ATICA2022

Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas y Accesibilidad

Luis Bengochea
Paola C. Ingavélez
José Ramón Hilera
(Editores)

OBRAS COLECTIVAS
TECNOLOGÍA 36

UAH

ATICA2022

Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas y Accesibilidad

Obras Colectivas de Tecnología 36

Luis Bengochea
Paola C. Ingavelez
José Ramón Hilera
(Editores)

Universidad de Alcalá

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

ATICA2022
Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas y Accesibilidad

Libro de Actas
XIII Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas
y
IX Conferencia Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones para mejorar la Accesibilidad

Proceedings of the
13th International Congress on Application of Advanced Information and Communications Technologies
and
9th International Conference on Application of Information and Communications Technologies to improve Accessibility

Universidade Politécnica Salesiana
Cuenca (Ecuador)
24 al 26 de noviembre de 2021

Cofinanciado por el programa Erasmus+ de la Unión Europea

El libro "**ATICA2022 - Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas y Accesibilidad**" en el que se recogen las Actas del "*XIII Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones"* y de la *"IX Conferencia Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones para mejorar la Accesibilidad"*, editado por Luis Bengochea, Paola Ingavélez y José Ramón Hilera, se publica bajo licencia Creative Commons 4.0 de reconocimiento – no comercial – compartir bajo la misma licencia. Se permite su copia, distribución y comunicación pública, siempre que se mantenga el reconocimiento de la obra y no se haga uso comercial de ella. Si se transforma o genera una obra derivada, sólo se puede distribuir con licencia idéntica a ésta. Alguna de estas condiciones puede no aplicarse, si se obtiene el permiso de los titulares de los derechos de autor.

Editorial Universidad de Alcalá
Plaza de San Diego, s/n
28801 Alcalá de Henares (España)

Junio 2023
ISBN: 978-84-19745-53-8

Edición digital

Imagen de la portada: Pete Linforth en Pixabay "Network-4851119"
(Licencia: https://pixabay.com/es/service/license/).

Los contenidos de esta obra son responsabilidad exclusiva de sus autores y no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador), la Universidad de Alcalá (España) ni de ninguna de las instituciones que han colaborado en la organización del congreso.

Organización del Congreso

Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador)

La Universidad Politécnica Salesiana, nace en el año de 1994 con su Sede matriz Cuenca, en un barrio popular de tradición salesiana como lo es el Barrio el Vecino, en donde estaba asentado el Colegio Técnico Salesiano.

De las primeras instalaciones y talleres que ocupaba el Colegio Técnico Salesiano, la Universidad Politécnica Salesiana ha incrementado el núme-ro de estudiantes y proporcionalmente a este incremento han ampliado sus instalaciones, laboratorios, servicios de biblioteca, patio de comidas y es-pacios deportivos, propios de una universidad moderna que en la actuali-dad acoge alrededor de 6000 estudiantes.

Universidad de Alcalá (España)

Fue fundada en 1499 como avanzada en España de las corrientes renacentistas y humanistas de Europa. Durante los siglos XVI y XVII se convirtió en el gran centro de excelencia académica: en sus aulas enseñaron y estudiaron grandes maestros como Nebrija, Tomás de Villanueva, Ignacio de Loyola, Domingo de Soto, Juan de Mariana, Juan de la Cruz, Lope de Vega, Quevedo, etc. El prestigio de sus estudios, así como de sus maestros y sus constituciones fundacionales, sirvieron como modelo sobre el que se constituyeron las nuevas Universidades en América. En la actualidad es una Universidad moderna de tamaño medio con un Parque Científico y Tecnológico e importantes líneas de investigación, que la convierten en un elemento dinamizador de la actividad en la región y de gran proyección internacional. En 1998 fue declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

Proyecto EduTech.Programa Erasmus+ de la Unión Europea

El proyecto EduTech "*Asistencia tecnológica a la accesibilidad en la Educación Superior Virtual*", del Programa Europeo Erasmus+, tiene como objetivo respaldar la modernización, accesibilidad e internacionalización de la educación superior en los países asociados contribuyendo a su desarrollo y crecimiento socioeconómico sostenible e integrador. Sus resultados estarán disponibles a través de publicaciones en congresos y revistas de alto impacto. A largo plazo favorecerán la inserción educativa y laboral de estudiantes con discapacidad, fomentando el conocimiento y la convivencia social.

Universidades colaboradoras

Laboratório de Educação a Distância e eLearning (Portugal)

Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador)

Universidad de Alicante (España)

Universidad Veracruzana (México)

Østfold University College (Noruega)

Universidad del Azuay (Ecuador)

Instituto Tecnológico de Aguascalientes (México)

Comité de Honor

Juan Alcides Cárdenas Tapia, Rector, Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador)
José Vicente Saz, Rector, Universidad de Alcalá (España)

Comité Científico

Presidentes

Paola Ingavélez, Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador) co-presidente
Salvador Otón Tortosa, Universidad de Alcalá (España) co-presidente

Miembros

Javier Albert Segui, Universidad de Alcalá (España)
Jose Arco, Universidad de Alcalá (España)
Isai Ali Bazan, Universidad Veracruzana (México)
Diego Beltramone, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)
Luis Bengochea, Universidad de Alcalá (España)
Jack Fernando Bravo-Torres, Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador)
Milton Alfredo Campoverde Molina, Universidad Católica de Cuenca (Ecuador)
Isabel Cano, Universidad de Alcalá (España)
Teresa Cardoso, Universidade Aberta (Portugal)
Jose Luis Castillo Sequera, Universidad de Alcalá (España)
Janneth Chicaiza, Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador)
Gerardo Contreras Vega, Universidad Veracruzana (México)
Sergio de la Mata Moratilla, Universidad de Alcalá (España)
Carlos Delgado, Universidad de Alcalá (España)
Luis De-Marcos, Universidad de Alcalá (España)
Karla Patricia Díaz Padilla, Universidad Veracruzana (México)
Karen Dubón, Universidad Panamericana (Guatemala)
René Rolando Elizalde Solano, Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador)
Manuela Francisco, Universidade Aberta (Portugal)
Beatriz Elena Giraldo Tobon, Universidad de Santander (Colombia)
José González Enríquez, Universidad de Sevilla (España)
Martin Gonzalez-Rodriguez, Universidad de Oviedo (España)
Daniel Guasch, Universitat Politècnica de Catalunya (España)
José María Gutiérrez, Universidad de Alcalá (España)
José Antonio Gutiérrez de Mesa, Universidad de Alcalá (España)

José Ramón Hilera, Universidad de Alcalá (España)
Paola Ingavélez, Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador)
Erika Jaillier, Universidad Pontificia Bolivariana (Colombia)
Inés López Baldominos, Universidad de Alcalá (España)
Jorge Lopez-Vargas, Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador)
Sergio Luján-Mora, Universidad de Alicante (España)
Jose Luis Martin Núñez, Universidad Politécnica de Madrid (España)
Jorge Martinez, Universidad Veracruzana (México)
Jose Amelio Medina Medina, Universidad de Alcalá (España)
Hector Montes Franceschi, Universidad Tecnologica de Panama (Panamá)
Lina Morgado, Universidade Aberta (Portugal)
Juan Carlos Morocho, Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador)
Oswaldo Moscoso, Universidad Tecnológica Equinoccial (Ecuador)
Rosa Navarrete, Escuela Politécnica Nacional (Ecuador)
Miguel Angel Navarro, Universidad de Alcalá (España)
Salvador Oton, Universidad de Alcalá (España)
Jaime Oyarzo, Universidad de Alcalá (España)
Carmen Pagés, Universidad de Alcalá (España)
Angel Pérez, Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador)
Sonia Pérez Diaz, Universidad de Alcalá (España)
Vera Pospelova, Universidad de Alcalá (España)
Juan Manuel Ramos Quiroz, Instituto Politécnico Nacional (México)
Félix Andrés Restrepo Bustamante, Universidad de Alcalá (España)
Araceli Reyes López, Universidad Veracruzana (México)
Mariela Román, Universidad de San Carlos (Guatemala)
Audrey Romero Peláez, Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador)
Mary Sánchez Gordón, Østfold University College (Noruega)
Olga C. Santos, Universidad Nacional de Educación a Distancia (España)
Maria do Carmo Teixeira Pinto, Universidade Aberta (Portugal)
Silvana Temesio, Universidad de la República (Uruguay)
Cristian Timbi Sisalima, Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador)
Nora Valeiras, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)

Comité Organizador

Comisión permanente

Paola Ingavelez Guerra, Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador)
Angel Andres Perez Muñoz, Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador)
Salvador Otón Tortosa, Universidad de Alcalá (España)
Luis Bengochea Martínez, Universidad de Alcalá (España)

Ana María Privado, Secretaría EduTech (España)
Blanca Menéndez Olías, Universidad de Alcalá (España)

Prólogo

Paola Ingavélez Guerra
Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador)

El libro de actas del XIII Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA2022) y de la IX Conferencia Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones para mejorar la Accesibilidad (ATICAcces 2022), constituye una fuente enriquecedora de muchos investigadores. Varios de ellos inician su caminar, otros continúan con la pasión de compartir con el mundo sus hallazgos a través de congresos de gran nivel como lo es ATICA

La pandemia nos enseñó muchas cosas, el mundo académico concentró sus energías en transmitir conocimiento, buenas prácticas, experiencias inmediatas, pues en muchos casos no podíamos responder a un proceso analítico exhaustivo, el tiempo no era nuestro aliado. La educación virtual desencadenó un crecimiento vertiginoso de transformación digital que, en muchos lugares de nuestro planeta, no respondió a una curvatura de aprendizaje habitual. La necesidad de compartir era, es y será inherente, no podemos continuar solos, es necesario trascender con acciones en pro de una sociedad equitativa que aporte significativamente a la sociedad y sus necesidades a corto plazo.

ATICA lleva adelante trece congresos, constituyéndose en un espacio de comunicación y transferencia de conocimiento a nivel latinoamericano y europeo, potencializando así la socialización efectiva de diferentes hallazgos científicos.

El trabajo del Congreso ATICA 2022 está enfocado en un objetivo común, "la ciencia con conciencia", en donde las TICs responden a las necesidades de la sociedad y diversos escenarios vulnerables. El desarrollo de nuevas tecnologías como herramientas de apoyo al ser humano, pueden y deben entregar soluciones constantes que retroalimenten situaciones.

Este libro presenta valiosas investigaciones de autores representantes de 15 países: Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador, Chile, Cuba, El Salvador, Honduras, Estados Unidos, Uruguay, Venezuela, España, Portugal, Noruega y México; en los 44 artículos científicos aceptados de un total de 70 enviados, 14 abordan la línea de "*Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones para mejorar la Accesibilidad*" 10 responden a valiosas investigaciones en el área de *"Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial*", 7 enfocan temáticas importantes dentro de las *"Tecnologías emergentes en Internet"* , 2 artículos consideran a *"Gobierno TIC y aspectos sociales y de Género"* y 11 publicaciones abarcan el área de *"TIC y Educación"*.

El libro de actas cuenta con el apoyo del proyecto ERASMUS+: Edutech "Asistencia Tecnológica a la Accesibilidad en la educación superior virtual". El comité científico,

formado por académicos de prestigiosas universidades de diversos países, avalan que la lectura del presente documento será una fuente de valiosas consultas para seguir desarrollando, creando, innovando, pero sobre todo sumando investigaciones relevantes que fortalecen a la academia, considerando a la incertidumbre como una parte dinamizadora en la construcción y desarrollo de ciencia solidaria.

Índice de Contenidos

Prólogo

Paola Ingavélez Guerra, Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador) 9

IX CONFERENCIA INTERNACIONAL ATICACCES2022

Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones para mejorar la Accesibilidad

Evaluación de accesibilidad del Servicio de Administración Tributaria (SAT) como sitio web 18
Javier Pino Herrera, Jaime Antonio Hernández Cabrera, Patricia Martínez Moreno y José Antonio Vergara Camacho

Accesibilidad web en Guinea Ecuatorial: Evaluación de la accesibilidad de los sitios webs del gobierno y los actores sociales 22
Pastor Nso Mangue y Sergio Luján Mora

Evaluación continua de la accesibilidad de los sitios web: estudio de caso 30
Milton Campoverde-Molina y Sergio Luján-Mora

Estrategias implementadas por las Instituciones de Educación Superior para la definición de ajustes razonables hacia los estudiantes en situación de discapacidad: Una revisión multivocal de la literatura 38
Elia Nahomi Diez Dominguez, Susana Cruz Gómez, Juan Carlos Pérez Arriaga y Gerardo Contreras Vega

Checklist de accesibilidad para videojuegos – CheckAvi 46
Luigui Nieto, Juan Camilo Rodríguez, Cecilia Avila-Garzon y Jorge Bacca-Acosta

Tramas neurálgicas para alcanzar la accesibilidad de las TIC en las universidades venezolanas 51
Thamar Ortigoza, Dilia Monasterio y Marisela Fernández

Pruebas de requerimientos funcionales del plugin Edutech para la plataforma Moodle 59
Ricardo Moguel-Sánchez, César Sergio Martínez-Palacios, Juan Carlos Pérez-Arriaga y Gerardo Contreras-Vega

Análisis y evaluación de accesibilidad durante las etapas de desarrollo de juegos serios: Una revisión sistemática de la literatura 64
Maria Fernanda Ruiz Cuello, Juan Carlos Pérez Arriaga y Gerardo Contreras Vega

Accesibilidad de la educación virtual

Ambientes de Aprendizagem Digitais e Personalizados potenciados por Recursos Educacionais Abertos, acessíveis e inclusivos: uma experiência no 1.º CEB 73
Cecília Tomás

Matemática accesible: Una propuesta desde las TIC's y la inteligencia artificial 81
Angel Perez-Muñoz y Paola Ingavelez-Guerra

Frontend accesible: Una propuesta de componentes de Angular basados en la W3C 89
Edwin Marquez-Lozado, Claudio Maldonado-Molina, Paola Ingavelez-Guerra y Ángel Perez-Muñoz

Construcción de espacio de accesibilidad tecnológica al docente a través de secuencias didácticas 97
Félix Andrés Restrepo Bustamante, Beatriz Elena Giraldo Tobon, Ana María Aparicio Franco y Angela María Álvarez Zabala

Ejercitarios de casos laborales para estudiantes con discapacidad en las competencias de toma de decisiones y compromiso con la calidad en el sector industrial y comercial. 105
Valeria Martínez, Ana-Camila Torres, Claudio Maldonado, Edwin Marquez, Monica Rodas-Tobar, Adriana León-Pezantez y Angel Perez-Muñoz

Accesibilidad a la educación virtual en estudiantes de la licenciatura en psicología de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina 113
Facundo Ruffinatto, Sabrina Sánchez, Antonella Cecilia Di Paola Naranjo, Marcelo Vaiman y German Pereno

XIII CONGRESO INTERNACIONAL ATICA2022

Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial

Evaluación de portal web con base en principios y heurísticas de usabilidad 123
Jose Antonio Vergara Camacho, Patricia Martinez Moreno, Javier Pino Herrera y Gerardo Contreras Vega

Natural Language Processing y its Applications 127
Michael Sutton, Antonio García-Cabot, Eva Garcia-Lopez y David de-Fitero Domínguez

Propuesta de Modelo de Aceptación de la Herramienta de Autocompletado de Código Tabnine 134
Raúl Tirado Onieva y Jose Amelio Medina Merodio

Introduction to Transformers: A Breakthrough in NLP 142
Sabrina Queipo, Antonio García-Cabot, Eva Garcia-Lopez y David de-Fitero Domínguez

Análisis de los factores que afectan en el uso de glitches en videojuegos 148
Eparco Blanco Bailón, Daniel Nieto Rodríguez y Jose Amelio Medina Merodio

Estrategias no convencionales para el desarrollo propio de nuevas funcionalidades en sistemas de información sanitarios 155
Javier Macías Del Campo, Fernando Ruza Rodríguez y José Amelio Medina Merodio

Estudio del framework Micronaut para el desarrollo de microservicios reactivos 163
Salvador Otón Tortosa y Justin Hernández Jover

Un sistema de reservas y gestión de puestos en una biblioteca universitaria utilizando geolocalización 171
Antonio Sarasa Cabezuelo

Aproximación a un modelo de framework para aprendizaje digital basado en juego 179
Ruben Betancur, Eva Garcia-Lopez y Antonio Garcia-Cabot

Previsão de penas de multa para crimes cibernéticos com o uso de aprendizado de máquina e dados heterogéneos 187
Cibele Andréa de Godoy Fonseca y Ismar Frango Silveira

Tecnologías emergentes en Internet

Guía de migración a Google Cloud Platform: Ejemplo de uso 196
Borja Marazuela

Tecnología para deporte paraolímpico mediante sistema de sensores neurológicos 203
Katherine Criollo, Victoria Peñafiel y Pablo Salamea

Diseño de ejercitarios y simuladores laborales para las competencias: Trabajo en equipo y Conducir a metas comunes 210
Jaime Sari, Claudio Maldonado, Edwin Marquez, Mónica Rodas-Tobar, Adriana León-Pezantez y Angel Perez-Muñoz

Desarrollo de un Laboratorio Remoto para el estudio de la Ley de Snell 218
Gabriel Leonardo Medina, Eric Montero-Miranda, Carlos Arguedas-Matarrita, Fabiana Cespedes, Pablo Sonzini y Ignacio Julio Idoyaga

Ejercitario de casos laborales para el desarrollo de competencias para estudiantes con discapacidad. Caso sector salud 226
Erika Vera, Edwin Marquez, Claudio Maldonado, Mónica Rodas-Tobar, Adriana León-Pezantez y Angel Perez-Muñoz

Composición de un portafolio de inversión de criptomonedas por medio de un algoritmo genético 234
James Edward Humberstone Morales y Franklin Iván Argueta Bermúdez

Propuesta del uso de nanotecnología para la detección de cáncer 242
Digna Nayeli Ramón Muñoz y Paola Cristina Ingavelez Guerra

Gobierno TIC y Aspectos sociales y de Género

Factores que afectan al desarrollo de Proyectos TIC 247
Daniel Nieto Rodríguez, Eparco Blanco Bailón y Jose Amelio Medina Merodio

Analysis of commercial health apps focused on pregnancy control 255
Maykol José Cuéllar Sánchez, Viviana Yarel Rosales-Morales y Edgard Benítez-Guerrero

TIC y Educación

Modelado e impresión tridimensional de pilas de puentes en escala reducida para ensayos de laboratorio 264
Sandra N. Fernández, Germán D. Ercolani y Silvana E. Gutiérrez

Propuesta de una guía de apoyo para soporte en el desarrollo del pensamiento lógico matemático en estudiantes con discapacidad intelectual moderada o auditiva de 6 a 12 años empleando el asistente robótico «Martha» de la Cátedra UNESCO de la UPS 272
Diana Galán-Torres, Mónica Padilla-Padilla, Verónica Velásquez-Angamarca, Efrén Lema-Condo, Sofía Bravo-Buri y Vladimir Robles-Bykbaev

Re armado de código en un primer curso de programación estructurada 280
Agustín Russell y Alejandro Miños

Robots virtuales. Medio tecnológico para promover la enseñanza de la robótica educativa 287
Rosa María Figueredo Rodríguez, Yor Alex Remond Recio, Diego Antonio Guerrero Alonso y Santiago Ortíz Durán

Desarrollo de una plataforma de gamificación en el entorno universitario 291
Sergio de-la-Mata-Moratilla, Ana Castillo-Martinez y Jose-Maria Gutierrez-Martinez

Una experiencia en la enseñanza del Cálculo para Ingeniería con Wolfram|Alpha 298
Eric Jeltsch

Desarrollo e implementación de una aplicación web para el alojamiento de recursos académicos para profesores y alumnos de la UPS 306
Edison Huiñaizaca

Experiencia en el Uso de la Evaluación por Pares en un Contexto de Educación Superior 314
Roberto Barchino Plata, Salvador Otón Tortosa, José Amelio Medina Merodio, María Lourdes Jiménez Rodríguez, Rosa Estríegana Valdehita y Antonio Moreira Texeira

Propuesta de un Modelo de Analítica Académica con Caliper Analytics de IMS 322
Juan Carlos Hernández, Roberto Barchino Plata y Antonio Texeira

Uso de tecnologías en Educación Secundaria durante la excepcionalidad pedagógica. Una mirada desde las ecologías de aprendizaje 330
Rebeca Mariel Martinenco, Rocío Belén Martin y Macarena Mariel Mari

Aplicación de ciencia de datos para la predicción de deserción en asignatura universitaria 'Sistemas y Organizaciones' 337
Ariel Deroche, Maria Eugenia Perotti, Luciano Straccia y Maria Florencia Pollo-Cattaneo

Evaluación continua de la accesibilidad de los sitios web: estudio de caso

Milton Campoverde-Molina[1], Sergio Luján-Mora[2]

[1] Unidad Académica de Informática, Ciencias de la Computación, e Innovación Tecnológica, Grupo de Investigación Simulación, Modelado, Análisis y Accesibilidad (SMA²), Universidad Católica de Cuenca (Ecuador)
mcampoverde@ucacue.edu.ec

[2] Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Alicante (España)
sergio.lujan@ua.es

Resumen. Esta investigación tiene como objetivo realizar la segunda iteración del modelo de proceso para la evaluación continua de la accesibilidad de los sitios web en el portal HCI de la Universidad Católica de Cuenca (Ecuador). Este modelo de proceso permite el cumplimiento de las normas de accesibilidad a través de un ciclo ilimitado de iteraciones, siendo el resultado de cada iteración la entrada para la siguiente iteración y manteniendo así los sitios web accesibles mediante pruebas de accesibilidad continuas. Los resultados corroboraron la aplicabilidad del modelo de proceso ya que mejoró la accesibilidad en el portal web HCI. Además, permitió cumplir con el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 288 accesibilidad al contenido web. Sin embargo, la evaluación todavía es preliminar, para tener resultados completos se deben evaluar con usuarios finales y expertos en una tercera iteración del modelo de proceso.

Palabras clave: accesibilidad web, evaluación continua, modelo de proceso, sitios web, WCAG.

1. Introducción

La pandemia del SARS-COV-2 ha acelerado la digitalización de la sociedad, haciendo que los seres humanos seamos más dependientes de la Internet. Hoy en día, los usuarios realizan la mayoría de sus transacciones utilizando los servicios ofrecidos a través de Internet, como la compra de suministros esenciales, las transacciones bancarias, el teletrabajo, entre otros. Sin embargo, la mayoría de los sitios web no son accesibles [1]. La falta de accesibilidad dificulta que las personas con discapacidad puedan utilizar la Web en las mismas condiciones que las personas sin discapacidad. Por ello, los sitios web deben cumplir con estándares de accesibilidad que permitan su navegación a cualquier persona con independencia de su discapacidad. Además, es fundamental destacar que la accesibilidad web, de una forma u otra, nos beneficia a todos.

El World Wide Web Consortium (W3C) ha creado las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web (Web Content Accessibility Guidelines, WCAG), que indican cómo

lograr que los sitios web sean más accesibles [2]. Las WCAG se han convertido en un referente mundial adoptado en varios países como política o ley de cumplimiento [3]. Ecuador, al igual que otros países, a través de la Reg. Oficial No.171 (28/01/2014) - ha adoptado la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN ISO/IEC 40500:2012 [4] y, para controlar su cumplimiento, ha creado el Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE) INEN 288 accesibilidad para el contenido web [5].

Además, el W3C ha creado la Metodología de Evaluación de la Conformidad de los Sitios Web 1.0 (Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology, WCAG-EM) [6]. Esta metodología guía secuencialmente los pasos para evaluar la accesibilidad de los sitios web. Sin embargo, la WCAG-EM permiten evaluar los sitios web, pero no tiene un proceso de mejora continua. La Web es muy dinámica, tanto a nivel de plataforma como de contenido, por lo que es necesario disponer de un mecanismo que permita monitorizar los cambios en la accesibilidad de los sitios web y sugerir propuestas de mejora. Por ello, en un trabajo previo [7] propusimos un modelo de proceso para la evaluación continua de la accesibilidad de los sitios web.

En cuanto a la estructura del artículo, en la Sección 2 se presentan los métodos y materiales del modelo de proceso. En la Sección 3 se presentan los resultados de la primera y segunda iteración del modelo de proceso. En la Sección 4 se presentan las conclusiones de la investigación.

2. Métodos y materiales

El modelo de proceso que previamente propusimos [7] utiliza el Ciclo de Deming para mejorar continuamente la accesibilidad de los sitios web. Por tanto, permite, a través de ciclos iterativos, el cumplimiento de la accesibilidad de los sitios web. Los problemas de accesibilidad no resueltos en los resultados obtenidos en cada iteración son los problemas de accesibilidad a resolver en la siguiente iteración.

Además, utiliza la metodología WCAG-EM para obtener un informe de la accesibilidad de un sitio web en un instante concreto. La aplicación de esta metodología debe utilizar una de las versiones de las WCAG para evaluar los sitios web.

También, utiliza la Gestión de la calidad total (Total Quality Management, TQM), que permite alcanzar los resultados siguiendo un conjunto de pasos ordenados y secuenciales. En la Fig. 1, podemos ver el modelo de proceso propuesto para la evaluación continua de la accesibilidad de los sitios web.

Este modelo de proceso puede aplicarse a los sitios web de cualquier empresa u organización, independientemente de su dedicación. Además, en la evaluación pueden utilizarse herramientas de evaluación automática, usuarios finales, expertos y una combinación de estas [8]. También permite evaluar, corregir errores, proporcionar retroalimentación desde una perspectiva sistémica y es flexible a las nuevas versiones de las WCAG.

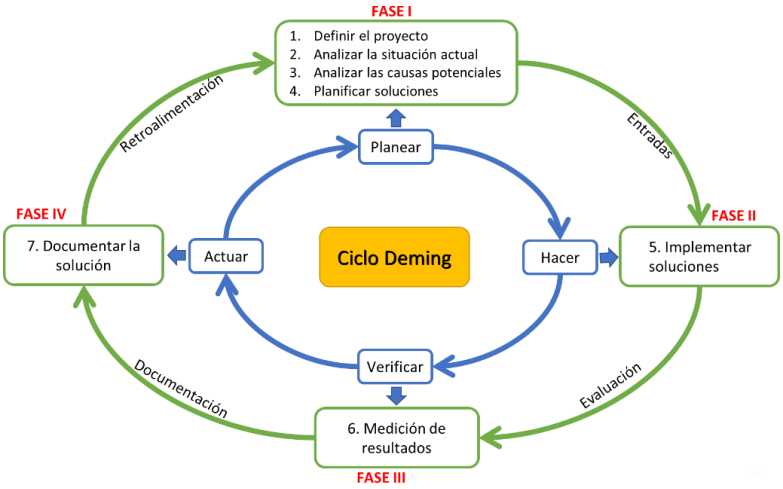

Fig. 1. Modelo de proceso propuesto para la evaluación continua de la accesibilidad de los sitios web [7].

3. Resultados

Para corroborar la aplicabilidad del modelo de proceso, realizamos un estudio de caso evaluando la accesibilidad del portal web HCI (https://hci.ucacue.edu.ec/) de la Universidad Católica de Cuenca (Ecuador), donde ejecutamos la primera iteración del modelo de proceso. Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo realizar una segunda iteración del modelo de proceso en el portal web HCI con las WCAG 2.1 y nivel de conformidad AA.

3.1. Resultados primera iteración del modelo de proceso

Para corregir los problemas de accesibilidad utilizando el modelo de proceso, tuvimos que comprender las técnicas y los fallos de los criterios de éxito de las WCAG 2.1 con errores de accesibilidad [7]. Teniendo en cuenta los ejemplos de solución propuestos, ajustamos el código HTML para las imágenes, las tablas, los problemas de contraste, etc. Una vez que se iban solucionado los problemas de accesibilidad, las páginas web se fueron evaluando en paralelo con las herramientas de evaluación automática WAVE, AccessMonitor, Color Contrast Accessibility Validator, etc., para determinar si los problemas se estaban solucionando.

Por último, volvimos a evaluar el portal web HCI con la herramienta pa11y[1], que incluye los módulos de evaluación Axe[2] y HTMLCS[3], las mismas herramientas de evaluación aplicadas inicialmente. Los resultados mostraron que mejoró la accesibilidad del portal web HCI en un 75%. Sin embargo, se concluye que las páginas

[1] https://pa11y.org/
[2] https://www.deque.com/axe/
[3] http://squizlabs.github.io/HTML_CodeSniffer/

del portal web HCI no alcanzan un nivel de conformidad AA. Por lo tanto, se sugiere una segunda iteración del modelo de proceso de evaluación continua de la accesibilidad web en los 8 indicadores clave de rendimiento (Key Performance Indicator, KPI) que presentan problemas. Un KPI es un término estándar utilizado en almacenes de datos e inteligencia de negocios.

En la Tabla 1, podemos ver los 8 KPI que todavía no se habían resuelto en la primera iteración del modelo de proceso. Además, se muestra su prioridad que fue definida en función de los niveles de conformidad de los criterios de éxito de las WCAG: nivel A con una puntuación de 3, nivel AA con una puntuación de 2 y nivel AAA con una puntuación de 1, considerando que el nivel A es el nivel mínimo que deben cumplir los sitios web.

Tabla 1. KPI con problemas de accesibilidad portal web HCI.

KPI	Problema (criterios de éxito)	Lista de soluciones (KPI)	Prioridad
KPI1	1.1.1 Contenido no textual (A)	Asegúrese de que el texto alternativo del elemento img tiene el mismo propósito y presenta la misma información que la imagen.	3
KPI2	1.3.1 Información y relaciones (A)	Asegúrese de que la información, la estructura y las relaciones transmitidas a través de la presentación están disponibles en el texto.	3
KPI9	2.4.2 Página titulada (A)	Asegúrese de que se utiliza tabindex, compruebe que el orden de tabulación especificado por los atributos tabindex sigue las relaciones en el contenido.	3
KPI11	2.4.4 Propósito del enlace (en contexto) (A)	Garantizar que el texto del enlace, combinado con el contexto del enlace determinado por la programación, identifique el propósito del enlace.	3
KPI13	3.2.1 Sobre Foco (A)	Garantizar que no se produce un cambio de contexto cuando este campo de entrada recibe el foco.	3
KPI16	4.1.2 Nombre, función y valor (A)	Asegúrese de que el elemento de anclaje encontrado con un atributo de nombre, pero sin un href o texto de enlace. Considere la posibilidad de mover el atributo name para convertirlo en un ID de un elemento padre o cercano.	3
KPI17	1.3.5 Identificar el propósito de la entrada (AA)	Asegúrese de que el campo de entrada sirve para un propósito identificado en la sección Propósitos de entrada de los componentes de la interfaz de usuario; y que el contenido se implementa utilizando tecnologías con soporte para identificar el significado esperado para los datos de entrada del formulario.	2
KPI18	1.4.3 Contraste (mínimo) (AA)	Garantizar la relación de contraste entre el texto y todas las partes cubiertas del fondo.	2

Los resultados completos de la primera iteración del modelo de proceso los podemos consultar en el conjunto de datos publicado en IEEE DataPort[4].

3.2. Resultados obtenidos en la segunda iteración del modelo de proceso

Esta investigación tiene como objetivo cumplir los 8 KPI con problemas de accesibilidad con la segunda iteración del modelo de proceso. Por lo tanto, a continuación, se vuelve aplicar el modelo de proceso.

[4] https://doi.org/10.21227/f6b0-g496

3.2.1 Fase I – Planear

1. **Definir el Proyecto**
   a. *Definir el problema.*
      Determinar el nivel de accesibilidad del portal web HCI con las WCAG 2.1 y un nivel de conformidad AA.
   b. *Analizar la importancia del problema*
      En la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CRPD) [9], las Naciones Unidas definen el acceso a la información y la comunicación, incluida la Web, como un derecho humano fundamental. En el Artículo 21 - Libertad de expresión y de opinión, y acceso a la información estipula que los gobiernos deben instar a las entidades privadas que presten servicios al público que proporcionen información y servicios en formatos accesibles y utilizables por personas con discapacidad.
   c. *Definir indicadores de control*
      Como indicadores de control se utilizan los criterios de éxito de las WCAG 2.1 [10].
2. **Analizar la situación actual**
   En el análisis de la situación actual se determinan los 8 KPI que tienen problemas de accesibilidad definidos en la Tabla 1.
3. **Analizar las causas potenciales**
   Las causas de los problemas de accesibilidad encontrados de acuerdo a las técnicas y fallos de los criterios de éxito de las WCAG 2.1 se describen en la Tabla 2 por KPI.

Tabla 2. Causas de los problemas de accesibilidad del portal web HCI.

KPI	Técnicas WCAG 2.1	Fallos WCAG 2.1
KPI1	G73, G74, G94	
KPI2	H39, H42, H48, G141	F68
KPI9	H25	
KPI11	H77, H78, H79, H80, H81	
KPI13	G107	
KPI16	H91	
KPI17	H98	
KPI18	G18, G145	F24

4. **Planificar las soluciones**
   El plan de acción para solucionar los problemas de accesibilidad del portal web HCI se ejecutó en el mes de agosto de 2022. El plan de acción se define en forma de tabla, el contenido de sus columnas se describe a continuación:
   - ¿Qué? - En esta columna se enlistan los KPI a solucionar (8 KPI).
   - ¿Cómo? - En esta columna se citan los enlaces para comprender los criterios de éxito (Técnicas y Fallos), que permiten solucionar los problemas de accesibilidad de acuerdo a las WCAG.
   - ¿Quién? - En esta columna se asigna un responsable para solucionar los problemas de accesibilidad de cada KPI (Programador).

- ¿Cuándo? - En esta columna se determina la fecha inicio y fin, para la solución de cada KPI (01/08/2022 hasta 23/08/2022).
- ¿Con qué? - En esta columna se enlistan los recursos humanos, tecnológicos y económicos que se utilizarán para la solución de los problemas de accesibilidad (Humano y Tecnológico).

3.2.2 Fase II – Hacer

1. Implementar Soluciones

a. Ejecutar el plan de acción

Luego de la ejecución del plan de acción se pudieron corregir los errores de accesibilidad de 5 KPI (KPI9, KPI11, KPI13, KPI16, KPI17). Los 3 KPI (KPI1, KPI2, KPI18) restantes presentan errores que son falsos positivos.

3.2.3 Fase III – Verificar

1. Medición de resultados

a. Recoger y evaluar los resultados

Los resultados fueron medidos utilizando la herramienta de evaluación automática de la accesibilidad web WAVE[5]. En el KPI1 y KPI2 se presenta el error en el texto oculto de reCaptcha que evita el ingreso de información por robots, como se puede ver en la Fig. 2.

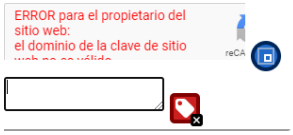

Fig. 2. Falso positivo del texto de reCaptcha.

En el KPI18 se presentan 3 errores de contraste que son falsos positivos como se pueden ver en la Fig. 3. Estos menús están ocultos en las páginas del portal web HCI.

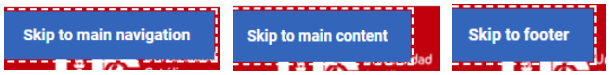

Fig. 3. Falsos positivos que presentan los errores de contraste.

También, los resultados fueron medidos utilizando la herramienta de evaluación automática de la accesibilidad web AccessMonitor[6]. Esta herramienta evaluación de la accesibilidad web da una puntuación de 9.5 sobre 10 en el portal web HCI. El resumen de la evaluación se puede ver en la Fig. 4.

[5] https://wave.webaim.org/
[6] https://accessmonitor.acessibilidade.gov.pt/

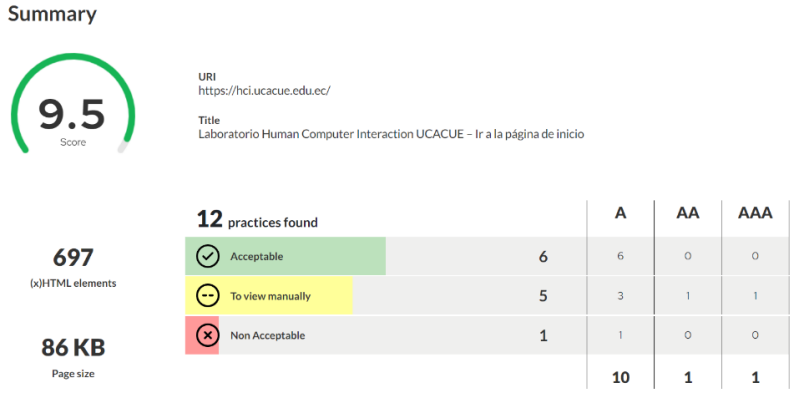

Fig. 4. Resumen de la evaluación de la accesibilidad del portal web HCI con AccessMonitor.

Además, se encontraron 5 errores HTML con AccessMonitor, que no son del todo obligatorio su cumplimiento ya que son recomendaciones para que un sitio web sea accesible.

3.2.4 Fase IV – Actuar

1. **Documentar la solución**
   a. *Prevenir la reincidencia del problema*
      - En todas las imágenes del portal web de HCI se puso un texto alternativo en los atributos alt.
      - En todas las páginas del portal web de HCI se revisaron los encabezados.
      - En todas las páginas del portal web HCI se comprobaron que el orden de tabulación especificado por los atributos tabindex este correcto.
      - En todas las páginas del portal web HCI se revisaron los propósitos de entrada de los componentes de la interfaz de usuario y enlaces.

4. Conclusiones

La segunda iteración del modelo de proceso tenía como objetivo cumplir los errores de accesibilidad en los 8 KPI del portal HCI que se obtuvieron como resultado de la primera iteración. Luego de la ejecución del plan de acción se pudieron cumplir 5 KPI y los 3 restantes presentan errores falsos positivos provenientes de elementos ocultos en el portal web HCI. Los cuales no tienen incidencia en la accesibilidad del portal web HCI.

Por lo tanto, los resultados corroboraron la viabilidad del modelo de proceso, ya que mejoró la accesibilidad del portal web HCI. Las páginas del portal web HCI cumple con la disposición transitoria segunda del reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 288 accesibilidad al contenido web.

Cabe recalcar que todavía es una evaluación preliminar del portal web HCI, para tener resultados completos se podría realizar otra iteración del modelo de proceso con la participación de personas con discapacidad y expertos. Además, se podría aplicar el modelo de madurez del W3C [11]. También, en trabajos futuros se debe evaluar la accesibilidad de los documentos electrónicos (Word, Excel, PowerPoint y PDF) enlazados en las páginas web del portal HCI.

5. Referencias

[1] WebAIM, «The WebAIM Million,» 2022. [En línea]. Available: https://webaim.org/projects/million/. [Último acceso: 02 09 2022].

[2] Shawn Lawton Henry, «WCAG 2 Overview,» World Wide Web Consortium, 2022. [En línea]. Available: https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/. [Último acceso: 02 09 2022].

[3] M. Jo Mueller, R. Jolly y E. Eggert, «Web Accessibility Laws & Policies,» World Wide Web Consortium, 2018. [En línea]. Available: https://www.w3.org/WAI/policies/. [Último acceso: 02 09 2022].

[4] Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Tecnología de la información - Directrices de accesibilidad para el contenido web del W3C (WCAG) 2.0,» 2014. [En línea]. Available: https://acortar.link/k9Y14. [Último acceso: 02 09 2022].

[5] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 288 "accesibilidad para el contenido web",» 2016. [En línea]. Available: https://acortar.link/1hGG1. [Último acceso: 02 09 2022].

[6] E. Velleman y S. Abou-Zahra, «Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) 1.0,» World Wide Web Consortium, 2014. [En línea]. Available: https://www.w3.org/TR/WCAG-EM/. [Último acceso: 02 09 2022].

[7] M. Campoverde-Molina, S. Luján-Mora y L. Valverde, «Process Model for Continuous Testing of Web Accessibility,» *IEEE Access*, vol. 9, pp. 139576 - 139593, 2021.

[8] Bureau of Internet Accessibility, «A Look at Our Four-Point Hybrid Testing,» 2018. [En línea]. Available: https://n9.cl/8d7tk. [Último acceso: 02 09 2022].

[9] Naciones Unidas, «Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad,» 2006. [En línea]. Available: https://n9.cl/khtb. [Último acceso: 02 09 2022].

[10] A. Kirkpatrick, J. O connor, A. Campbell y M. Cooper, «Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1,» World Wide Web Consortium, 2018. [En línea]. Available: https://www.w3.org/TR/WCAG21/. [Último acceso: 02 09 2022].

[11] W3C, «W3C Accessibility Maturity Model,» 2022. [En línea]. Available: https://www.w3.org/TR/maturity-model/. [Último acceso: 13 09 2022].