



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 2 • M a r c h 2 2



©RISTI 2022 <http://www.risti.xyz>

Nº 45

Edição / Edición

Nº 45, 03/2022

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 / Publicación

RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

Rua Pedro Álvares Cabral 520 - 2º Esq. Nasc., 4435-386 Rio Tinto, Portugal

E-mail: aistic@gmail.com

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

Director

Álvaro Rocha, Universidade de Lisboa, PT

Coordenadores da Edição / Coordinadores de la Edición

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

Conselho Editorial / Consejo Editorial

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

Abel Méndez Porras, Instituto Tecnológico de Costa Rica, CR

Abel Suing, Universidad Técnica Particular de Loja, EC

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 Beatriz Blanco-Ariza, Universidad Simón Bolívar, CO

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
Baltasar García Perez-Schofield, Universidad de Vigo, ES
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 Regalao Noriega, Universidad Simón Bolívar, CO
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
Cesar Colazzos, Universidad del Cauca, CO
Ciro Martins, Universidade de Aveiro, PT
Cristina M.R. Caridade, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
Dalila Durães, Universidade do Minho, PT
Daniel Polónia, Universidade de Aveiro, PT
Daniel Riesco, Universidad Nacional de San Luis, AR
Dante Carrizo, Universidad de Atacama, CL
David Fonseca, Universitat Ramon Llull, ES
David Ramos Valcarcel, Universidad de Vigo, ES

Diana Cecilia Yacchirema Vargas, Escuela Politécnica Nacional, EC
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
Edwin Juvenal Cedeño Herrera, Universidad de Panamá, PA
Enric Mor, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Eusébio Ferreira da Costa, Escola Superior de Tecnologias de Fafe, PT
Eva Villegas, La Salle - Universitat Ramon Llull, ES
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 Ribeiro, Politécnico de Castelo Branco, PT
Fernando Suárez, CPEIG, ES
Filipe Caldeira, Politécnico de Viseu, PT
Filipe Montargil, Politécnico de Lisboa, PT
Filipe Portela, Universiade do Minho, PT
Flor de María Sánchez Aguirre, Universidad César Vallejo, PE
Francisca Rosique Contreras, Universidad Politécnica de Cartagena, ES
Francisco Arcega, Universidad de Zaragoza, ES
Francisco Javier Lena-Acebo, Universidad de Cantabria, ES
Francisco Restivo, Universidade Católica Portuguesa, PT
Franyelit Suarez, Universidad de las Américas, EC
Gabriel Alberto García-Mireles, Universidad de Sonora, MX
Gabriel Guerrero-Contreras, Universidade de Cádiz, ES
Gerardo Gonzalez Filgueira, Universidad da Coruña, ES
Gladys Tenesaca Luna, Universidad Técnica Particular de Loja, EC
Gloria Maritza Valencia Vivas, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC
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
Inés López, Universidad de Alcalá, ES
Isabel de la Torre, University of Valladolid, ES
Isabel Pedrosa, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Isidro Navarro, Universidad Politécnica de Cataluña, 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 Tavares, FEUP, Universidade do Porto, PT
João Vidal de Carvalho, ISCAP, Politécnico do Porto, PT
Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Jorge Bernardino, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
Jorge Buele, Universidad Tecnológica Indoamérica, EC
Jorge Eduardo Ibarra-Esquer, Universidad Autónoma de Baja California, MX
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
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
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
Jugurta Lisboa-Filho, Universidade Federal de Viçosa, BR
Klinge Orlando Villalba-Condori, Universidad Católica de Santa María, PE
Leila Weitzel, Universidade Federal Fluminense, BR
Leonardo Bermon, Universidad Nacional de Colombia, CO
Leticia Morales Trujillo, Universidad de Sevilla, ES
Lilia Muñoz, Universidad Tecnológica de Panamá, PA
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
Luis Enrique Sánchez Crespo, Universidad de Castilla-La Mancha, ES
Luis Fernández Sanz, Universidad de Alcalá, ES
Luís Ferreira, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Luis Vilán-Crespo, Universidad de Vigo, ES

Luis Maria Romero-Moreno, Universidad de Sevilla, ES
Luisa Miranda, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Lus Sussy Bayona Ore, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, PE
Luz María Hernández Cruz, Universidad Autónoma de Campeche, MX
Magdalena Arcilla Cobián, Universidade Nacional de Educação 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
Marcelo Zambrano Vizuite, Universidad Tecnica Del Norte, EC
Marco Javier Suarez Barón, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, CO
Marco Painho, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Margarita Ramirez Ramirez, Universidad Autonoma de Baja California, MX
Maria Amelia Eliseu, Mackenzie Presbyterian University, BR
Maria Cristina Marcelino Bento, UNIFATEA, BR
María de la Cruz del Río-Rama, Universidad de Vigo, ES
Maria de los Milagros Gutierrez, Universidad Tecnológica Nacional, AR
María del Mar Miras Rodriguez, Universidad de Sevilla, ES
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 Escalona, Universidad de Sevilla, ES
Maria José Sousa, Universidade Europeia, PT
Mario Chacón-Rivas, Instituto Tecnológico de Costa Rica, CR
Mario José Diván, Universidad Nacional de La Pampa, AR
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 Ángel Conde, Univesidad de León, ES
Miguel Angel Olivero Gonzalez, Universidad de Sevilla, ES
Miguel Bugalho, Universidade Europeia, PT
Miguel Casquilho, IST, Universidade de Lisboa, PT
Miguel Ramón González Castro, Ence, Energía y Celulosa, ES
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 Palos, Universidad de Sevilla, ES
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, EC
Rene Faruk Garzozzi-Pincay, Universidad Estatal Península de Santa Elena, EC
Ricardo Andrés García León, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, MX

Ricardo J. Rodríguez, Universidad de Zaragoza, ES
Ricardo Linden, FSMA, BR
Rita Oliveira, Universidade de Aveiro, PT
Rita Santos, Universidade de Aveiro, PT
Robero Marichal, Universidad de La Laguna, ES
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 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 Araya Guzmán, Universidad del Bío-Bío, CL
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
Tomas San Feliu, Universidad Politecnica de Madrid, ES
Thiago Dias, CEFET-MG, BR
Valéria Farinazzo Martins, Universidade Presbiteriana Mackenzie, BR
Vera Pospelova, Universidad de Alcalá, ES
Verónica Vasconcelos, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
Vicente Morales, Universidad Técnica de Ambato, EC
Victor Flores, Universidad Católica del Norte, CL
Víctor H. Andaluz, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, EC
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

Índice / Index

EDITORIAL

Nuevos desafíos en Tecnologías de Información y Comunicación.....	1
---	---

Jezreel Mejía

ARTIGOS / ARTICULOS / ARTICLES

Rutas de apoyo a las EMPs para la selección de herramientas que faciliten la implementación del estándar ISO/IEC 29110	3
---	---

Mirna Muñoz, Patricia Montoya-Méndez

Propuesta de Métricas para la implementación del estándar ISO/IEC 29110.....	24
--	----

Jezreel Mejía

Implementación de plan de contingencia ante la pandemia COVID-19 llamado rompiendo paradigmas docentes	48
---	----

Raquel Aguayo, Carmen Lizarraga, Mercedes López-Bojórquez,

Yadira Quiñonez, Amaranta Cabrera

Conteo de plantas de agave usando redes neuronales convolucionales e imágenes adquiridas desde un vehículo aéreo no tripulado.....	64
---	----

Omar Hernández-Calvario, Frida Florián, María Guadalupe Sánchez,

Himer Ávila-George

Control PID didáctico con Servidor OPC UA	77
---	----

Fernando Rivera-Velazquez, Eduardo Salazar-Valle, Gloria M. Martínez-Aguilar

Nuevos desafíos en Tecnologías de Información y Comunicación

New challenges in Information and Communication Technologies

Jezreel Mejía

jmejia@cimat.mx

¹Centro 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.

DOI: 10.17013/risti.45.1-2

1. Introducción

Los artículos presentados en este número fueron seleccionados de los artículos aceptados en el Décimo Congreso Internacional de Mejora de Procesos Software (CIMPS) 2021, con sede local en la Ciudad de Torreón, Coahuila, México del 20 al 22 de octubre del 2021. 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 2021.

2. Estructura

El primer artículo presenta el desarrollo de rutas para la selección de herramientas, orientadas a las EMPs que desean iniciar la implementación del estándar ISO/IEC 29110 o que lo tengan ya implementado, pero desean automatizar el uso de sus procesos mediante la adopción y uso de herramientas. Los autores además presentan la validación de las rutas por una EMP que ya ha implementado el estándar. Como resultado de la validación se logra percibir la utilidad de este tipo de recursos facilitando la adopción de este estándar.

El segundo artículo presenta una propuesta de métricas que pueden ser aplicadas durante la implementación del estándar ISO/IEC 29110 y tener una visión cuantitativa en la calidad a nivel producto, proceso y proyecto. Para proponer las métricas viables, los autores analizaron dos proyectos presentados por dos Entidades Muy Pequeñas de Desarrollo de Software (EMPs) para obtener su certificación. De los resultados obtenidos, identificaron 63 métricas que a través de la implementación de los productos de trabajo que se generan en el proceso de Gestión del Proyecto y de la implementación del software son viables para su implementación y que ayudarán a las EMPs a evaluar la calidad desde el punto de vista del proceso, producto o proyecto.

El tercer artículo pretende romper paradigmas en la formación docente universitaria de los profesores en la Unidad Académica de Gastronomía y Nutrición Mazatlán (UAGyNM) de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) a través de videos tutoriales; la difusión fue por medio de una campaña de expectativa y concientización sobre la importancia de este fenómeno, que impacta directamente en el desempeño académico de los estudiantes. Para ello, los autores recogen datos por medio de un pre y post-test a los docentes, y una entrevista a los estudiantes. Esto permitió que durante la pandemia COVID-19 se estableciera como un plan de contingencia para que el proceso de enseñanza-aprendizaje no se viera afectado tanto para estudiantes como para profesores de dicha institución.

El cuarto artículo aporta nueva información aplicando técnicas de aprendizaje profundo en cultivos de agave. Por lo tanto, los autores pretenden el desarrollo de un algoritmo de aprendizaje profundo basado en redes neuronales convolucionales que automatice el conteo de las plantas de agave de un cultivo a partir de imágenes tomadas desde vehículo aéreo no tripulado. El Proyecto que se presenta en este artículo contribuye a la solución del tiempo de preprocesamiento de las imágenes, mejora la detección de plantas de agave con adversidades, mejorar los tiempos de entrenamiento del algoritmo, reduce costos computacionales.

Finalmente, el quinto artículo presenta la metodología de implementación de un control PID didáctico con un servidor OPC UA montado en una Raspberry Pi, que da la oportunidad de introducir a los jóvenes universitarios a un entorno de industria 4.0 para que en su futuro profesional logren una rápida adaptación al sector productivo. Este trabajo de investigación presentado en este artículo surge con el auge de la industria 4.0 por lo que es imperativo proporcionar herramientas educativas asequibles que permitan adentrar a los educandos en estas tecnologías.

3. 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 2021. 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.

Rutas de apoyo a las EMPs para la selección de herramientas que faciliten la implementación del estándar ISO/IEC 29110

Mirna Muñoz, Patricia Montoya-Méndez

{mirna.munoz, ana.mendez}@ciimat.mx

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

DOI: 10.17013/risti.45.3-23

Resumen: El estándar ISO/IEC 29110, comprende una serie de normas y guías para abordar la mejora de procesos de software en Entidades Muy Pequeñas (EMPs), proveyendo una serie de buenas prácticas básicas para el desarrollo de software. Sin embargo, aun cuando este estándar está dirigido a las EMPs, éstas muestran cierta dificultad al momento de implementarlo debido a dos razones: la falta de comprensión de este estándar y la falta de conocimiento en herramientas que faciliten su implementación. Este artículo presenta el desarrollo de rutas para la selección de herramientas, orientadas a las EMPs que desean iniciar la implementación del estándar o que ya lo han implementado, pero desean automatizar el uso de sus procesos mediante la adopción de herramientas. El artículo presenta además la validación de las rutas por una EMP que ya ha implementado el estándar. Entre los resultados se percibe la utilidad de este tipo de recursos que facilitan la adopción del estándar.

Palabras-clave: ISO/IEC 29110, entidades muy pequeñas, gestión de proyectos, implementación de software, herramientas de software, rutas de selección.

Routes to support VSEs in the selection of tools that facilitate the implementation of ISO/IEC 29110 standard

Abstract: The standard ISO/IEC 29110, contains a series of standards and guides to address the software process improvements in Very Small Entities (VSEs), providing a set of best practices basic for the software development. However, even when the standard is focused in VSEs, these organizations show some difficulty to its implementation because two main reasons: a lack of standard comprehension and a lack of knowledge related to the software tools that facilitate its implementation. This article presents the development of a set of routes for the selection of tools oriented to help VSEs that want to start the implementation of the standard or that still use the standard and want to automate the use of their processes by adopting software tools. The article shows the validation of routes by a VSE that still use the

standard. Among the main results of this validation, it is highlighted the usefulness of this type of resource to facilitate the implementation of the standard.

Keywords: ISO/IEC 29110, Very Small Entities, Project Management process, Software Implementation process, software tools, selection routes.

1. Introducción

La importancia de las Entidades Muy Pequeñas es cada vez más evidente, siendo las principales proveedoras de software para medianas y grandes empresas. En México no es la excepción, de acuerdo con un estudio de INEGI en 2018, existen más de 4 millones de empresas en México, de las cuales el 97.3% corresponden a microempresas, y 2.7% a PYMES (INEGI, 2018).

En este contexto, las empresas de software tienen una gran oportunidad de permanecer y crecer en el mercado de software, pero también un gran compromiso para desarrollar software de calidad (Muñoz, et al 2021) (Muñoz & Montoya, 2021). Por lo tanto, surge la necesidad de brindar apoyo a estas empresas, debido a que los estándares y modelos existentes, que podrían proporcionar una guía para el desarrollo de proyectos de software, no están adaptados para estas organizaciones, tal es el caso de ISO/IEC 12207 (ISO/IEC/IEEE, 2017), Moprosoft (Salgado, 2019) y CMM (Konrad, Chrissis, & Shrum, 2012), debido principalmente a características como recursos, tiempo y presupuesto limitado, además de la poca o nula experiencia en este tipo de actividades (Muñoz, et al 2021).

Como una respuesta a la necesidad de estándares para las EMPs, en 2016 se crea el estándar ISO/IEC 29110, que comprende una serie de normas y guías para la mejora de los procesos de software, proporcionando un conjunto de buenas prácticas, que pueden considerarse básicas para el desarrollo de software (ISO/IEC, 2011).

Sin embargo, aun cuando este estándar fue creado para EMPs, éstas pueden mostrar cierta dificultad al implementarlo debido a dos razones: la falta de comprensión de éste y la falta de conocimiento en herramientas que faciliten su implementación (Muñoz, Mejía, & Laporte, 2018).

En un artículo previo de las autoras (Muñoz & Montoya, 2021) muestran los resultados de analizar los principales problemas en la implementación del estándar, para lograrlo contrastan el estado del arte frente al estado de la práctica, del cual se resaltan los siguientes hallazgos:

1. Productos de trabajo relacionado con el estándar con mayores problemas detectados tanto en el estado de arte como de la práctica son: del proceso de Gestión de Proyectos (*plan de proyecto, acta de reunión, reporte de avance*), y del proceso de Implementación de Software (*casos de prueba y procedimientos de prueba, reporte de pruebas, manual de mantenimiento, configuración de software y resultados de verificación*).
2. Herramientas más utilizadas por las EMPs: (1) herramientas reportadas que coinciden son únicamente dos *Gantt Project* y *hojas de cálculo*, *Gantt Project* se utiliza en la gestión de proyectos y las *hojas de cálculo* pueden ser utilizadas tanto en la gestión de proyectos (ej. reportes de avance, gestión de riesgos, plan de adquisiciones y capacitación), como en la implementación de software

(ej. plan de pruebas, registros de trazabilidad, resultados de verificación, resultados de validación, resultados de pruebas);

(2) en el estado del arte se mencionan *Visio* (diagramas), *Bugzilla* (seguimiento de errores) y *subversión* (control de versiones de software) y;

(3) en el estado de la práctica se mencionan por una empresa (*Google Docs* (creación y edición de documentos), *Balsamiq Mockups* (diagramación), *OSRMT* (identificación y gestión de requisitos), *REM* (identificación y gestión de requisitos), *Tortoise SVN* (control de versiones de software), *Jira* (gestión de tareas), *Azure* (plataforma para gestión de proyectos), *Dropbox* (creación y almacenamiento de archivos)); por dos empresas (*Bizagi* (diagramación), *Process Dashboard* (gestión de tareas), *GitHub* (control de versiones de software), *Git* (control de versiones de software)); por tres empresas (*Project* (gestión de tareas), *Trello* (gestión de tareas), *Bitbucket* (control de versiones de software)); por cuatro empresas (*GitLab* (control de versiones de software)), y por más de cuatro empresas (*Google Drive* (repositorio de archivos en la nube)).

Como se observa, la mayoría de las herramientas fueron mencionadas por una EMP, lo que confirma un poco conocimiento en herramientas que pueden apoyar la implementación del estándar.

3. Metodologías utilizadas: *tradicional* (Cascada, CMM, TSP); *ágil* (Scrum, prácticas ágiles); *híbrido* (CMM-Scrum, TSP-Scrum)

Este artículo tiene como objetivo, proveer un conjunto de rutas de selección de herramientas de software, como recurso para facilitar la implementación del estándar ISO/IEC 29110. Las rutas pueden ser utilizadas tanto por las EMPs que desean iniciar la implementación del estándar, así como para aquellas que ya han implementado el estándar, pero desean automatizar el uso de sus procesos mediante la adopción de herramientas de software.

Después de la introducción, este artículo se estructura como sigue: la sección 2 muestra el modelado de las rutas; la sección 3 presenta la plataforma desarrollada para el uso de las rutas de selección; la sección 4 muestra la validación de las rutas por la EMPs través del uso de la plataforma; y la sección 5 presenta las conclusiones y trabajo futuro.

2. Definición de Rutas

Para este artículo ruta se define como el camino a seguir por la EMP para la selección de herramientas. Estas rutas son guiadas por la aplicación de un cuestionario, y las respuestas que se van proporcionando.

2.1. Herramientas y plantillas

Previo a la construcción de las rutas, se seleccionaron un conjunto de herramientas y se definieron un conjunto de plantillas relacionadas con los productos de trabajo que la herramienta proporciona como recursos.

Por un lado, la lista de herramientas considerada para las rutas, fue seleccionadas con base en los siguientes criterios: (1) contar con versión sin costo y (2) soporte al

cumplimiento de alguno de los productos de trabajo identificados en el perfil básico del estándar ISO/IEC 29110. La Tabla 1 muestra el mapeo realizado entre las herramientas y los productos de trabajo.

Herramientas		Productos de Trabajo que abarcan
Confluence	es una herramienta desarrollada por la empresa Atlassian, permite la creación de múltiples proyectos y documentos en ellos. La colaboración de usuarios por proyecto se limita a 10 personas (Atlassian).	(1) Enunciado de Trabajo, (2) Plan de Proyecto, (3) Acta de Reunión, (4) Especificación de Requisitos, (5) Solicitud de Cambio, (6) Acciones Correctivas, (7) Reporte de Avance, (8) Casos y Procedimientos de Pruebas, (9) Reporte de Pruebas, (10) Manual de Usuario, (11) Manual de Operación, (12) Manual de Mantenimiento, (13) Acta de Aceptación, (14) Resultados de Verificación, (15) Resultados de Validación
Google Docs	es una herramienta desarrollada por Alphabet Inc., que permite la creación y edición de documentos desde la nube. Ofrece hasta 15 GB de espacio compartido desde Google Drive. La edición de los documentos permite la colaboración de múltiples usuarios a la vez, además de contar con una función que ayuda con el versionamiento de los documentos (Google).	(1) Enunciado de Trabajo, (2) Plan de Proyecto, (3) Acta de Reunión, (4) Especificación de Requisitos, (5) Solicitud de Cambio, (6) Acciones Correctivas, (7) Reporte de Avance, (8) Casos y Procedimientos de Pruebas, (9) Reporte de Pruebas, (10) Manual de Usuario, (11) Manual de Operación, (12) Manual de Mantenimiento, (13) Acta de Aceptación, (14) Resultados de Verificación, (15) Resultados de Validación
Google Sheets	es una herramienta desarrollada por Alphabet Inc., que permite la creación y edición de hojas de cálculo desde la nube. La herramienta ofrece hasta 15 GB de espacio compartido desde Google Drive. La edición de las hojas de cálculo permite la colaboración de múltiples usuarios a la vez, además de contar con una función que ayuda con el versionamiento de los documentos (Google a).	(1) Plan de Proyecto, (16) Registro de Trazabilidad
GlooMaps	es una herramienta que permite la creación de mapas visuales como desglose de trabajo (EDT) online. La herramienta permite la creación de múltiples diagramas que pueden ser exportados en archivos PDF, PNG Y XML (HotGloo).	(1) Plan de Proyecto

Herramientas		Productos de Trabajo que abarcan
Jira	es una herramienta online desarrollada por Atlassian, que permite la gestión de tareas de un proyecto con ayuda de Kanban. La herramienta ofrece hasta 2 GB de almacenamiento compartido. Permite la creación de múltiples proyectos además de contar con diversas aplicaciones que permiten sincronizar Jira con otras herramientas. La colaboración de usuarios por proyecto se limita a 10 personas (Atlassian b)	(1) Plan de Proyecto
MeisterTask	es una herramienta online desarrollada por MeisterLabs, que permite la gestión colaborativa de tareas de un proyecto con ayuda de Kanban. La herramienta permite la creación de hasta 3 proyectos por usuario y la colaboración de múltiples usuarios en un mismo proyecto (MeisterLabs).	(1) Plan de Proyecto
Asana	es una herramienta online que permite la gestión de tareas de un proyecto con ayuda de Kanban. Permite la creación de múltiples proyectos en los cuales la colaboración de usuarios no debe exceder a 15 personas (Asana).	(1) Plan de Proyecto
Trello	es una herramienta online de Atlassian, que permite la gestión de tareas de un proyecto con ayuda de Kanban. La herramienta habilita el uso de archivos hasta de 10 MB cada uno y permite la creación de múltiples tableros en los cuales su colaboración no se limita si se crea el proyecto como “personal” (Atlassian c).	(1) Plan de Proyecto
Zoom	es una herramienta de video llamadas y reuniones virtuales. La herramienta permite la conexión de video llamada hasta por 40 minutos continuos cuando participan más de dos usuarios y puede alojar hasta 100 participantes, además permite grabar las reuniones (Zoom Video Communications).	(3) Acta de Reunión
Skype	es una herramienta de video llamadas y reuniones virtuales, que permite la conexión por reunión hasta con 25 personas, además de tener la función para grabar las reuniones (Microsoft).	(3) Acta de Reunión
Google Hangouts	es una herramienta de mensajería desarrollada por Google Inc., que permite una conexión por grupo con hasta 150 personas, además de tener la función para grabar las reuniones (Google c).	(3) Acta de Reunión

Herramientas		Productos de Trabajo que abarcan
ReqView	es una herramienta desarrollada por Eccam, que da soporte en la identificación y gestión de requisitos. La herramienta permite la trazabilidad de hasta 150 objetos por proyecto, en su versión gratuita. Su uso puede ser de manera online desde el navegador Chrome o Firefox en su última versión, o mediante la instalación de la aplicación según las preferencias del usuario (Eccam).	(4) Especificación de Requisitos, (8) Casos y Procedimientos de Pruebas, (9) Reporte de Pruebas, (16) Registro de Trazabilidad
Aqua	es una herramienta desarrollada por Andagon, que da soporte en la identificación y gestión de requisitos. Su uso puede ser de manera online desde el navegador Chrome o Firefox en su última versión, o mediante la instalación de la aplicación según las preferencias del usuario (Andagon).	(4) Especificación de Requisitos, (8) Casos y Procedimientos de Pruebas, (9) Reporte de Pruebas, (16) Registro de Trazabilidad
OSRMT	es un software libre que da soporte en la identificación y gestión de requisitos. Su uso requiere de la instalación de la aplicación en equipos con sistema operativo Windows, Linux (Centos) o MacOS (Smith).	(4) Especificación de Requisitos, (8) Casos y Procedimientos de Pruebas, (9) Reporte de Pruebas, (16) Registro de Trazabilidad
REM	es una herramienta producto de una tesis doctoral. La herramienta da soporte en la identificación y gestión de requisitos (Durán).	(4) Especificación de Requisitos, (8) Casos y Procedimientos de Pruebas, (9) Reporte de Pruebas, (16) Registro de Trazabilidad
Draw.io	es una herramienta de modelado online. La herramienta permite la creación de diagramas de entidad-relación, diagramas UML, diagramas de flujo, diagramas BPMN, además de diagramas personalizados, contando con una serie de elementos diferentes para la composición de los estos (Kickass Software).	(17) Diseño de Software
Bizagi	es una herramienta de modelado y simulación de diagramas BPMN (Bizagi).	(17) Diseño de Software
C4-Builder	es una herramienta para construir arquitectura de software utilizando el modelo C4, por medio de texto. Para el uso de la herramienta se requiere tener conexión con GitHub (Lupu).	(17) Diseño de Software
PlantUML	es una herramienta para construir arquitectura de software utilizando el modelo por medio de diagramas de secuencia, de caso, de clase, de actividad, de componentes, de estado, de objetos, de despliegue o de tiempos. La herramienta es similar a C4-Builder, ya que la construcción de la arquitectura se realiza por medio de texto (PlantUML).	(17) Diseño de Software

Herramientas		Productos de Trabajo que abarcan
Selenium	es un entorno de pruebas de software. Su uso requiere de la instalación de las librerías necesarias y son realizadas por medio de un script. Selenium está orientado a plataformas web, dentro del listado de lenguajes soportados se encuentran Java, Python, C#, Ruby, JavaScript, Kotlin, Perl, PHP (Software Freedom Conservancy).	(19) Reporte de Pruebas
Appium	es un framework de código abierto que permite la automatización de pruebas. Su uso requiere de la instalación de las librerías necesarias y son realizadas por medio de un script. Appium está orientado a aplicaciones móviles en plataformas como Android 4.3 o superior, iOS 9.3 o superior, dentro del listado de lenguajes soportados se encuentran Java, Python, C#, Ruby, JavaScript, y PHP (Appium).	(19) Reporte de Pruebas
Junit	es un framework que permite la automatización de pruebas. Su uso requiere de la instalación de las librerías necesarias y son realizadas por medio de un script. JUnit está dirigido únicamente a aplicaciones en lenguaje Java (JUnit).	(19) Reporte de Pruebas
Nunit	es un framework que permite la automatización de pruebas. Su uso requiere de la instalación de las librerías necesarias y son realizadas por medio de un script. NUnit está dirigido únicamente a aplicaciones en lenguajes .NET (C#, C++, Visual Basic, etc.) (The NUnit Project).	(19) Reporte de Pruebas
PyUnit	es un framework que permite la automatización de pruebas. Su uso requiere de la instalación de las librerías necesarias y son realizadas por medio de un script. PyUnit está dirigido únicamente a aplicaciones en lenguajes Python (Python Software Foundation).	(19) Reporte de Pruebas
TEST::Unit	es un framework que permite la automatización de pruebas. Su uso requiere de la instalación de las librerías necesarias y son realizadas por medio de un script. Está dirigido únicamente a aplicaciones en lenguajes Ruby (Britt & Neurogami).	(19) Reporte de Pruebas
PHPUnit	es un framework que permite la automatización de pruebas. Su uso requiere de la instalación de las librerías necesarias y son realizadas por medio de un script. PHPUnit está dirigido únicamente a aplicaciones en lenguajes PHP (Bergmann).	(19) Reporte de Pruebas

Herramientas		Productos de Trabajo que abarcan
GitLab	es una herramienta de alojamiento git (es decir, utiliza un sistema de control de versiones), sirve también como gestor de repositorios. La herramienta permite la colaboración de equipos de trabajo de cualquier tamaño y la ejecución de canalizaciones de integración continua por hasta 2000 minutos (190 compilaciones) por proyecto (GitLab).	(20) Repositorio del Proyecto
Bitbucket	es una herramienta de alojamiento git (es decir, utiliza un sistema de control de versiones). El acceso por proyecto en Bitbucket es de 5 usuarios y por cada usuario cuenta con 2 GB de repositorio (Atlassian a).	(20) Repositorio del Proyecto
OneDrive	es una herramienta de alojamiento de archivos en la nube. El almacenamiento disponible en las cuentas gratuitas es de 5 GB (Microsoft a).	(20) Repositorio del Proyecto
Google Drive	es una herramienta de alojamiento de archivos en la nube desarrollada por Google. El almacenamiento disponible en las cuentas gratuitas es de 15 GB (Google b).	(20) Repositorio del Proyecto
Online Signature	es una herramienta online para capturar una firma electrónica. Envía solicitud de firma del documento correspondiente a 1 o 2 personas. Su uso requiere de las cuentas de correo electrónico de las personas que firmarán el documento. Los archivos pueden ser seleccionados de manera local o de repositorios en la nube como DropBox, Box, OneDrive, Google Drive, Evernote o desde Gmail (Christos & Aschenfeld).	(1) Enunciado de Trabajo, (2) Plan de Proyecto, (3) Acta de Reunión, (4) Especificación de Requisitos, (5) Solicitud de Cambio, (6) Acciones Correctivas, (13) Acta de Aceptación, (14) Resultados de Verificación, (15) Resultados de Validación
SmallPDF	es una herramienta online que facilita la manipulación de archivos PDF. Entre una de las diversas funciones que tiene, SmallPDF envía solicitud de firma del documento correspondiente a una o varias personas para realizar una firma electrónica. Su uso requiere de las cuentas de correo electrónico de las personas que firmarán el documento. Los archivos tienen que ser en formato PDF, y estos son seleccionados de manera local (Smallpdf AG).	(1) Enunciado de Trabajo, (2) Plan de Proyecto, (3) Acta de Reunión, (4) Especificación de Requisitos, (5) Solicitud de Cambio, (6) Acciones Correctivas, (13) Acta de Aceptación, (14) Resultados de Verificación, (15) Resultados de Validación

Tabla 1 – Conjunto de herramientas seleccionadas y su mapeo con los productos de trabajo

Por otro lado, se elaboraron 17 de plantillas como soporte, que corresponden a los productos de trabajo del estándar, se considera que estas plantillas pueden ser utilizadas por EMPS que están iniciando la implementación del estándar para una mejor comprensión del mismo. A continuación, se listan plantillas realizadas con base

en los productos de trabajo de estándar: *acciones correctivas, acta de aceptación, acta de reunión, casos de prueba y procedimientos de prueba, enunciado de trabajo, especificación de requisitos, manual de mantenimiento, manual de operación, manual de usuario, plan de proyecto, registro de trazabilidad, reporte de avance, reporte de pruebas, resultados de verificación, resultados de validación y solicitud de cambio.*

2.2. Estructura de las rutas

Cada guía está estructurada considerando los elementos e iconografía mostrada en la Tabla 2.

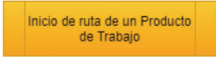
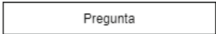
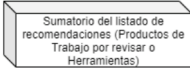
Elemento	Iconografía
Inicio de la ruta	 Inicio de la ruta de Opción de uso  Inicio de ruta de un Producto de Trabajo
Preguntas	 Pregunta
Respuestas con opción múltiple	 Respuestas de opción múltiple
Listado de recomendaciones	 Sumatorio del listado de recomendaciones (Productos de Trabajo por revisar o Herramientas)
Fin de la ruta	 Fin de la ruta  Fin de ruta / Sugerencias

Tabla 2 – elementos de la ruta y su iconografía

2.3. Modelado de las rutas

El modelado de las rutas se basa en dos aspectos:

- *Opciones de uso.* Son las rutas que se siguen para recomendar la revisión de un determinado conjunto de productos de trabajo.
- *Productos de trabajo.* Son las rutas que se siguen para obtener la recomendación de alguna herramienta que dé soporte al cumplimiento de dicho producto de trabajo.

2.3.1. Opciones de uso

La guía proporciona rutas que ofrecen opciones de uso, el objetivo de estas rutas es sugerir un conjunto de productos de trabajo, de acuerdo con las características identificadas por parte del usuario. Las recomendaciones para usar la guía son tres:

- *Por enfoque de desarrollo.* Para su definición se tomaron como base los problemas identificados por producto de trabajo (ver introducción), y éstos se catalogan de acuerdo con los modelos, métodos o metodologías que las EMPs utilizan. Como resultado, esta ruta presenta un listado de productos de trabajo que requieren mayor énfasis dependiendo del enfoque de desarrollo que se utilice. La Figura 1, muestra el diagrama a manera de representación de la ruta de búsqueda de herramienta habilitado.
- *Por cumplimiento de objetivos.* Para su definición se tomaron como base los objetivos definidos en el estándar a cumplir tanto para el proceso de gestión de proyectos, como para el proceso de implementación de software. Como resultado, esta ruta presenta una lista de los productos de trabajo que requieren ser revisados con base en los objetivos del proceso que se esté enfocando. La Figura 2, muestra el diagrama a manera de representación de la ruta de búsqueda de herramienta habilitado.

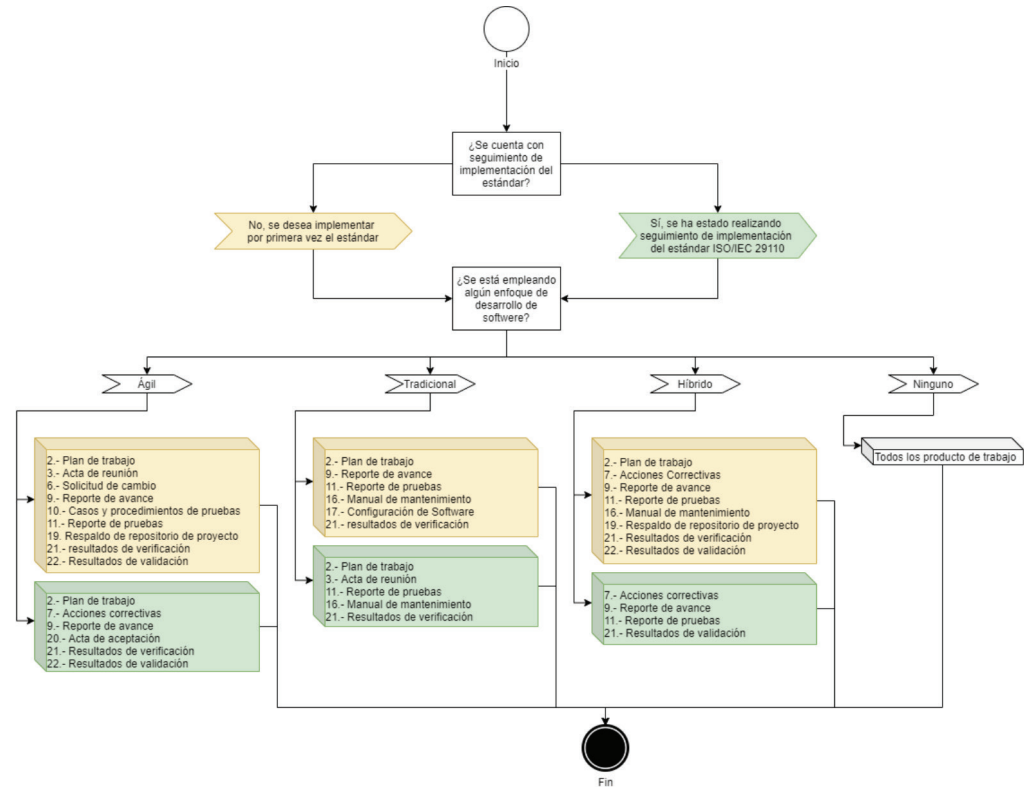


Figura 1 – Ruta por enfoque de desarrollo de software

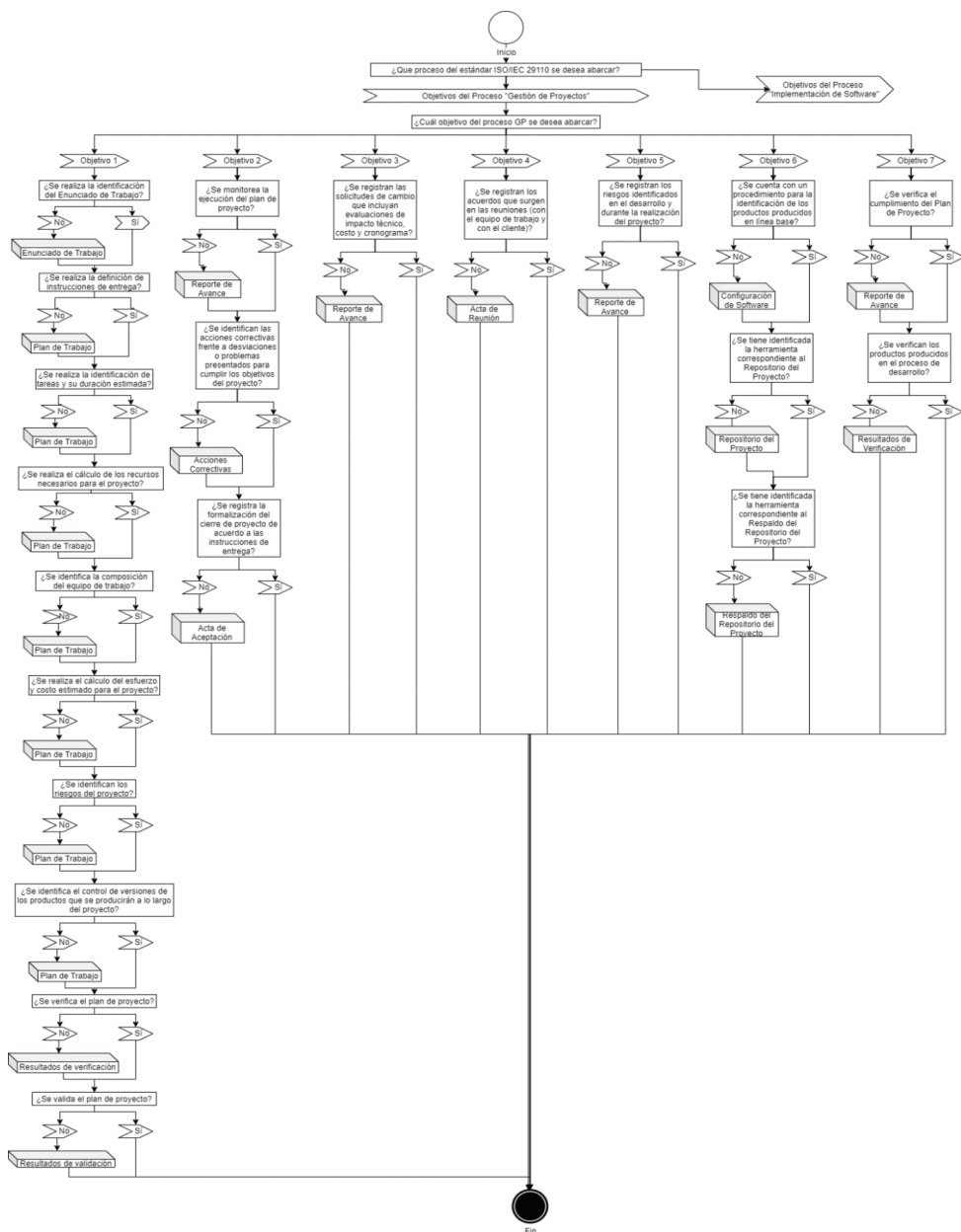


Figura 2 – Ruta por cumplimiento de objetivos para el proceso de Gestión de proyectos

2.3.2. Por producto de trabajo

Para su definición se toman como base 20 de los 22 productos de trabajo sugeridos por el estándar en su perfil básico (ISO/IEC, 2011). Los productos que se omitieron como parte de la ruta son *componentes de software y software*. Para la elaboración de la ruta de productos de trabajo se tomaron en cuenta las características de las herramientas para la elaboración de las preguntas, y de esta manera, se toman en cuenta también, las características del usuario y de su equipo para sugerir una herramienta. La Figura 3, muestra el diagrama a manera de representación de la ruta de búsqueda de herramienta.

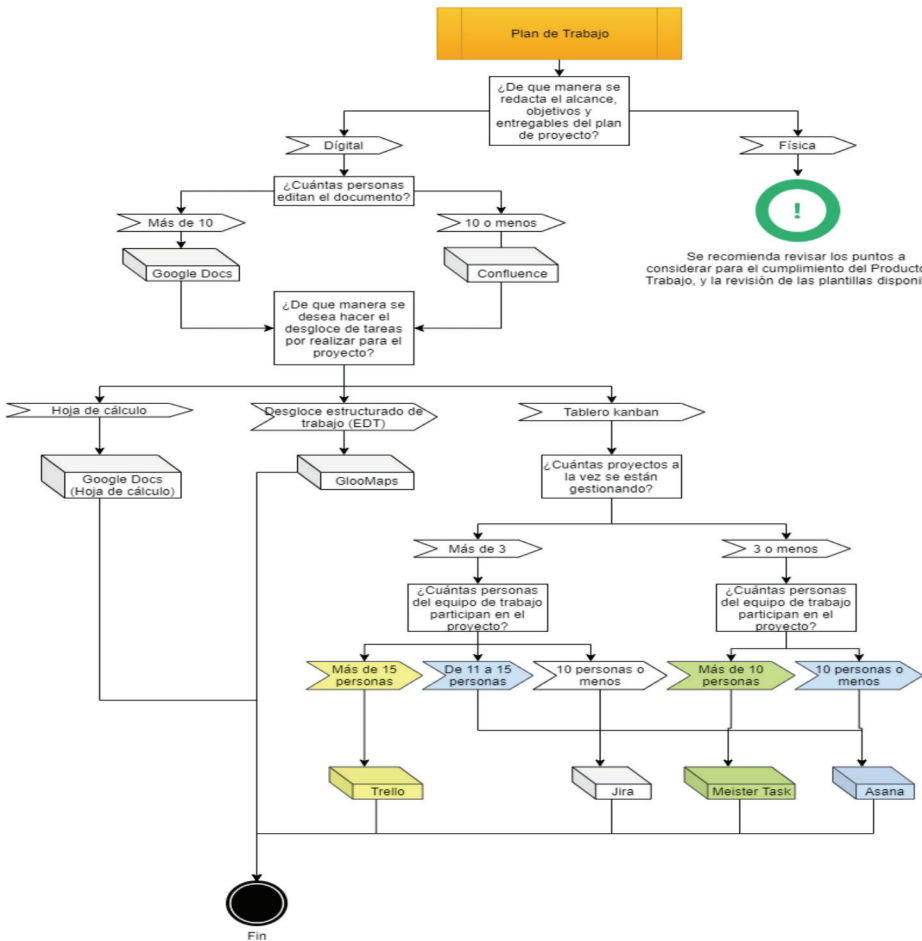


Figura 3 – Ruta por producto de trabajo para el producto de trabajo plan de proyecto

3. Plataforma para implementación de rutas

La plataforma desarrollada se denomina H|29110, la plataforma fue desarrollada con HTML 5 y Javascript, y cuenta con la siguiente funcionalidad:

- *Inicio.* Presenta la parte introductoria de la herramienta que contiene: (1) los objetivos principales de la herramienta mostrando dos opciones ayudar con la implementación del estándar y ayudar a automatizar los procesos; (2) la problemática abordada por la herramienta y, (3) muestra las opciones de herramientas y plantillas que ofrece la herramienta. La Figura 4 muestra la pantalla de inicio de la plataforma.



Figura 4 – Pantalla de inicio de la plataforma

- *Opciones de uso.* Muestra las tres opciones que se pueden elegir para el uso de la plataforma de acuerdo con las rutas definidas: *por enfoques de desarrollo*, *por cumplimiento de objetivos* y *por productos de trabajo*. La Figura 5 muestra la pantalla de opción por cumplimiento de objetivos de la plataforma.



Figura 5 – Pantalla de opción cumplimiento por objetivos de la plataforma

- *ISO/IEC 29110.* Da una breve descripción del estándar y proporciona un contexto del uso para la plataforma H|29110. La Figura 6 muestra la pantalla de la descripción del estándar que proporciona la plataforma.



Figura 6 – Pantalla de descripción del estándar ISO/IEC 29110

- *Acerca de.* Da un breve contexto a los usuarios acerca de la razón para desarrollar H|29110. La Figura 7 muestra la pantalla de descripción de la plataforma.

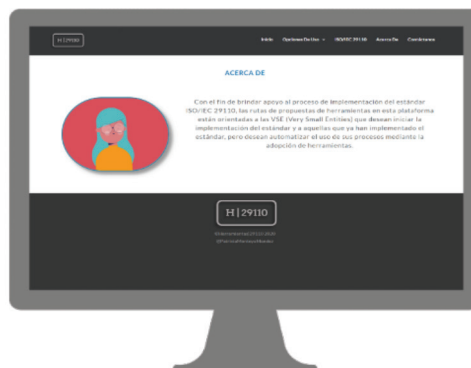


Figura 7 – Pantalla de descripción de la plataforma

- *Contáctanos.* Alienta a los usuarios a proporcionar retroalimentación a la plataforma.

4. Validación de las rutas por una EMP

Para la validación de las rutas se utilizó un estudio de caso basado en el uso de la plataforma por una EMP.

4.1. Planteamiento del estudio de caso

- *Objetivos:* evaluar la usabilidad y funcionalidad de la plataforma H|29110 y de las herramientas propuestas por ésta, así como también el soporte que ofrecen para la implementación del perfil básico del estándar ISO/IEC 29110.

- *Unidad de análisis:* empresa mexicana fundada en el año 2008, que tiene como objetivo el desarrollo de soluciones a través de tarjetas de grado industrial para el desarrollo de aplicaciones mecatrónicas, sistemas embebidos e internet de las cosas. La empresa inició su proceso de certificación en el estándar ISO/IEC 29110 en el año 2017, y actualmente pertenece al ecosistema de Calidad conformado por empresas de desarrollo de software en el estado de Zacatecas, certificadas en el estándar. Por cuestiones de confidencialidad se nombrará como Empresa A.
- *Antecedentes.* Debido a la importancia de las EMPs en el mercado de software, surge la necesidad de brindar apoyo a estas empresas, para facilitar la implementación del ISO/IEC 29110. Por ende, se requiere de una guía que sugiera herramientas para ayudar a cubrir la implementación de la ISO/IEC 29110 a las EMPs, permitiendo así la adopción del estándar con base en el proceso de la empresa, y de así requerirlo, automatizar los procesos.
- *Preguntas de investigación.* A continuación, se muestra en la Tabla 3 las preguntas de investigación definidas para validación de la plataforma.

ID	Pregunta
<i>Contexto de la empresa</i>	
PEC01	¿Utiliza alguna metodología o modelo de desarrollo de software para el desarrollo de proyectos? ¿Cuál?
PEC02	¿Cuál es el nivel de dificultad que implica para usted el cumplimiento de los productos de trabajo del estándar ISO/IEC 29110?
PEC03	¿Qué técnicas se utilizan actualmente en su empresa?
PEC04	¿Qué herramientas utiliza actualmente para implementar el estándar ISO/IEC 29110?
<i>Rendimiento de herramientas actualmente utilizadas por la empresa</i>	
PEC05	Tomando en cuenta el orden de las herramientas que se mencionaron anteriormente, ¿Cuál es su opinión de la cobertura de los respectivos Productos de Trabajo del estándar ISO/IEC 29110?
PEC06	¿Qué opina de la apariencia de la interfaz de las herramientas que utiliza?
PEC07	¿Qué opina de la facilidad de uso de las herramientas que utiliza?
PEC08	¿Qué opina del trabajo colaborativo de las herramientas que utiliza?
PEC09	¿Qué opina del rendimiento de las herramientas que utiliza?
PEC10	¿Qué opina de la disponibilidad de las herramientas que utiliza?
<i>Rendimiento de herramientas sugeridas por la plataforma</i>	
PEC11	¿Qué opina de la cobertura de los respectivos productos de trabajo del estándar ISO/IEC 29110 por las herramientas propuestas?
PEC12	¿Qué opina de la apariencia de la interfaz de las siguientes herramientas?
PEC13	¿Qué opina de la facilidad de uso en estas herramientas?
PEC14	¿Qué opina del trabajo colaborativo en estas herramientas?
PEC15	¿Qué opina del rendimiento en estas herramientas?
PEC16	¿Qué opina de la disponibilidad en estas herramientas?

ID	Pregunta
PEC17	¿Se conocían alguna de las herramientas propuestas por la plataforma? ¿Cuáles?
PEC18	¿Qué opina de las herramientas propuestas?
PEC19	¿Qué opina de la plataforma web “H 29110” que le proporcionó las herramientas implementadas?

Tabla 3 – Preguntas de investigación

- *Métodos o instrumentos de recolección de información.* Para la recolección de datos se estableció el siguiente proceso listado a continuación. Cabe resaltar que el estudio de caso se realizó durante el periodo de pandemia.
- 1. Se realizó una reunión virtual con el personal de la empresa A, y se les presentó la plataforma H|29110, por medio de una demostración de uso;
- 2. Se realizó una reunión en las instalaciones de la empresa para observar y dar soporte en la implementación de la plataforma H|29110;
- 3. Se seleccionaron 2 herramientas para implementar, con base en los resultados obtenidos en la implementación de la plataforma web;
- 4. Se recibió la documentación de un proyecto finalizado, y se instanció en las herramientas previamente seleccionadas;
- 5. Se realizó una reunión con el personal de la empresa A, donde se realizó una introducción a las herramientas previamente seleccionadas, así como también se entregaron las credenciales correspondientes a las cuentas donde se crearon las instancias del proyecto proporcionado;
- 6. se estableció un lapso en el cual la empresa pudo revisar las instancias del proyecto. En este lapso, se le brindó a la empresa A, asistencia en la resolución de dudas respecto a las herramientas seleccionadas;
- 7. La empresa A respondió el cuestionario respecto a su opinión y experiencia con la plataforma H|29110 y las herramientas propuestas por ésta.
- 8. Se analizaron los datos arrojados por el cuestionario que respondió la empresa A.

4.2.Análisis de resultados

El análisis de resultados se presentará tomando como base las preguntas respondidas por la empresa, como se observa en la Tabla 2, las preguntas se dividen en tres apartados: *contexto de la empresa, rendimiento de herramientas actualmente utilizadas por la empresa y rendimiento de herramientas sugeridas por la plataforma.*

- A. *Contexto de la empresa:* este apartado permite establecer la situación actual de la empresa referente a la implementación del estándar, la Tabla 4 muestra las respuestas proporcionadas por la empresa, como se observa la empresa menciona los productos de trabajo en los que ha tenido dificultad media y baja, además de las técnicas y herramientas que en ese momento utilizaba que como se observa son limitadas.

Contexto de la empresa	
PECO1	Modelo de cascada
PECO2	Los productos de trabajo que representan una “dificultad alta”: registro de trazabilidad, reporte de verificación y reporte de validación. Los productos de trabajo que representan una “dificultad media”: especificación de requisitos, diseño de software y el respaldo del repositorio del proyecto. El resto de los productos de trabajo representaban “dificultad baja” o “dificultad muy baja”.
PECO3	Reuniones y diagrama de Gantt
PECO4	Microsoft Office (Word/Excel), GitHub y Gantt Project

Tabla 4 – respuestas a las preguntas de investigación

- B. *Rendimiento de herramientas actualmente utilizadas por la empresa:* este apartado permite conocer la percepción de la utilidad y facilidad de uso de las herramientas actualmente utilizadas por la empresa que son Microsoft Office (Word/Excel), GitHub y Gannt Project.

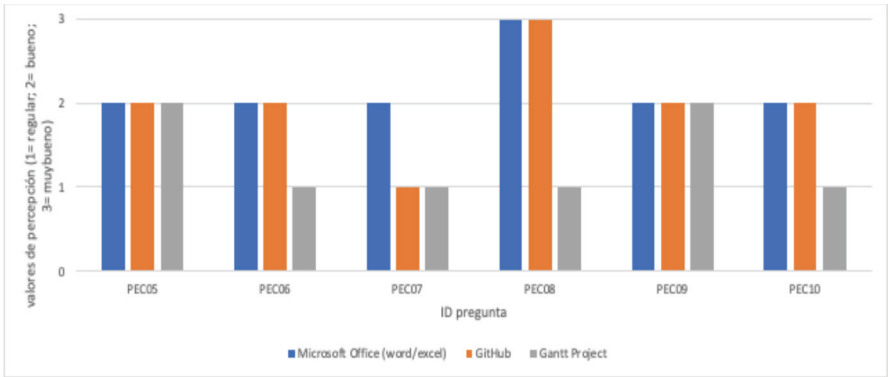


Figura 8 – Percepción de las herramientas actualmente utilizadas por la empresa

- Como se observa en la figura en cuanto al trabajo colaborativo tanto Microsoft como GitHub han sido valoradas como muy buenas; las tres son valoradas como buenas en cuanto a cobertura de productos de trabajo y rendimiento de las herramientas. En general, Microsoft office en la herramienta valorada como buena en apariencia, facilidad de uso, rendimiento y disponibilidad. Por otro lado, Gannt Project es la herramienta que tiene más valoración de regular en aspecto de apariencia, facilidad, trabajo colaborativo y disponibilidad.
- C. *Rendimiento de herramientas sugeridas por la plataforma:* este apartado permite conocer la percepción de la utilidad y facilidad de uso de las herramientas sugeridas por la plataforma que son Confluence y Aqua.

Como se observa en la figura ambas herramientas fueron mejor valoradas respecto a la cobertura de productos de trabajo y disponibilidad. Confluence además es evaluada como muy buena para aspecto como apariencia de interfaz y facilidad de uso; y Aqua para el aspecto de rendimiento. Ambas herramientas fueron valoradas como regulares para el aspecto de trabajo colaborativo y en especial Aqua en el aspecto de apariencia de interfaz, se considera que esto se debe principalmente a la falta de experiencia en su uso y a que están utilizando únicamente la versión gratuita de las herramientas. Esto se refuerza con la respuesta a la pregunta PEC17 en la que mencionan que no conocían ninguna de las dos herramientas propuestas por la plataforma. Sin embargo, con base en la respuesta a PEC18 respecto a la opinión que tiene la empresa de ambas herramientas, éstas son percibidas como bastante útiles en su versión gratuita.

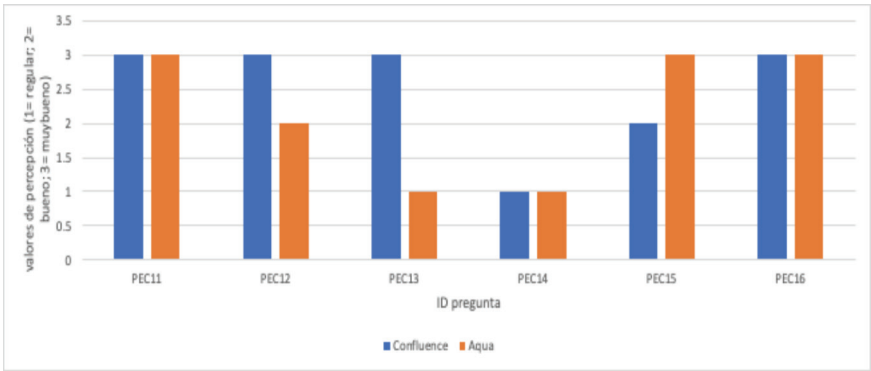


Figura 9 – Percepción de las herramientas actualmente sugeridas por la plataforma

Finalmente, sobre su valoración de la plataforma (pregunta PEC19) la respuesta de la empresa fue *“es una plataforma que ayuda en la selección de herramientas para el apoyo en la creación y gestión de productos de trabajo de la norma ISO.”* Y como punto de mejora proponen la integración de videos introductorios a la herramienta.

Aunado a lo anterior, la empresa resalta que los recursos proporcionados por la plataforma pueden ser de mucha utilidad para empresas que se encuentran en las primeras etapas de la implementación del estándar.

5. Conclusiones y trabajo futuro

Las Entidades Muy Pequeñas (EMPs) actualmente tienen un rol muy importante en la cadena de suministro para el desarrollo de software, por lo tanto, es importante que sus procesos de desarrollo sigan las buenas prácticas de estándares internacionales, como las propuestas por el estándar ISO/IEC 29110, creado para apoyar a este tipo de empresas en la mejora de sus procesos de desarrollo de software, y que, por ende, impacta en la calidad de sus productos y servicios de software.

Lo antes mencionado resalta la importancia de la correcta implementación del estándar, sin embargo, debido a la falta de experiencia previa en el uso de estándares, la falta de comprensión del mismo y el desconocimiento de herramienta que faciliten su implementación pueden dificultar su implementación. Como un esfuerzo para minimizar este riesgo, en este artículo se muestran un conjunto de rutas que apoyan en la selección de herramientas para facilitar la implementación del estándar, pero además apoyan en la comprensión del mismo, mostrando rutas que permiten comprender su implementación desde tres perspectivas: metodología utilizada, objetivos del estándar y productos de trabajo.

Como trabajo futuro se pretende ampliar la muestra de empresas para evaluación de la plataforma a través de la realización de estudios de caso, que incluyan organizaciones que inician el proceso de implementación del estándar ISO/IEC 29110, y organizaciones que ya cuentan con experiencia en el estándar, y con los resultados se pretende robustecer el conjunto de herramientas que contenga la herramienta, así como funcionalidad sugerida por los participantes.

Referencias

- Andagon. (s.f.). *Aqua manual*. <http://aquawiki.andagon.com/>
- Appium. (s.f.). *Introduction to Appium*. <http://appium.io/docs/en/about-appium/intro/>
- Asana. (s.f.). *Asana Guide*. <https://asana.com/es/guide>
- Atlassian. (s.f.). *Confluence Support*. <https://support.atlassian.com/confluence-cloud/resources/>
- Atlassian a. (s.f.). *How to Use Bitbucket Cloud*. <https://bitbucket.org/product/guides>
- Atlassian b. (s.f.). *Jira Software Support*. <https://support.atlassian.com/jira-software-cloud/resources/>
- Atlassian c. (s.f.). *Trello Help*. <https://help.trello.com/category/698-category>
- Bergmann, S. (s.f.). *PHPUnit Manual*. <https://phpunit.readthedocs.io/es/latest/>
- Bizagi. (s.f.). *Guía de Usuario de Bizagi Process Modeler*. <http://help.bizagi.com/process-modeler/es/>
- Britt, J., & Neurogami. (s.f.). *TEST::Unit::Options*. <https://ruby-doc.org/stdlib-2.0.0/libdoc/test/unit/rdoc/Test/Unit/Options.html>
- Christos, K., & Aschenfeld, D. (s.f.). *Online Signature*. <https://onlinesignature.com/>
- Eccam. (s.f.). *ReqView Documentation*. <https://www.reqview.com/doc/welcome>
- GitLab. (s.f.). *GitLab Docs*. <https://docs.gitlab.com/ee/install/README.html>
- Google. (s.f.). *G Suite*. https://www.google.com/intl/es_mx/docs/about/
- Google a. (s.f.). *G Suite*. https://www.google.com/intl/es_mx/sheets/about/#start

- Google b. (s.f.). *Google Drive*. https://www.google.com/intl/es_ALL/drive/using-drive/
- Google c. (s.f.). *Hangouts Help*. <https://support.google.com/hangouts/?hl=en#topic=6386410>
- HotGloo. (s.f.). *Gloomaps*. <https://www.hotgloo.com/gloomaps>
- ISO/IEC/IEEE. (2017). ISO/IEC/IEEE 12207, “Systems and software engineering – Software life cycle processes.” International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Commission: Geneva, Switzerland.
- ISO/IEC. (2011). ISO/IEC 29110-4-1:2011 Software engineering -- Lifecycle profiles for Very Small Entities (VSEs) -- Part 4-1: Profile specifications: Generic profile group. <https://www.iso.org/standard/51154.html>
- INEGI. (2018). INEGI Presenta Resultados de la Encuesta Nacional Sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE) 2018. En A. Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo Económico (Ed.), *Comunicado de Prensa Num. 448/19*, (pág. 16).
- JUnit. (s.f.). *JUnit 5 User Guide*. <https://junit.org/junit5/docs/current/user-guide/>
- Kickass Software. (s.f.). *draw.io Learning*. <https://drawio-app.com/learning/>
- Konrad, M., Chrissis, M. B., & Shrum, S. (2012). CMMI para Desarrollo. Centro de Estudio Ramón Arees, S.A.
- Lupu, A. V. (s.f.). *GitHub C4-Builder*. <https://adrianvlupu.github.io/C4-Builder/#/?id=overview>
- MeisterLabs. (s.f.). *MeisterTask Help Center*. <https://support.meistertask.com/hc/en-us>
- Microsoft. (s.f.). *Ayuda de Skype*. <https://support.skype.com/es/skype/all/>
- Microsoft. (s.f.). *Ayuda y aprendizaje de OneDrive*. <https://support.microsoft.com/es-mx/onedrive?ui=es-es&rs=es-mx&ad=mx>
- Muñoz, M., Mejía, J., & Laporte, C. Y. (2018). Reinforcing Very Small Entities Using Agile Methodologies with the ISO/IEC 29110. *CIMPS 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, 865, 88-98.
- Muñoz M., Mejía J., Peña A., Laporte Y.C., Gasca-Hurtado G.P. Beyond factors that motivate the adoption of the ISO/IEC 29110 in Mexico: An exploratory study of the implementation pace of this standard and the benefits observed, 15(6). Special Issue: Emerging and Multidisciplinary Approaches to Software Engineering. Pp. 412-427. <https://doi.org/10.1049/sfw2.12041>

- Muñoz, M., Mejia, J., Peña, A., Laporte, C., Gasca-Hurtado, G.P., Gómez-Álvarez, M.C. (2021). An Exploratory Analysis of the Perception of the Utility of Proven Practices of the Software Basic Profile of ISO/IEC 29110 by a Set of VSEs in Mexico. In: Yilmaz, M., Clarke, P., Messnarz, R., Reiner, M. (eds) Systems, Software and Services Process Improvement. EuroSPI 2021. Communications in Computer and Information Science, vol 1442. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85521-5_29
- Muñoz M. and Montoya-Méndez P. “Identification of issues in the implementation of the ISO/IEC 29110 standard: comparison between the state of the art and the state of practice,” *2021 10th International Conference On Software Process Improvement (CIMPS)*, 2021, pp. 90-97, <https://doi.org/10.1109/CIMPS54606.2021.9652708>.
- Python Software Foundation. (s.f.). *Unittest - Unit testing framework*. <https://docs.python.org/3/library/unittest.html>
- PlantUML. (s.f.). *PlantUML in a nutshell*. <https://plantuml.com/>
- Salgado, G. (s.f.). *MoProSoft: Un modelo para mejorar la calidad del software en México*. (Conogasi) <http://conogasi.org/articulos/moprosoft-un-modelo-para-mejorar-la-calidad-del-software-en-mexico/>
- Smallpdf AG. (s.f.). *Firmar PDF*. <https://smallpdf.com/es/firmar-pdf>
- Smith, A. (s.f.). *Github OSRMT*. <https://github.com/osrmt/osrmt/>
- Software Freedom Conservancy. (s.f.). *The Selenium Browser Automation Project*. <https://www.selenium.dev/documentation/en/>
- The NUnit Project. (s.f.). *NUnit Documentation Site*. <https://docs.nunit.org/>
- Zoom Video Communications. (s.f.). *Zoom Centro de Ayuda*. <https://support.zoom.us/hc/en-us>

Propuesta de Métricas para la implementación del estándar ISO/IEC 29110

Jezreel Mejía

jmejia@cimat.mx

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

DOI: 10.17013/risti.45.24-47

Resumen: El estándar ISO/IEC 29110 tiene como objetivo proveer y contribuir una serie de diferentes actividades, tareas y productos de trabajo que buscan mejorar la calidad de los diferentes productos de software desarrollado por Entidades Muy Pequeñas (EMPs). Sin embargo, la calidad no debe ser solo cualitativa sino cuantitativa a través del uso de métricas y aún en muchas EMPs existe el desconocimiento de la correcta aplicación de las diferentes métricas que pueden ser implementadas en este estándar. Este artículo presenta una propuesta de Métricas que apoyen a las EMPs en la implementación de este estándar y tener una visión cuantitativa en la calidad a nivel proceso, producto y proyecto. Para identificar las métricas viables, se analizaron dos proyectos presentados por dos EMPs para obtener su certificación, identificando el conjunto de métricas a través de la documentación presentada por las EMPs.

Palabras-clave: ISO/IEC 29110, entidades muy pequeñas, métricas de producto, proceso y proyecto.

Metrics proposal for the implementation of the ISO/IEC 29110 standard

Abstract: The ISO/IEC 29110 standard aims to provide and contribute to a series of different activities, tasks and work products that seek to improve the quality of the different software products developed by Very Small Entities (VSEs). However, quality should not only be qualitative but quantitative through the use of metrics and even in many VSEs there is a lack of knowledge of the correct application of the different metrics that can be implemented in this standard. This article presents a metrics proposal that support VSEs in the implementation of this standard and have a quantitative vision of quality at the product, process and project levels. To identify viable metrics, two projects submitted by two VSEs to obtain their certification were analyzed, identifying the set of metrics through the documentation submitted by these.

Keywords: ISO/IEC 29110, Very Small Entities, Product, Process and Project Metrics.

1. Introducción

De acuerdo a los resultados obtenidos de INEGI en 2018, existen más de 4 millones de empresas en México, de las cuales el 97.3% corresponden a microempresas (Mipymes), y 2.7% a PYMES (INEGI, 2018). Debido a su importancia en México el 76% de estas empresas fueron apoyadas por parte de PROSOFT, lo que indica su importancia en la industria del software, en este país (Laporte, et al 2017). Además, es importante resaltar que tienen una gran presencia en la industria del software en algunos países, donde alrededor del 94% está formado por este tipo de empresas (Mejia, et al 2020) (Galván-Cruz, et al 2021).

A nivel mundial, se encuentran asociada al desarrollo de software alrededor del 92% de las empresas (Mejia, et al 2021). Por lo tanto, este tipo de empresas están cada vez más interesadas en implementar estándares o modelos orientado a procesos que permitan guiar el desarrollo de sus productos y servicios de software adecuados a su tamaño y características. En respuesta a esta necesidad para las Entidades Muy Pequeñas (EMPs) o Micro, pequeña y medianas empresas (Mipyme), se crea el estándar ISO/IEC 29110 (ISO/IEC, 2011). El objetivo de este estándar es mejorar la calidad del producto a través del uso de dos procesos: el proceso de Gestión de Proyectos (GP) y el proceso de Implementación del Software (IS).

Sin embargo, alrededor del 15% de las EMPs han indicado que los estándares son complejos y no proporcionan una guía para su uso en un entorno pequeño (Laporte & Mejia, 2020). Este contexto, puede desencadenar problemas como productos de una calidad baja, por lo que deben evaluarse y mejorarse continuamente los procesos implementados (Choras, et al 2020). Para lograrlo, se requiere hacer uso de diferentes métricas de software, necesarias para evaluar tanto el proyecto, proceso y producto en este tipo de empresas y durante la implementación del estándar ISO/IEC 29110. Por lo tanto, la medición permite que la mejora continua no sea solo cualitativa sino cuantitativa.

Este artículo tiene como objetivo, proponer un conjunto de métricas viables identificadas a través de un estudio de caso en dos EMPs que han permitido identificar métricas que pueden ser implementadas bajo el estándar ISO/IEC 29110.

Después de la introducción, este artículo se estructura como sigue: la sección 2 describe de manera general el estándar ISO/IEC 29110; la sección 3 presenta la clasificación de métricas que fueron seleccionadas; la sección 4 muestra el estudio de caso que sirvió para identificar y proponer el conjunto de métricas seleccionadas; y finalmente la sección 5 presenta las conclusiones y trabajo futuro.

2. ISO/IEC 29110

La ISO/IEC 29110 (2011) es una serie de estándares titulado “Ingeniería de Software – Perfiles de Ciclo de Vida para Pequeñas Organizaciones. Una Entidad Muy Pequeña (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 [3]. Esta norma contiene dos áreas de proceso, las cuales se describen a continuación:

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). Esta parte del estándar ISO/IEC 29110 está destinada a ser utilizada por las EMPs para establecer procesos para implementar cualquier enfoque o metodología de desarrollo que incluya, por ejemplo, un enfoque ágil, evolutivo, incremental, impulsado por pruebas desarrollo, etc., en función de las necesidades de la organización o el proyecto de VSE. Esta área de proceso contiene 7 objetivos (Galván-Cruz, et al 2021). El proceso de GP consta de cuatro actividades y cada actividad con un número de tareas específicas. Cada una de estas actividades con sus tareas producen los siguientes productos.

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

- 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.

- 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 son aquellos que se generan al realizar las tareas del proceso de GP:

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

2. **Proceso de Implementación de Software (IS):** Su propósito 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). Esta parte del estándar ISO/IEC 29110 está destinada a ser utilizada por el VSE para establecer procesos para implementar cualquier enfoque o metodología de desarrollo que incluya, por ejemplo, un enfoque ágil, evolutivo, incremental, impulsado por pruebas desarrollo, etc. en función de las necesidades de la organización o el proyecto de VSE. El proceso IS, a través de la realización de cada una de sus actividades, pretende cumplir 7 objetivos al igual que el proceso de GP. Cada una de estas actividades con sus tareas producen los siguientes productos.

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

- 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.

- Resultados de Verificación.
- Resultados de Validación.

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

- 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.

La Figura 1, muestra la estructura general de los procesos GP e IS con sus actividades y total de tareas.

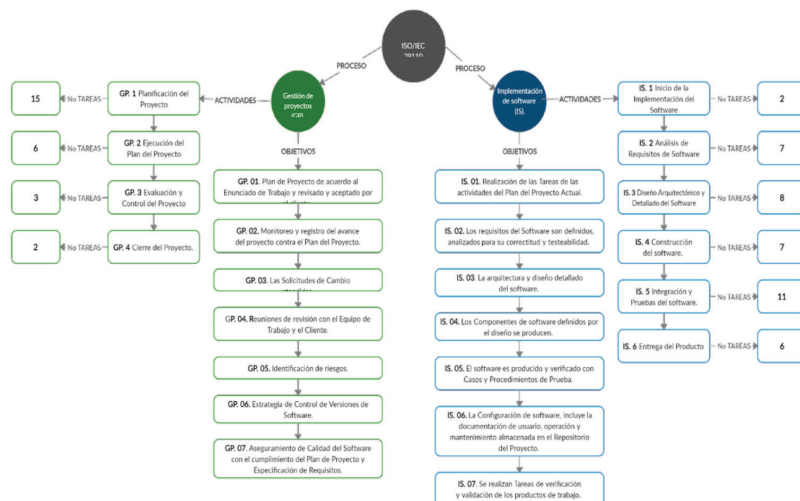


Figura 1 – Estructura de los procesos GP e IS

Como puede observarse en la Figura 1, cada área de procesos tiene 7 objetivos. El proceso GP consta de 4 actividades y la sumatoria de sus tareas es de 26, donde la actividad 1 es la que contiene el máximo de tareas asignadas, 15 en total. Con respecto al proceso IS consta de 6 actividades y la sumatoria de sus tareas es de 41, siendo la actividad 5 es la que contiene el máximo de tareas asignadas, 11 en total. Como resultado se debe de realizar la implementación de 67 tareas que producen en total 22 productos de trabajo.

3. Métricas

Para realizar la identificación de métricas se tomo como referencias las métricas de Proceso, de producto y de Proyecto (Baso, 2014; Constanzo, et al 2014; Gehlot, et al 2019; Haindl, et al 2021; Noor, et al 2020; Rashid, et al 2019; Vogel, et al 2020) Ver Anexo A:

- *Métricas del proceso:* Evalúan la vialidad y la naturaleza del proceso de programación (Rashid, et al 2019), permiten la obtención de indicadores que buscan a analizar avances en el proceso y el ambiente de desarrollo de software, utilizada para evaluar la eficiencia de un proceso, encontrándose atributos como el costo del desarrollo, esfuerzo y tiempo dedicado a pruebas, cantidad de personas por día, por mes, interrupciones, entre otros (Noor, 2020).
- *Métricas del producto:* Evalúan la calidad de los productos entregables y la estimación de los elementos del trabajo obtenido en los diferentes periodos del desarrollo de software (Rashid, et al 2019), considerando atributos como el tamaño, calidad, complejidad, esfuerzo, volatilidad, entre otros (Noor, 2020).
- *Métricas del proyecto:* Describen características propias del proyecto y su ejecución, reflejando las cualidades y la ejecución de la empresa, con el objetivo de reducir la planificación de desarrollo o minimizar defectos, para lo que consideran atributos como la duración real del proyecto, esfuerzo real por proceso, subproceso, por proyecto, costo total invertido, tamaño del proyecto, entre otros (Noor, 2020).

4. Estudio de caso

El desarrollo del estudio de caso se realizó en dos Mipymes de desarrollo de productos y servicios de software en el estado de Zacatecas, México. Para poder llevar a cabo la propuesta y viabilidad de las métricas, se solicitó la carpeta de los proyectos presentados, para obtener la certificación en el ISO/IEC 29110 de estas empresas.

La primera EMPs fue creada en el año 2005 y es una organización privada dedicada a la venta de productos y soluciones informáticas. Tiene como objetivo proveer de soluciones tecnológicas más eficaces y de mejorar el cumplimiento de los estándares de calidad deseados. Uno de los enfoques de dicha empresa el desarrollo de software a medida, tomando en cuenta estrictos estándares de calidad. La documentación presentada se enlista a continuación con la siguiente estructura:

- 1REQ
 - 1.02_ EspecificaciónRequerimientos
 - MAT_Rastreabilidad

- 2DIS
 - 3.01_CU
 - 3.02_ModeloArquitectónico
 - 3.03_BD-DD
 - 3.04_PrototiposManualPreliminar
- 3DEV
 - UT
 - Acceso
 - Alta de Usuarios
 - Aretes
 - Médicos
 - Productores
 - Pruebas
 - UPP
- 4TST
 - IT
 - PlanPruebasIntegracion
- ADM
 - Minutas
 - 1.02_MIN_JuntaValidaciónRequerimientos20191003
 - 6.04_MIN_EntregaAlCliente20200331
 - MIN_JuntaAvanceCliente20191107
 - MIN_JuntaAvanceCliente20191205
 - MIN_ReporteAvance20191007
 - MIN_ReporteAvance20191104
 - MIN_ReporteAvance20191202
 - MIN_ReporteAvance20200106
 - MIN_ReporteAvance20200203
 - SolicitudCambio
 - Reportes
 - ReporteAvance20191007
 - ReporteAvance20191104
 - ReporteAvance20191202
 - ReporteAvance20200106
 - ReporteAvance20200203
 - 1.01_EnunciadoTrabajo
 - 1.03_PlanProyecto
 - 1.04_PAC
 - 1.05_PlanRiesgos
 - 1.06_Cronograma
 - 4.01_BitácoraVersiones
 - 4.02_AccionesCorrectivas
 - 6.05_ActaEntrega
 - 6.05_ActaEntrega.pdf
 - CriteriosVerificaciones
 - SESIAJ-EstrategiaControlVersiones

- ETC
 - Linea Base
 - LB_1REQ
 - LB_2DIS
 - LB_3DEV
 - LB_4TST
 - LB_5Final
 - Manuales
 - 6.01_Manual Usuario
 - 6.02_Manual Mantenimiento
 - 6.03_Manual Operación
- Finalconfig
 - 1.02_EspecificaciónRequerimientos
 - 6.01_Manual Usuario
 - 6.02_Manual Mantenimiento
 - 6.03_Manual Operación

La segunda Mipyme fundada en el año 2008. Tiene como objetivo ser pionera en el desarrollo de nuevas soluciones basadas en la innovación, constante perfeccionamiento, así como la total satisfacción del cliente a través de Ingeniería, Investigación y Tecnología de Clase Mundial. Las áreas de desarrollo Incluyen: Minería, Construcción, Pirotecnia, Academia e Instrumentación. Sus principales desarrollos se enfocan a: Desarrollo de Aplicaciones Mecatrónicas, Sistemas Embebidos e Internet de las Cosas; totalmente compatible con la plataforma de desarrollo de Atmel. La documentación presentada para la obtención de la certificación está relacionadas a 18 productos de trabajo que a continuación se enlistan:

- Gestión del Proyecto.
 - Acciones Correctivas.
 - Acta de Aceptación.
 - Actas de Reunión.
 - Cronograma de actividades.
 - Descripción del Proyecto.
 - Plan de adquisición y capacitación.
 - Plan del Proyecto.
 - Reportes de Avance.
 - Solicitud de Cambio.
- Implementación de Software.
 - Análisis y Diseño.
 - Casos de Prueba y Procedimientos de Prueba.
 - Especificación de Requisitos.
 - Manual de Mantenimiento y Operación.
 - Manual de Usuario.
 - Registro de Trazabilidad.
 - Reporte de Pruebas.
 - Reporte de Verificación y Validación.
 - Software.

4.1. Identificación de métricas

Para llevar a cabo la identificación de métricas que se proponen se realizó las siguientes actividades:

- Análisis de las tareas y los productos de trabajo: el análisis de las tareas y la relación que tienen entre ellas desde el proceso de GP e IS fueron analizadas.
- Análisis de documentación presentada: se tomo como referencia la documentación presentada por las dos empresas de desarrollo de software en consideración de la aplicación del estándar ISO/EIC 29110.

Tras la realización de las actividades anteriores, se detectaron 63 métricas viables agrupados de acuerdo a la Figura 2.

PRODUCTO:

Tamaño:

Líneas de Código (Medida en miles - KLDC), .

Puntos de Función (PF).

Páginas de Documentación.

Complejidad:

Complejidad Ciclomática.

Nivel de Acoplamiento de los Módulos.

Nivel de Modularidad (Cohesión de Módulos).

Calidad:

Cantidad de defectos por KLDC.

Cantidad de errores encontrados por KLDC.

Cantidad de defectos/errores que encuentran los usuarios después de la entrega.

Tipo y origen de los defectos (requerimientos, análisis y diseño, construcción, integración y pruebas).

Mantenimiento:

Cantidad de Componentes.

Volatilidad de los Componentes.

Complejidad de los componentes.

Cantidad de requerimientos nuevos, de cambios o mejoras.

Cantidad de requerimientos de corrección de defectos.

Tiempo promedio de corrección de errores ó defectos.

Tiempo promedio de cambios.

Porcentaje del código corregido.

Confiabilidad:

Tiempo transcurrido entre fallas

Tiempo esperado entre fallas

Tiempo requerido para corregir una falla

Nivel de severidad de la falla

Usabilidad:

Facilidad de aprendizaje de uso.

Errores cometidos por los usuarios con el uso.

Tiempo requerido para realizar las tareas.

Rendimiento:

Tiempos de respuesta (Acuerdos SLA).

Utilización de recursos (Troughput o Thruput) – cantidad de transacciones que pueden ejecutarse concurrentemente con un tiempo de respuesta razonable.

Tiempo de recuperación.

PROYECTO:

Esfuerzo

Cantidad de horas trabajadas.

Cantidad de personas que trabajan en el proyecto.

Tiempo transcurrido.

Distribución del esfuerzo por fase.

Costo:

Costo del Desarrollo.

Costo del Soporte.

Costo de hs/persona.

Productividad

Cantidad de software desarrollado por unidad de trabajo.

Tamaño/Esfuerzo.

Ritmo de entrega del software por unidad de tiempo transcurrido.

Seguimiento

- Cronograma real vs Cronograma estimado.
- Porcentaje de tareas completadas.
- Porcentaje de requerimientos implementados por unidad de tiempo.
- Porcentaje de tiempo total dedicado a las pruebas.
- Porcentaje de error en la estimación de tiempo.
- Costo sobre el valor agregado.

Estabilidad

- Origen de los cambios en los requerimientos.
- Cambios de los requerimientos en el desarrollo.
- Cambios en los requerimientos en producción.

PROCESO:

Esfuerzo:

- Distribución del esfuerzo por fase del proceso.
- Cantidad de personas requeridas.
- Esfuerzo requerido para corregir un defecto.
- Esfuerzo requerido para mejorar un defecto.

Reusabilidad:

- Cantidad de componentes reutilizados.
- Grado de reusabilidad de los componentes.

Calidad:

- Cantidad de defectos sin corregir.
- Costo de corrección de defectos.
- Eficacia en la eliminación de defectos.
- Cantidad de veces que un módulo fue probado.
- Tamaño de un módulo.
- Tiempo promedio en corrección de defectos.

Soporte a clientes:

- Tamaño del back log de defectos.
- Tiempo de respuesta en atender los defectos.
- Tiempo de resolución de defectos.

Herramientas:

Soporte de herramientas para procesos propuestos.

Asociado a la documentación analizada de las dos empresas, se identificó cuales elementos permiten obtener información asociada a las métricas identificadas. El Anexo A, muestra los productos de trabajo del estándar que inciden en la extracción de información para poder alimentar los datos de las métricas, las cuales se originan en el proceso de Gestión de Proyectos y reciben información a partir de datos generados en el mismo proceso o bien del proceso de Implementación de Software.

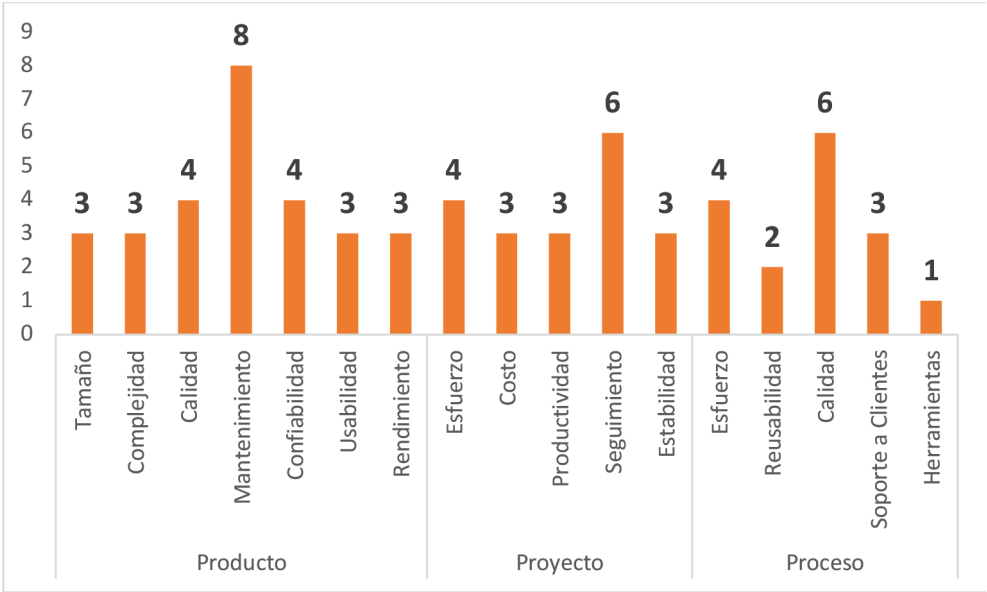


Figura 2 – Total de métricas que pertenecen a cada categoría según su atributo

Respecto a la información que se obtiene a partir del análisis de la documentación, y de acuerdo a la Figura 3, se observa que existe una gran cantidad de información que se obtiene a partir del análisis o implementación de casos y procedimientos de prueba, de donde se obtiene información para alimentar 26 de las 63 métricas.

Además, en la Figura 3 se observa que, para el caso de la documentación asociada a los componentes de software, se obtiene información para alimentar 25 de las 63 métricas y adicionalmente, mientras qué, asociado a los diferentes reportes de avance y reporte de pruebas, permite alimentar con información a 18 y 23 de las 63 métricas analizadas respectivamente, y finalmente del plan de proyecto se pueden cubrir 17 métricas.

En relación con la cantidad de tareas que cubren las diferentes métricas, es posible obtener que existen 7 tareas asociadas al proceso de Gestión de Proyectos que permiten alimentar estas métricas. Para el proceso de Implementación de Software, existen 15 tareas que permiten alimentar métricas, donde adicionalmente. Por lo tanto, se identificó

que, para el proceso de Gestión de Proyectos, la tarea que presenta una mayor frecuencia en relación a su aportación de información a las métricas corresponde a la tarea 2.1 (Monitorear la ejecución del Plan de Proyecto y registrar la información actual en el Reporte de Avance), 28 de las 63 métricas presentadas en la Anexo A.

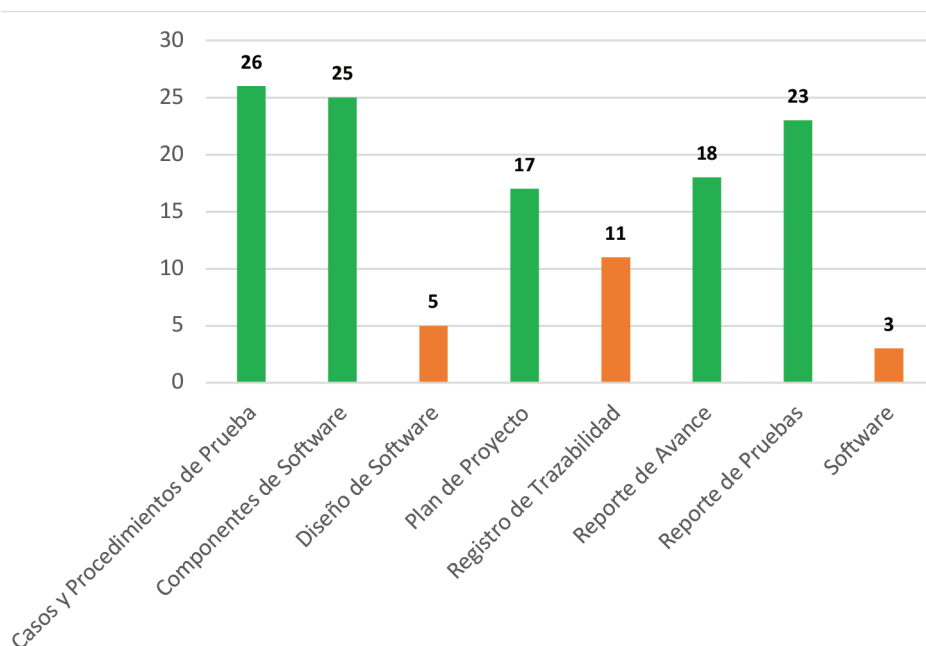


Figura 3 – Cantidad de métricas que pueden ser analizadas a partir del producto de trabajo generado

4.2. Propuesta de Mejoras para la implementación de productos de trabajo

Después del análisis de la documentación presentada por ambas EMPs y de los resultados obtenidos a través de la identificación de métricas y establecer su viabilidad que se presenta en el Anexo A, se identificaron mejoras con respecto a los productos de trabajo relacionadas a las métricas propuestas:

- a. **Tiempo estimado:** la estimación de tiempo es la actividad de la planificación del proyecto que intenta determinar cuánto dinero, esfuerzo, recursos y tiempo tomará construir un sistema o producto. De acuerdo al análisis de las actividades de GP e IS, la estimación de tiempo debe realizarse a tres niveles para ser presentado en un plan de proyecto mas cercano al tiempo que se empleará en el desarrollo del proyecto, estos tres niveles son:
 1. Tiempo estimado a nivel gestor y líder técnico.
 2. Tiempo estimado del equipo de proyecto.
 3. Tiempo estimado global del proyecto.

- b. **Tiempo real:** en el cronograma el Líder Técnico y el equipo de trabajo analizan los tiempos de acuerdo con el reporte de avance de cada miembro del equipo, y si hay algún pendiente en una tarea asignada poder tomar una decisión. Cabe resaltar que, si hay una solicitud de cambio y es aceptado, esta métrica será afectado, ya que cambiaría los tiempos de algunas tareas o en el peor de los casos el tiempo de todas las tareas. El cronograma real debe ser alimentado con los reportes de avance de cada miembro del equipo. Por lo tanto, puede existir algún ajuste en la estimación de tareas y en el tiempo real de cada tarea.

Por lo tanto, en relación con la generación de reportes de avances, esclarecer que debe existir a lo menos tres niveles de reportes de avance, siendo estos a nivel individual, para realizar el análisis del cumplimiento de las tareas por cada miembro del equipo, a nivel de equipo, siendo este el conjunto un análisis a partir de los reportes levantados por los miembros del equipo y reportes a nivel de proyectos, considerando los elementos anteriores para realizar el análisis del cumplimiento que se lleva como equipo y así realizar una comparativa con los demás proyectos en ejecución.

- c. **Costo Estimado:** la estimación de costo es la actividad de la planificación del proyecto que intenta determinar cuánto dinero, esfuerzo y recursos tomará construir un sistema o producto. De acuerdo al análisis de las actividades de GP e IS, la estimación de costos debe realizarse a tres niveles para ser presentado en un plan de proyecto mas cercano al costo que implica todo el desarrollo del proyecto, estos tres niveles son:

1. Costo estimado a nivel gestor y líder técnico.
2. Costo estimado del equipo de proyecto.
3. Costo estimado global del proyecto.

- d. **Costo Real:** en el cronograma el Líder Técnico y el equipo de trabajo analizan los costos de acuerdo con el reporte de avance de cada miembro del equipo, y si hay algún pendiente en una tarea asignada poder tomar una decisión. Cabe resaltar que si hay una solicitud de cambio y es aceptado, esta métrica será afectado, ya que cambiaría los costos de algunas tareas o en el peor de los casos el costo de todas las tareas. El cronograma real debe ser alimentado con los reportes de avance de cada miembro del equipo. Por lo tanto, puede existir algún ajuste en la estimación de tareas y en el tiempo real de cada tarea.

Con respecto a las métricas anteriores puede concluirse que es necesario que se deben desarrollar 3 planes de proyectos, uno de alto nivel (Requisitos y algunos requerimientos del proyecto), uno de bajo nivel, con el detalle de los requerimientos analizados por parte de los miembros del equipo de trabajo, para realizar la evaluación de los costos asociados para el desarrollo del proyecto y poseer información que permita alimentar el plan de proyectos de alto nivel para no incurrir en malas proyecciones respecto a lo planificado. Y finalmente, el plan de proyecto global, que es la versión que se entregará al cliente para ser validado por él.

5. Conclusiones y trabajo futuro

El estándar ISO/IEC 29110 fue creado para apoyar a las Entidades Muy Pequeñas (EMPs) en la mejora de sus procesos de desarrollo de software, debido al rol que tienen muy importante en el desarrollo de software, las cuales tienen en promedio el 92% de representación a nivel mundial. Por lo tanto, es importante que las EMPs implementen de manera adecuada los procesos de este estándar. Sin embargo, debido a la falta de experiencia previa en el uso de estándares, la falta de comprensión del mismo y el desconocimiento de métricas asociadas al producto, proyecto y proceso que faciliten la evaluación cualitativa a lo largo de los proyectos desarrollados puede dificultar la correcta evaluación de la calidad.

En este artículo se muestra un conjunto de métricas que apoyan en la implementación del estándar. El hacer uso de diferentes métricas permite mejorar la calidad desde la perspectiva de las tareas asociadas a cada una de las actividades del estándar ISO/IEC 29110, así como permitir realizar un análisis respecto de la calidad desde el punto de vista del producto, proyecto y proceso. De acuerdo al Anexo A, se describe el tipo de métrica, su descripción; así como, en que tarea y producto de trabajo del estándar puede alimentarse.

El estudio de caso que se llevo a cabo, permitió proponer un conjunto de métricas que a través de la documentación presentada para obtener una certificación en el estándar ISO/IEC 29110 se identificó su viabilidad a través de la realización de los productos de trabajo. Como resultado, se lograron identificar 63 métricas. Además, se identificó que existe una gran cantidad de información que se obtiene a partir del análisis o implementación de casos y procedimientos de prueba, de la documentación asociada a los componentes de software, de reportes de avance y reporte de pruebas, y finalmente del plan de proyecto. Por lo que, es importante resaltar la importancia de estos productos de trabajo y su incidencia en la generación de información para implementar métricas. Como resultado del análisis de la documentación de los proyectos presentados fue posible obtener información para el 48% de las 63 métricas a partir de su documentación. Lo que resalta la importancia de capacitar a las EMPs en el uso de métricas de producto, proyecto y del proceso. Finalmente, como resultado de este análisis a través de las métricas se identificaron hallazgos de mejora asociadas a los productos de trabajo o formatos entregados para mejorarlos y asociar éstos a diferentes datos que son necesarios para implementar métricas, las cuales permitirán mejorar la base de conocimientos de las EMPs en relación con los proyectos realizados.

Como trabajo futuro, es analizar la correcta implementación en los productos de trabajo de las empresas que presenten proyectos para la obtención de la certificación en el estándar ISO/IEC 29110. Además, de incluir de manera explícita el uso de métricas asociadas a los productos de trabajo indicados en el Anexo A.

Anexo A

Anexo A - Métricas existentes en ingeniería de software y análisis de las métricas y su obtención a partir de la documentación entregada.

Métricas		Descripción	Tarea ISO/IEC 29110	Formato o producto de trabajo
Producto	Tamaño	Esta métrica busca medir la cantidad de instrucciones ejecutables, excluyendo comentarios, líneas en blanco y toda línea no ejecutable. Loc: Líneas de código. # LE: Líneas de código ejecutables. #Cmtsblks: Número de líneas de código no ejecutables.	IS.4.3 - 5.7	Componentes de Software - Software.
	Puntos de Función (PF).	Los puntos de función se utilizan en el desarrollo de software como base para la estimación de costos, evaluación comparativa y, en general, para la derivación de métricas de productividad y calidad. Una clasificación de puntos de función es independiente de la tecnología subyacente de la aplicación.	IS.4.3 - 5.7	Componentes de Software - Software.
	Páginas de Documentación.	Este atributo indica la calidad de la documentación suministrado junto con el componente. Al ser una medida subjetiva utilizaremos una métrica con varias categorías. Se utiliza una métrica de tipo Nivel que indique la calidad de la documentación.	IS.5.10 - 5.11 - 6.3	Manual de Operación - Manual de Usuario - Manual de Mantenimiento.
Complejidad	Complejidad Ciclomática.	Esta métrica proporciona una indicación del código complejidad basada en el número de ramas en los flujos de control. #Aristas: Número de aristas. # Nodos: Número de nodos del grafo correspondientes a sentencias del programa.	IS.4.4 - 4.5 - 5.3 - 5.4 - 5.5 - 5.6	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba.
	Nivel de Acoplamiento de los Módulos.	Esta métrica calcula el número de dependencias entre los componentes de software contenidos dentro del paquetes.	IS.3.3	Diseño de Software.
	Nivel de Modularidad (Cohesión de Módulos).	Esta métrica proporciona una indicación de las funciones asignadas a un solo módulo de software. Cohesión Número de requisitos asociados con un componente de software. Número de funciones por componente de software Interacción promedio de funciones dentro de los componentes. AFI: Interacción de la función promedio.	IS.3.3	Diseño de Software.
Calidad	Cantidad de defectos por KLDC.	Esta métrica busca medir la cantidad de defectos identificados, según la cantidad de líneas de código, lo que provee una medida para la evaluación de las métricas de calidad productiva. # DE: # de defectos identificados. KLDC: Cantidad total de líneas de código.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.

Métricas	Descripción	Tarea ISO/IEC 29110	Formato o producto de trabajo
Cantidad de errores encontrados por KLDC.	Esta métrica busca medir la cantidad de errores identificados, según la cantidad de líneas de código, lo que provee una medida para la evaluación de las métricas de calidad productiva. # E: # de errores identificados. KLDC: Cantidad total de líneas de código.	IS.5.4	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba.
Cantidad de defectos/errores que encuentran los usuarios después de la entrega.	Esta medida busca proveer al equipo de desarrollo de un parámetro de calidad de sus productos posterior a la entrega al usuario. En otras palabras, corresponde al # de defectos o errores encontrados por los usuarios después de la liberación de la aplicación. En otras palabras, el defecto posterior a la prueba.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.
Tipo y origen de los defectos (requerimientos, análisis y diseño, construcción, integración y pruebas).	Esta medida busca proveer un análisis de la causa de los defectos en la producción, identificando el proceso de desarrollo de software en el cual se está incurriendo en fallas.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.
Mantenimiento	Cantidad de Componentes.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.
	Volatilidad de los Componentes.	IS.3.3 - 4.3	Componentes de Software - Diseño de Software - Registro de Trazabilidad
Complejidad de los componentes.	Esta métrica compuesta toma diferentes atributos de complejidad. El resultado muestra el efecto de estos parámetros en la complejidad de un CBS.	IS.3.3	Diseño de Software.
Cantidad de requerimientos nuevos, de cambios o mejoras.	# de requerimientos cambiados.	IS.3.3	Diseño de Software.
Cantidad de requerimientos de corrección de defectos.	# de requerimientos corregidos.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.

Métricas	Descripción	Tarea ISO/IEC 29110	Formato o producto de trabajo
Tiempo promedio de corrección de errores ó defectos.	Esta medida busca proveer la información de cuánto tiempo se está empleado en realizar cambios o corregir defectos del software. Errores descubiertos durante el trabajo para hacer el cambio. Defectos descubiertos después de liberar el cambio al cliente base.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.
Tiempo promedio de cambios.	T1 = Tiempo de operación T2 = Sumatoria de los intervalos de tiempo entre fallos consecutivos. A = # total de fallos detectados durante el tiempo de operación observado. Nota: 0<X, Y; Mientras más grande mejor.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.
Porcentaje del código corregido.	-	IS.4.3 - 5.5 - 5.6	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.
Confiabilidad	Tiempo transcurrido entre fallas.	T1 = Sumatoria de los intervalos de tiempo entre fallos consecutivos. A = # total de fallos detectados durante el tiempo de operación observado.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6
	Tiempo esperado entre fallas.	TTF: Tiempo fallos de las características del software en un marco de tiempo determinado.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6
	Tiempo requerido para corregir una falla.	Contar el número de fallas que no volvieron a suceder durante el período de prueba bajo condiciones similares. A1= # de fallos resueltos. A2= # total de fallos detectados.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6
	Nivel de severidad de la falla.	La gravedad de los defectos se puede medir mediante el índice de gravedad de los defectos, una métrica utilizada para medir la calidad del producto directamente. Se mantienen cuatro niveles para comprobar la gravedad de los defectos, es decir, Nivel 4: Crítico, nivel 3: Grave, nivel 2: Medio y nivel 1: Bajo	IS.5.4
Usabilidad	Facilidad de aprendizaje de uso.	T = Tiempo promedio tomado para aprender a utilizar una función correctamente. Nota: 0<T; mientras más pequeño mejor.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6

	Métricas	Descripción	Tarea ISO/IEC 29110	Formato o producto de trabajo
	Errores cometidos por los usuarios con el uso.	T = Período de tiempo de operación durante la observación (o la suma de tiempo de operación entre operaciones con error humano. N = # de ocurrencias de errores humanos de operación.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.
	Tiempo requerido para realizar las tareas.	Tiempo necesario para completar tareas representativas y predefinidas con funciones de software. Mide todo el tiempo necesario para completar la tarea, independientemente del éxito o el fracaso.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.
Rendimiento	Tiempos de respuesta (Acuerdos SLA).	Ejecutar concurrentemente una gran cantidad de tareas y medir los tiempos de espera como resultado de operaciones de E/S.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.
	Utilización de recursos (Throughput o Thruput) – cantidad de transacciones que pueden ejecutarse concurrentemente con un tiempo de respuesta razonable.	Capacidad: número de solicitudes entrantes de funciones y servicios de software que se pueden gestionar en un período de tiempo determinado. Define la tasa máxima de solicitudes que se pueden atender en este período de tiempo.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6	Componentes de Software - Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.
	Tiempo de recuperación.	T = Tiempo de recuperación en cada oportunidad. N = # de casos que se observó al sistema entrar en recuperación.	IS.4.3 - 5.5 - 5.6	Software - Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.
Proyecto	Cantidad de horas trabajadas.	Mide el tiempo que es efectivo en el proyecto a partir de la relación entre la horas-hombre productivas y las horas-hombre totales en el punto del proyecto.	GP.2.1	Plan de Proyecto (Bajo Nivel).
Esfuerzo	Cantidad de personas que trabajan en el proyecto.	# de personas que trabajan en el proyecto.	GP.2.1	Plan de Proyecto (Bajo Nivel) - Reporte de Avance.
	Tiempo transcurrido.	Tiempo transcurrido en el desarrollo del proyecto.	GP.2.1	Plan de Proyecto (Bajo Nivel).

Métricas		Descripción	Tarea ISO/IEC 29110	Formato o producto de trabajo
Costo	Distribución del esfuerzo por fase.	Corresponde al tiempo promedio que tarda el proceso de desarrollo en ir desde el inicio hasta la finalización. Por lo tanto, la reducción del tiempo de ciclo es beneficiosa para la organización ya que le permite a la empresa cumplir con sus plazos en un lapso más rápido.	GP.2.1	Plan de Proyecto (Bajo Nivel) - Reporte de Avance.
	Costo del Desarrollo.	Funcionalidad desarrollada: Comprende desde los requerimientos del cliente hasta la obtención del software.	GP.3.1 - 3.2 -3.3	Plan de Proyecto (Bajo Nivel) - Reporte de Avance.
	Costo del Soporte.	\$ costes totales por soporte	GP.2.1	Plan de proyecto (Bajo Nivel).
	Costo de hs/ persona.	Mide cuánto debe trabajar el equipo de proyecto con el tiempo restante para finalizar el proyecto.	GP. 2.1	Plan de proyecto (Bajo Nivel).
Productividad	Cantidad de software desarrollado por unidad de trabajo.	Tiene como objetivo medir la capacidad de entrega en relación con el tiempo empleado (o unidad de trabajo).	GP.2.1	Plan de Proyecto (Bajo Nivel) - Reporte de Avance - Software.
	Tamaño/Esfuerzo.	El tamaño funcional permite calcular la tasa de productividad esperada, comparándola con datos históricos de la organización. Tasa de productividad puede expresarse como horas/PF.	GP.2.1	Plan de Proyecto (Bajo Nivel) - Reporte de Avance.
	Ritmo de entrega del software por unidad de tiempo transcurrido.	Permite medir el tiempo transcurrido hasta la entrega al usuario o bien medir la capacidad de entrega por unidad de tiempo.	GP.2.1	Plan de Proyecto (Bajo Nivel) - Reporte de Avance.
Seguimiento	Cronograma real vs Cronograma estimado.	Mide la variación en términos de cronograma, resaltando el porcentaje de trabajo que aún debe completarse de acuerdo con el cronograma.	GP.2.1	Plan de Proyecto (Bajo Nivel).
	Porcentaje de tareas completadas.	-	GP.2.1	Plan de Proyecto (Bajo Nivel).
	Porcentaje de requerimientos implementados por unidad de tiempo.	-	GP.2.1	Plan de Proyecto (Bajo Nivel).

Métricas		Descripción	Tarea ISO/IEC 29110	Formato o producto de trabajo
	Porcentaje de tiempo total dedicado a las pruebas.	TCP: Productividad total de casos. TPPSP: Total de pasos de prueba sin procesar. E: Esfuerzos (Horas).	GP.3.3	Casos y Procedimientos de Prueba - Registro de Trazabilidad - Reporte de Avance.
	Porcentaje de error en la estimación de tiempo.	-	GP.3.1 - 3.2 -3.3	Plan de Proyecto (Bajo Nivel) - Reporte de Avance.
	Costo sobre el valor agregado.	El BAIDT (beneficio antes de intereses, pero después de impuestos) b) El WACC (costo promedio del capital) y el capital en cada ejercicio. c) La retribución que esperan los inversores por aportar el capital. Este concepto se determina multiplicando el costo del capital o tasa WACC por el volumen de capital o activos que genera dicho BAIDT.	GP.2.1	Plan de Proyecto (Bajo Nivel).
Estabilidad	Origen de los cambios en los requerimientos.	Análisis del origen de los cambios en los requerimientos.	GP.3.1 - 3.2 -3.3	Plan de Proyecto (Bajo Nivel) - Reporte de Avance.
	Cambios de los requerimientos en el desarrollo.	-	IS.4.4 - 4.5 - 5.3 - 5.4 - 5.5 - 5.6	Casos y Procedimientos de Prueba - Reporte de Pruebas.
	Cambios en los requerimientos en producción.	Número de defectos posteriores a la liberación: número de defectos que se hacen evidentes en el entorno productivo después de la prueba. Un defecto posterior al lanzamiento es un problema informado por el usuario en una versión de software, que debe corregirse.	GP.2.1	Software.
Proceso Esfuerzo	Distribución del esfuerzo por fase del proceso.	-	IS.4.3	Componentes de Software.
	Cantidad de personas requeridas.	# de personas requeridas para el desarrollo del proyecto.	GP.2.1 - 3.1 - IS.4.1 - 5.1 - 6.1	Plan de Proyecto (Bajo Nivel).
	Esfuerzo requerido para corregir un defecto.	Esfuerzo requerido (persona-horas) para hacer el cambio.	GP.1.5 - 1.6	Plan de Proyecto.

Métricas	Descripción	Tarea ISO/IEC 29110	Formato o producto de trabajo	
Reusabilidad	Esfuerzo requerido para mejorar un defecto.	GP.1.5 - 1.6	Plan de Proyecto.	
	Cantidad de componentes reutilizados.	IS.5.5 - 5.6	Reporte de Pruebas - Registro de Trazabilidad - Reporte de Avance.	
	Grado de reusabilidad de los componentes.	-	IS.4.4 - 4.5 - 4.6 - 5.3 - 5.4 - 5.5 - 5.6	Casos y Procedimientos de Prueba - Registro de Trazabilidad - Reporte de Avance.
	Cantidad de defectos sin corregir.	Defectos encontrados sin corregir durante las pruebas.	IS.4.4 - 4.5 - 4.6 - 5.3 - 5.4 - 5.5 - 5.6	Casos y Procedimientos de Prueba - Registro de Trazabilidad - Reporte de Avance.
Calidad	Costo de corrección de defectos.	-	IS.4.4 - 4.5 - 4.6 - 5.3 - 5.4 - 5.5 - 5.6	Casos y Procedimientos de Prueba - Registro de Trazabilidad - Reporte de Avance.
	Eficacia en la eliminación de defectos.	E: Número de errores encontrados antes de entregar al usuario final. D: Número de defectos encontrados después de la entrega.	IS.4.4 - 4.5 - 4.6 - 5.3 - 5.4 - 5.5 - 5.6	Casos y Procedimientos de Prueba - Registro de Trazabilidad - Reporte de Avance.
	Cantidad de veces que un módulo fue probado.	-	IS.4.3	Componentes de Software.

	Métricas	Descripción	Tarea ISO/IEC 29110	Formato o producto de trabajo
	Tamaño de un módulo.	Cantidad de líneas de código del componente.	IS.5.5 - 5.6	Componente de software. [Corregido]
	Tiempo promedio en corrección de defectos.	Mide el tiempo que se tarda en resolver los defectos asociados a la ejecución del proyecto.	IS.5.5 - 5.6	Reporte de Pruebas - Registro de Trazabilidad - Reporte de Avance.
Soporte a los clientes	Tamaño del backlog de defectos.	NPCDM: Número de problemas cerrados durante el mes. NLLPDM: Número de problemáticas durante el mes.	IS.4.3	Componentes de Software.
	Tiempo de respuesta en atender los defectos.	TACD: Tiempo actual para resolver defectos. TPCD: Tiempo planificado para la resolución de defectos.	IS.5.5 - 5.6	Reporte de Pruebas - Registro de Trazabilidad - Reporte de Avance.
	Tiempo de resolución de defectos.	TACD: Tiempo actual para resolver defectos.	IS.5.5 - 5.6	Reporte de Pruebas - Registro de Trazabilidad - Reporte de Avance.
Herramientas	Soporte de herramientas para procesos propuestos.	-	IS.5.5 - 5.6	Reporte de Pruebas - Registro de Trazabilidad - Reporte de Avance.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación ha sido posible gracias a la participación de Mipymes de desarrollo de software en Zacatecas, México y por el trabajo aportado por los estudiantes de **México** (*Edgar Bonilla, Israel Faustino, Einar Jhordany, Elizabeth Villanueva del Centro de Investigación en Matemáticas, Unidad Zacatecas, México*) y de **Chile** (*Octavio Zepeda Valero de la Escuela de Ingeniería Universidad Católica del Norte*).

Referencias

Basso, D. (2014). Propuesta de Metricas para Proyectos de Explotacion de Informacion. Revista Latinoamericana de Ingenieria de Software, 2(4), 157. <https://doi.org/10.18294/relais.2014.157-218>.

- Constanzo, M. A., Casas, S. I., Marcos, C. A. (2014). Comparación de modelos de calidad, factores y métricas”, *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, 6(1), 1–36. Accedido el 14 de enero de 2022. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v6i1.89>
- Choras, M., Springer, T., Kozik, R., López, L. (2020). Measuring and Improving Agile Processes in a Small-Size Software Development Company”, *IEEE Access*, 8, 78452–78466. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2990117>
- Galván-Cruz, S., Muñoz, M., Mejía, J., Laporte, C.Y., Negrete, M. (2021). 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/10.1007/978-3-030-63329-5_2
- Gehlot, S. (2019). Complexity Metrics for Component Based Software — A Comparative Study. *Journal of Computers*, 14(6), 389–396. <https://doi.org/10.17706/jcp.14.6.389-396>
- Haindl, P & Plosch, R. (2021). Value-oriented quality metrics in software development: Practical relevance from a software engineering perspective, *IET Software*, pp. 1–18. <https://doi.org/10.1049/sfw2.12051>
- ISO/IEC. (2011). ISO/IEC 29110-4-1:2011 Software engineering -- Lifecycle profiles for Very Small Entities (VSEs) -- Part 4-1: Profile specifications: Generic profile group. <https://www.iso.org/standard/51154.html>
- 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. <http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/index.html>.
- INEGI. (2018). INEGI Presenta Resultados de la Encuesta Nacional Sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE) 2018. En A. Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo Económico (Ed.), *Comunicado de Prensa Num. 448/19*, (pág. 16).
- 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>
- Laporte, C. Y., Muñoz M., Gerançon, B. (2017). The education of students about ISO/IEC 29110 software engineering standards and their implementations in very small entities. *IEEE Canada International Humanitarian Technology Conference (IHTC)*, pp. 94-98. <https://doi.org/10.1109/IHTC.2017.8058208>.
- Mejía, J., Bonilla, E., Faustino, I., Jhordany, E., Villanueva, E. (2020). GPIS:Tool to assess internal processes and projects based on ISO/IEC 29110,” 2020 9th International Conference On Software Process Improvement (CIMPS), pp. 44-51. <https://doi.org/10.1109/CIMPS52057.2020.9390129>.

- Mejia, J., Bonilla, E., Faustino, I., Jhordany, E., Villanueva, E. (2021). Apoyando a las Mipymes en la Evaluación Interna de Procesos y Proyectos para la Certificación en la Norma ISO/IEC 29110”, RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (41), 80–96. <https://doi.org/10.17013/risti.41.80-96>
- Noor, H., Hayat, B., Hamid, A., Wakeel T., Nasim, R. (2020). Software Metrics: Investigating Success Factors, Challenges, Solutions And New Research Directions. International Journal Of Scientific & Technology Research, 9(8), 38–44. <http://www.ijstr.org/final-print/aug2020/Software-Metrics-Investigating-Success-Factors-Challenges-Solutions-And-New-Research-Directions.pdf>
- Rashid, J., Mahmood, T., Nisar, M. W. (2019). A Study on Software Metrics and its Impact on Software Quality. Technical Journal, University of Engineering and Technology (UET) Taxila, Pakistan, 24(1), 69–82.
- Vogel, M., Knapik, P., Cohrs, M., Szyperrek, B., Pueschel, W., Etzel, H., Fiebig, D., Rausch, A., Kuhrmann, M. (2020). Metrics in automotive software development: A systematic literature review. Journal of Software: Evolution and Process, e2296. <https://doi.org/10.1002/smr.2296>

Implementación de plan de contingencia ante la pandemia COVID-19 llamado rompiendo paradigmas docentes

Raquel Aguayo¹, Carmen Lizarraga¹, Mercedes López-Bojórquez²,
Yadira Quiñonez³, Amaranta Cabrera⁴

raquelaguayog@uas.edu.mx; carmen.lizarraga@uas.edu.mx; bianeylopez@uas.edu.mx;
yadiraqui@uas.edu.mx; amaranta_cs@hotmail.com

¹ Universidad Autónoma de Sinaloa, Unidad Académica de Gastronomía y Nutrición Mazatlán, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México

² Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de ciencias Económicas, Admirativas y Tecnológicas 81400, Guamúchil Sinaloa, México

³ Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México

⁴ Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Medicina, 80034, Culiacán, Sinaloa, México

DOI: 10.17013/risti.45-48-63

Resumen: El propósito de la educación superior es formar alumnos capacitados de manera eficiente para que puedan atender las necesidades de la sociedad actual; sin embargo, durante la pandemia COVID-19 fue obligatorio implementar un plan de contingencia para que el proceso de enseñanza-aprendizaje no se viera afectado. En este sentido, fue necesario capacitar a los docentes ante las carencias detectadas en la formación docente, al cambiar de la modalidad presencial a la virtual para que enfrentaran los retos educativos actuales para desempeñar su práctica docente de manera exitosa. El objetivo de este proyecto es romper paradigmas en la formación docente universitaria de los profesores en la Unidad Académica de Gastronomía y Nutrición Mazatlán (UAGyNM) de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) a través de videos tutoriales; la difusión fue por medio de una campaña de expectativa y concientización sobre la importancia de este fenómeno, que impacta directamente en el desempeño académico de los estudiantes. La recogida de datos se hace con un pre y post-test a los docentes, y una entrevista a los estudiantes.

Palabras-clave: Formación docente; profesionalización; profesores universitarios; proceso de enseñanza-aprendizaje; entornos virtuales.

Implementation of a contingency plan for the COVID-19 pandemic called Breaking Educational Paradigms

Abstract: The purpose of higher education is to train students efficiently to meet the needs of today's society; however, during the COVID-19 pandemic, it was mandatory to implement a contingency plan so that the teaching-learning process was not affected. In this sense, it was necessary to train teachers in the face of

the deficiencies detected in teacher training when changing from the face-to-face modality to the virtual one to face the current educational challenges to carry out their teaching practice successfully. This project aims to break paradigms in the university teaching training of the professors in the Academic Unit of Gastronomy and Nutrition Mazatlán of the Autonomous University of Sinaloa through tutorial videos. The dissemination was through a campaign of expectation and awareness of the importance of this phenomenon, which directly impacts students' academic performance. The data collection is done with a pre and post-test to the teachers and an interview with the students.

Keywords: Teacher training; professionalization; university professors; teaching-learning process; virtual environments..

1. Introducción

La incorporación de espacios educativos virtuales; sin duda ha ido marcando otra época (Zambrano, 2020), porque facilitan la creación de herramientas y entornos virtuales para intercambiar y colaborar entre los profesores, así como los propios estudiantes (Lizarraga, 2017). La tecnología aplicada a la educación beneficia directamente a los estudiantes porque aprenden de manera positiva y autodidacta durante el proceso de enseñanza y aprendizaje (Lekka, 2015). Actualmente, en la educación se busca que los aprendizajes que se imparten en aula sean significativos e integradores en la formación de los estudiantes, pero ¿qué pasa cuando los profesores que están a cargo de ciertas materias, no tiene una formación docente o no realizan una formación continua, y sólo se quedan con los conocimientos teóricos que adquirieron para ser profesionales en determinada área de conocimiento?

El principal propósito de las instituciones de educación superior es formar alumnos capacitados eficientemente para atender las necesidades de la sociedad actual, cada vez más demandante. Sin embargo, este proceso se ve entorpecido ya que, una de las principales carencias detectadas en la educación superior es la falta de formación docente. Se requieren docentes, que no sólo impartan clases magistrales con los aspectos técnicos de la profesión que dominan, sino que, estén capacitados en el área pedagógica, esto engloba entre otras cosas, el uso de estrategias de enseñanza aprendizaje (Pimienta-Prieto, 2012), las cuales facilitan la adquisición y apropiación de conocimientos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y mejoran sus habilidades tanto en el estudio individual como en grupo (Lillejord, 2018).

La virtualización del proceso de enseñanza-aprendizaje ante la pandemia del COVID-19 se consideraba una modalidad optativa. Sin embargo, en los últimos dos años se convirtió en una obligación para todas las instituciones educativas, al cambiar los ambientes de aprendizaje de todos los niveles académicos (Aguayo, 2022). El principal inconveniente que tenían la mayoría de las instituciones era la falta de un plan de contingencia o tecnología adecuada para llevar a cabo todos los cursos en línea. En este sentido, 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, destacando las ventajas y la idoneidad de las herramientas tecnológicas utilizadas en las actividades de aprendizaje en línea.

Existen profesores capacitados en su área de formación, sin embargo, al no poseer conocimientos sobre pedagogía y andragogía, carecen de la metodología adecuada para convertirse en un facilitador del conocimiento, disminuyendo de esta forma la posibilidad de que los estudiantes puedan adquirir fácilmente los conocimientos que se requieren para desempeñarse como profesionistas competentes. Es por eso que los profesionales que imparten clases y no son docentes de formación, deben de realizar una nivelación pedagógica donde se les enseñe cómo dirigirse frente a un grupo de alumnos. Es muy importante conocer e identificar los diferentes estilos de aprendizaje (Aguayo, 2021), es decir, saber cuáles son las formas de aprender de cada uno de los estudiantes, para que de este modo el profesor pueda planear clases e impartirlas de manera productiva tanto para los alumnos que están aprendiendo y preparándose como para los mismos docentes, donde aprendan de sus estudiantes para ser mejores cada día.

Es sabido que la educación requiere de varios elementos que permitan consolidar los aprendizajes. En cuanto a los entornos educativos virtuales, el uso de la tecnología es crucial para garantizar el éxito del proceso de enseñanza-aprendizaje; no solo basta con mover al profesor frente a una computadora, sino que es necesario conocer los estilos de aprendizaje de los estudiantes, los cuales están directamente relacionados con las habilidades y la forma en que aprenden, para establecer la estrategia correcta que potencie el proceso de enseñanza-aprendizaje (Pimienta-Prieto, 2012). Algunos autores mencionan que las estrategias de enseñanza están relacionadas con la repetición, preparación, organización y autorregulación de tareas (García-Pérez, 2021, Hattie, 2016)

En este sentido, el objetivo principal de este proyecto se centra en concientizar a los docentes sobre la importancia de incorporar herramientas tecnológicas en el ámbito educativo debido a que las herramientas benefician tanto al estudiante como al docente a adquirir las habilidades tecnológicas necesarias para enfrentar el mundo laboral actual. Además, para crear un entorno de aprendizaje en línea efectivo y transmitir conocimientos de manera eficiente, el docente debe tener habilidades técnicas y conocer las estrategias de enseñanza adecuadas y los recursos tecnológicos para cada estilo de aprendizaje para lograr el proceso de enseñanza-aprendizaje con éxito.

2. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en realizar una campaña de expectativa y difusión a través de distintos medios, como la página de la Unidad Académica de Gastronomía y Nutrición Mazatlán, página de Facebook, banners, flyers y posters para informar a los docentes que se llevará a cabo el proyecto. El proyecto inició con una sesión virtual, donde se proyectaron testimonios de los estudiantes que expresan su sentir acerca de la educación que reciben, posteriormente se realizó un curso-taller a través de un grupo cerrado llamado Rompiendo Paradigmas Docentes (RPD), en dicho grupo se subieron videos donde se abordan distintos temas, los cuales permiten a los docentes apropiarse de estrategias para desempeñar mejor su labor docente.

Los temas de los videos están relacionados con: las inteligencias múltiples, los estilos de aprendizaje, la clasificación de estrategias, el aprendizaje activo y colaborativo y las teorías del aprendizaje. Como parte de las actividades del curso, se invitó a los docentes a compartir fotos, videos y experiencias a través de comentarios para que otros docentes

adaptan las estrategias que han utilizado los demás y así retroalimentar entre todos la experiencia. Después, se realizó la segunda sesión virtual donde se dialogó con los docentes acerca de que les había parecido el curso, cuales mejoras le harían, que temas les gustó y sirvió más, entre otras cosas, también se hizo entrega de reconocimientos a todos los que forman parte del grupo en línea y otro más a los que participaron de manera activa.

3. Evaluación del proyecto

Para elaborar el análisis de evaluación del proyecto RPD se utilizó el programa estadístico SPSS V.23, el cual permite una descripción más detallada, permitiéndonos así elaborar tablas por categorías y gráficas de estudio. La primera fase consistió en analizar las encuestas aplicadas antes de la intervención, además de la descripción de la observación durante la campaña de expectativas y el día de la inauguración, lo cual sirvió para tener una visión general del problema que se estudia. En la segunda fase se analizó el desempeño de los profesores en el curso, a través de la descripción de la observación. En la tercera fase se realizó el análisis de las encuestas aplicadas a los profesores al final del curso, esto con la intención de evaluar el impacto y logros obtenidos; también en esta fase se tomó en cuenta una rúbrica para autoevaluar el proyecto.

3.1. Primera Fase

3.1.1. Análisis de entrevista

La finalidad con la que fueron realizadas las entrevistas fue obtener testimonios reales de los alumnos de la Licenciatura en Gastronomía acerca de su sentir con relación al desempeño de sus docentes y el impacto que estos generan en la formación académica con su práctica diaria. La manera como se realizaron las entrevistas fue la siguiente: primero, se seleccionaron ocho estudiantes, dos de cada grado académico para poder tener una visión más amplia de la situación, antes de iniciar las preguntas los alumnos firmaron una hoja de consentimiento informado y se le garantizó que todo lo mencionado en dicha entrevista sería grabado en video para que tuviera mayor validez la evidencia, pero la imagen y voz se distorsionaría para cuidar la identidad y así evitar que algún profesor pudiera tomar dicho testimonio de manera personal.

Las preguntas que se les hicieron a los alumnos fueron cinco, las cuales se estructuraron de la siguiente forma:

1. ¿Cuáles son las principales dificultades que percibes en tus maestros que obstaculizan tu aprendizaje?
2. ¿Cómo te sientes cuando ese maestro te da clases?
3. ¿Qué tipo de tareas o trabajos regularmente te deja tu profesor?
4. ¿En qué podrían mejorar tus profesores?
5. ¿Utiliza tu profesor las tecnologías para darte clases?

Algo que quisieras decirle a tu profesor

De acuerdo con las respuestas obtenidas a cada una de las preguntas, de manera general se obtuvo lo siguiente:

Respuesta a la pregunta 1: Los alumnos coinciden que a los profesores les falta más preparación docente, que hagan uso de estrategias adecuadas y que realicen con amor su trabajo, son los principales obstáculos que impiden su aprendizaje.

Respuesta a la pregunta 2: Mencionan que las clases son muy tediosas y en ocasiones aburridas, ya que los docentes no hacen cosas distintas para explicar los temas.

Respuesta a la pregunta 3: Refieren que las tareas más comunes consisten en obtener información relacionada a algún tema, la cual en raras ocasiones es socializada en la clase virtual, mencionan los estudiantes que les gustaría que se revisara en grupo para saber si es correcto o no lo que ellos encontraron.

Respuesta a la pregunta 4: Los alumnos comentaron que los docentes deberían recibir capacitación específica de estrategias y también sobre las materias que tienen asignadas, para que estén más preparados y sobre todo que puedan brindar clases con mayor calidad.

Respuesta a la pregunta 5: Regularmente utilizan presentaciones compartidas de power point, fuera de eso no utilizan otras herramientas tecnológicas ni hacen dinámicas como apoyo.

Respuesta al comentario: Esta es la pregunta más impactante en cuanto a las respuestas de los alumnos, ya que les piden a los maestros que utilicen información de páginas como wikipedia o rincón del vago por favor dejen de utilizar esta información por que no es de calidad, también los invitan a que quieran su trabajo y que valoren la oportunidad que tienen para que los ayuden a ser mejores profesionistas. Los alumnos también mencionaron que existen buenos profesores que se preparan y brindan buena información.

Esta información se mostró a todos los docentes que asistieron a la presentación del proyecto de manera virtual, la cual se presentó a través de un video como testimonios recabados, se trató de cuidar que toda la información mostrada a los docentes tuviera fines de mejora en su práctica docente a través de una crítica constructiva real, sin que se ofendiera a nadie.

3.1.2. Análisis de encuestas (pre-test)

En este apartado, se realizó un análisis de las encuestas aplicadas a los docentes, las cuales se encuentran divididas en cinco categorías: datos de identificación, conocimientos básicos de la docencia, estrategias en la docencia y práctica docente.

En la Tabla 1 se describen los datos demográficos de los profesores, entre los cuales se preguntó edad, género, experiencia docente, si tiene formación docente, estudios de licenciatura, especialidad, maestría, doctorado, entre otros.

Pregunta	Respuesta	Porcentaje
<i>Genero</i>	Masculino	60.0
	Femenino	40.0
<i>Edad</i>	25 años o menos	20.0
	De 26 a 35 años	25.0

Pregunta	Respuesta	Porcentaje
<i>Años de experiencia</i>	De 36 a 45 años	30.0
	De 46 a 55 años	25.0
	Omitió	10.0
	Menos de 6 meses	15.0
	De 7 meses a 2 años	5.0
	De 3 a 5 años	25.0
	De 6 a 8 años	25.0
	De 9 a 11 años	10.0
	15 años o más	10.0
<i>¿Tiene formación docente?</i>	Omitió	10.0
	Si	30.0
	No	60.0
<i>¿Ha realizado estudios de Especialidad?</i>	Si	20.0
	No	80.0
<i>¿Ha realizado estudios de Maestría?</i>	Si	35.0
	No	65.0
<i>¿Ha realizado estudios de Doctorado?</i>	Si	20.0
	No	80.0
<i>¿Ha realizado algún otro tipo de estudios</i>	No	85.0
	Summelier	5.0
	Fiscalista	5.0
	Diplomados	5.0

Tabla 1 – Datos de identificación

De acuerdo con los resultados obtenidos, la Tabla 1 muestra que de los 20 docentes que asistieron al curso, el 60% corresponde al género masculino y el 40% al femenino, de estos el 20% son menores de 25 años, 25% se encuentran en un rango de 26 a 35 años, el otro 25% de 46 a 55 y el 30% tienen entre 36 y 45 años.

Con relación a los años de experiencia docente, el 5% corresponde a un docente, tiene de siete meses a dos años de experiencia, 10% tiene 10 a 11 años de experiencia, otro 10% de nueve a once años, el 15% tienen menos de seis meses; en los rangos de tres a cinco años y de 6 a 8 años un 25% en cada uno de ellos. Por último el 10% de los asistentes omitieron su respuesta. El 60% de los docentes de la UAGyNM mencionaron que no tienen formación docente, el 30% cuentan con ella y 10% de los encuestados omitió su respuesta.

El 100% de los docentes tienen licenciatura; en cuanto a los profesores que cuentan con estudios de especialidad solamente el 20% de los docentes responden afirmativamente, un 80% de estos no cuentan con especialidad; el 35% de la planta docente han realizado maestría y el 65.5% responden negativamente; el 20% de los docentes refieren haber realizado estudios de doctorado, y el restante replican de forma negativa. Con relación a la realización de algún otro tipo de estudios solo el 5% mencionan ser sommelier, fiscalista y diplomados diversos, respectivamente.

En la Tabla 2 hace referencia a los conocimientos básicos de docencia, donde se les cuestionó su conocimiento la clasificación de las estrategias de enseñanza-aprendizaje y el 45% dijo que sí, mientras que el resto niegan tener conocimientos sobre estas; en cuanto a los estilos de aprendizaje 75% reconocen la existencia de los mismos y 25% los desconoce; 40% conoce instrumentos para identificar estilos de aprendizaje y 60% de los docentes no los conoce.

Pregunta	Si	No
1. ¿Conoce la clasificación de las estrategias de enseñanza-aprendizaje?	45.0	55.0
2. ¿Conoce los estilos de aprendizaje?	75.0	25.0
3. ¿Conoce instrumentos para identificar estilos de aprendizaje?	40.0	60.0
4. ¿Conoce estrategias para cada estilo de aprendizaje?	25.0	75.0
5. ¿Conoce las teorías de aprendizaje?	45.0	55.0

Tabla 2 – Conocimientos básicos en la docencia

El 25% de los docentes conocen estrategias para cada estilo de aprendizaje y 75% las desconocen. De los docentes encuestados el 45% de estos conocen las teorías del aprendizaje y 55% las desconocen. Los resultados de esta categoría indican que la mayoría de los profesores en la UAGyNM no tienen conocimientos básicos sobre la práctica docente.

Otra categoría importante conocer es el uso de estrategias en la docencia, en la Tabla 3 se presenta los resultados obtenidos, donde se refleja que sólo el 30% mencionan que siempre realizan la activación de conocimientos previos, el 40% lo realizan frecuentemente, y resto de los porcentajes se distribuye en algunas veces y nunca. En cuanto a las estrategias coinstruccionales, el 5% de los docentes siempre utilizan, el 60% lo realizan de forma frecuente, 10% algunas veces, 10% rara vez y 15% nunca han aplicado estas estrategias. Se preguntó a la población sobre el uso y aplicación de estrategias postinstruccionales y se obtuvo que el 15% siempre las realizan, el 50% las realizan de forma frecuente, el 15% algunas veces, el 5% rara vez y el 15% nunca.

A.- Siempre, B.- Frecuentemente, C.- Algunas veces, D.- Rara vez, E.- Nunca.					
Pregunta	A	B	C	D	E
6. ¿Realiza activación de conocimientos previos en sus alumnos?	30.0	40.0	20.0		10.0
7. ¿Utiliza estrategias Co-instruccionales en clase?	5.0	60.0	10.0	10.0	15.0

A.- Siempre, B.- Frecuentemente, C.- Algunas veces, D.- Rara vez, E.- Nunca.					
Pregunta	A	B	C	D	E
8. ¿Utiliza estrategias Post-instruccionales en clase?	15.0	50.0	15.0	5.0	15.0
9. ¿Utiliza estrategias Pre-instruccionales en clase?	20.0	45.0	10.0	10.0	15.0
10. ¿Domina estrategias para cada estilo de aprendizaje?	10.0	35.0	30.0	10.0	15.0

Tabla 3 – Estrategias en la docencia

Con relación a la realización de estrategias preinstruccionales, el 20% de los encuestados siempre las realizan, el 45% las ponen en práctica frecuentemente, algunas veces y rara vez 10% respectivamente, y nunca aplican estrategias preinstruccionales el 15% de los docentes. Referente al dominio de estrategias de acuerdo con el estilo de aprendizaje, el 45% de los encuestados responde que si las domina y el 55% responde negativamente a este ítem.

La tabla 4 representa cuántos docentes realizan actividades colaborativas durante sus clases virtuales obteniendo los siguientes resultados: el 35% lo hacen siempre, el 15% frecuentemente, el 40% algunas veces, el 5% rara vez y nunca el 5%; el 15% trabaja de manera interdisciplinaria al planear actividades áulicas, el 35% frecuentemente, el 35% algunas veces, el 10% rara vez y el 5% nunca lo hacen de esta forma; en la pregunta de trabajo interdisciplinario para planear actividades, el 20% lo realizan siempre, el 20% frecuentemente, el 35% algunas veces, el 15% rara vez y el 10% nunca.

A.- Siempre, B.- Frecuentemente, C.- Algunas veces, D.- Rara vez, E.- Nunca.					
Pregunta	A	B	C	D	E
11. ¿Realiza actividades colaborativas en clase?	35.0	15.0	40.0	5.0	5.0
12. ¿Trabaja de manera interdisciplinaria para planear actividades áulicas?	15.0	35.0	35.0	10.0	5.0
13. ¿Trabaja de manera interdisciplinaria para planear actividades fuera de aula?	20.0	20.0	35.0	15.0	10.0
14. ¿Trabaja de manera interdisciplinaria para planear trabajos finales?	45.0	30.0	20.0		5.0
15. ¿Promueve la creatividad durante clase en sus estudiantes?	40.0	40.0	10.0	5.0	5.0

Tabla 4 – Práctica docente

De acuerdo con la planeación de trabajos o proyectos finales de forma interdisciplinaria el 45% lo realizan siempre, el 30% frecuentemente, el 20% algunas veces, el 5% nunca. El 40% de los docentes promueven la creatividad entre sus estudiantes, el 40% de forma frecuente, el 10% algunas veces, el 5% de los profesores lo realizan rara vez y nunca.

3.2. Segunda fase

Esta fase consistió en la descripción de las actividades desarrolladas durante el curso en línea “Rompiendo Paradigmas Docentes – Unidad Académica de Gastronomía y Nutrición Mazatlán”, mismo que se creó como grupo cerrado de Facebook, solo fue

necesario que los profesores formaran parte, en este sentido, se les invitó a solicitar acceso al grupo para agregarlos e iniciar las actividades.

Como parte de las actividades programadas, primero se compartió un video donde se introdujo el curso-taller y se describió la forma en cómo se va a trabajar, la idea general es que todos los docentes del grupo cerrado de Facebook tengan interacción con la información que se proporcione en todo momento y que puedan compartir entre los docentes las estrategias utilizadas durante las clases.

En el segundo video se abordó el tema de “inteligencias múltiples”, el cual fue visto por todos los profesores del grupo, recibió cuatro likes y solo un docente realizó un comentario solicitando información sobre el tipo de estrategias a utilizar de acuerdo a cada tipo de inteligencia. Dicho comentario fue respondido, de tal forma que el resto de docentes que no realizó ninguna pregunta tuviera acceso a la información proporcionada.

Se compartió el tercer video en grupo, titulado: estilos de aprendizaje, el cual fue visto por todos los integrantes del grupo, recibió cinco likes y dos comentarios de agradecimiento, ya que pudieron conocer cómo aprenden sus estudiantes de acuerdo con los diferentes estilos de aprendizaje.

Después, se publicaron imágenes con los ocho tipos de inteligencias y sus características, además, de un documento con más información sobre el tema, de igual forma, la publicación fue revisada por todos los profesores, recibió cuatro likes y dos comentarios donde mencionaron que analizaron la información con lo observado en los estudiantes de las asignaturas que imparten.

Se subió el cuarto video relacionado con la clasificación de estrategias, como aplicarlas y su utilidad. Solo fue visto por 16 maestros, recibió cuatro likes y ningún comentario. Sin embargo, se colocó un comentario general para los profesores para mencionar la importancia de realizar la interacción dentro del grupo. Cuando se compartió en el grupo el video de trabajo activo y colaborativo, fue visto por 17 docentes, tres likes y un comentario de agradecimiento por la información proporcionada; posteriormente se sube al grupo el libro de Julio Pimienta, “Estrategias de enseñanza aprendizaje” y se sugirió a los docentes a leerlo para conocer las diferentes estrategias de aprendizaje utilizadas en el nivel superior.

Se publicó el último video, el cual consistió en una presentación de las teorías del aprendizaje, este video fue visto por 18 docentes, tuvo tres likes y cero comentarios. Después, se proporcionó un instrumento para determinar el tipo de inteligencias múltiples de sus estudiantes, para que tuvieran acceso al archivo todos los docentes del grupo. También se les compartió el libro de Julio Pimienta: “Evaluación de los aprendizajes, un enfoque basado en competencias”. Se les solicitó realizar una estrategia con su respectiva evaluación y compartir por medio de Facebook las evidencias de su trabajo, dudas o sugerencias.

Finalmente, se envió la invitación a la clausura del curso, esta información fue vista por todos los docentes; posteriormente se les recordó que era el último día de la primera etapa del curso y se les reiteró la invitación a participar subiendo evidencias de los trabajos, también se hizo entrega virtual de los reconocimientos por la participación en este curso-taller.

3.3. Tercera Fase

En este apartado se describe la tercera fase que consistió en el análisis del pos-test aplicado a los profesores, además de la evaluación del proyecto a través de una rúbrica de evaluación de proyectos propuesta por Roman (2011).

3.3.1. Análisis de encuestas (pos-test)

El pos-test aplicado a los docentes, consistió en una encuesta de preguntas mixtas, las cuales se encuentran divididas en cuatro categorías: en la Tabla 5 presentan los resultados obtenidos con relación a los datos de identificación. En la Tabla 6 se resume como se llevó a cabo la participación de los profesores. Posteriormente, en la Tabla 7 se muestran los resultados de la evaluación del material de apoyo y de los encargados del curso.

Pregunta	Respuesta	Porcentaje
<i>Genero</i>	Masculino	62.5
	Femenino	37.5
<i>Edad</i>	25 años o menos	37.5
	De 26 a 35 años	37.5
	De 36 a 45 años	12.5
	De 46 a 55 años	12.5

Tabla 5 – Datos de identificación

Pregunta	Respuesta	Porcentaje
¿Asistió a la inauguración del evento “Rompiendo paradigmas docentes”?	Si	100.0
	No	
¿Formó parte del curso en línea a través de Facebook “Rompiendo Paradigmas Docentes – Unidad Académica de Gastronomía y Nutrición Mazatlán”?	Si	100.0
	No	
<i>Su participación en curso en línea a través de Facebook “Rompiendo Paradigmas Docentes – Unidad Académica de Gastronomía y Nutrición Mazatlán”, fue:</i>	Activa-participativa	62.5
	Aportaciones esporádicas	25.0
	Sin participación	12.5
	Dando like	87.5
<i>La participación en el curso consistió en: (se puede elegir más de una)</i>	Exponiendo dudas.	25.
	Haciendo comentarios	50.0
	Visualizando videos, sin comenta	37.5

Tabla 6 – Participación de los profesores

Pregunta	Respuesta	Porcentaje
Los videos y material publicados en “Rompiendo Paradigmas Docentes – Unidad Académica de Gastronomía y Nutrición Mazatlán”, apoyaron su práctica docente de manera	Enriquecedora	75.0
	Regular	25.0
¿Cómo considera la participación y desempeño de las responsables del curso?	Excelente	75.0
	Buena	25.0
	Regular	
	Mala	
	Pésima	

Tabla 7 – Evaluación del material de apoyo y de los responsables del curso.

En la Tabla 8 y 9 se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con los cambios en las prácticas de los docentes. Entonces, para describir la siguiente categoría se tomó en cuenta la siguiente oración: “una vez llevado el curso en línea de “Rompiendo Paradigmas Docentes – Unidad Académica de Gastronomía y Nutrición Mazatlán”, usted considera que:”

Pregunta	Si	No	Ya lo sabia
16. ¿Identifica la clasificación de las estrategias de enseñanza-aprendizaje?	62.5	25.0	12.5
17. ¿Conoce la clasificación de las estrategias de enseñanza-aprendizaje?	50.0	37.5	12.5
18. ¿Identifica los estilos de aprendizaje?	50.0	25.0	25.0
19. ¿Conoce los estilos de aprendizaje?	62.5	12.5	25.0
20. ¿Identifica instrumentos para definir estilos de aprendizaje?	50.0	37.5	12.5
21. ¿Conoce instrumentos para definir estilos de aprendizaje?	62.5	25.0	12.5
22. ¿Identifica estrategias para cada estilo de aprendizaje?	37.5	50.5	12.5
23. ¿Conoce estrategias para cada estilo de aprendizaje?	37.5	50.5	12.5
24. ¿Identifica las teorías de aprendizaje?	50.0	37.5	12.5
25. ¿Conoce las teorías de aprendizaje?	62.5	25.0	12.5

Tabla 8 – Cambios en las prácticas de los docentes.

A.- Siempre, B.- Frecuentemente, C.- Algunas veces, D.- Rara vez, E.- Nunca.					
Pregunta	A	B	C	D	E
26. ¿Realiza activación de conocimientos previos en sus alumnos?	37.5	25.0	37.5		

27. ¿Utiliza estrategias Co-instruccionales en clase?	12.5	12.5	50.0	25.0
28. ¿Utiliza estrategias Post-instruccionales en clase?	12.5	12.5	37.5	37.5
29. ¿Utiliza estrategias Pre-instruccionales en clase?	12.5	12.5	37.5	37.5
30. ¿Domina estrategias para cada estilo de aprendizaje?	12.5	25.0	50.0	12.5
31. ¿Realiza actividades colaborativas en clase?	25.0	50.0	25.0	
32. ¿Trabaja de manera interdisciplinaria para planear actividades áulicas?	37.5	12.5	37.5	12.5
33. ¿Trabaja de manera interdisciplinaria para planear actividades fuera de aula?	12.5	25.0	25.0	25.0 12.5
34. ¿Trabaja de manera interdisciplinaria para planear trabajos finales?	50.0	25.0	25.0	
35. ¿Promueve la creatividad durante clase en sus estudiantes?	37.5	37.5	25.0	

Tabla 9 – Cambios en las prácticas de los docentes

4. Resultados: Autoevaluación del proyecto

Tomando como referencia la rúbrica de Román (2011), en la Tabla 10 se hace una descripción del conjunto a los procedimientos del proyecto Rompiendo Paradigmas Docentes, para esto se hace una separación por viñetas de cada uno de ellos, y se explican por separado.

Clasificación	Características	Nivel	Descripción
BÁSICOS	1. Necesidades	IV. Descubiertas	Los participantes descubren las necesidades al realizar un proyecto colectivo de investigación en el que llevan a cabo un trabajo de comprensión crítica de la realidad.
	2. Servicio	IV. Creativo.	Servicio de duración variable compuesto por tareas complejas que los propios participantes deben diseñar para resolver un problema que exige creatividad, lo que supone incluso una exigencia e implicación mayores
	3. Sentido del servicio	III. Cívico	Servicio que da respuesta a una necesidad de la comunidad y de cuya dimensión social los participantes son conscientes.
	4. Aprendizaje	IV. Innovador	Los aprendizajes se adquieren a partir de una actividad investigadora, están relacionados con el currículum o proyecto educativo y se vinculan directamente con el servicio a la comunidad.

Clasificación	Características	Nivel	Descripción
<i>PEDAGÓGICO</i>	5. Participación	IV. Liderada	Los participantes se convierten en promotores y responsables del proyecto de modo que intervienen en todas sus fases, decidiendo sobre los diferentes aspectos relevantes.
	6. Trabajo en grupo	IV. Expansivo	El trabajo colectivo va más allá del grupo inicial de participantes e incorpora de forma activa a otros agentes externos, creando así redes de acción comunitaria.
	7. Reflexión	IV. Productiva	La reflexión, además de prevista y continuada, implica a los participantes en una actividad de síntesis o de creación que produce una nueva aportación a la comunidad.
	8. Reconocimiento	IV. Público	El reconocimiento a los participantes adquiere una dimensión pública, bien porque la actividad se ha dado a conocer a la ciudadanía, o bien porque la administración la agradece y difunde por su valor cívico.
	9. Evaluación	IV. Conjunta	Los participantes, junto con los educadores, intervienen de manera activa en diferentes momentos del proceso de preparación y aplicación de un plan de evaluación competencial
<i>ORGANIZATIVO</i>	10. Partenariado	III. Pactado	Al menos dos organizaciones –una educativa y otra social– acuerdan conjuntamente las condiciones de aplicación de un proyecto de aprendizaje servicio diseñado exclusivamente por una de ellas
	11. Consolidación de centros	II. Aceptada	Los proyectos de aprendizaje servicio de iniciativa personal tienen el reconocimiento del equipo directivo del centro y el respaldo de parte del profesorado.
	12. Consolidación de entidades	II. Aceptada	Los proyectos de aprendizaje servicio tienen el reconocimiento de la dirección y de los profesionales de la entidad, que aceptan la función educadora de la organización.

Tabla 10 – Modalidades básicas.

En la Figura 1 se presenta una gráfica de araña, la cual permite visualizar la evaluación de manera general, respetando las tres clasificaciones: Básicos, pedagógico y organizativos, mismos que tienen otras subdivisiones propios de cada uno, en este caso, sólo se describe

en nivel en el que se encuentra el proyecto. Por ejemplo, en el nivel básico se divide en cuatro dinamismos (necesidades, servicio, sentido del servicio y aprendizaje). En Pedagógico, se divide en cinco dinamismos (participación, trabajo en grupo, reflexión, reconocimiento y evaluación). Finalmente, los organizativos formados por partenariado, consolidación de centros y consolidación de entidades.

EVALUACIÓN DEL PROYECTO “ROMPIENDO PARADIGMAS DOCENTES”

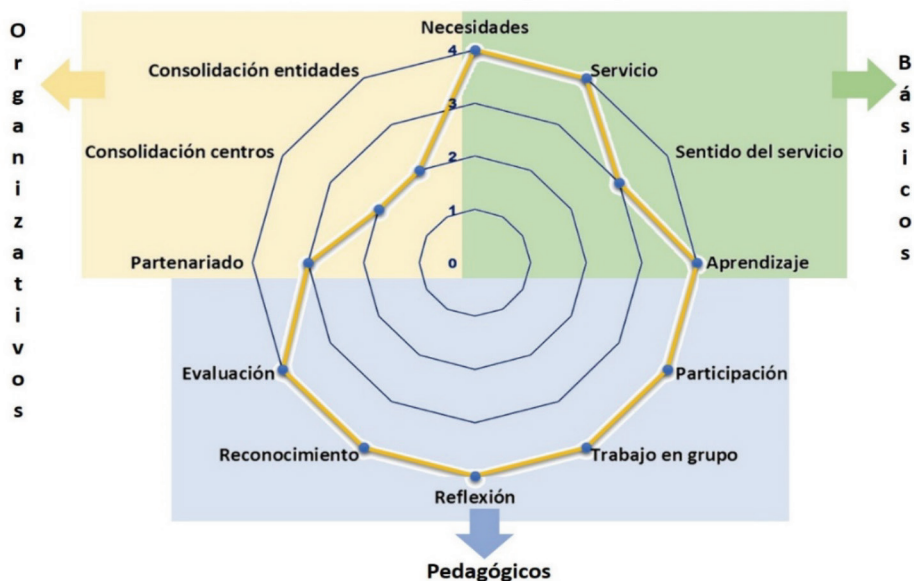


Figura 1 –Araña de evaluación del proyecto RPD

5. Conclusiones

El proyecto se ha desarrollado debido a la necesidad de la mejora en la práctica docente en la Unidad Académica de Gastronomía y Nutrición Mazatlán, pero principalmente porque era necesario cambiar de modalidad presencial a modalidad virtual por motivos de la pandemia de COVID-19. De acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de análisis de encuestas (pre-test) aplicada a los docentes, se corroboró que los docentes tenían poco conocimiento con relación a las diferentes estrategias de enseñanza-aprendizaje, los docentes indicaron que conocían los diferentes estilos de aprendizaje, sin embargo, muy pocos conocían las estrategias para cada estilo de aprendizaje. Además, de acuerdo con las estrategias que utilizan durante sus clases, los docentes indicaron que algunas veces utilizan la activación de conocimientos previos.

Una vez que se contó con esta información, se puso en marcha el proyecto a través de un grupo cerrado en la plataforma de Facebook, donde se proporcionó toda la información

relacionada con las inteligencias múltiples, los estilos de aprendizaje, la clasificación de estrategias, el aprendizaje activo y colaborativo y las teorías del aprendizaje. En un principio era todo un reto debido a que se estaba utilizando un red social para transmitir toda la información a los docentes, sin embargo, al ser una de las redes sociales más utilizadas tuvo un impacto positivo porque les permitió a los docentes adquirir competencias investigativas, comunicativas, sociales y organizacionales, así como la optimización de tiempo

El proyecto se realizó de forma colaborativa porque se crearon redes de acción comunitarias, se incorporó de forma activa a agentes externos como la Directora de la Unidad Académica y Comunicación Social Universitaria, el trabajo en equipo fue fundamental ya que por la naturaleza del proyecto permitió que se aplicara de forma virtual y se pudo realizar el seguimiento de este de forma exitosa. Además, no solo involucró a los docentes, sino también a los estudiantes haciéndolos partícipes del proyecto, ya que se implementaron las estrategias didácticas que se les enseñó a través de videos en sus grupos, para posteriormente compartir estas con el resto de los docentes a través del grupo de facebook.

Una vez finalizado el curso-taller donde se proporcionó la información a los docentes, se realizó el análisis de las encuestas (post-test), de acuerdo con los resultados obtenidos la participación de los docentes fue del 100% y con un 85% de participación activa-participativa y con aportaciones esporádicas. El 85% de los docentes mencionaron que identifican cuál es la clasificación de las estrategias de enseñanza-aprendizaje, así como los diferentes estilos de aprendizaje y los instrumentos necesarios para identificarlos.

De manera general, se concluye que la implementación de este proyecto permitió a los docentes conocer los diferentes elementos básicos que se deben contemplar al momento de impartir clases para consolidar el aprendizaje de los estudiantes. Además destacar que en cuanto a los entornos educativos virtuales, el uso de la tecnología es crucial para garantizar el éxito del proceso de enseñanza-aprendizaje; sin embargo, no solo basta con mover al profesor frente a una computadora, sino que es necesario conocer los estilos de aprendizaje de los estudiantes, los cuales están directamente relacionados con las habilidades y la forma en que aprenden, para establecer la estrategia correcta que potencie el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Referencias

- Aguayo, R., Lizarraga, C., Quiñonez, Y. (2022) Main Technological Tools in Virtual Educational Environments According to Different Strategies and Learning Styles to Improve the e-learning Process. In: Mejía J., Muñoz M., Rocha Á., Avila-George H., Martínez-Aguilar G.M. (eds) *New Perspectives in Software Engineering*. CIMPSS 2021. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1416. Springer, Cham.
- Aguayo, R., Lizarraga, C., Quiñonez, Y. (2021) Evaluación del desempeño académico en entornos virtuales utilizando el modelo PNL. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (41), 34-49.

- 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.
- García-Pérez, D., Fraile, J. Panadero, E. (2021). Learning strategies and self-regulation in context: how higher education students approach different courses, assessments, and challenges. *Eur J Psychol Educ* 36, 533–550.
- Hattie, J., Donoghue, G. (2016). Learning strategies: a synthesis and conceptual model. *NPJ Science Learn*, 1, 16013.
- 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., Børte, K., Nesje, K. Ruu, E. (2018). Learning and teaching with technology in higher education – a systematic review. Oslo: Knowledge Centre for Education.
- 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.
- Pimienta-Prieto, J.H. (2012). Estrategias de enseñanza-aprendizaje, docencia universitaria basada en competencias. Pearson Educación, Mexico.
- Román, M. (2011). Autoevaluación: estrategia y componente esencial para el cambio y la mejora escolar. *Revista Iberoamericana de Educación*, 55, 107-136.
- 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>

Conteo de plantas de agave usando redes neuronales convolucionales e imágenes adquiridas desde un vehículo aéreo no tripulado

Omar Hernández-Calvario¹, Frida Florián¹, María Guadalupe Sánchez¹,
Himer Ávila-George²

omar.calvario@cusur.udg.mx; m20291046@cdguzman.tecnm.mx;
himer.avila@academicos.udg.mx; msanchez@itcg.edu.mx

¹ Departamento de Sistemas y Computación, TecNM - Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Ciudad Guzmán 49100, Jalisco, México.

² Departamento de Ciencias Computacionales e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Ameca 46600, Jalisco, México.

DOI: 10.17013/risti.45.64-76

Resumen: Esta investigación aporta nueva información aplicando técnicas de aprendizaje profundo en cultivos de agave. Se pretende el desarrollo de un algoritmo de aprendizaje profundo basado en redes neuronales convolucionales que automatice el conteo de las plantas de agave de un cultivo a partir de imágenes tomadas desde vehículo aéreo no tripulado, el conteo de las plantas de agave será obtenido de manera más eficiente, económico y en un lapso más breve que la forma tradicional. El Proyecto contribuye a la solución del tiempo de preprocesamiento de las imágenes, mejora la detección de plantas de agave con adversidades, mejorar los tiempos de entrenamiento del algoritmo, reduce costos computacionales.

Palabras-clave: aprendizaje profundo; redes neuronales convolucionales (CNN); YOLOv5; agricultura de precisión; VANT.

Counting of agave plants using convolutional neural networks with images acquired from an unmanned aerial vehicle.

Abstract: This research provides new information by applying deep learning techniques in agave crops. The development of a deep learning algorithm based on convolutional neural networks that automates the count of agave plants in a crop from images taken from an unmanned aerial vehicle is intended, the count of agave plants will be obtained more efficient, economical and in a shorter period of time than the traditional way. The Project contributes to the solution of the preprocessing time of the images, improves the detection of agave plants with adversities, improves the training times of the algorithm, reduces computational costs.

Keywords: *deep learning; convolutional neural networks (CNN); YOLOv5; precision agriculture; VANT.*

1. Introducción

El aprendizaje maquina es una disciplina de la inteligencia artificial, este tipo de aprendizaje permite a los sistemas realizar tareas específicas de forma autónoma, por medio de algoritmos, un sistema es capaz de identificar patrones u objetos. La detección de objetos es un área de la visión por computadora. Existen dos grandes grupos de arquitecturas utilizadas para la detección de objetos: detectores de una etapa (R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, Mask R-CNN) y detectores de dos etapas (YOLO, SSD). Actualmente, la detección de objetos es muy utilizada en seguridad, vigilancia, vehículos autónomos, agricultura entre otros. En el área de la agricultura la detección de objetos permite una mejor gestión y rendimiento de diferentes cultivos con la detección de plagas, conteo de plantas, arboles y frutos.

El tequila es una de las bebidas más famosas a nivel nacional e internacional. Se obtiene de la planta de *Agave tequilana* Weber, mejor conocido como Agave azul. El Consejo Regulador del Tequila A. C. (CRT) es la organización dedicada a inspeccionar y certificar el cumplimiento con la Norma Oficial del Tequila NOM-006-SCFI-2012, así como a promover la calidad, la cultura y el prestigio de la bebida nacional.

En el año 2021 según datos del CRT se produjeron 527 millones de litros de tequila, con una producción mayor respecto al año 2020 de 30%. La demanda de materia prima para la industria del tequila va en aumento en consecuencia la superficie de cultivo del agave también ha crecido; El Consejo Regulador del Tequila en su reglamento interno Capítulo II artículo 11 especifica que este organismo tiene la facultad de solicitar a sus asociados datos generales del agricultor, del predio, cantidad de plantas, estado fitosanitario, esta información es muy importante para la industria tequilera ya que les permite estimar un aproximado del rendimiento de sus plantaciones de agave para planificar y predecir la producción de la bebida. La problemática que presenta el esquema del cultivo de *Agave tequilana* Weber variedad azul se refiere específicamente al control de las plantaciones, robo de plantas e inventariado de plantas, ya que se cosecha o se jima los 365 días del año. Cada planta de agave es muy valiosa, para que puedan ser cosechadas pasan de 4 a 7 años. Actualmente el inventario de plantas de agave se realiza de forma manual en la mayoría de los cultivos de agave.

Por lo tanto, el monitoreo e inventario de los cultivos de agave son actividades muy importantes para la economía y la generación de empleos. Dadas las grandes extensiones de terreno, es muy tedioso y tardado llevar un inventario de forma manual de las plantas de agave. Los agricultores suelen saber cuántas plantas sembraron, porque pagaron por cada una de las plantas, pero desconocen la cantidad de plantas actuales. Cuando el agave se acerca a su etapa de madurez, se presenta el problema de robo de plantas.

En este trabajo se presenta un algoritmo basado en redes neuronales convolucionales para el conteo de plantas de agave utilizando imágenes aéreas capturadas desde un vehículo aéreo no tripulado.

2. Antecedentes

El uso de Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT) en la agricultura ha crecido exponencialmente con mayor aplicación en la adquisición de imágenes para conteo de plantas y análisis de diferentes cultivos. En nuestra búsqueda sistemática encontramos investigaciones recientes en el área de conteo de plantas, árboles, frutos y la detección de enfermedades en plantas.

En lo que respecta a la detección de frutos, Rahnemoonfar & Sheppard (2017) identificaron plantas de tomate y frutos maduros utilizando técnicas de aprendizaje profundo; asimismo, usaron imágenes sintéticas para hacer más robusto su conjunto de datos para el entrenamiento del algoritmo propuesto y atender problemas de oclusión y de frutos muy maduros. En la investigación realizada por Wong, Chew, & Phang (2020) desarrollaron un método para la detección de la madurez del fruto de la palma, el algoritmo desarrollado se concentra en detectar la madurez de la fruta consta de dos funciones principales: segmentar la sección que consiste en el árbol de la imagen y clasificar la madurez de la fruta. El algoritmo propuesto tiene una precisión del 85%. Sarabia, Aquino, Ponce, López, & Andújar (2020) realizaron el conteo de árboles, procesando imágenes adquiridas de VANT, apoyándose en la morfología matemática. Su conjunto de datos constaba de 50 imágenes, de las cuales 25 se utilizaron para entrenamiento, cuatro para validación y 21 para pruebas, la exactitud de su algoritmo es de 99%.

Las investigaciones desarrolladas en la detección de palmeras son muy similares a nuestro caso de estudio desde la perspectiva de la morfología de la planta de agave y las palmas. El algoritmo desarrollado por Zortea, Nery, Ruga, Carvalho, & Bastos (2018) se basa en el aprendizaje profundo y es capaz de construir un inventario de palmeras de aceite usando imágenes adquiridas por un VANT, combinaron la salida de dos redes neuronales convolucionales independientes y obtuvieron una precisión de 91.2% - 98.8%.

En la investigación desarrollada por Mubin, Nadarajoo, Shafri, & Hamedianfar (2019) se aplicaron dos CNN diferentes para detectar palma aceitera joven y madura por separado, utilizaron un enfoque de aprendizaje profundo para predecir y contar palmas aceiteras en imágenes satelitales, la arquitectura inicial desarrollada se basó en la CNN LeNet.

El aprendizaje profundo apoyado de las CNN es una alternativa eficiente en la detección de enfermedades y plagas en plantas, debido al desarrollo de algoritmos de código abierto para aprendizaje automático, aprendizaje por transferencia, equipos de cómputo con mayor potencia en procesamiento. La investigación realizada por Wu (2019) demostró los beneficios de combinar estas técnicas, ellos diseñaron un algoritmo capaz de detectar porciones enfermas de hojas de plantas de maíz a partir de imágenes adquiridas por un VANT, el modelo de CNN se utilizó para crear mapas de calor interpretables de las imágenes originales, indicando la ubicación de las supuestas lesiones. Su conjunto de datos contenía imágenes de hojas infectadas y no infectadas se dividió aleatoriamente en conjuntos de entrenamiento, validación y prueba en una proporción de 70:15:15. Su modelo tiene una exactitud del 97 %.

Mathew & Mahesh (2021) desarrollaron un algoritmo para la detección temprana de manchas bacterianas en la planta de pimiento el sistema propuesto usa el algoritmo

YOLOv5 para la detección de las manchas bacterianas en las hojas de la planta de pimienta a partir de imágenes adquiridas. Con el algoritmo YOLOv5 pueden detectar pequeñas manchas en la planta con una velocidad y precisión considerables.

El conteo y reconocimiento de insectos es importante para el control de plagas. Zhong, Gao, Lei, & Zhou (2018) diseñaron un sistema capaz de contar y clasificar insectos. Usan el algoritmo para la detección y conteo *You Only Look Once* (YOLO) y el método de clasificación y conteo fino lo realizan basado en *Support Vector Machines* (SVM) utilizando características globales. La precisión de conteo promedio es de 92,50% y la precisión de clasificación promedio es del 90,18%.

Específicamente en el área de detección y conteo de plantas de agave mediante imágenes adquiridas por un VANT encontramos los siguientes trabajos:

- Calvario, Alarcón, Dalmau, Sierra, & Hernandez (2020) desarrollaron un algoritmo supervisado basado en morfología matemática y cómputo paralelo para el análisis de las imágenes, este algoritmo se aplicó en algunas imágenes adquiridas de VANT, Phantom 4, DJI equipado con una cámara digital RGB, la altitud de vuelo fue de 60 metros. La morfología matemática es un método de procesamiento que no requiere una etapa de entrenamiento. Una ventaja de la morfología matemática es la eficiencia computacional, además, no requiere grandes conjuntos de datos de imágenes para estimar los parámetros de los algoritmos, pero la morfología matemática requiere un alto costo de computación. El algoritmo propuesto es capaz de separar las plantas de agave y preservar los patrones principales. La precisión de este algoritmo osciló entre 83% y 98%. Recomiendan aplicar técnicas de aprendizaje supervisado como una red neuronal artificial y en particular, técnicas de aprendizaje profundo.
- Corona (2019) en su investigación desarrollo un algoritmo de aprendizaje no supervisado (*Birch*) para la identificación y el conteo de plantas de agave las imágenes fueron adquiridas a través de un VANT, Parrot *BlueGrass* equipado con seis sensores, cámara RGB y cámara multiespectral, la altura de vuelo fue programada con 30 m. El conjunto de datos usado tenía un total de 584 imágenes. La métrica utilizada para medir la eficiencia del algoritmo fue el coeficiente de Silhouette lograron un coeficiente Silhouette > 0.5. A trabajos futuros se sugiere incursionar en técnicas de aprendizaje profundo.
- La investigación más reciente es realizada por Flores, González-Hernández, Lozano, Vazquez-Nicolas, & Toral (2021) donde presentaron un método para el recuento de plantas de agave basado en imágenes adquiridas por un VANT. Utilizaron un VANT DJI Phantom 3 con una cámara FC300S, obtuvieron un ortomosaico de las plantaciones de agave, que luego utilizaron para crear una base de datos, las imágenes son usadas para entrenar una CNN. La arquitectura de su CNN está formada por cuatro capas convolucionales y cuatro *poolings*. El clasificador en cascada de *Haar* es un algoritmo de detección de objetos basado en el concepto de características llamadas características similares a *Haar*. Su conjunto de datos se compone de dos clases: la primera clase era para imágenes de una sola planta de agave y la segunda clase contenía extractos del área circundante donde no había plantas de agave como el suelo y otras plantas. La primera clase se llamó positivos y la segunda se llamó negativos. Cada clase

tiene 1000 imágenes. Con la siguiente división: 70% para entrenamiento, 15% para validación y 15% para pruebas. La métrica utilizada para medir la eficiencia de su algoritmo es la precisión obteniendo un 96%. Recomiendan el uso de otros métodos ya que su modelo tiene un alto costo de computación, aumentar el número de imágenes de entrenamiento positivas de diferentes edades en diferentes momentos del día en diferentes condiciones climáticas.

3. Materiales y métodos

La plataforma área seleccionada para la adquisición de imágenes es un VANT Parrot Bluegrass™, su diseño y accesorios son recomendados para diferentes aplicaciones en la agricultura. El VANT Parrot Bluegrass™ Figura 1, está equipado con una cámara RGB, sensor multispectral que captura imágenes en 4 bandas espectrales en luz visible y luz infrarroja, sensor Parrot Sequoia, sensor Sunshine, componentes para el vuelo.



Figura 1 – VANT Parrot Bluegrass™

La metodología propuesta en esta investigación se divide en 4 etapas: (1) desarrollo del plan de vuelo y adquisición de imágenes, (2) preprocesamiento de las imágenes, (3) diseño y entrenamiento de la CNN y (4) detección y conteo de plantas de agave.

La etapa 1 comprende determinar todo lo relacionado con el plan de vuelo y adquisición de imágenes. La planificación del plan de vuelo sirve de apoyo para un buen proceso fotogramétrico ya que limita las zonas de interés, la separación entre líneas de vuelo y el tiempo aproximado para el vuelo estos nos garantiza imágenes precisas y de buena calidad. Se tienen que considerar factores externos como las condiciones geográficas y ambientales.

El plan de vuelo tiene como objetivo principal cubrir el terreno del cultivo mediante recorridos paralelos (líneas de vuelo) y equidistantes superpuestos en forma transversal, las fotografías correspondientes a cada recorrido deberán estar debidamente

superpuestas en forma longitudinal. Los factores más importantes para la planificación del vuelo de un VANT son los siguientes:

- **Altitud:** Es una medida absoluta respecto al nivel del mar, normalmente medida en pies la altitud también se expresa en metros mediante el símbolo *msnm* que significa metros sobre el nivel del mar. La altitud está relacionada con la temperatura ambiental, presencia de nubes, turbulencias o cantidad de oxígeno.
- **Altura:** Su expresión siempre será la diferencia entre la aeronave y el terreno, por lo que se trata de una medida relativa. Normalmente su unidad de medida serán los metros.
- **Velocidad:** Permite realizar la adquisición de imágenes en menor o mayor tiempo este parámetro es configurable en ciertos tipos de drones.
- **Huella de registro:** Es la zona de la superficie terrestre que será capturada.
- **Solape:** Es el porcentaje de la huella de registro repetida por dos o más imágenes. El solape mínimo en el caso de fotogrametría deberá ser mayor o igual a 80% con drones.

El plan de vuelo se tiene que configurar considerando la norma oficial Mexicana NOM-107-SCT3-2019, donde se establecen los requerimientos para operar un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) en el espacio aéreo mexicano. En la sección 6.2 de la norma oficial Mexicana *NOM-107-SCT3-2019* se encuentran las recomendaciones técnicas, preventivas y de seguridad relacionadas con los VANT.

En la etapa 2, para procesar las fotografías y generar un ortomosaico es necesario establecer un flujo de trabajo mediante el software Pix4D.

Mediante la herramienta Pix4D se puede construir un ortomosaico a partir de las fotografías tomadas por el VANT. Una vez creado el ortomosaico, puede haber zonas que no requieren atención e incluso puede afectar en el análisis y estudios de los objetos, se requiere realizar un recorte de tal manera que solo se pueda apreciar aquella zona de interés.

En la etapa 3 se realiza la optimización de parámetros en la CNN para definir un modelo funcional. Una vez que las imágenes han sido preprocesadas para la creación del ortomosaico y el recorte del área de interés respectivamente; la siguiente etapa de la metodología propuesta es el diseño y entrenamiento de la CNN. El entrenamiento consta de 4 pasos, los cuales se describen a continuación.:

1. **Etiquetado de imágenes:** Esta actividad consiste en etiquetar los objetos de interés en las imágenes adquiridas de los cultivos de agave. La aplicación LabelImg es una herramienta desarrollada en Python que nos permite seleccionar regiones de interés en una imagen y hacer anotaciones respecto a las regiones seleccionadas las anotaciones se guardan como archivos XML, PASCAL VOC, YOLO y CreateML.
2. **Dividir conjunto de datos:** El conjunto de datos se tiene que organizar de forma que las imágenes y los archivos de anotaciones YOLO estén almacenados en carpetas diferentes para el entrenamiento con un 70% y la validación con un 30%.

3. **Definir modelo de la CNN:** YOLOv5 ofrece 4 arquitecturas diferentes YOLOv5s, YOLOv5m, YOLOv5l, YOLOv5x. La diferencia principal entre estas arquitecturas radica en la cantidad de módulos de extracción de características y núcleos de convolución en ubicaciones específicas de la red.
4. **Optimización de parámetros:** En YOLOv5 es posible seleccionar la arquitectura de red y personalizar la estructura de la red neuronal.

Finalmente, en la etapa 4 se realiza la detección y conteo de plantas de agave mediante un modelo de aprendizaje profundo usando una CNN. El modelo entrenado realizara la clasificación y detección de objetos de interés con un porcentaje de confianza. En visión por computadora, mAP es una métrica aplicada en la detección de objetos donde se calcula la precisión y la sensibilidad utilizando el valor de IoU para un umbral determinado.

La mAP se calcula tomando el valor de la Precisión Promedio de todas las clases y los umbrales generales de IoU.

De acuerdo con Padilla, Passos, Dias, Netto, & da Silva (2021) la curva Precisión/Sensibilidad es una buena manera de evaluar el rendimiento de un detector de objetos, ya que la confianza cambia trazando una curva para cada clase de objeto. Un detector de objetos de una clase en particular se considera bueno si su precisión se mantiene alta a medida que aumenta la sensibilidad, lo que significa que, si varía el umbral de confianza, la precisión y la recuperación seguirán siendo altas. Otra forma de identificar un buen detector de objetos es buscar un detector que pueda identificar solo objetos relevantes (alta precisión), encontrando todos los objetos reales (alta sensibilidad).

4. Resultados

4.1. Plan de vuelo y adquisición de imágenes

Para el plan de vuelo y la adquisición de las imágenes se usó el software Pix4DCapture. La configuración de la altura del vuelo (30 m); el traslape entre cada fotografía (70 %). Como resultado del plan de vuelo, se creó un conjunto de datos con 1204 fotografías con dimensiones de 2507 x 2309; cada una de las imágenes pesa en promedio 3 MB.

4.2. Preprocesamiento

Una vez capturadas las fotografías, se procedió a crear el ortomosaico utilizando el software Pix4D; posteriormente, se recortó del ortomosaico la zona de interés usando el software QGIS. El ortomosaico creado se puede apreciar en la Figura 2.

4.3. Diseño y entrenamiento de la CNN

El ortomosaico se dividió en 25 imágenes las cuales se utilizaron para el desarrollo de pruebas en Google Colab, el entorno virtual creado tiene las siguientes características: GPU Tesla T4, 12 GB memoria RAM y 78 GB de almacenamiento. Para mostrar gráficamente la detección, clasificación y conteo de las plantas de agave, se entrenaron diferentes modelos de la CNN. La información de la Tabla 1, corresponde a la descripción de los

parámetros del modelo.La Tabla 2, corresponde a la configuración de los parámetros del modelo que arrojó mejores resultados.

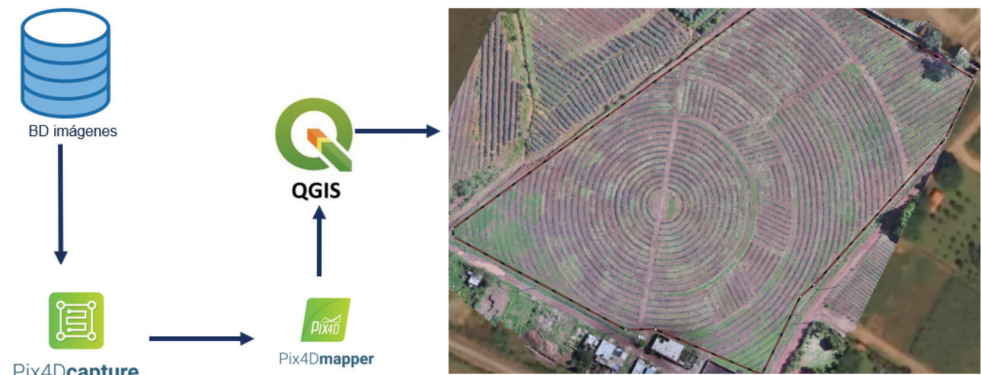


Figura 2 – Preprocesamiento de imágenes.

Número	Parámetros	Concepto
1, 2	etiquetas	Las etiquetas de entrenamiento y validación corresponden a la información necesaria para trabajar con el modelo. La información representa las regiones de interés de cada imagen. Se genera un archivo de texto que almacena las etiquetas, cada etiqueta tiene su propia línea en los archivos generados donde la primera columna representa la categoría a la que pertenece la etiqueta en seguida estarán las coordenadas donde se encuentra nuestro objeto de interés en cada imagen.
3	img	define el tamaño de la imagen de entrada.
4	lote (batch)	determina el tamaño de imágenes procesadas.
5	datos	se declara la ruta al archivo yaml donde almacena las rutas absolutas del conjunto de datos.
6	épocas	definen el número de épocas de entrenamiento.
7	múltiplo de profundidad	Controla la profundidad del modelo. La profundidad de YOLOv5s es 0,33 y la profundidad de V5l es 1, lo que significa que el número de cuellos de botella de YOLOv5l es 3 veces mayor que el de YOLOv5s.
8	múltiplo de amplitud	Determina el número de núcleos de convolución, el ancho de YOLOv5s es 0,5 y el ancho de YOLOv5l es 1, lo que significa que el número de núcleos de convolución de YOLOv5s es la mitad de la configuración predeterminada.
9	modelo	En YOLOv5 se puede seleccionar un modelo previamente entrenado para comenzar a personalizarlo y realizar pruebas; en este trabajo seleccionamos YOLOv5s, el modelo más pequeño y rápido disponible.

Tabla 1 – Parámetros.

	Parámetros	Valor
1	etiquetas de entrenamiento	2500
2	etiquetas de validación	750
3	img	1200
4	batch	4
5	data	/content/drive/MyDrive/YOLOv5/customdata.yaml
6	épocas de entrenamiento	500
7	múltiplo de profundidad	1.0
8	múltiplo de amplitud	1.0
9	Modelo	yolov5s.yaml

Tabla 2 – Parámetros definidos para el modelo.

4.4.Detección y conteo de plantas de agave.

Con el fin de analizar los resultados del método propuesto, en esta subsección se proponen tres casos: (1) imágenes con agaves de tamaño uniforme con maleza abundante, (2)



Figura 3– Cultivo con agaves de tamaño uniforme con maleza abundante.

imágenes con agaves de diferentes tamaños, maleza, sombras, objetos que no son plantas de agave y (3) agaves de diferentes tamaños y maleza, objetos que no son plantas de agave. Para medir la calidad de los resultados se utilizó la mAP, que combina los conceptos de precisión, precisión promedio, sensibilidad, Intersección sobre la Unión (IoU).

Caso 1: agaves de tamaño uniforme, separados y con maleza abundante.

La Figura 3 muestra los resultados del algoritmo propuesto para el caso donde los agaves son de tamaño uniforme, no existe una separación clara entre cada agave, y hay presencia de maleza abundante. Se realizó el conteo de 35 plantas de agave, 2 plantas de agaves no fueron detectadas porque solo se aprecian las hojas, la barda no deja tener una vista completa de las plantas.

Caso 2: agaves de tamaño uniforme, separados con maleza, sombras y objetos que no son plantas de agave.

La Figura 4 muestra los resultados del algoritmo propuesto para el caso donde los agaves son de tamaño uniforme, existe una separación clara entre cada agave hay presencia de maleza sombras y objetos que no son plantas de agave. El modelo entrenado detecto las 52 plantas de agave.



Figura 4– Cultivo con agaves de tamaño uniforme con sombras.

Caso 3: agaves de tamaño uniforme, separados con poca maleza, objetos que no son plantas de agave.

La Figura 5 muestra los resultados del algoritmo propuesto para el caso donde los agaves son de tamaño uniforme, existe una separación clara entre cada agave hay poca presencia de maleza y tiene objetos que no son plantas de agave. El modelo entrenado detecto las 245 plantas de agave.



Figura 5– El modelo es funcional en condiciones adversas.

4.5. Validación de los datos

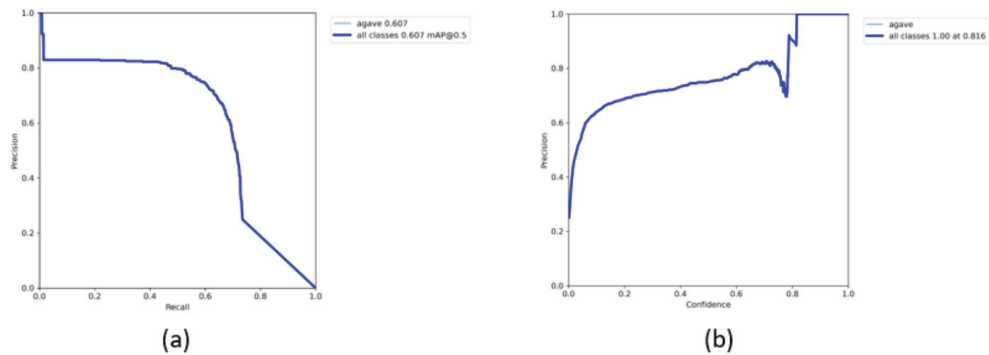


Figura 6 – Curva Precisión/Sensibilidad y confianza del modelo.

Para la validación de los resultados, se utilizó la métrica mAP usando un umbral determinado de IoU de 0.50 y múltiples umbrales iniciando con un IoU de 0.50 con incrementos de 0.05 hasta 0.95;

En la Figura 6(a) se puede observar que la curva Precisión/Sensibilidad es una buena ya que la precisión se mantiene estable en proporción a la sensibilidad con un IoU de 0.5, en la Figura 6(b) podemos observar que la confianza del modelo en proporción a su precisión. Un detector de objetos se considera bueno si su precisión se mantiene alta a medida que aumenta la sensibilidad, lo que significa que, si varía el umbral de confianza, la precisión y la recuperación seguirán siendo altas.

5. Conclusiones

En el presente trabajo se propuso un modelo basado en CNN para el conteo de plantas de agave usando imágenes aéreas tomadas desde un vehículo aéreo no tripulado. Para desarrollar el modelo se diseñó una metodología que está constituida por cuatro fases, las cuales son: plan de vuelo y adquisición de imágenes, preprocesamiento de las imágenes, diseño y entrenamiento de la CNN, detección y conteo de plantas de agave. Con el fin de probar el algoritmo propuesto, se propusieron tres escenarios, como resultado del proceso de experimentación se llegó a las conclusiones; en esta investigación se ha presentado un sistema para la detección de plantas de agave usando técnicas de procesamiento de imágenes y aprendizaje profundo, donde se utiliza la CNN YOLOv5, para la detección y conteo de plantas de agave y se realiza la configuración de parámetros que se adapten mejor a la resolución de nuestro problema específico. Como trabajo futuro se plantea perfeccionar la arquitectura propuesta y tener una base de datos con imágenes de diferentes edades de plantas de agave.

Referencias

- Calvario, G., Alarcón, T. E., Dalmau, O., Sierra, B., & Hernandez, C. (2020). An Agave Counting Methodology Based on Mathematical Morphology and Images Acquired through Unmanned Aerial Vehicles. *Sensors*, 20, 6247. <https://doi.org/10.3390/s20216247>
- Corona, J. E. (2019). *Algoritmo para el conteo de agaves usando imágenes aéreas tomadas desde un vehículo aéreo no tripulado*. Master's thesis, Instituto Tecnológico Ciudad Guzmán.
- Flores, D., González-Hernández, I., Lozano, R., Vazquez-Nicolas, J. M., & Toral, J. L. (2021). Automated Agave Detection and Counting Using a Convolutional Neural Network and Unmanned Aerial Systems. *Drones*, 5, 4. <https://doi.org/10.3390/drones5010004>
- Mathew, M. P., & Mahesh, T. Y. (2021). Leaf-based disease detection in bell pepper plant using YOLO v5. *Signal, Image and Video Processing*, 16, 841–847. <https://doi.org/10.1007/s11760-021-02024-y>

- Mubin, N. A., Nadarajoo, E., Shafri, H. Z., & Hamedianfar, A. (2019). Young and mature oil palm tree detection and counting using convolutional neural network deep learning method. *International Journal of Remote Sensing*, 40, 7500–7515. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1569282>
- Padilla, R., Passos, W. L., Dias, T. L., Netto, S. L., & da Silva, E. A. (2021). A Comparative Analysis of Object Detection Metrics with a Companion Open-Source Toolkit. *Electronics*, 10, 279. <https://doi.org/10.3390/electronics10030279>
- Rahnemoonfar, M., & Sheppard, C. (2017). Deep Count: Fruit Counting Based on Deep Simulated Learning. *Sensors*, 17, 905. <https://doi.org/10.3390/s17040905>
- Sarabia, R., Aquino, A., Ponce, J. M., López, G., & Andújar, J. M. (2020). Automated Identification of Crop Tree Crowns from UAV Multispectral Imagery by Means of Morphological Image Analysis. *Remote Sensing*, 12, 748. <https://doi.org/10.3390/rs12050748>
- Wong, Z. Y., Chew, W. J., & Phang, S. K. (2020). Computer vision algorithm development for classification of palm fruit ripeness. *13th International Engineering Research Conference (13TH EURECA 2019)*. AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0002188>
- Wu, H., Wiesner-Hanks, T., Stewart, E. L., DeChant, C., Kaczmar, N., Gore, M. A., Lipson, H. (2019). Autonomous Detection of Plant Disease Symptoms Directly from Aerial Imagery. *The Plant Phenome Journal*, 2, 1–9. <https://doi.org/10.2135/tppj2019.03.0006>
- Zhong, Y., Gao, J., Lei, Q., & Zhou, Y. (2018). A Vision-Based Counting and Recognition System for Flying Insects in Intelligent Agriculture. *Sensors*, 18, 1489. <https://doi.org/10.3390/s18051489>
- Zortea, M., Nery, M., Ruga, B., Carvalho, L. B., & Bastos, A. C. (2018). Oil-Palm Tree Detection in Aerial Images Combining Deep Learning Classifiers. *IGARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/igarss.2018.8519239>

Control PID didáctico con Servidor OPC UA

Fernando Rivera-Velazquez¹, Eduardo Salazar-Valle¹, Gloria M. Martínez-Aguilar¹

FernandoRiveraUTT@outlook.com; esalazar@utt.edu.mx; gmartinez@utt.edu.mx

¹ Universidad Tecnológica de Torreón, Departamento Mecatrónica, Carretera Torreón - Matamoros Km 10, S/N, Ejido el Águila, 27400 Torreón, Coahuila México.

DOI: 10.17013/risti.45.77-99

Resumen: El controlador Proporcional Integral Derivativo (PID) ha sido por décadas el controlador más usado en la industria debido a sus diversas ventajas, siendo una de las más importantes la relación costo/beneficio que puede proveer, además de que es una metodología que se ha ido adaptando a las nuevas tecnologías a través de los años. Actualmente con el auge de la industria 4.0 es imperativo proporcionar herramientas educativas asequibles que permitan adentrar a los educandos en estas tecnologías. La implementación de un controlador PID en un servidor OPC UA permite eliminar las barreras de propietario y eficientizar los procesos productivos a controlar y monitorear. En este trabajo se presenta la metodología de implementación de un control PID didáctico con un servidor OPC UA montado en una Raspberry Pi, que da la oportunidad de introducir a los jóvenes universitarios a un entorno de industria 4.0 para que en su futuro profesional logren una rápida adaptación al sector productivo.

Palabras-clave: PID, OPC UA, Raspberry Pi, Arduino, UA Expert, Visual Studio.

Didactic PID control with OPC UA Server

Abstract: The Proportional Integral Derivative (PID) controller has been the most widely used controller in the industry for decades due to its various advantages, one of the most important being the cost/benefit ratio it can provide, in addition to the fact that it is a methodology that has been adapted to new technologies over the years. Currently, with the rise of industry 4.0, it is imperative to provide affordable educational tools that allow students to delve into these technologies. Implementation of a PID control in an OPC UA server allows to eliminate proprietary barriers and streamline monitoring and controlling in production processes using it. This paper presents the methodology for implementing a didactic PID control with an OPC UA server mounted on a Raspberry Pi, which gives the opportunity to introduce young university students to an industry 4.0 environment so that in their professional future they can achieve rapid adaptation to the productive sector.

Keywords: PID, OPC UA, Raspberry Pi, Arduino, UA Expert, Visual Studio.

1. Introducción

El controlador Proporcional Integral Derivativo (PID) emplea tres algoritmos con un propósito muy específico cada uno para llevar a cabo el control. La parte proporcional incorpora cambios proporcionales apropiados para el error (la diferencia entre el punto de referencia y la variable de proceso) a la salida de control. El término integral examina la variable del proceso a lo largo del tiempo y corrige la salida al reducir la compensación de la variable del proceso. El modo de control derivado monitorea la tasa de cambio de la variable del proceso y, por lo tanto, cambia la salida cuando hay variaciones inusuales (Borase, 2021).

Por su estructura simple, fácil implementación y mantenimiento, los controladores PID son los controladores más utilizados en control de movimiento, control de procesos, electrónica de potencia, hidráulica, neumática, e industrias manufactureras, entre otros (Åström, 2001). Además, ofrece un buen rendimiento con una relación costo/beneficio, esto ha permitido que prevalezca y vaya de la mano con tecnologías y aplicaciones modernas. En la mayoría de las aplicaciones de sistemas de control, el 90-95% de los lazos de control son PID (Díaz-Rodríguez, 2019).

En la última década el mundo industrial empezó a converger en la cuarta revolución industrial y los ejes tecnológicos que la componen (Y. Lu, 2017). Dentro de los arquetipos implementados en la industria 4.0 el Internet industrial de las cosas (IIoT) es uno de los más importantes y se compone por una red de redes que conecta equipos industriales, controladores, sensores y actuadores, es decir las “Cosas”, para proporcionar alternativas inteligentes de servicios en los sistemas de fabricación, con el objetivo de mejorar la calidad, productividad, eficiencia, confiabilidad, seguridad y protección (E. Sisinni, 2018), (S. Vitturi, 2019).

Tradicionalmente, la automatización de procesos industriales se ha basado en la creación de redes de sensores y actuadores que monitorean y controlan estos mediante leyes de control que se implementan de acuerdo a la naturaleza propia del sistema. Este tipo de redes aprovechan el concepto de sistemas de medición distribuida (DMS). Con la creciente presencia del paradigma IIoT, los DMS llegan más enfocados, ya que los componentes de un sistema IIoT necesitan un nivel aún mayor de interacción para la integración de datos, sensores, comunicación y procesamiento.

Este nuevo escenario DMS habilitado para IIoT se basa en el soporte de sistemas de comunicación eficientes y confiables, que tienen que garantizar una amplia disponibilidad de los datos recopilados de posiblemente instrumentos de medición y/o sensores heterogéneos (D. Bruckner, 2019).

Sin embargo, dentro de estos sistemas es común que los componentes provengan de diferentes fabricantes lo que conlleva que en su mayoría utilicen diferentes formatos para representar la medición datos e incluso que operen intrínsecamente sobre redes heterogéneas. Esto representa una problemática para la modularidad, interoperabilidad y por ende control de los procesos. Una solución clave para este dilema es la Arquitectura Unificada (UA) de vinculación e incrustación de objetos (OLE) para Control de Procesos (OPC) (Mathias, 2020).

OPC UA es un protocolo definido según la norma internacional IEC 62541 que fue concebida para implementar la comunicación de máquina a máquina (M2M) a través de posiblemente diferentes medios físicos, al mismo tiempo que garantiza un alto nivel ciberseguridad. Por lo que es una atractiva y ventajosa oportunidad para el paradigma de medición de IIoT emergente. En particular, su estructura orientada a objetos (Baño, 2019) permite una contextualización completa de la información. Por ejemplo, un objeto OPC UA se podría usar para almacenar el valor de una medición, las características del instrumento/sensor, las unidades de medida, posibles umbrales y así sucesivamente. Características tan importantes que permiten la medición de datos múltiples y heterogéneos sin importar su procedencia o manufactura (A. Morato, 2020). En el ámbito industrial un OPC UA se implementa sobre interfaces máquina humano (HMI) o computadores las cuales usualmente tienen un alto costo.

Por otro lado, siguiendo la vertiente del uso de placas de desarrollo como el Raspberry Pi y Arduino, las cuales son sumamente adecuadas y de gran utilidad al momento de querer implementar las arquitecturas OPC UA y DMS, dado que satisfacen los campos de calidad, productividad, eficiencia, aunado a su asequibilidad. Se ha demostrado que los proyectos de esta índole tienen costos rentables en su desarrollo, además de brindar una solución precisa al caso de estudio para el que fueron creados (Charania, 2021), (Vimos, 2018), (Park, 2019), (Mizuya, 2017), (Peña, 2019), (Endeley, 2019), (Korodi, 2017). Y otro punto a favor y de gran importancia es el que estas plataformas cuentan con la posibilidad de escalabilidad para diversas tecnologías 4.0.

Sin embargo, ninguno de estos desarrollos busca un enfoque didáctico lo que hace imperativo la implementación de herramientas pedagógicas que vayan de la mano con el avance de las tecnologías en la industria 4.0, que permitan al educando las nociones necesarias sobre desarrollos de vanguardia en automatización de procesos y todos los enseres que estos conllevan, con el objetivo principal de que con estos conocimientos tengan una inserción en el mundo laboral más adecuado a lo existente en la industria en la actualidad.

El sistema didáctico propuesto implementa un control PID mediante un DMS que utiliza un servidor OPC UA. El entorno desarrollado cumple con la arquitectura de este tipo de sistemas y pretende servir de guía para que los alumnos adquieran nociones claras de la implementación y bondades de los OPC y los controles PID en el área industrial.

2. Diseño del sistema

En la Figura 1 se puede observar de forma gráfica el sistema didáctico que se propone.

El sistema controla y monitorea las variables pertenecientes a los sensores y actuadores conectados a un Arduino Uno en tiempo real, a través de una comunicación cliente-servidor implementada en un OPC UA y donde de acuerdo a las necesidades se aplican y modifican las leyes del control PID.

El servidor OPC montado sobre la Raspberry Pi cuenta con los componentes necesarios (Wi-Fi y Ethernet) para establecer una comunicación a Internet y enlazarse de manera

remota con un cliente alojado en cualquier tipo de arquitectura es decir una HMI o una computadora con sistema operativo (OS) Windows, Linux o MAC. La librería que se utilizó para correr el servidor y cliente es gratuita y ofrece una experiencia suficiente para los fines buscados. En el sistema desarrollado se emplea una tarjeta Arduino como adquisidora de datos y se usaron componentes de bajo costo y de uso común tanto en la vida estudiantil como la industria. A continuación, se da una breve referencia de las tecnologías utilizadas en el sistema propuesto.

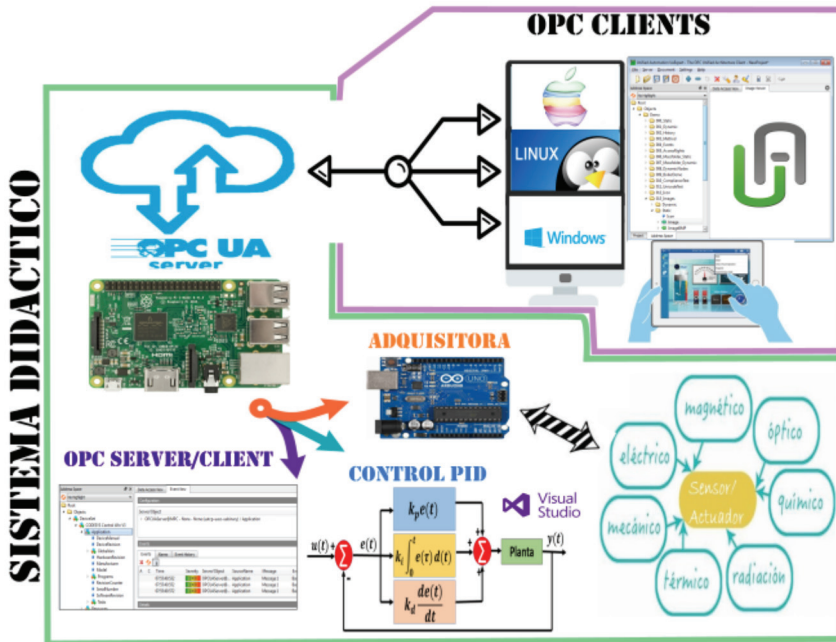


Figura 1 – Esquema de Sistema didáctico propuesto.

2.1. Raspberry Pi

Raspberry Pi es un multiprocesador, cuenta con una tarjeta gráfica, una memoria volátil, RAM, interfaces de dispositivos alámbricos e inalámbricos externos. Una de sus muchas ventajas es que consume poca energía, pero sigue siendo barata y potente. Usualmente la Raspberry Pi usa una tarjeta SD como disco duro, en el cual se le carga su OS basado en Linux llamado Raspbian el cual viene cargado con más de 35,000 paquetes y software precompilado incluido en un formato agradable para una fácil instalación en la placa. La mayoría de sus versiones cuenta con conectividad LAN por Ethernet y/o Wifi de manera nativa, pero es capaz de comunicarse con otros dispositivos externos usando tecnologías de comunicación inalámbrica, redes celulares, NFC, ZigBee, Bluetooth, etc. Python es el lenguaje de programación más utilizado para implementaciones en esta tarjeta, que pueden ser diferentes indoles domésticas, comerciales e industriales (Raspberry Pi Foundation, 2021), (Naik, 2019).

2.2. Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software amigables, asequibles y fáciles de usar. Utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring), y el Software Arduino (IDE), basado en Processing. Arduino nació en el Instituto de Diseño de Interacción Ivrea como una herramienta fácil para la creación rápida de prototipos, dirigida a estudiantes sin experiencia en electrónica y programación.

Arduino simplifica el proceso de trabajar con microcontroladores, pero ofrece ventajas adicionales como lo es su precio en el mercado, además es multiplataforma ya que su software se ejecuta en los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux. El entorno de programación de Arduino es fácil de usar para principiantes, pero lo suficientemente flexible para que los usuarios avanzados también lo aprovechen. Además, es de código abierto y extensible lo que hace posible que desarrolladores puedan realizar mejoras a las placas y así aumentar su eficiencia (What is Arduino?, 2018).

2.3. Visual Studio

Microsoft Visual Studio es una aplicación informática que proporciona servicios integrales para facilitarle al desarrollador o programador la creación de software, permitiéndonos desarrollar aplicaciones, sitios y aplicaciones web, así como servicios web en cualquier entorno que soporte la plataforma .NET. Fue creado por la compañía Microsoft y está disponible para sistemas operativos Windows, Linux y macOS, y la vez es compatible con múltiples lenguajes de programación, tales como C++, C#, Visual Basic.NET, F#, Java, Python, Ruby y PHP, al igual que entornos de desarrollo web, como ASP.NET, fue lanzado en 1997, cuenta con versiones gratis y de venta.

Está basado en BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code, por sus siglas en ingles), un lenguaje de programación de alto nivel, que puede ser tanto interpretado como compilado, no estructurado y de fácil aprendizaje. Desde Visual Studio 2015 su nuevo IDE, viene preparado para desarrollar aplicaciones para Windows, pero también para Android, iOS y Windows Phone. Esto permite desarrollar en C# nativo sin necesidad de usar Java (Visual Studio, 2019).

2.4. Matlab

MATLAB (abreviatura de MATrix LABoratory, «laboratorio de matrices») es un software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows, macOS y GNU/Linux. Dispone de dos herramientas adicionales que expanden sus prestaciones: Simulink (plataforma de simulación multidominio) y GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI). Además, se pueden ampliar las capacidades de MATLAB con las cajas de herramientas (toolboxes); y las de Simulink con los paquetes de bloques (blocksets). Es un software muy usado en universidades y centros de investigación y desarrollo (Wang, 2020).

2.5. OPC y su introducción a la Arquitectura Unificada

OPC es un estándar de interoperabilidad para el intercambio seguro y confiable de datos en el espacio de automatización industrial. Es independiente de la plataforma y garantiza el flujo continuo de información entre dispositivos de múltiples proveedores. Es una serie de especificaciones desarrolladas por proveedores de la industria, usuarios finales y desarrolladores de software. Estas especificaciones definen la interfaz entre Clientes y Servidores, así como también Servidores y Servidores, incluido el acceso a datos en tiempo real, monitoreo de alarmas y eventos, acceso a datos históricos y otras aplicaciones. La Fundación OPC es la responsable del desarrollo y mantenimiento de este estándar (What is OPC?, 2017).

Inicialmente, el estándar OPC estaba restringido al OS Windows. Estas especificaciones ahora se conocen como OPC Classic y han disfrutado de una adopción generalizada en múltiples industrias, incluida la manufactura, la automatización de edificios, el petróleo y el gas, energías renovables y los servicios públicos, entre otros. Con la introducción de arquitecturas orientadas a servicios en los sistemas de manufactura, surgieron nuevos desafíos en seguridad y modelado de datos. La Fundación OPC desarrolló las especificaciones de Arquitectura Unificada OPC (OPC UA) para abordar estas necesidades y proporcionar una arquitectura de plataforma abierta con tecnología amplia en funciones, escalable y extensible.

OPC UA se basa en una relación cliente-servidor, en la que la información se estructura siguiendo un modelo de orientación de objetos, donde los objetos se denominan formalmente como “nodos”, que son la entidad fundamental de OPC UA y representan un objeto básico que tiene los atributos necesarios para definir cualquier tipo de elemento de información, por ejemplo, presión, temperatura, etc. Para acceder a la información almacenada dentro de los nodos, OPC UA proporciona una serie de servicios (Montalvo, 2020).

En el contexto de las aplicaciones de medición basadas en IIoT, el protocolo OPC UA se puede explotar de forma rentable para permitir la comunicación segura entre las fuentes heterogéneas de medición de datos. De hecho, las mediciones se pueden almacenar por nodos que pertenecen a uno o más servidores, para que clientes distribuidos puedan acceder sin problemas (S. Schriegel, 2018). Con OPC UA es posible hacer uso de aplicaciones basadas en Windows, Linux y Mac OS.

2.6. FreeOPCUa

FreeOPCUa es una librería de licencia abierta capaz de ejecutarse en distintos lenguajes de programación como Python o C++, también ofrece la disponibilidad de operación en OS como Windows, Linux y MAC. Cabe mencionar que su descarga es totalmente gratuita, y la misma se puede realizar desde diversos repositorios aportados por comunidades como stack overflow y GitHub. Con la instalación de esta librería se puede ejecutar el servidor y cliente para la implementación de un OPC UA.

2.7. Unified Automation y UaExpert

Unified Automation es una empresa que ofrece productos y servicios en el campo de la comunicación estandarizada en la industria de la automatización entre otros. Con

base en la tecnología OPC UA, Unified Automation ofrece un marco de desarrollo de software multiplataforma mediante la conexión con kits de desarrollo de software (SDK) para permitir la integración de información vertical para proveedores de aplicaciones, desde fabricantes de dispositivos integrados hasta desarrolladores de aplicaciones empresariales.

Los productos de Unified Automation permiten a las empresas construir, implementar e integrar fácilmente tecnología de comunicación estándar. Sus productos están diseñados para mejorar la calidad de las aplicaciones y dispositivos del cliente. La automatización unificada permite a los clientes acelerar la innovación, acortar el tiempo de comercialización y aumentar los ingresos. En este ámbito UaExpert es un cliente OPC UA con todas las funciones que demuestra las capacidades de un SDK de cliente OPC UA de C++. UaExpert está diseñado como un cliente de prueba de uso general que admite funciones de OPC UA, es multiplataforma y está programado en C++ (Unified Automation, 2021).

2.8.VNC

VNC es un programa de software libre basado en una estructura cliente-servidor que permite observar las acciones de un dispositivo (servidor) remotamente a través de otro dispositivo (cliente). VNC no impone restricciones, es posible compartir la pantalla de una máquina con cualquier OS que admita VNC conectándose desde otro ordenador o dispositivo que disponga de un cliente VNC. El software de VNC tiene una gran comunidad en todo el mundo, especialmente dentro de los sectores de la industria, el gobierno y la educación.

Desde el año 2016 RealVNC, el desarrollador y proveedor original del software, anuncio la asociación con la Raspberry Pi Foundation para incluir su software VNC en las placas de desarrollo con el Raspberry Pi OS. Con esto, el software RealVNC se convirtió en el estándar oficial para la conectividad de acceso remoto en todas las Raspberry lo cual hace que VNC Viewer se proporcione de forma gratuita para uso educativo o no comercial (VNC Connect, 2021).

2.9.Control PID

Un controlador PID es del tipo continuo y se encarga de modular la señal de control de un sistema en función del error que existe entre el valor medido y el valor deseado. Este tipo de control es ampliamente utilizado en los procesos industriales, incluso cuando se presenten interferencias externas.

Asimismo, resulta fácil de implementar y puede ser utilizado en todo tipo de hardware de manera eficiente debido a que no utiliza muchos recursos. Por otro lado, lo crítico radica en la sintonización, la cual debe de realizarse por un experto en proceso y durante alguna prueba en campo. Una vez sintonizado el controlador, no requiere de ajustes adicionales. La ecuación 1 representa un control PID.

$$c(t) = Kp * e(t) + Ki * \int e(t) + Kd * \frac{\partial e(t)}{\partial t} \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

- $c(t)$ = señal de control
- $e(t)$ = señal de error
- K_p, K_i, K_d = parámetros del controlador PID

Cabe mencionar que los parámetros del control PID se sintonizan de acuerdo al sistema a controlar (Wang, 1999) y que existen métodos ya establecidos y bien documentados por décadas (Verma, 2020), (Nisi, 2019), (Memon, 2020), (Daful, 2018).

3. Implementación del sistema

El primer paso en el desarrollo del sistema es la configuración del entorno en Raspberry Pi la cual es muy específica, ya que para un buen funcionamiento de la arquitectura OPC UA se deben hacer las configuraciones e instalaciones de paquetes de forma correcta.

Usar la Raspberry Pi con el servidor OPC UA permite tener diferentes configuraciones de clientes. Existen dos opciones bastante prácticas dentro de la amplia gama de clientes expertos que hay a disposición:

1. La primera es descargando e instalando un cliente local en la Raspberry Pi y mediante terminal usarlo. Sin embargo, con esta configuración si se desean ver los datos de forma remota es necesario utilizar un programa de escritorio remoto como por ejemplo un VNC Viewer.
2. La segunda opción es con el uso de un programa cliente como lo es el UA Expert que puede ser instalado en una computadora con OS Windows, Linux, o MAC y tener el acceso remoto mediante este sin necesidad de un escritorio remoto.

Ambas opciones de configuración son igual de eficientes ya que las dos cumplen con el objetivo principal de permitir la comunicación entre elementos de distinto fabricante. La implementación de una u otra configuración será determinada por las necesidades del operador o por los recursos con los que cuenten. A continuación, se detalla paso a paso la configuración del sistema propuesto.

3.1. Configuraciones iniciales del entorno

Para el buen funcionamiento del sistema OPC UA, se comienza con la instalación del entorno donde se desarrollan las funciones del servidor, al hacer uso de una tarjeta Raspberry Pi como servidor es necesario la instalación del OS que se aloja en una tarjeta MicroSD. El sitio oficial de Raspberry para la descarga del OS es <https://www.raspberrypi.org/software/>, en este sistema se utilizó una Raspberry Pi 3By el OS Raspbian.

3.2. Servidor OPC UA en Raspberry Pi

Con el OS cargado se prosigue a configurar el servidor OPC UA, para ello se utilizó la librería FreeOPCUa, dado que es ideal para ser empleado en Raspberry Pi debido a que no tiene costo alguno, permite una amplia visualización de valores y sus características y que la cantidad de memoria para su almacenamiento en la placa es pequeña. La

instalación de la librería del servidor se inicia con las siguientes instrucciones en la terminal:

```
Pi: - $ sudo apt-get update
Pi: - $ sudo apt install libxml2-dev libxmlsec1-dev libffi-dev
Pi: - $ sudo pip3 install cryptography
Pi: - $ sudo pip3 install freeopcua
```

Para comprobar que el servidor fue creado con éxito, se escribe la instrucción:

```
Pi: - $ python 3
```

Para abrir el entorno de Python y dentro de terminal el IDLE se ingresa:

```
Pi: - $ from opcua import Client
```

Se da Enter y sino no aparece ningún error, se concluye que el servidor fue instalado correctamente. Con esto se monta el servidor en la placa Raspberry Pi y se procede a realizar tanto la configuración para la adquisición de datos como la configuración para la escritura y control de valores.

3.3. Código en Arduino para lectura de datos

Previo al uso del control PID se realizaron pruebas de conexión, para esto se empezó con la adquisición de datos. Los materiales que se utilizan para llevar a cabo el circuito de adquisición son de electrónica básica: un Arduino Uno, un potenciómetro, un Diodo Emisor de Luz (LED), una tablilla de conexión (Protoboard) y cables para la conexión de los componentes.

Para este punto el código que se realizó, regula la intensidad de un LED con un potenciómetro. Las variaciones en la intensidad del LED van de 0-255 y son controladas por el valor del potenciómetro que es recibido por un pin analógico, este valor es transformado a uno digital que cambia la intensidad del LED. El circuito usado se puede apreciar en la figura 2.

El valor digital tiene que ser direccionado a través de una comunicación serial para ser leído y procesado por la placa Raspberry Pi y su código Python de lectura. Una vez realizada la parte de adquisición de datos se procede a realizar la parte de control/escritura.

3.4. Código y esquema en Arduino para escritura de datos

Los elementos usados para la escritura son similares los de lectura: un Arduino Uno, un LED, una Protoboard y cables para la conexión de los componentes. El código en Arduino que se realizó busca encender y apagar un LED estableciendo parámetros de comparación para su ejecución. En este caso se compara el valor leído en la comunicación

serial entre Python y Arduino. Si Arduino lee un “0” apaga el LED, si lee “1” prende el LED. En caso de que se mande un valor diferente a 0 y 1 el programa no realiza ninguna. El circuito utilizado se puede apreciar en la Figura 3.

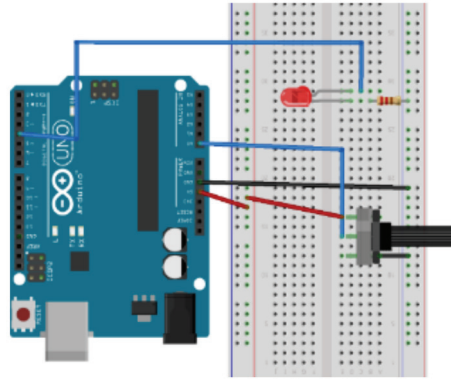


Figura 2 – Diagrama de conexión para envío de datos desde Arduino.

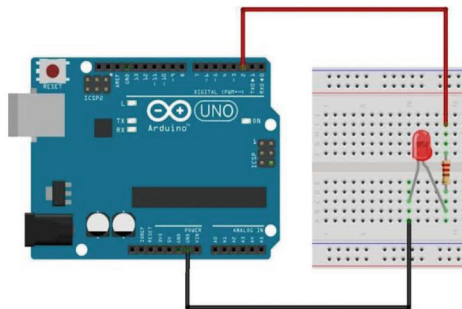


Figura 3 – Diagrama de conexión para recepción de datos en Arduino.

Hasta aquí la parte adquisitoria del sistema está listo para enviar y recibir datos por lo que se prosigue con la configuración del servidor para la conexión con esta.

3.5. Código en Python para lectura

Las variables que se crearon para el código de lectura son introducidas en un nodo dedicado a los parámetros, ya que este contendrá toda la información sensada y es el objeto que será leído por los clientes.

El código de Python se encarga de arrancar el servidor y del direccionamiento de datos. Empieza importando el **servidor** de la librería **opcua** y el **serial** de la librería **PySerial**. Esta última es necesaria dado que Arduino envía los datos mediante un puerto USB el cual se toma como un puerto serial a la Raspberry. Con la instrucción **deArduino = serial.Serial('PUERTO',BAUDIOS)** se indica que los datos de la comunicación

serial entre Arduino y Python se guardan en la variable “deArduino”. Con los comandos **server = Server()**, **url = “opc.tcp://IP:4840”** y **server.set_endpoint(url)** se indica en qué dirección de Internet Protocol (IP) se creará el servidor.

Es imperativo que en el código se cree el nodo que leerán los clientes OPC UA. El mandar la información en forma de nodos permite a los clientes procesar la información de las variables de forma eficiente ya que estos se encuentran compactados en una sola estructura. Finalmente, los datos leídos en la comunicación serial son mandados a una variable que se encarga de su impresión en la consola de Python, esto como un método de verificación de que los datos son recibidos.

3.6. Código en Python para escritura

Para realizar la escritura es necesario la realización de dos códigos uno que correrá en el servidor y otro en el cliente. Para el código que estará en el servidor, de manera similar al código de lectura las variables creadas son introducidas en un nodo dedicado el cual guarda la información del estado del LED y es el objeto que será modificado por el cliente. Para visualizar el estado de operación del LED se imprime la variable en la consola de Python con el objetivo de verificar si el LED se encuentra encendido o apagado.

En el caso del código del cliente, este tiene la finalidad de escribir valores para la manipulación del actuador mandando valores al servidor de “1” ó “0” para posteriormente controlar el encendido y apagado del LED, básicamente establece que el espacio de direcciones se guarde en una variable para poder manipular los valores. Es imprescindible establecer y definir la conexión del cliente con el servidor, además de destacar que la IP corresponde al lugar de trabajo del operador, por lo tanto, para que funcione desde cualquier lugar bastará con introducir la nueva IP del lugar donde se esté operando.

Con esto se tiene todo lo necesario para la lectura y escritura de datos en el servidor y su comunicación vía serial con la tarjeta Arduino.

3.7. Código y esquema del Control PID

Con el sistema configurado adecuadamente para escritura y lectura se procede a la configuración del control PID. Para esto se conecta a Arduino a una interfaz en Visual Studio que funciona como una HMI que permite enviar tanto los Set Points y las ganancias del control PID. En Arduino se procesa la información y se mandan las leyes de control propias del sistema a controlar.

A modo de verificar el correcto funcionamiento del control PID se utilizó un motor de corriente continua (DC) como planta a controlar. Los materiales que se utilizaron son un Arduino Uno, un puente H integrado (L298N), un motor DC con Encoder de 12V, una fuente de energía para alimentar el motor, y cables para la conexión de los componentes.

El código en Arduino que se realizó ejecuta un Control PID que regula las RPM (Revoluciones Por Minuto) a las que gira el motor. En este, primero se declaran todas las variables utilizadas en el control (errores y ganancias), los pines que se utilizan para el manejo del puente H y las fases A y B del Encoder. Después se reciben los datos emitidos por la interfaz, las cuales son: los estados de los botones de Start y Stop, las RPM

deseadas y las ganancias establecidas para la operación del control PID. Posteriormente esas ganancias son guardadas en las variables declaradas como KP, KI y KD. Con los datos guardados se implementan las leyes del control PID, se calcula el error de acuerdo al set point (referencia) establecido y lo sensado en la retroalimentación (mediante un encoder incremental), posteriormente se mandan las RPM al motor de manera iterativa hasta que el error sea mínimo o nulo. El esquema que se utilizó para verificar el PID se puede apreciar en la figura 4.

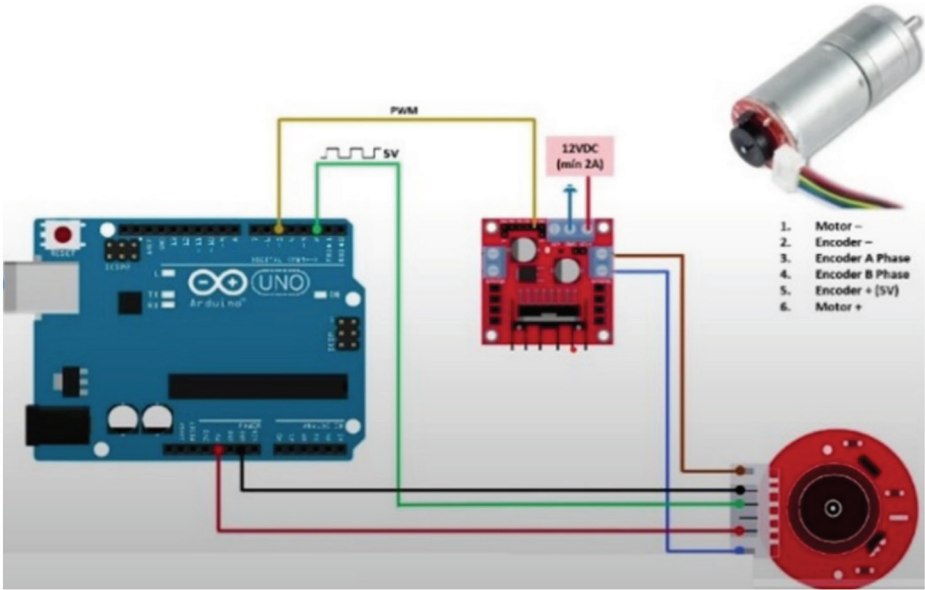


Figura 4 – Esquema de conexión del Control PID.

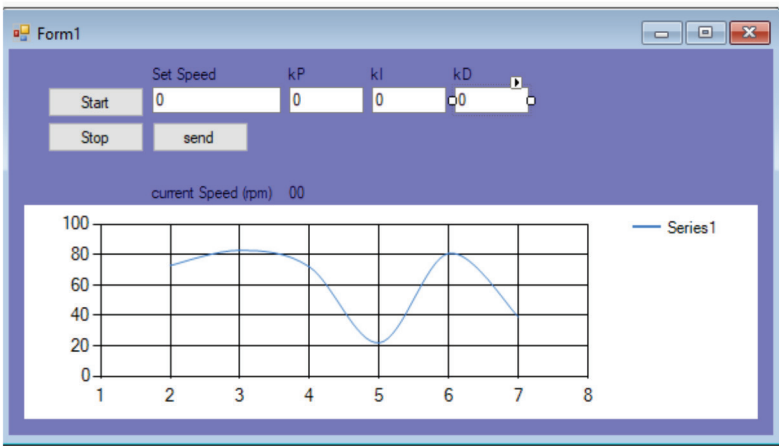


Figura 5 – Interfaz de usuario del Control PID en Visual Studio.

La interfaz de usuario realizada (Figura 5) modifica y actualiza los valores antes mencionados. Lo que se busca con la interfaz es brindar al usuario una herramienta practica para manipular el control PID a sus necesidades.

Hasta este punto se tiene lo necesario para que la tarjeta Raspberry Pi pueda controlar y monitorear los datos de los sensores y actuadores conectados a la Arduino, pero es necesario que estos datos sean cargados al servidor, por lo que el siguiente paso es crear los códigos en Python que permitan el direccionamiento de datos al servidor FreeOPCUa.

Dentro del código para la lectura de los valores del controlador PID propuesto para el monitoreo de un motor DC, las variables son introducidas en un nodo dedicado a los parámetros, ya que esté contendrá toda la información sensada y es el objeto que será leído por los clientes. El código es idéntico en estructura al código de lectura para saber el rango de operación del LED. Estos códigos permiten el direccionamiento de los valores al cliente OPC UA que deseemos. Es importante indicar que la dirección IP que pongamos en el código tiene que ser la IP del sitio en el que se esté trabajando ya que si se envía a otra dirección será imposible la visualización de los valores.

Con el sistema conectado en su totalidad e implementado el control PID se realizó una sintonización para asegurar su correcto funcionamiento.

3.8.Sintonización del control PID para un motor DC con MATLAB

Para la sincronización del control PID es necesario obtener el modelo matemático del motor utilizado que en este caso en particular es un motor DC de 130 RPM. El motor tiene un eje rígido, por medio de sus ecuaciones eléctricas y mecánicas, al relacionarlas, se obtiene el modelo matemático del motor en el cual la entrada es el voltaje aplicado y la salida es la velocidad rotacional del eje, para esto es necesario conocer los diferentes parámetros de los que se encuentra compuesto:

- ❖ Momento de inercia del rotor $J = 5.240247 \cdot 10^{-3}$
- ❖ Torque del motor $(T) = 0.12663$
- ❖ Coeficiente de amortiguamiento del sistema mecánico $(B) = 9304188 \cdot 10^{-3}$
- ❖ Constante de fuerza electromotriz $K=K_e=K_t. = 0.8442$
- ❖ Resistencia eléctrica $(R) = 3.4 \Omega$
- ❖ Inductancia eléctrica $(L) = 1.5 \cdot 10^{-3} H$
- ❖ Voltaje de armadura $(V_a) = 12 V$
- ❖ Corriente de armadura $(i_a) = 0.15 A$
- ❖ Velocidad rotacional del eje $(\omega) = 13.6135 \frac{rad}{s}$

Con los parámetros se hace uso de la fórmula de la función de transferencia de la velocidad del rotor respecto al voltaje aplicado (ecuación 2):

$$\frac{W}{V} = \frac{K}{LJS^2 + (RJ + LB)S + RB + K^2} \quad (\text{Ec.2})$$

Al trasladar los parámetros del motor DC de 130 RPM a la fórmula de función de transferencia se obtiene (ecuación 3):

$$\frac{W}{V} = \frac{0.8442}{7.8603705 e^{-06} + 17.830795 e^{-03} S + 744.307879 e^{-03}} \quad (\text{Ec.3})$$

Con la función de transferencia del motor se procede a la obtención de las ganancias del control PID del sistema mediante el software de MATLAB. Se creó un proyecto en Simulink en donde se agregaron los bloques de escalón unitario, el del control PID, el de la función de transferencia y el scope para la visualización de los valores. Como se puede apreciar en la siguiente Figura 6 se tienen ya puestos los valores obtenidos con los parámetros mecánicos y eléctricos del motor DC.

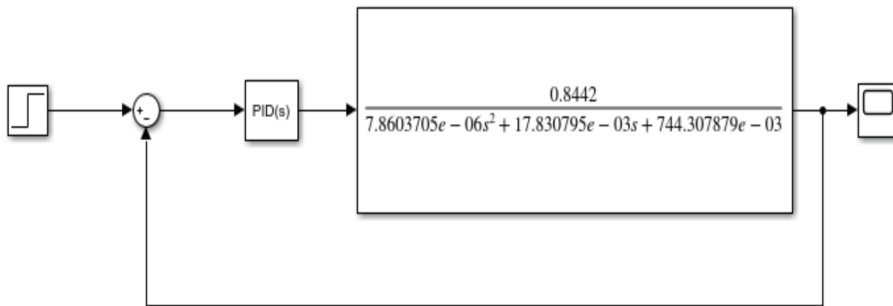


Figura 6 – Diagrama matemático en Simulink.

De acuerdo a lo obtenido en la sintonización del sistema PID los valores indicados para cada una de las variables del control son:

- $P = 1.2243$
- $I = 100.6409$
- $D = -0.0005251$

Estos valores son introducidos en el programa de Visual Studio para la puesta en marcha del motor. En este punto se tiene todo lo necesario para la lectura y escritura de datos en el servidor y su comunicación vía serial con la tarjeta Arduino.

3.9. Cliente OPC UA en Raspberry Pi

La primera opción de cliente se realiza con un cliente OPC UA local en la Raspberry y la configuración para un acceso remoto mediante el uso del programa VNC Viewer. Primero se abre la interfaz de FreeOPCUa, después para permitir el acceso remoto se activa el servicio de conexión VNC en la Raspberry Pi accediendo a las preferencias de la Raspberry Pi, después en la pestaña interfaces se activa la casilla de VNC. Con esto el VNC Server se activa y está disponible siempre que se enciende la placa. Y para determinar la IP a la cual se conectará de manera remota, se accede al icono de VNC que se encuentra en la esquina superior derecha en la Raspberry lo que abre una caja de diálogo que muestra la IP de conectividad la cual se debe de introducir en el VNC Viewer del cliente para poder establecer una conexión correcta a un acceso remoto.

3.10. UA Expert como cliente OPC UA.

La segunda opción de clientes es contar con un programa que funja como cliente dedicado a la lectura y representación de los valores enviados por el servidor OPC UA. Dentro de la gran gama de programas dedicados a esto una de las opciones más prácticas es el software UA Expert, dado que este se puede instalar en diferentes dispositivos sin importar su OS, además de que es gratuito. Para instalarlo se accede al sitio oficial de Unified Automation, al sitio web: <https://www.unified-automation.com/>. La ventaja de utilizar este cliente es que se puede acceder a él desde cualquier parte con tan solo tener disponible una conexión a internet. UA Expert es un cliente práctico que presenta una interfaz para el usuario amigable donde se puede visualizar claramente los valores que se estén monitoreando.

Una vez terminadas todas las configuraciones necesarias tanto para el servidor, la tarjeta adquisidora, como para ambas opciones de clientes se procede al análisis de estas.

4. Análisis y resultados

Primero se evaluó la lectura de datos mediante las dos opciones de clientes mencionadas, posteriormente la escritura y por último el funcionamiento del controlador PID.

4.1. Conexión a FreeOPCUa Client y visualización de valores

En la primera opción de servidor-cliente se accedió al cliente local, después en VNC viewer se introdujo la dirección IP del VNC server previamente obtenida. Una vez establecida la conexión entre servidor y cliente, se visualizó el nodo de los “Parámetros” que contine la variable “Potenciómetro”. Después se movió la perilla del potenciómetro a un punto al azar y se verificó el valor leído por el FreeOPCUa Client (Figura 7). Con esto se comprueba el correcto funcionamiento de esta opción.

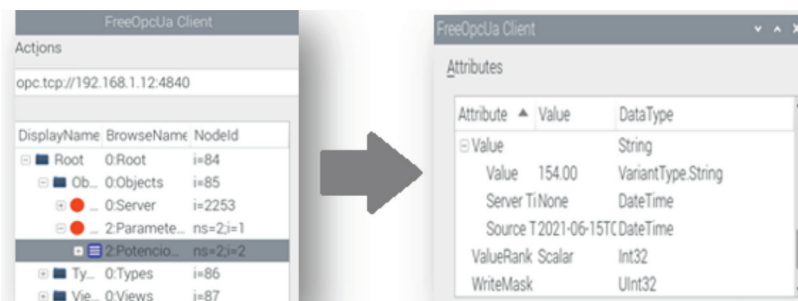


Figura 7 – Lectura de los valores del Nodo (154, que es una intensidad intermedia de LED).

4.2. Conexión a UA Expert y visualización de valores

Para esta opción se debe tener que tener corriendo el programa Server.py en el servidor para poder ingresar desde el cliente de manera remota con la plataforma de UA Expert.

Desde el servidor se puede verificar en consola que se envían los datos. Una vez que está operando el servidor y se mandan los valores de la intensidad del LED entre el rango definido de 0 a 255, se procede a correr el cliente UA Expert que nos permite ver esos valores en tiempo real remotamente. Al momento de entrar a la pantalla principal del UA Expert se debe de asociar al cliente con el servidor mediante una dirección IP. Cuando se detecta el servidor, se da click derecho y se escoge la opción de conectar. Si se conecta de forma correcta al servidor se puede visualizar en el árbol de Servers (Figura 8).

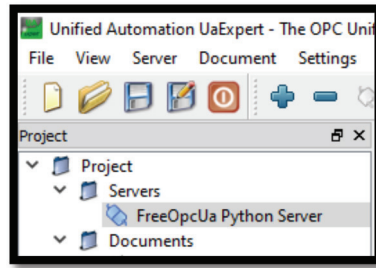


Figura 8 – Visualización de conexión correcta con el Servidor.

En la Figura 9 se puede apreciar que el nodo “Parámetros” contiene los valores de intensidad del LED y permite la visualización de forma continua hasta que se le indique lo contrario con una desconexión. Esto determina que toda la configuración hecha con anterioridad funciona según lo previsto.

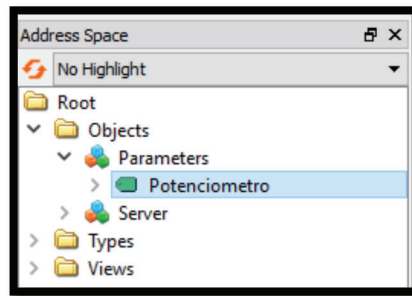


Figura 9 – Visualización de Parámetros en el cliente UA Expert.

Para probar la funcionalidad del servidor OPC UA en la Raspberry Pi y del cliente en UA Expert se realizaron pruebas moviendo el potenciómetro del circuito para lectura de datos. Donde se movió la perilla del potenciómetro y el valor mostrado vario (Figura 10).

Data Access View						
#	Server	Node Id	Display Name	Value	Display Name	Value
1	FreeOpcUa Pyt...	NS2 Numeric 2	Potencimetro	106.00	Potencimetro	255.00

Figura 10 – Visualizacion de cambio de valor en UA Expert.

La visualización de los valores enviados de Arduino al servidor en Raspberry y accedidos por el cliente UA Expert se aprecian de forma clara y práctica, ya que permiten al operador del cliente OPC UA ver todas las características de la variable que se lee. Es decir, se observa la dirección del nodo en la que esta empaquetado el valor, el nombre de la variable en medición, su valor en tiempo real, entre otras tantas opciones más.

Después de comprobar ambas opciones de clientes con la correcta visualización de dato, se procede a la verificación de escritura para esto se tomó en cuenta la opción de cliente local.

4.3. Conexión Cliente-Servidor FreeOPCUa para escritura y visualización de valores

Para verificar el funcionamiento en la escritura de valores para el encendido y apagado del LED se mandaron dos valores. El primer valor es “0”, lo cual apaga el LED. Después el valor “1” que enciende el LED, estos valores se también se pueden monitorear en la consola del servidor (Figura 11).

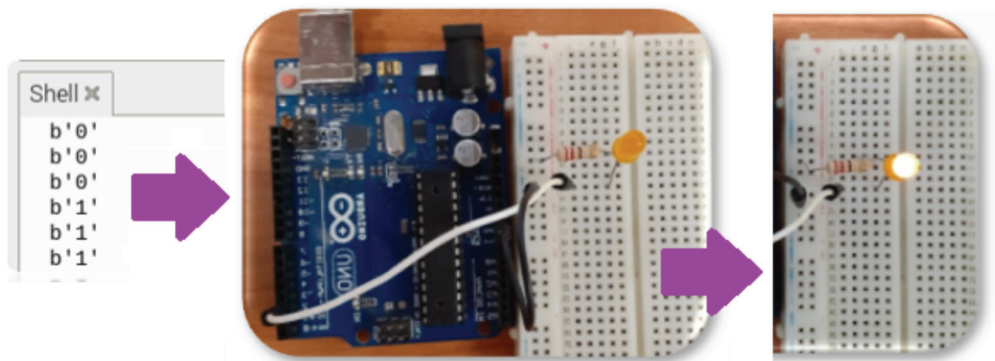


Figura 11 – Valores recibidos en el servidor y leídos en Arduino.

Con esto se termina las pruebas de verificación del sistema OPC UA en sus dos modalidades (lectura/escritura), comprobando así su fácil implementación y correcto funcionamiento y solo falta determinar el comportamiento del controlador PID.

4.4. Visualización de valores del sistema PID

Para esta opción previamente se tiene que tener corriendo el programa en Python encargado de la transferencia de los valores al servidor para poder ingresar desde el cliente de manera remota con la plataforma de UA Expert. En la pantalla principal del UA Expert se debe de asociar al cliente con el servidor del PID mediante su dirección IP.

Para comprobar el correcto funcionamiento del servidor OPC UA y del cliente en UA Expert se realizaron pruebas modificando las RPM del motor. Primero se estableció un SetPoint de 50 en Visual Studio, enviando ese valor a Arduino y este lo trabaja junto a los valores de las ganancias PID previamente establecidas y finalmente mediante una

comunicación serial entre Arduino y Raspberry Pi se mandan los valores al cliente UA Expert como se puede observar en la Figura 12.

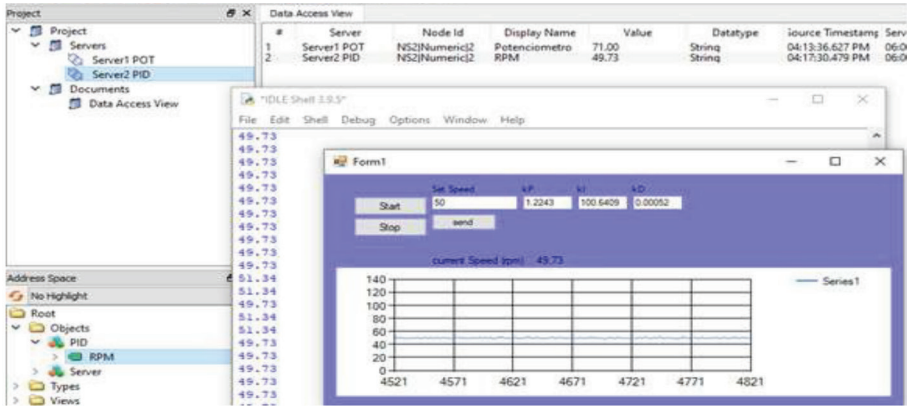


Figura 12 – Visualización del sistema PID en UA Expert, Python y Visual Studio.

La visualización de los valores enviados de Arduino al servidor en Python y accedidos por el cliente UA Expert se aprecian de forma clara y práctica, ya que permiten al operador del cliente OPC UA ver todas las características de la variable que se lee. Con esto se termina las pruebas de verificación del sistema didáctico propuesto.

5. Conclusiones

A lo largo de la historia de la automatización los avances usualmente son extensiones de las tecnologías existentes y esto se puede ver en todos los niveles de la industria. En la actualidad con el surgimiento de la 4ta revolución industrial la tendencia de los ejes que la componen va de la mano de esta idea. Y es de esperarse por los muchos beneficios que ofrece la industria 4.0: ahorro de costes y de tiempo, mejora de la eficiencia y del consumo energético, menos incidencias y mayor capacidad para concentrar los recursos en nuevas actividades que aporten valor añadido, entre otros. Esto hace de vital importancia contar con herramientas didácticas que les permitan a los jóvenes tener una noción pertinente de las aplicaciones y las tecnologías que encontraran en su inserción en el mundo laboral.

En primera instancia al implementar la comunicación OPC UA representa que los alumnos serán capaces de comunicar diferentes ecosistemas de trabajo, dando la oportunidad a que no sea estrictamente necesario el uso de software y equipo de un proveedor en específico, dando pie a una arquitectura abierta, punto clave en la industria 4.0.

Por otro lado, la implementación de un PID remarcando que este tipo de control es ampliamente utilizado en los procesos industriales, incluso cuando se presenten

interferencias externas, además de que es fácil de implementar y puede ser utilizado en todo tipo de hardware de manera eficiente debido a que no utiliza muchos recursos, ofrece a los estudiantes un panorama muy amplio en cuestiones de automatización.

Es importante destacar que el conocimiento que los alumnos adquieren es valioso, ya que comienzan a relacionarse con las distintas placas de desarrollo que existen y por ende con sus entornos de desarrollo integrados (IDE) (Quiles, 2019), además adquieren conocimientos básicos en software para la implementación de servidores, controladores PID y su sintonización. El uso de sistemas OPC UA a diferencia de otros protocolos de envío, procesamiento y recepción de datos es que OPC UA está diseñada para entornos industriales, ya que busca unificar la forma de operar con distintos fabricantes de dispositivos industriales siendo una solución completa que abarca desde la comunicación de los dispositivos hasta su interoperabilidad.

De esta manera el sistema propuesto tiene fines pertinentes para lo que fue creado, además de ser asequible y replicable. El código QR de la Figura 13 otorga el acceso para descargar los códigos de Arduino y Python, así como diagramas de conexión del sistema propuesto, con la finalidad de que cualquier persona pueda implementarlo y familiarizarse con esta tecnología.



Figura 13 – Código QR para descargar los códigos.

Referencias

- Daful, A. G. (2018). Comparative study of PID tuning methods for processes with large & small delay times. 2018 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET), pp. 1-7, <https://doi.org/10.1109/ICASET.2018.8376915>.
- Morato, A., Vitturi, S., Tramarin, F. & Cenedese, A., “Assessment of Different OPC UA Industrial IoT solutions for Distributed Measurement Applications,” 2020 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2020, pp. 1-6
- Åström, K. J., & Hägglund, T. (2001). The future of PID control. Control Engineering Practice, 9(11), 1163-1175. [https://doi.org/10.1016/S0967-0661\(01\)00062-4](https://doi.org/10.1016/S0967-0661(01)00062-4)

- Baño, H. F. (2019). Sistema empujado de bajo costo para adquisición de datos basado en el estándar de comunicación industrial OPC-UA (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización).
- Borase, R.P., Maghade, D.K., Sondkar, S.Y. (2021). A review of PID control, tuning methods and applications. *Int. J. Dynam. Control* 9, 818–827. <https://doi.org/10.1007/s40435-020-00665-4>
- Verm, B. & Padhy, P. K. (2020). Robust Fine Tuning of Optimal PID Controller With Guaranteed Robustness. In *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67(6), 4911-4920. <https://doi.org/10.1109/TIE.2019.2924603>.
- Díaz-Rodríguez, I. D., Sangjin, H., Bhattacharyya Shankar, P. (2019) Analytical design of PID controllers. Springer.
- Bruckner, D., Stanica, M.-P., Blair, R., Schriegel, S., Kehrer, S., Seewald, M., Sauter, T. (2019). An Introduction to OPC UA TSN for Industrial Communication Systems *Proc. IEEE*, 107(6), 1121–1131.
- Endeley, R., Fleming, T., Jin, N., Fehringer, G., & Cammish, S. (2019). A Smart Gateway Enabling OPC UA and DDS Interoperability. 2019 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computing, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation
- Sisinni, E., Saifullah, A., Han, S., Jennehag, U., Gidlund, M. (2018). Industrial internet of things: Challenges, opportunities, and directions. *IEEE Trans. Industr. Inform.*, 14(11), 4724–4734.
- Korodi, A., & Silea, I. (2017). Achieving interoperability using low-cost middleware OPC UA wrapping structure. Case study in the water industry. 2017 IEEE 15th International Conference on Industrial Informatics (INDIN).
- Mathias, S. G., Schmied, S., Grossmann, D. (2020). An investigation on database connections in OPC UA applications. *Procedia Computer Science*, 170, 602-609.
- Mizuya, T., Okuda, M., & Nagao, T. (2017). A case study of data acquisition from field devices using OPC UA and MQTT. 2017 56th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE).
- Memon, F., Shao, C. (2020). An Optimal Approach to Online Tuning Method for PID Type Iterative Learning Control. *Int. J. Control Autom. Syst.* 18, 1926–1935. <https://doi.org/10.1007/s12555-018-0840-0>
- Montalvo, W. (2020). Implementación de OPC UA en una Plataforma Web para la integración de comunicación en el área de producción. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E26), 667-680.

- Naik, S., & Sudarshan, E. (2019). Smart healthcare monitoring system using raspberry Pi on IoT platform. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 14(4), 872-876.
- Nisi, K., Nagaraj, B. & Agalya, A. (2019). Tuning of a PID controller using evolutionary multi objective optimization methodologies and application to the pulp and paper industry. *Int. J. Mach. Learn. & Cyber.* 10, 2015–2025. <https://doi.org/10.1007/s13042-018-0831-8>
- Park, H. M., & Wook, J. (2019). OPC UA based Universal Edge Gateway for Legacy Equipment. 2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN).
- Peña, R. R., Fernandez, R. D., Lorenc, M., & Cadiboni, A. (2019). Gateway OPC UA/ Modbus applied to an energy recovery system identification. 2019 XVIII Workshop on Information Processing and Control (RPIC).
- Qing-Guo, W., Tong-Heng, L., Ho-Wang, F., Qiang, B., Yu, Z. (1999). PID tuning for improved performance. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 7(4), 457-465. <https://doi.org/10.1109/87.772161>.
- Quiles Alemañ, J. (2019). Diseño e implementación de un entorno de desarrollo integrado para programación visual de aplicaciones en la generación del Internet
- Raspberry Pi Foundation (2021). About Us. Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/about/>
- Schriegel, S., Kobzan, T., Jasperneite, J. (2018). Investigation on a distributed sdn control plane architecture for heterogeneous time sensitive networks. 14th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS), pp. 1–10. IEEE,.
- Vitturi, S., Zunino, C., Sauter, T. (2019). Industrial Communication Systems and Their Future Challenges: Next-Generation Ethernet, IIoT, and 5G. *Proc. IEEE*, 107(6), 944–961.
- Unified Automation. (2021). <https://www.unified-automation.com/index.html4>
- Visual Studio (2019). <https://visualstudio.microsoft.com>.
- Vimos, V., Sacoto Cabrera, E. J. (2018). Results of the implementation of a sensor network based on Arduino devices and multiplatform applications using the standard OPC UA. *IEEE Latin America Transactions*, 16(9), 2496-2502. <https://doi.org/10.1109/TLA.2018.8789574>.
- VNC Connect. (2021). RealVNC. <https://www.realvnc.com/es/connect/benefits/>
- Wang, L. (2020). PID Control System Design and Automatic Tuning using MATLAB/ Simulink. <https://books.google.com.mx/books?id=1NXKDwAAQBAJ>

- Arduino (2018). What is Arduino?. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction/>
- OPC Foundation. (2017). What is OPC? <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>
- Lu,Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *J. Ind. Inf. Integr.* 6, 1–10.
- Charania,Z. (2021). Opportunities For A Hardware-Based OPC UA Server Implementation In Industry 4.0. *IECON 2021 – 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/IECON48115.2021.9589043>

Critérios Editoriais

A RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) é um periódico científico, 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, 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.



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

©RISTI 2022 <http://www.risti.xyz>

