, dependiendo

de los valores obtenidos por el sensor de humedad, se activarán la hélice y el aspersor. La función del sensor de oxígeno es activar: el ventilador, la hélice y el extractor. El sensor volumétrico se encargará de activar una alarma visual. La función validar contraseña permitirá al usuario activar los actuadores del compostero doméstico inteligente. Por último, el usuario o el sensor de acceso a la trituradora pueden activar el paro de emergencia que consiste en desactivar la trituradora y la hélice.

### 4.3.Arquitectura del sistema

En la Figura 4, se muestra el diagrama de componentes del compostero doméstico inteligente diseñado de una manera abstracta. Este diagrama permite visualizar las dependencias entre cada uno de los componentes electrónicos. Los componentes que realizan la función de entrada de datos al sistema se muestran en la parte superior, estos son: (1) los sensores que se encargan de enviar datos a la placa electrónica y (2) los requerimientos de seguridad del sistema.

En la parte inferior de la imagen se observan los actuadores que son activados por el software embebido como respuesta a un evento, así como la memoria micro SD donde se guardará la información de los sensores. Por último, en la parte derecha del diagrama se muestran los componentes que corresponden a la interfaz, donde el usuario podrá monitorear el comportamiento del compostero doméstico en tiempo real.

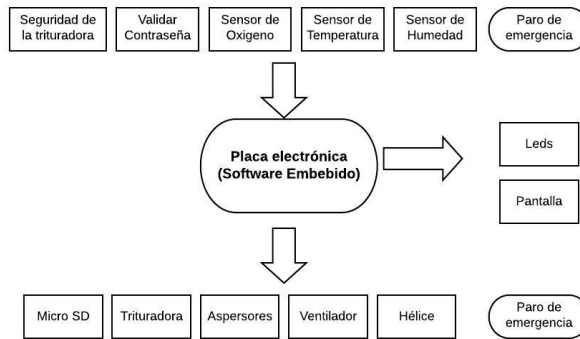


Figura 4 – Diagrama para ilustrar los componentes que conforman el sistema embebido.

El diseño de los componentes del sistema embebido se realizó en un software especializado llamado *Proteus*. Este diseño permite visualizar la conexión entre los componentes de hardware y probar el funcionamiento. Se crearon módulos de cada una de las partes del sistema agrupando componentes dependiendo de la función que desempeñan, ver Figura 5.

### 4.4. Arquitectura de software

En la Figura 6, se muestra el diagrama de vistas que especifica los módulos de seguridad, interfaz, sensores, actuadores, almacenamiento y placa electrónica que conforman el

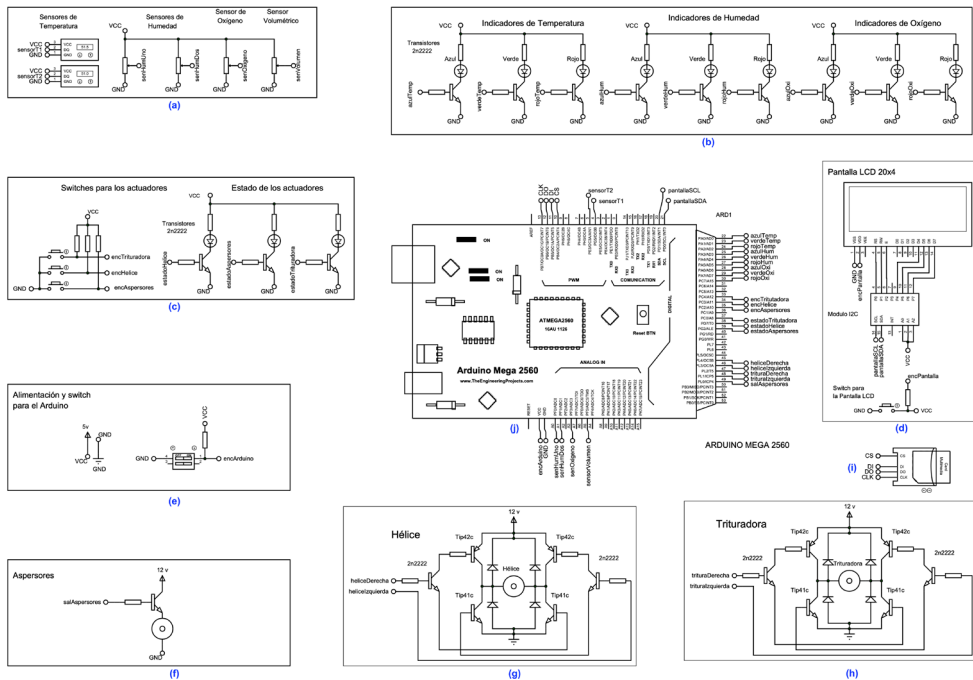


Figura 5 – Integración del hardware embebido para el compostero doméstico.

compostero doméstico inteligente. Cada uno de estos módulos está determinado por las funciones que realizan, así mismo, se especifican las relaciones existentes entre ellos.

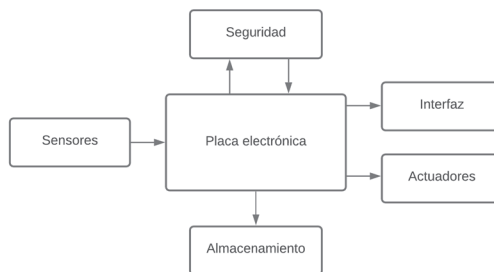


Figura 6 – Diagrama para ilustrar los módulos que conforman el sistema embebido

Los sensores se encuentran dentro del compostero doméstico inteligente, estos obtienen los valores de las variables físicas y los envían a la placa electrónica donde se encuentra el software embebido almacenado en la memoria FLASH del microcontrolador. La placa electrónica contiene el software embebido del sistema que se encarga de obtener

los valores de los sensores y procesar la información; además, se encarga de enviar las señales de alerta y mensajes, así como también de activar los actuadores. El módulo de almacenamiento se encarga de registrar los valores en una memoria micro SD obtenidos por los sensores. La interfaz muestra los datos obtenidos por los sensores, así como el estado de cada una de las variables físicas que se están controlando. Además, muestra mensajes y alertas que pueden ser visualizados por el usuario. Los actuadores se activan dependiendo de los valores que se obtienen de los sensores; son activados cuando el software les envíe una señal de corriente a cada uno de los módulos donde se encuentran conectados. Finalmente, el módulo de seguridad permitió detener el funcionamiento de los actuadores durante un lapso de tiempo.

#### 4.5. Diseño de software

En esta etapa, se obtuvo el diseño que especifica el comportamiento e interacción entre los componentes electrónicos del compostero doméstico inteligente de una manera ordenada y de acuerdo con la secuencia de tiempo en que ocurren los eventos. En la **Figura 7** se muestran los diagramas UML de secuencia, en los cuales se modelan las etapas (mesófila, termófila y de enfriamiento) del proceso de compostaje. En el interior del compostero doméstico inteligente, por medio de los sensores de temperatura, humedad, oxígeno y volumétrico se monitorea y controla de forma constante la transformación de los residuos sólidos orgánicos en composta, con la finalidad de mantener el sistema con las condiciones idóneas. Debido a esto, al inicio de cada una de las etapas se realiza la lectura de las variables por parte de los sensores y se determinan las acciones de los actuadores de cada etapa.

En la etapa 1, la mesófila, la temperatura debe permanecer en un rango de 25 a 45° C, la humedad en un 70%, la cantidad de oxígeno debe ser de 0.6 l/min\*kg y la cámara de compostaje debe permanecer llena. En caso de detectar distintos valores a los establecidos se han determinados acciones que posibiliten conservar las condiciones ideales del compostero doméstico inteligente, estas son: (1) si la humedad es menor a 70%, se deben activar los aspersores, encender el indicador de nivel de humedad bajo (led azul), activar la hélice, y enviar un mensaje de alerta a la pantalla LCD; (2) en caso de detectar un nivel de oxígeno por debajo del establecido se deben activar la hélice y el ventilador, encender el indicador de nivel de oxígeno bajo (led azul) y enviar un mensaje de alerta a la pantalla LCD; y (3) si la cantidad de desechos orgánicos no cumple con el 70%, se debe enviar un mensaje a la pantalla LCD para que pueda ser visualizado por el usuario, véase Figura 7 (a).

En la etapa 2, la termófila, la temperatura tiende a aumentar debido a la actividad microbiana, por lo que el rango ideal para la temperatura esta entre los 45 y los 70° C. La humedad se mantiene en un 70% y el oxígeno en 0.6 l/min\*kg; asimismo, la cámara de compostaje debe permanecer con un nivel de medio a lleno. Las medidas correctivas en esta etapa son las mismas que las mencionadas en la etapa anterior (mesófila), con la única diferencia de que el volumen de la cámara de compostaje debe permanecer con un nivel de medio a lleno, véase Figura 7 (b).

En la etapa 3, la etapa de enfriamiento, la temperatura desciende de los 70° C, y la humedad disminuye. En caso de detectar valores anómalos, se enciende el indicador de humedad alta (led rojo), se activan el ventilador y extractor; asimismo, se envía un

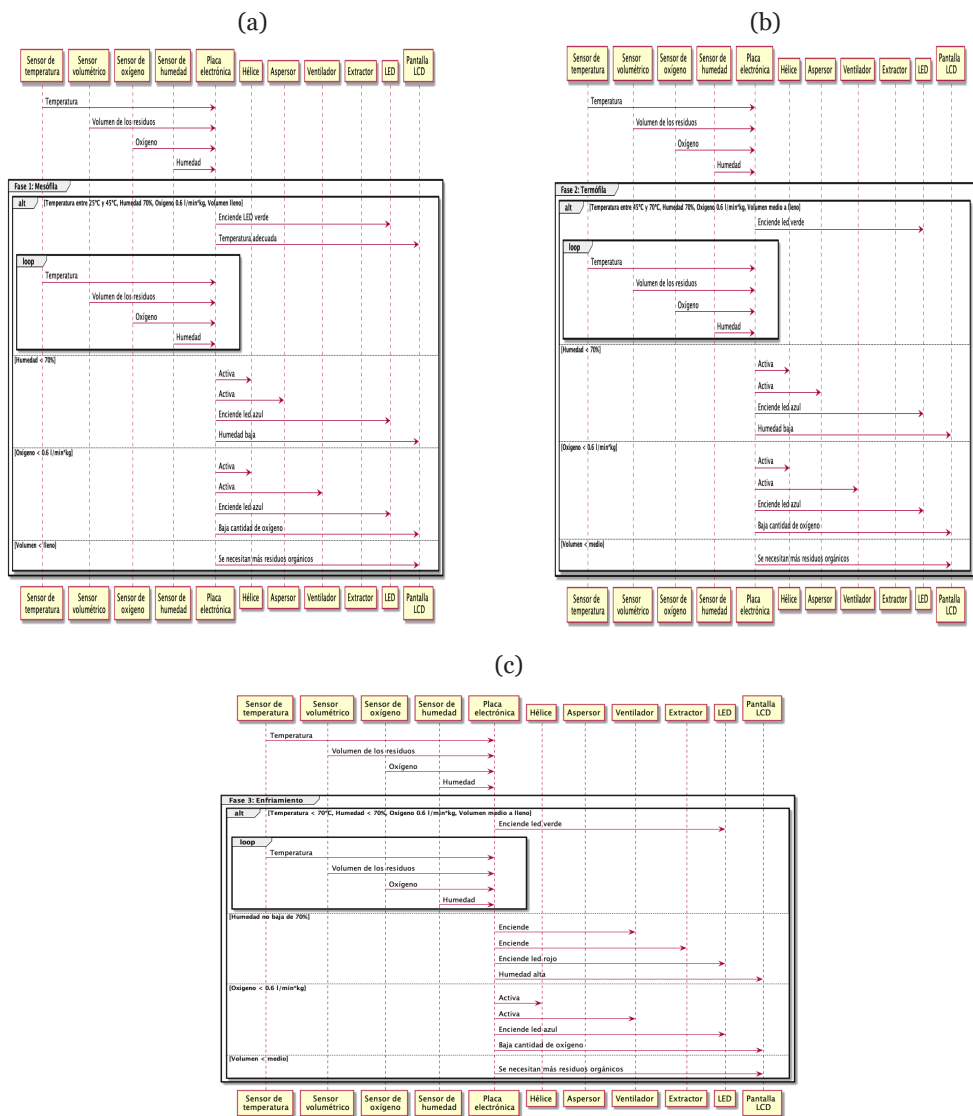


Figura 7 – Diagramas de secuencia que ilustran las etapas del proceso de compostaje.  
(a) Mesófila, (b) Termófila, (c) Enfriamiento.

mensaje de alerta a la pantalla LCD. El oxígeno debe mantenerse en 0.6 l/min\*kg, la cámara de compostaje debe permanecer con un nivel de medio a lleno, véase Figura 7 (c).

#### 4.6. Implementación

Las funciones de para obtener la temperatura, humedad y oxígeno se realizaron utilizando el lenguaje C. A continuación, se describe y presenta los algoritmos para cada una de esas funciones.

Para obtener la temperatura del compostero se utilizó el sensor *DS18B20* por medio de una función en el IDE de Arduino, esta función recibe un valor de tipo entero y determina si el sensor está dentro del rango correcto de funcionamiento. Si el valor no está dentro de los -55 a 125° C, se envía un mensaje al usuario para indicarle una falla del sensor; en cambio, si el sensor está dentro del rango permitido se devuelve el valor a la función, véase Figura 8 (a).

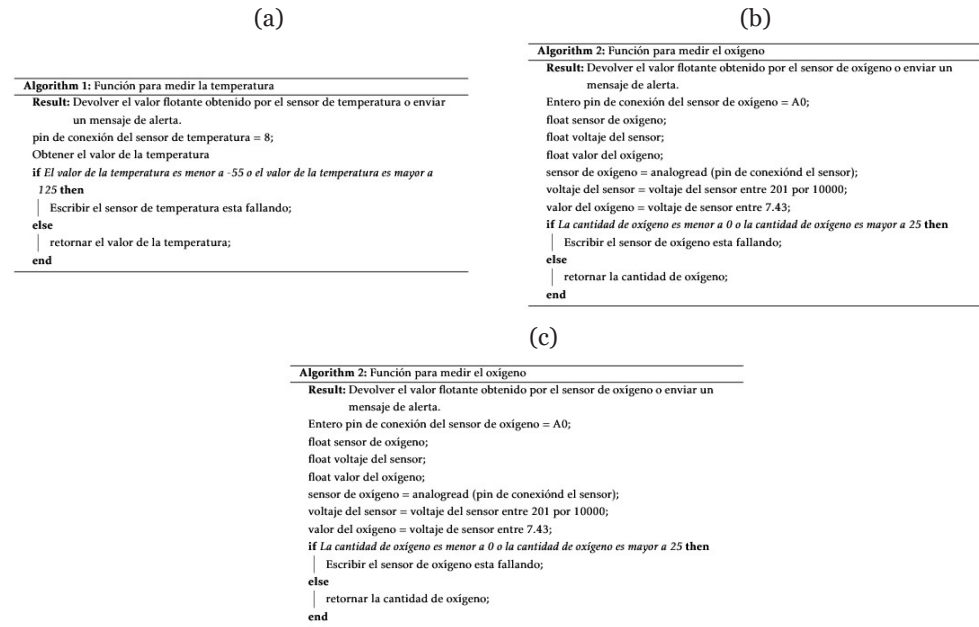


Figura 8 – Algoritmos para medir los parámetros físicos del compostero.  
(a) Temperatura, (b) Oxígeno y (c) Humedad.

En la Figura 8 (b) se presenta el algoritmo para la función para obtener el oxígeno recibe un valor de tipo *float* y se verifica que se encuentre de 0 a 25% vol utilizando el sensor de oxígeno grove 2 conectado a una entrada analógica de la placa electrónica. Si se verifica un valor correcto se retorna a la función, en caso contrario se envía un mensaje que indica al usuario que el sensor está obteniendo datos incorrectos.

El sensor *FC-28* que permite obtener la humedad del compostero doméstico se encuentra conectado a una entrada analógica del Arduino, dicho valor es recibido por la función *obtenerHumedad()* y esta determina si el valor leído está dentro del rango de 0 a 1023; de ser así, el valor se retorna a la función, en caso contrario se manda una señal de alerta al usuario, véase Figura 8 (c).

Una vez retornados los valores de cada una de las funciones podrán ser utilizados para activar los demás componentes electrónicos que integran el hardware embebido del compostero doméstico.

#### 4.7. Pruebas

Para la elaboración de la Estrategia de Pruebas se tomó como base los requerimientos obtenidos de la fase de análisis y el conjunto de esquemas que modelan el comportamiento del sistema en la fase de diseño. A partir de esta información se plantearon un conjunto de casos de prueba que permitan ingresar valores al sistema y analizar su comportamiento.

Se elaboraron un total de 40 casos de prueba repartidos de la siguiente manera: 10 pruebas unitarias, 12 pruebas de integración, 9 pruebas de sistema y 9 pruebas de validación.

En primer lugar, se llevaron a cabo las pruebas unitarias que consistió en comprobar el funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema (hardware y software) de forma separada. Una vez concluidas las pruebas unitarias, se ejecutaron las pruebas de Integración, que consistieron en unir cada uno de los componentes del sistema de acuerdo con interacción que tienen entre ellos y que está estipulado en el diagrama de casos de uso. El resultado de cada una de las pruebas se registró en un documento que cuenta con los siguientes elementos: (1) una tabla para registrar la información de cada una de las pruebas y (2) una imagen representativa de cómo se conectaron los componentes electrónicos para poder ejecutar la prueba en turno.

En total se han ejecutado hasta el momento 37 pruebas, 12 de ellas corresponden a pruebas unitarias y 25 pruebas de integración, una vez aplicadas las técnicas de clase de equivalencia y la de valor al límite.

#### 4.8. Comparación con otros sistemas de compostaje

En este artículo, se muestra la metodología para el desarrollo de un sistema embebido mediante el método de espiral y el método de prototipos para un compostero doméstico inteligente. Esta metodología ayuda a desarrollar la estructura del software con base a reglas preestablecidas a través de la experimentación, mejorando estas reglas en cada vuelta de la espiral hasta alcanzar todos los parámetros funcionales y de seguridad que requiere el equipo para la automatización del compostero doméstico inteligente que genere una composta de calidad, sea fácilmente manejado, y sea altamente seguro.

En la literatura se encuentran reportados varios equipos similares de compostaje (Pansari et al., 2019), estos también emplean hardware de Arduino y sensores de temperatura y humedad para el monitoreo del proceso de compostaje. En los casos de Wardhany et

al. y Elalami et al., los datos son transmitidos vía Web permitiendo el control remoto. El equipo de compostaje que presentan Pratama et al. procesa los datos de humedad y temperatura por medio de lógica difusa para la toma de decisiones en la operación del actuador del motor del equipo de compostaje (Elalami et al., 2019; Pratama et al., 2019; Wardhany et al., 2019).

A diferencia de los sistemas de composteo citados previamente, en esta investigación el uso de técnicas de ingeniería de software permite establecer un enfoque sistemático que ayuda a garantizar la calidad del sistema propuesto, siguiendo una metodología de desarrollo del sistema e implementado un conjunto de estándares. El desarrollo del software para el sistema embebido es muy importante, debido a la complejidad del equipo de compostaje, el cual además de incorporar el monitoreo y almacenamiento de datos de humedad, temperatura y oxígeno, realizará la toma de decisiones sobre los sistemas de: mezclado, trituración, ventilación y aspersión. Sin embargo, estas investigaciones proporcionan información relevante y proporcionaron ideas para implementar en esta investigación, tal como la monitorización vía remota empleando el internet de las cosas.

## 5. Conclusiones

Dada la problemática del manejo de los residuos sólidos, en el presente trabajo se propone la automatización de un compostero doméstico inteligente mediante un sistema embebido. El desarrollo del sistema embebido se basó en una metodología que combina el desarrollo de software en espiral con el método de prototipos, lo cual permite desarrollar de forma incremental el sistema propuesto.

Mediante la aplicación de una encuesta en línea y de sesiones de lluvia de ideas se lograron identificar los requerimientos del sistema. Estos requerimientos fueron especificados usando el estándar *IEEE 830-998* y se crearon modelos del diseño del software usando *UML*. Para el diseño de la integración de los diferentes componentes electrónicos y mecánicos del sistema embebido, se usó el software *Proteus*, y para la implementación de cada componente de software se usó el lenguaje *C*. La implementación de las pruebas permitió someter al sistema a fallos controlados para reafirmar el correcto funcionamiento del sistema, además de incorporar cada uno de los componentes de software y hardware, probando la comunicación entre ellos. Finalmente, se pudo modelar la integración de los componentes involucrados en el desarrollo del sistema embebido propuesto usando los diagramas de secuencia que se generaron con base a los requerimientos, para que se puedan llevar a cabo las tres etapas necesarias para el compostaje aerobio, i.e., mesófila, termófila y enfriamiento.

El uso de la metodología propuesta permite desarrollar el software embebido basado en reglas establecidas a través de la experimentación, mejorando estas reglas en cada vuelta de la espiral hasta alcanzar todos los parámetros funcionales y de seguridad que requiere el equipo para la automatización del compostero doméstico inteligente que genere una composta de calidad, sea fácilmente manejado, y sea altamente seguro.

Los resultados de este estudio proporcionan una contribución esencial para el entendimiento del campo en el desarrollo de sistemas embebidos como parte de una solución a la problemática de la transformación de los residuos sólidos orgánicos en

composta, utilizando un aparato de compostaje doméstico y basado en técnicas de ingeniería de software como parte del control de calidad del proceso.

Como trabajo futuro queda realizar las dos iteraciones restantes del proceso de desarrollo de software seleccionado y poder obtener el prototipo final.

## Referencias

- Barr, M., & Massa, A. (2006). *Programming Embedded Systems* (2nd ed.). Sebastopol, CA: O'Reilly.
- Boehm, B. W. (1984). Verifying and Validating Software Requirements and Design Specifications. *IEEE Software*, 1(1), 75–88. <https://doi.org/10.1109/MS.1984.233702>
- Brown, S. (2000). Overview of IEC 61508. Design of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems. *Computing & Control Engineering Journal*, 11(1), 6–12. <https://doi.org/10.1049/cce:20000101>
- Cesaro, A., Belgiorno, V., & Guida, M. (2015). Compost from organic solid waste: Quality assessment and European regulations for its sustainable use. *Resources, Conservation and Recycling*, 94, 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.003>
- Das, M., Uppal, H. S., Singh, R., Beri, S., Mohan, K. S., Gupta, V. C., & Adholeya, A. (2011). Co-composting of physic nut (*Jatropha curcas*) deoiled cake with rice straw and different animal dung. *Bioresource Technology*, 102(11), 6541–6546. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.03.058>
- Delgado Peralta, M. (2012). Norma ambiental para el Distrito Federal. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, NADF-020-AMBT-2011, MX.
- Douglass, B. P. (2004). *Real Time UML: Advances in the UML for Real-Time Systems*. Addison-Wesley.
- Elalami, M., Baskoun, Y., Zahra Beraich, F., Arouch, M., Taouzari, M., & Qanadli, S. D. (2019). Design and Test of the Smart Composter Controlled by Sensors. 2019 7th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC), (4), 1–6. <https://doi.org/10.1109/IRSEC48032.2019.9078197>
- Liggesmeyer, P., & Trapp, M. (2009). Trends in Embedded Software Engineering. *IEEE Software*, 26(3), 19–25. <https://doi.org/10.1109/MS.2009.80>
- Malinowski, A., & Yu, H. (2011). Comparison of Embedded System Design for Industrial Applications. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 7(2), 244–254. <https://doi.org/10.1109/TII.2011.2124466>
- Ministerio de la Presidencia (2013). Real Decreto 506/2013. *Boletín Oficial del Estado* No 164, Sec. I.
- Oshana, R., & Kraeling, M. (2019). *Software Engineering for Embedded Systems* (2nd ed.). Newnes.

- Pansari, N. B., Deosarkar, S. B., & Nandgaonkar, A. B. (2019). Smart Compost System. Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, 597–600. <https://doi.org/10.1109/ICCONS.2018.8663206>
- Pratama, Y. F., Ariyanto, E., & Karimah, S. A. (2019). Prototype of Automation of Organic Fertilizer Manufacturing Systems Based on Internet of Things. 2019 7th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICoICT.2019.8835299>
- Pressman, R. S. (2010). Ingenieria Del Software. Un Enfoque Practico (7ma ed.). Mc Graw Hill.
- Sassone, A., Grosso, M., Poncino, M., & Macii, E. (2016). Smart Electronic Systems: An Overview. In Smart Systems Integration and Simulation (pp. 5–21). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-27392-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27392-1_2)
- Wardhany, V. A., Hidayat, A., A., M. D. S., Subono, Afandi, A., Muhammad Doni Sururin, A., & Afandi, A. (2019). Smart Chopper and Monitoring System for Composting Garbage. 2019 2nd International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE), 74–78. <https://doi.org/10.1109/IC2IE47452.2019.8940812>



## **Critérios Editoriais**

A RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) é um periódico científico, propriedade da AISTI (Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação), que foca a investigação e a aplicação prática inovadora no domínio dos sistemas e tecnologias de informação.

O Conselho Editorial da RISTI incentiva potenciais autores a submeterem artigos originais e inovadores para avaliação pelo Conselho Científico.

A submissão de artigos para publicação na RISTI deve realizar-se de acordo com as chamadas de artigos e as instruções e normas disponibilizadas no sítio Web da revista (<http://www.risti.xyz/>).

Todos os artigos submetidos são avaliados por um conjunto de membros do Conselho Científico, não inferior a três elementos.

Em cada número da revista são publicados entre cinco a oito dos melhores artigos submetidos.

## **Criterios Editoriales**

La RISTI (Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información) es un periódico científico, propiedad de la AISTI (Asociación Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información), centrado en la investigación y en la aplicación práctica innovadora en el dominio de los sistemas y tecnologías de la información.

El Consejo Editorial de la RISTI incentiva autores potenciales a enviar sus artículos originales e innovadores para evaluación por el Consejo Científico.

El envío de artículos para publicación en la RISTI debe hacerse de conformidad con las llamadas de los artículos y las instrucciones y normas establecidas en el sitio Web de la revista (<http://www.risti.xyz/>).

Todos los trabajos enviados son evaluados por un número de miembros del Consejo Científico de no menos de tres elementos.

En cada número de la revista se publican cinco a ocho de los mejores artículos enviados.

***Os asociados da AISTI recebem a RISTI gratuitamente, por correio postal. Torne-se associado da AISTI. Preencha o formulário abaixo e envie-o para o e-mail aistic@gmail.com***

***Los asociados de la AISTI reciben la RISTI por correo, sin costo alguno. Hazte miembro de la AISTI. Rellena el siguiente formulario y remítelo al e-mail aistic@gmail.com***



## Formulário de Associado / Formulario de Asociado

Nome/Nombre: \_\_\_\_\_

Instituição/Institución: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_

Morada/Dirección: \_\_\_\_\_

Código Postal: \_\_\_\_\_ Localidade/Localidad: \_\_\_\_\_

País: \_\_\_\_\_

Telefone/Teléfono: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_ Web: \_\_\_\_\_

Tipo de Associado e valor da anuidade:

☐ Individual - 35€

☐ Instituição de Ensino ou I&D/Institución de Educación o I&D - 250€

☐ Outro (Empresa, etc.) - 500€

NIF/CIF: \_\_\_\_\_

Data/Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Assinatura/Firma: \_\_\_\_\_



Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação  
Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información

©AISTI 2021 <http://www.aisti.eu>

