

Sistema de información móvil usando frameworks de desarrollo multiplataforma: Una Revisión Sistemática

Marcelino TORRES-VILLANUEVA

Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad César Vallejo
Trujillo, La Libertad, C.P. 13001, Perú

Oscar R. ALCÁNTARA-MORENO

Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad César Vallejo
Trujillo, La Libertad, C.P. 13001, Perú

Robert J. SÁNCHEZ-TICONA

Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad César Vallejo
Trujillo, La Libertad, C.P. 13001, Perú

José A. GÓMEZ-AVILA

Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad César Vallejo
Trujillo, La Libertad, C.P. 13001, Perú

Max A. HUERTAS-FRANCO

Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Trujillo
Trujillo, La Libertad, C.P. 13001, Perú

Juan P. SANTOS-FERNÁNDEZ

Departamento de Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Trujillo
Trujillo, La Libertad, C.P. 13001, Perú

RESUMEN

El desarrollo de aplicativos móviles se ha popularizado de manera global debido a la facilidad de uso y la accesibilidad a todo público, es allí cuando los frameworks de desarrollo multiplataforma encuentran su valor y genera una tendencia creciente en la comunidad científica, lo que motivó la presente revisión sistemática de la literatura, que presenta los resultados de investigaciones de más relevantes recuperados a través de una metodología de desarrollo de revisiones sistemáticas, que permite determinar los trabajos más significativos. La presente revisión sistemática realizó el análisis de 79 artículos recopilados de bases de datos científicas, determinándose Flutter como el framework de mayor uso con un 31.65% y con el mayor crecimiento en los últimos 5 años, así mismo se determinó que medicina es el campo de investigación más usado con un 40.51% en el desarrollo de aplicativos móviles.

Palabras-clave: Aplicaciones móviles, dispositivo móvil, plataformas para dispositivos móviles, aplicaciones nativas, aplicaciones híbridas.

1. INTRODUCCION

En la actualidad solo quedan dos plataformas con una cuota de mercado importante para el desarrollo de aplicaciones móviles, IOS y Android. Sin embargo, esto no le ha restado importancia al desarrollo de aplicaciones multiplataforma, ya que la clara diferencia entre estos dos sistemas operativos disponibles sigue generando grandes inconvenientes a la hora de iniciar un proyecto de desarrollo móvil. Aún no existe un estándar para decidir con respecto al enfoque que debemos tomar respecto al

desarrollo de aplicaciones móviles, ya sea, emplear tecnología web, un enfoque multiplataforma o un kit de desarrollo de software (SDK) nativo, sino más bien recae en el criterio de los desarrolladores el decidir que enfoque aporta más a la solución de su problemática.

La complejidad del desarrollo de una app no proviene únicamente de la necesidad de que funcione correctamente en dos dispositivos con sistemas operativos distintos, sino que el avance en la producción e innovación de dispositivos y el internet de las cosas genera cada vez más terminales a donde apuntar con el desarrollo [1]. La fragmentación del dispositivo y las reformas específicas del proveedor, por ejemplo, provocan que el desarrollo específico para Android no sea uniforme, pues existen diversos tipos de teléfonos con diferentes detalles, ya no solo de procesamiento sino también de tamaño y forma [14].

Sin embargo, aunque tengamos clara la importancia del desarrollo multiplataforma para mantenerse vigente con los avances tecnológicos, aún no queda clara la mejor opción para el desarrollo multiplataforma, pues existen en el mercado una gran variedad de opciones que muchas veces generan conflicto a la hora de iniciar un proyecto de desarrollo de aplicaciones móviles.

Esta revisión sistemática, tiene como objetivo identificar la situación actual del mercado, para que de esta forma se pueda considerar de una manera más sencilla aquellos marcos de trabajo que están teniendo mayor relevancia en el desarrollo de aplicaciones multiplataforma y, sobre todo, están logrando una mayor aceptación de la comunidad científica, mediante la citación de sus trabajos de desarrollo de sistemas multiplataforma.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente artículo se realizó siguiendo las directivas para el desarrollo de revisiones sistemáticas SRL (Systematic Review of the Literature) para la organización y el filtraje de una gran cantidad de artículos de investigación según su relevancia, de modo que se pueda obtener como resultado, un número determinado de artículos con un alto nivel de calidad sobre el tema que se ha determinado el estudio. Este artículo se realizó mediante una exhaustiva búsqueda y recopilación de material por medio de base de datos académicas y de investigación, a fin de identificar trabajos que implementen el uso de frameworks de desarrollo móvil multiplataforma. El proceso de revisión sistemática de literatura (SLR) consta de los siguientes pasos: (1) Planeamiento, (2) Ejecución y (3) Reporte.

2.1. Preguntas de investigación definidas

La presente investigación tiene como objetivo dar respuesta a las preguntas de investigación que se definen en la tabla 1.

Tabla 1. Preguntas y motivación de investigación

Preguntas de investigación	Motivación
<i>RQ1: ¿Cuáles son los frameworks más usados para el desarrollo móvil multiplataforma de los últimos 5 años?</i>	Determinar los frameworks de desarrollo móvil multiplataforma más usado y argumentos para su elección
<i>RQ2: ¿Cuáles son los frameworks de desarrollo multiplataforma con más crecimiento de los últimos 5 años?</i>	Determinar nuevas tendencias en la elección de frameworks de desarrollo móvil multiplataforma
<i>RQ3: ¿Cuáles son los campos de investigación que más utilizan los frameworks de desarrollo móvil multiplataforma?</i>	Determinar los campos de investigación que más se han beneficiados del desarrollo con marcos de trabajo para aplicaciones multiplataforma

2.2. Fuentes de búsqueda consideradas

Para el proceso de búsqueda se seleccionaron las bases de datos más consolidadas y reconocidas para realizar la búsqueda de artículos, haciendo uso de las siguientes: Dialnet, DOAJ, IEEE Explore, ProQuest, Science Direct, Scopus, Springer Link.

2.3. Ecuaciones De Búsqueda Aplicadas

En una revisión sistemática de la literatura es importante la ecuación de búsqueda, para apuntar a abarcar de manera específica las investigaciones relevantes para la revisión, basándose en palabras clave y términos que identifiquen el tema analizado. A continuación, en la tabla 2 se presentan las ecuaciones de búsqueda utilizadas en cada buscador para crear una base de artículos que serán filtrados más adelante.

Tabla 2. Ecuaciones de búsqueda según fuente de datos

Fuente	Ecuación de búsqueda
<i>Dialnet</i>	Mobile AND (app OR application OR system OR software) AND (cross-platform OR multiplatform OR multiplatform)
<i>DOAJ</i>	Mobile AND (app OR application OR system OR software) AND (cross-platform OR multiplatform) AND Technology
<i>IEEE Explore</i>	Mobile AND (app OR application OR system OR software) AND (cross-platform OR multiplatform OR multiplatform)

<i>ProQuest</i>	Mobile AND (app OR application OR system OR software) AND (cross-platform OR multiplatform OR multiplatform)
<i>Science Direct</i>	Mobile AND (app OR application OR system OR software) AND (cross-platform OR multiplatform OR multiplatform)
<i>Scopus</i>	Mobile AND (app OR application OR system OR software) AND (cross-platform OR multiplatform OR multiplatform)
<i>Springer Link</i>	Mobile AND (app OR application OR system OR software) AND (cross-platform OR multiplatform OR multiplatform)

2.4. Consolidado de número de resultados

Se obtuvieron 18628 artículos de investigación como resultado de la búsqueda inicial realizada en los 7 motores de búsqueda bibliográfica elegidos, procediéndose a filtrar los resultados mediante los criterios de exclusión expuestos a continuación.

2.5. Criterios de exclusión ejecutados

Los artículos resultantes de la búsqueda inicial en las bases de datos representan una cantidad demasiado grande como para ser analizada manualmente, por lo que se consideraron criterios de exclusión que permitan acortar la cantidad de resultados obtenidos para ser estudiados más a detalle. Primero se excluyeron los artículos con una antigüedad mayor a los 5 años debido a la vigencia que se busca en la investigación. También se excluyeron aquellos artículos en lenguas extranjeras diferentes al español e inglés para facilitar la lectura y análisis. Se excluyeron los artículos que no pertenecen al área de estudio de computación o tecnologías de la información y aquellos que no están directamente relacionados con el objeto de estudio, en este caso los frameworks de desarrollo multiplataforma, como por ejemplo otros estudios de revisión o artículos comparativos.

Tabla 3. Criterios de exclusión

Criterio de exclusión	Descripción
<i>CE1</i>	Artículos con una antigüedad mayor a 5 años
<i>CE2</i>	Artículos que no están escritos en idioma inglés o español
<i>CE3</i>	Artículos que no pertenecen al área de computación o tecnologías de la información
<i>CE4</i>	Artículos que no están directamente relacionadas con el objeto de estudio
<i>CE5</i>	Artículos que no tienen una solución de desarrollo de software móvil
<i>CE6</i>	Artículos duplicados
<i>CE7</i>	Artículos que no tienen indicadores cuantitativos

2.6. Número de artículos resultantes luego de aplicar criterios

Se consolidaron los resultados aplicando los 7 criterios de exclusión definidos, lográndose reducir el número de artículos a revisar, y obtener los estudios más relevantes relacionados con el tema del estudio, obteniéndose 79 artículos.

2.7. Matriz consolidada de artículos resultantes al aplicar criterios

Se aplicaron los filtros correspondientes a los criterios de exclusión definidos, y los resultados fueron esquematizados en la matriz presentada en la tabla 4.

Tabla 4. Matriz consolidada de criterios de exclusión

Fuente	Inicio (f _i)	n _i Inicial	CE1, CE2 y CE3	CE4 y CE5	CE6 y CE7 Final (f _i)	n _i Final
Dialnet	1712	9.19%	707	13	4	5.06%
DOAJ	3326	17.85%	1353	17	11	13.92%
IEEE Explore	609	3.27%	168	24	9	11.39%
ProQuest	6850	36.77%	3636	306	28	35.44%
Science Direct	3386	18.18%	688	260	10	12.66%
Scopus	1734	9.31%	524	64	13	16.46%
Springer Link	1011	5.43%	126	18	4	5.06%
TOTAL	18628	100.00%	7202	702	79	100.00%

3. RESULTADOS

Posterior a la minuciosa revisión, realizada a los 79 artículos seleccionados en los pasos previos, se obtuvieron diferentes resultados derivados el análisis de los datos y a partir de ello presentamos información relevante a continuación. Producto de la revisión e investigación de los artículos seleccionados, se definió la cantidad de artículos que son presentados por tipo de publicación, los cuales pueden ser revistas de investigación científica o publicaciones de conferencias. En la tabla 5 se presenta la cantidad de artículos publicados según el tipo de publicación por cada framework.

Tabla 5. Cantidad de artículos por tipo de publicación por cada framework

Tipo de Publicación	Framework	f _i	n _i
Revista científica	Ionic	17	21.52%
	Xamarin	10	12.66%
	Flutter	13	16.46%
	React Native	12	15.19%
	NativeScript	3	3.80%
	SUBTOTAL	55	69.62%
Artículo de conferencia	Ionic	4	7.27%
	Xamarin	5	6.33%
	Flutter	12	15.19%
	React Native	3	3.80%
	NativeScript	0	0.00%
	SUBTOTAL	24	30.38%
TOTAL	79	100.00%	

De la tabla 5 podemos identificar que la mayor parte de los artículos presentados son publicados en revistas de investigación científica con 55 artículos (69.62%) y 24 artículos publicados en conferencias (30.38%). A continuación, nos planteamos dar respuesta a las preguntas de investigación definidas para el presente estudio.

RQ1: ¿Cuáles son los frameworks más usados para el desarrollo móvil multiplataforma de los últimos 5 años?. Para responder a esta pregunta de investigación, relacionada con los frameworks de desarrollo móvil multiplataforma y su presencia en los artículos de investigación publicados en los últimos 5 años, en la tabla 5 se presenta los resultados de la revisión sistemática de 79 artículos de investigación.

Tabla 6. Cantidad de artículos publicados por framework

Framework	f _i	n _i
Ionic	21	26.58%
Xamarin	15	18.99%
Flutter	25	31.65%
React Native	15	18.99%
NativeScript	3	3.80%
TOTAL	79	100.00%

Como se puede ver en la tabla 6, Flutter como el marco de desarrollo más utilizado en los trabajos de investigación publicados en los últimos 5 años con un 31.65% seguido de Ionic con el 26.58%.

Flutter es el framework que satisface y cumple todos los requisitos para el despliegue, determinados en las directrices para garantizar la calidad para los usuarios finales que exigen los portales de implementación Android Store y Apple App Store [17]. En Flutter se programa una sola versión de la aplicación para cada sistema operativo, simplificando el mantenimiento y garantiza que todos los sistemas compartan la misma funcionalidad [13].

RQ2: ¿Cuáles son los frameworks de desarrollo multiplataforma con más crecimiento de los últimos 5 años? En la tabla 7 se presenta la cantidad de artículos en los últimos 5 años por frameworks.

Tabla 7. Matriz consolidada de artículos publicados cada año por frameworks

Fuente	2018	2019	2020	2021	2022	f _i	n _i (%)
Ionic	2	1	7	9	2	21	26.6
Xamarin	3	2	4	5	1	15	19.0
Flutter	0	1	2	13	9	25	31.7
React Native	2	2	0	6	5	15	19.0
NativeScript	0	1	0	0	2	3	3.8
f _i	7	7	13	33	19	79	100.0
n _i (%)	8.9	8.9	16.56	41.87	24.15	100.0	

En la tabla 7 podemos apreciar a Flutter como el framework multiplataforma para dispositivos móviles más publicado con un 31.65% en los últimos 5 años, así mismo se aprecia un crecimiento ascendente año a año. En la figura 1 se presenta la cantidad de artículos en los últimos 5 años y su tendencia de crecimiento. La figura 1 muestra que Flutter, además de ser el framework más utilizado, es también el de mayor crecimiento en los últimos cinco años, con un total de 25 publicaciones. Flutter se ha constituido últimamente en el framework multiplataforma más utilizado en el desarrollo de aplicaciones móviles [12]. Sin embargo, otro de los frameworks que tiene el crecimiento de Flutter de manera más constante es React Native. React Native permite compartir una única base de código a través de plataformas móviles, lo que resulta en una mayor velocidad de desarrollo y facilidad, y la rentabilidad del mantenimiento. La aplicación web es una contraparte basada en el navegador ReactJS para aplicaciones móviles y actualmente proporciona un subconjunto de su funcionalidad [35].

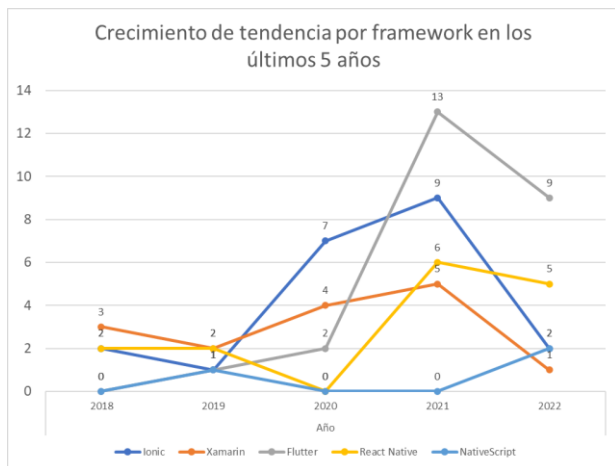


Figura 1. Cantidad de artículos publicados en los últimos 5 años por framework

RQ3: ¿Cuáles son los campos de investigación que más utilizan los frameworks de desarrollo móvil multiplataforma?. Para la pregunta de investigación número 3 se busca determinar aquellos campos que han realizado una mayor cantidad de investigaciones utilizando frameworks de desarrollo móvil multiplataforma. En la tabla 8 se muestra en la agrupación de los 79 artículos revisados por campo de investigación.

Tabla 8. Matriz consolidada artículos publicados por campos de investigación

Campo de Investigación	Framework					f _i	n _i
	Ionic	Xamarin	Flutter	React Native	Native Script		
Ambiente	1	2	2	1	1	7	8.86%
Comercio	1	1	3	1	0	6	7.59%
Comunicaciones	0	0	3	0	0	3	3.80%
Educación	1	5	5	0	0	11	13.92%
Finanzas	1	0	0	0	0	1	1.27%
Medicina	11	3	5	12	1	32	40.51%
Tecnología	4	1	2	0	0	7	8.86%
Transporte	2	1	3	1	0	7	8.86%
Otros	0	2	2	0	1	5	6.33%
TOTAL	21	25	25	15	3	79	100.00%

En la tabla 8 se observa que el campo de la medicina es el que donde se realiza más investigaciones haciendo uso de frameworks para el desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma con un 41.51%. Se afirma que la aplicación móvil se construyó utilizando un enfoque híbrido proporcionado por el Ionic Framework, un marco de trabajo que da herramientas de interfaz de usuario móvil de código abierto para desarrollar aplicaciones multiplataforma de alta calidad para iOS nativo, Android y la web, utilizando tecnologías web [20].

Discusión

Al respecto del tema de investigación, sabemos que el desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma utilizando frameworks de desarrollo, es un tema que genera cada año una buena cantidad de artículos de investigación, debido a varios atributos hacen que sea atractivo para nuevas investigaciones. De la búsqueda realizada sabemos que esta gran cantidad de artículos se ven

ampliamente beneficiadas por las ventajas del desarrollo multiplataforma, el cual genera un ahorro de tiempo en el desarrollo de aplicaciones orientadas a más de un sistema operativo. En los últimos 5 años podemos afirmar que, de las bases de datos consideradas para el proyecto tanto antes como después de la aplicación de filtros, ProQuest es la que mayor cantidad de artículos contiene, aportando con el 36.77% de los trabajos antes de ser filtrados y 35.44% después de los filtros.

La otra base de datos que aportó significativamente a los artículos que revisados fue Scopus, con el 16.46% de artículos finales y resultó ser la segunda base con mayor significancia, a pesar de tener solo un 9.31% de los artículos previos a los criterios de exclusión. Se infiere entonces, que los artículos de Scopus tienen un mayor nivel de aprobación de los criterios de exclusión definidos en la investigación. El trabajo y análisis de la investigación se realizó en un horizonte de tiempo de 5 años, debido a que este periodo permite analizar cómo se han dado los avances en el entorno científico. De este análisis podemos observar que en los años de 2018 y 2019 se publicaron una menor cantidad de artículos relacionados con el tema, siendo en cada uno únicamente el 8.86% del total de los 5 años.

Esta tendencia empieza a cambiar en el año 2020 en el cual el porcentaje se eleva a 16.46%, representando casi el doble de los años previos, repitiendo la misma situación en el año 2021 donde se encontraron la mayor cantidad de artículos científicos referentes al desarrollo móvil multiplataforma con el 41.77% de los artículos totales. En el 2022 por otro lado, solo se han encontrado el 24.05% de los artículos totales, sin embargo, a falta de 4 meses para la finalización del año 2022 a la fecha de la investigación, se espera que continúe el crecimiento de la cantidad de artículos relacionados con el tema. Con respecto al tema de los Frameworks de desarrollo móvil multiplataforma, se puede señalar a Flutter como el marco más utilizado y de mayor crecimiento de los últimos 5 años, representando un 31.65% del total de artículo revisados, con un alto impacto de crecimiento

4. CONCLUSIONES

La presente investigación logra clasificar y ordenar con éxito los trabajos realizados sobre el campo del desarrollo de software móvil con frameworks multiplataforma, mediante criterios de exclusión minuciosamente elaborados y contrastados, presentándose solo aquellos trabajos que contribuyen a la literatura correspondiente al tema. La revisión sistemática ayuda a futuros investigadores a poder encontrar trabajos de alto nivel que sirvan como base o antecedentes en el desarrollo de sus trabajos sin la necesidad de recorrer literatura redundante.

La investigación sigue de manera correcta los pasos de la metodología de SLR para redactar y presentar la revisión sistemática de una manera concisa y significativa, de los trabajos realizados en el periodo temporal de los años comprendidos entre 2018 y 2022, realizando las consultas en las bases de datos más representativas de la comunidad científica orientada a las tecnologías de información, encontrando en primera instancia 18628 resultados mediante el proceso de búsqueda desarrollado, de los cuales se pudo filtrar para obtener solo los 79 artículos que cumplen con todos los criterios definidos.

Se determinó que el framework más utilizado de los últimos 5 años es Flutter con un 31.65% y asimismo es también el framework con mayor crecimiento a lo largo de los 5 años, esto

determinado por el promedio de crecimiento de todos los años estudiados, sin embargo, se recomienda que en futuras investigaciones se pueda estudiar un método de análisis de crecimiento con un método matemático que lo respalde.

También se concluyó que el campo más beneficiado del uso de los frameworks de desarrollo móvil multiplataforma es el campo de la medicina con un 40.51%, la cual desarrolla software móvil para dar soporte a soluciones que aporte al bienestar de la población y aprovecha las herramientas que le permiten ahorrar tiempo en el desarrollo y ampliar su alcance.

5. REFERENCIAS

- [1] E. A. Affum, K. A.-P. Agyekum, C. A. Gyampomah, K. Ntiamoah-Sarpong & J. D. Gadze, "Smart Home Energy Management System based on the Internet of Things (IoT)", *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl. IJACSA*, Vol. 12, No. 2, 2021.
- [2] E. S. Agulto & V. B. Ella, "Development of mobile application for wireless sensor networks for efficient irrigation water management", *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, Vol. 1038, No. 1, 2022, pp. 012030.
- [3] O. Alfakir, V. Larsson, & F. Alonso-Fernandez, "A Cross-Platform Mobile Application for Ambulance CPR during Cardiac Arrests", *2021 8th International Conference on Soft Computing & Machine Intelligence (ISCM)*, 2021, pp. 120-124.
- [4] D. M. Alghazzawi, S. H. Hasan, G. Aldabbagh, M. Alhaddad, A. Malibari, M. Z. Asghar, & H. Aljuaid, "Development of Platform Independent Mobile Learning Tool in Saudi Universities", *Sustainability*, Vol. 13, 2021, pp. 5691.
- [5] M. Al-Ghobari, A. Muneer, & S. Fati, "Location-Aware Personalized Traveler Recommender System (LAPTA) Using Collaborative Filtering KNN", *Comput. Mater. Contin.*, Vol. 69, No. 2, 2021
- [6] B. ALHARBI, N. Aljojo, A. Alshutayri, M. Khayyat, A. Banjar, A. ZAINOL, A. ABDULDAEM, A. ALHAZMI, R. SAKLOU, & S. ALHOWAITI, "Developing an AI-based spelling system for kids", *Rev. Rom. Informatică Şi Autom.*, Vol. 31, No. 2, 2021, pp. 59-68.
- [7] A. Anci, & T. Wiradinata, "Design and Development of RunForFun Mobile Application", *MATEC Web Conf.*, Vol. 164, 2018, pp. 01005.
- [8] K. Andrews, M. Zimoch, M. Reichert, M. Tallon, U. Frick, & R. Pryss, "A Smart Mobile Assessment Tool for Collecting Data in Large-Scale Educational Studies", *Procedia Comput. Sci.*, Vol. 134, 2018, pp. 67-74.
- [9] L. V. Babich, D. A. Svalov, A. L. Smirnov, & M. V. Babich, "Neurorehabilitation Control Application: Development Using Ionic Framework", *26th Telecommunications Forum TELFOR*, 2018, pp. 420-425.
- [10] F. A. Bernardi, V. C. Lima, D.M. Sampaio, M.C. dos Santos, R. P. C. Lopes Rijo, & D. Alves, "TBI Score - use of a mobile score system to aid the diagnosis of tuberculosis in children in Brazil", *Procedia Comput. Sci.*, Vol. 196, 2022, pp. 493-500.
- [11] N. Cantù, M. Ducci, D. Ahmetovic, C. Bernareggi, & S. Mascetti, "Mathmelodies 2: A mobile assistive application for people with visual impairments developed with react native", *ASSETS '18 October 22-24, 2018, Galway, Irela*, 2019, pp. 453-455.
- [12] L. Carius, C. Eichhorn, D. A. Plecher, & G. Klinker, "Cloud-Based Cross-Platform Collaborative AR in Flutter", *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 2022, pp. 682-683.
- [13] C. Cierpka, H. Otto, C. Poll, J. Hüther, S. Jeschke, & P. Mäder, "SmartPIV: flow velocity estimates by smartphones for education and field studies", *Exp. Fluids*, Vol. 62, No. 8, 2021, pp. 172.
- [14] L. C. Dascalu, O. Chivu, C. Babiş, G. Iacobescu, A. Dimitrescu, & E. Niculae, "Design and Development of a Mobile Application Android for the Measurement of Stress Level", *Fiabil. Şi Durabilitate*, Vol. 2, No. 22, 2018, pp.114-121.
- [15] K. C. Davis, B. Meschede-Krasa, L. Cajigas, N. W. Prins, C. Alver, S. Gallo, S. Bhatia, J. H. Abel, J. A. Naeem, L. Fisher, F. Raza, W.R. Rifai, M. Morrison, M. E. Ivan, E. N. Brown, J. R. Jagid, & A. Prasad, "Design-development of an at-home modular brain-computer interface (BCI) platform in a case study of cervical spinal cord injury", *J. NeuroEngineering Rehabil.*, Vol. 19, No. 1, 2022, pp. 53.
- [16] B. Dubey, V. Arul, P. Mathur, & P. Pant, "Ur Info: A cross-platform Application", *2021 International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)*, 2021, pp. 614-622.
- [17] S. Elkhalfifa, R. Bhana, A. Blaga, S. Joshi, M. Svejda, V. Kasilingam, T. Garcez, & G. Calisti, "Development and Validation of a Mobile Clinical Decision Support Tool for the Diagnosis of Drug Allergy in Adults: The Drug Allergy App", *J. Allergy Clin. Immunol. Pract.*, Vol. 9, No. 12, 2021, pp. 4410-4418.e4.
- [18] L. O. Figueiredo, L. C. M. Maia, M. T. Rocha, J. e A. N. Barbosa Junior, A. P. V. A. Aguiar, R. B. C. Lima, R. B. C. Acioli Junior, & P.R. Barros, "Thermal vision for remote monitoring through cross-platform application", *2018 13th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON)*, 2018, pp. 698-703.
- [19] J. A. L. Gallego, S. L. Marín, C. L. Romero, J. D. V. Montoya, L. Á. E. Castrillón, & S. R. Pareja, "Desarrollo de un aplicativo móvil y web que calcule la huella de carbono en el sector educativo y transporte", *Lámpsakos*, No. 23, 2020, pp. 45-55.
- [20] F. Gárate, P. Chausa, J. Whetham, C. I. Jones, F. García, C. Cáceres, P. Sánchez-González, E. Wallitt, & E. J. Gómez, "EmERGE mHealth Platform: Implementation and Technical Evaluation of a Digital Supported Pathway of Care for Medically Stable HIV", *Int. J. Environ. Res. Public Health*, Vol. 18, No. 6, 2021.
- [21] J. S. Gaspar, E. M. Lage, F. J. D. Silva, o. É. Minier, I. J. R. Oliveira, I. Oliveira, R. G. Souza, J. R. O. Gusmão, C. F. D. De Souza, & Z. S. N. Reis, "A Mobile Serious Game About the Pandemic (COVID-19 - Did You Know?): Design and Evaluation Study", *JMIR Serious Games*, Vol. 8, No. 4, 2020, pp. e25226.
- [22] S. A. Gonzalez, P. A. Silva, & T. A. A. Silva, "Software for mobile devices to support the environmental radiological monitoring", *J. Phys. Conf. Ser.*, Vol. 1826, No. 1, 2021 pp. 012055.
- [23] A. González-Pérez, M. Matey-Sanz, C. Granell, & S. Casteleyn, "Using mobile devices as scientific measurement instruments: Reliable android task scheduling", *Pervasive Mob. Comput.*, Vol. 81, 2022, pp. 101550.
- [24] M. Gunduz, & H. A. "Elsherbeny Construction Contract Administration Performance Assessment Tool by Using a

- Fuzzy Structural Equation Model", *Sustainability*, Vol. 12, No. 2, 2020, pp. 523.
- [25] O. Haffner, & E. Kučera, "Multiplatform Mobile Application for Identification and Localization of Objects in Space", *2020 Cybernetics & Informatics (K&I)*, 2020, pp. 1-9.
- [26] E. A. Hajri, F. Hafeez, & A. A. N. V., "Fully Automated Classroom Attendance System", *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, Vol. 3, No. 08, 2019, pp. 95-106.
- [27] J.-K. Heise, R. Dey, M. Emmerich, Y. Kemmling, S. Sistig, G. Krause, & S. Castell, "Putting digital epidemiology into practice: PIA- Prospective Monitoring and Management Application", *Inform. Med. Unlocked*, Vol. 30, 2022, pp. 100931.
- [28] M. F. Hinarejos, A.-P. Isern-Deyà, J.-L. Ferrer-Gomila, & L. Huguet-Rotger, "Deployment and performance evaluation of mobile multicoupon solutions", *Int. J. Inf. Secur.*, Vol. 18, No. 1, 2019, pp. 101-124.
- [29] E. J. G. Huaman, L. R. V. Paz, S. E. C. Mostacero, O. R. A. Moreno, & J. F. P. Torres, "Multiplatform mobile application to improve the sales control lottery of Trujillo", *19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 2021.
- [30] A. J. M. Hutagalung, I. K. Sjamsudin, & D. P. Hutabarat, "IoT-Based Parking Monitoring System using Magnetometer as the Sensor", *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, Vol. 794, No. 1, 2021, pp. 012134.
- [31] K. Intawong, W. Boonchieng, P. Lertrakarnnon, E. Boonchieng, & K. Puritat, "A-SA SOS: A Mobile- and IoT-based Pre-hospital Emergency Service for the Elderly and Village Health Volunteers". *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl. IJACSA*, Vol. 12, No. 4, 2021, pp. 56/01
- [32] M. A. P. Jaramillo, R. E. J. Cumbicus, & P. C. Q. Correa, "Aplicación móvil multiplataforma para la simular créditos bancarios mediante geolocalización. Dom", *Cienc.*, Vol. 6, No. 3, 2020, pp. 327-341.
- [33] S. Joachim, A. R. M. Forkan, P. P. Jayaraman, A. Morshed & N. Wickramasinghe, "A Nudge-Inspired AI-Driven Health Platform for Self-Management of Diabetes", *Sensors*, Vol. 22, No. 12, 2022.
- [34] D. Jung, K. Munkhbat, J. Y. Lee, & K. H. Ryu, "An Implementation of Ionic-Based Hybrid Mobile Application for Controlling Bluetooth Low-Energy-Based Humidifier Device", *Smart Innov. Syst. Technol.*, Vol. 211, 2021, pp. 50-56.
- [35] A. Klein, J. Clucas, A. Krishnakumar, S. S. Ghosh, W. Van Auken, B. Thonet, I. Sabram, N. Acuna, A. Keshavan, H. Rossiter, Y. Xiao, S. Semenuta, A. Badioli, K. Konishcheva, S. A. Abraham, L. M. Alexander, K. R. Merikangas, J. Swendsen, A. B. Lindner, & M. P. Milham, "Remote Digital Psychiatry for Mobile Mental Health Assessment and Therapy: MindLogger Platform Development Study", *J. Med. Internet Res.*, Vol. 23, No. 11, 2021, pp. e22369.
- [36] S. Konigorski, S. Wernicke, T. Slosarek, A. M. Zenner, N. Strelow, D. F. Ruether, F. Henschel, M. Manaswini, F. Pottbäcker, J. A. Edelman, B. Owoyele, M. Danieletto, E. Golden, M. Zweig, G. Nadkarni, & E. Böttinger, "StudyU: A Platform for Designing and Conducting Innovative Digital N-of-1 Trials". *J. Med. Internet Res.*, Vol. 24, No. 7, 2022, pp. e35884.
- [37] I. Kotsyuba, A. Shikov, V. Naumov, T. Zhukova, & M. Valdaitceva, "Mobile application for educational tourism's vehicles' organization based on representative capabilities of students, *Transp*", *Res. Procedia*, Vol. 63, 2022, pp. 1313-1320.
- [38] M. Krishna, D. Sybil, P. K. Shrivastava, S. Premchandani, H. Kumar, & P. Kumar, "An Innovative App (ExoDont) for Postoperative Care of Patients After Tooth Extraction: Prototype Development and Testing Study", *JMIR Perioper. Med*, Vol. 4, No. 2, 2021, pp. e31852.
- [39] P. Kruachottikul, N. Cooharajanane, G. Phanomchoeng, & K. Kovitanggoon, "Development of a User-Centric Bridge Visual Defect Quality Control Assisted Mobile Application: A Case of Thailand's Department of Highways", *Appl. Sci.*, Vol. 11, No. 20, 2021.
- [40] S. R. Kuthyar, R. V. S. Manjesh, R. Girimaji, R. D. Arjun, & P. S., "An Intelligent Pothole Detection and Alerting System using Mobile Sensors and Deep Learning", *2021 IEEE 18th India Council International Conference (INDICON)*, 2021, pp. 1-6.
- [41] R. A. M. Lara, J. P. S. Heredia, & H. J. R. Macías, "Aplicación móvil basada en geolocalización para ubicar médicos cercanos gestionado con Firebase y la API de Google Maps", *Dominio Las Cienc.*, Vol. 7, No. Extra 4, 2021, pp. 161.
- [42] O. Manjrekar, R. Biswas, A. Agrawal, N. Barandwal, A. Gupta, P. Chaudhari, S. Mishra, K. Anavardekar, V. Fernandes, & K. Arya, "A comprehensive easy-to-use techno-human solution for the resource-constrained nations in the fight against communicable disease like the coronavirus pandemic. *New Techno Humanit*", 2022.
- [43] P. Meankaew, S. Lawpoolsri, W. Piyaphanee, P. Wansatid, P. Chaovalit, S. Lawawirojwong, & J. Kaewkungwal, "Cross-platform mobile app development for disseminating public health information to travelers in Thailand: development and usability", *Trop. Dis. Travel Med. Vaccines*, Vol. 8, No. 1, 2022, pp. 17.
- [44] Z. Mohd Zaki, S. F. Ishak, & K. A. Mohamad, "User Interface Designs of an Educational Mobile Application: A Study of Qiraat Teaching and Learning", *Adv. Hum-Comput. Interact.*, 2021, pp. e6648550.
- [45] R. Moreira, A. Teles, R. Fialho, T. C. Passos dos Santos, S. Sousa Vasconcelos, I. Carvalho de Sá, V. H. Bastos, F. Silva, & S. Teixeira, "Can human posture and range of motion be measured automatically by smart mobile applications?", *Med. Hypotheses*, Vol. 142, 2020, pp. 109741.
- [46] M.-C. Moreno-Vergara, B.-D. Sarmiento-Iscales, F.-E. Casares-Pavia, Y.-D. Angulo-Rodríguez, & D.-J. Morales-Arenales, "Analysis of Satellite Images Using Deep Learning Techniques and Remotely Piloted Aircraft for a Detailed Description of Tertiary Roads", *Rev. Fac. Ing.*, Vol. 30, No. 58, 2021, pp. e13816-e13816.
- [47] S. R. Mubaroq, A. G. Abdullah, & A. Setiawan, "Digital psychology test with socio-technical system as an unemployment solution", *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, Vol. 1098, No. 3, 2021, pp. 032008.
- [48] P. Nawrocki, B. Sniezynski, & H. Slojewski, "Adaptable mobile cloud computing environment with code transfer based on machine learning", *Pervasive Mob. Comput.*, Vol. 57, 2019, pp. 49-63.
- [49] J. A. Neyra Gonzales, K.Y. Anticona Rubio, S. E. Cieza Mostacero, & J. F. Pacheco Torres, "Multiplatform system to improve tourist services in the city of Trujillo", *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2020.

- [50] A. Nimmolrat, P. Khuwuthyakorn, P. Wientong, & O. Thinnukool, "Pharmaceutical mobile application for visually-impaired people in Thailand: development and implementation", *BMC Med. Inform. Decis. Mak.*, Vol. 21, No. 1, 2021, pp. 217.
- [51] D. Nugraha, F. Y. H. Ahmed, M. I. Abdullah, & M. G. M. Johar, "Survey of smart parking application deployment", *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, Vol. 1108, No. 1, 2021, pp. 012019.
- [52] J. Olmsted, S. Mwangi, K. Pecha, O. Baiocchi, K. Biondi, S. Teng, & F. Baiocchi, "Hybrid Environment IoT-Mapping of Over-Tourism and Air Pollution in the Azores Archipelago". 2020 IEEE Conference on Technologies for Sustainability, *SusTech.*, 2020
- [53] S. Ožana, M. Burda, M. Hykel, M. Malina, M. Prášek, D. Bárta, & A. Dolný, "Dragonfly Hunter CZ: Mobile application for biological species recognition in citizen science", *PLOS ONE*, Vol. 4, No. 1, 2019, pp. e0210370.
- [54] A. Palumbo, N. Ielpo, B. Calabrese, D. Corchiola, R. Garropoli, V. Gramigna, & G. Perri, "SIMpLE: A Mobile Cloud-Based System for Health Monitoring of People with ALS", *Sensors*, Vol. 21, No. 21, 2021
- [55] A. W. Panjaitan, & N. Surantha, "Cross platform mobile apps to support physical distancing management in traditional church during Ccovid-19 pandemic", *ICIC Express Lett. Part B Appl.*, Vol. 13, No.6, 2022, pp. 647-653.
- [56] B. Priswaanto, & H. Haryono (2022). "Fall Detection using Sensors on a Smartphone. Sinkron", Vol. 7, No. 2, 2022, pp. 541-548.
- [57] F. P. Putri, H. Meidia, & D. Gunawan, "Designing intelligent personalized chatbot for hotel services. ACAI 2019", *Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Algorithms, Computing and Artificial Intelligence*, 2019, pp. 468-472.
- [58] A. M. Qadir, & P. Cooper, "GPS-based Mobile Cross-platform Cargo Tracking System with Web-based Application". 2020 8th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS), 2020, pp. 1-7.
- [59] Y. Quiñonez, C. Lizarraga, J. Peraza, & O. Zatarain, "Sistema inteligente para el monitoreo automatizado del transporte público en tiempo real", *RISTI Rev. Ibérica Sist. E Tecnol. Informação*(31), 2019, pp. 94-105.
- [60] P. Rathnayaka, N. Mills, D. Burnett, D. de Silva, D. Alahakoon, & R. Gray, "A Mental Health Chatbot with Cognitive Skills for Personalised Behavioural Activation and Remote Health Monitoring", *Sensors*, Vol. 22, No. 10, 2022.
- [61] P. Salinas-Sagbay, C. P. Sarango-Lapo, & R. Barba, "Design of a Mobile Application for Access to the Remote Laboratory", *Commun. Comput. Inf. Sci.*, 1195 CCIS, 2020, pp. 391-402.
- [62] A. Sarasa-Cabezuelo, "Development of a Mobile Application to Buy Books through Visual Recognition", *Knowledge*, Vol. 2, No. 1, 2022.
- [63] D. Sebastian, Restyandito, & K. A. Nugraha, "Developing of Middleware and Cross Platform Chat Application", *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl. IJACSA*, Vol. 12, No. 11, 2021, pp. 79-85.
- [64] M. W. Seitz, C. Haux, K. P.J. Smits, O. Kalmus, M. M. Van Der Zande, J. Lutyj, & S. Listl, "Development and evaluation of a mobile patient application to enhance medical-dental integration for the treatment of periodontitis and diabetes", *Int. J. Med. Inf.*, Vol. 52, 2021, pp. 104495.
- [65] M. Shakir, S. Karim, Z. Fatima, V. Kumar, M. Mehmood, S. Memon, & H. Mustafa, "Smart Mirror Based Home Automation Using Voice Command and Mobile Application", *EAI Endorsed Trans. Scalable Inf. Syst.*, Vol. 9, No. 35, 2022.
- [66] R. A. Sowah, A. A. Bampoe-Addo, S. K. Armoo, F. K. Saalia, F. Gatsi, & B. Sarkodie-Mensah, "Design and Development of Diabetes Management System Using Machine Learning", *Int. J. Telemed. Appl.*, 2020
- [67] M. Suppan, T. S. Beckmann, C. Gercekci, T. Sigrist, J. L. Savoldelli, R. Fournier, & C. F. Samer, "Development and Preliminary Validation of LoAD Calc, a Mobile App for Calculating the Maximum Safe Single Dose of Local Anesthetics", *Healthcare*, Vol. 9, No. 7, 2021, pp. 799.
- [68] M. T. Truong, O. B. Nwosu, M. E. Gaytan Torres, M. P. Segura Vargas, A. K. Seifer, M. Nitschke, A. A. Ibrahim, J. Knitza, M. Krusche, B. M. Eskofier, G. Schett & H. Morf, "A Yoga Exercise App Designed for Patients With Axial Spondylarthritis: Development and User Experience Study", *JMIR Form. Res.*, Vol. 6, No. 6, 2022, pp. e34566.
- [69] S. Utomo, I. Iswanto, & N. Ramsari, "Mortar fire direction with multiplatform mobile application", *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, Vol. 830, No. 2, 2020, p. 022098.
- [70] K. Van Laerhoven, A. Hoelzemann, I. Pahmeier, A. Teti, & L. Gabrys, "Validation of an open-source ambulatory assessment system in support of replicable activity studies", *Ger. J. Exerc. Sport Res.*, Vol. 52, No. 2, 2022, pp. 262-272.
- [71] C. Vicente-Tene, P. Torres-Carrión, & C. González, "Mobile App for Automation of Observational Instrument for Continuous Emotional Evaluation", *Commun. Comput. Inf. Sci.*, 1388 CCIS, 2021, pp. 552-561.
- [72] K. Vijayan, M. N. Ismail, & S. Suparjoh, "Development of Film Production Mobile Learning Application for Android Platform". *J. Phys. Conf. Ser.*, Vol. 1860, No. 1, 2021, pp. 012009.
- [73] A. M. Vukićević, I. Mačuzić, M. Djapan, V. Milićević, & L. Shamina, "Digital Training and Advanced Learning in Occupational Safety and Health Based on Modern and Affordable Technologies", *Sustainability*, Vol. 13, 2021 pp. 13641.
- [74] P. Wandee, Z. Bussabong, & S. Duangkum, "Application for a Waste Management via the QR-Code System", *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl. IJACSA*, Vol. 13, No. 5, 2022, pp. 31-40
- [75] P. Watts, P. Breedon, C. Nduka, C. Neville, V. Venables & S. Clarke, "Cloud Computing Mobile Application for Remote Monitoring of Bell's Palsy", *J. Med. Syst.*, Vol. 44, No. 9, 2020, pp. 149.
- [76] A. Wibowo, R. Delima, & C. A. Rachmat, "Designing and Developing an Agricultural Product Sales Application Catalog with a Hybrid Application Development Framework". *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, Vol. 1077, No. 1, 2021, p. 012050.
- [77] J. Xu, B. S. Glicksberg, C. Su, P. Walker, P. Bian, & F. Wang, "Federated Learning for Healthcare Informatics", *J. Healthc. Inform. Res.*, Vol. 5, No. 1, 2021, pp. 1-19.
- [78] A. Yassine, M. Berrada, A. Tahiri & D. Chenouni, "A cross-platform mobile application for learning programming basics", *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, Vol. 12, No. 7, 2018, pp.139-151.
- [79] N. Zamin, N. M. Norwawi, Nursyafira, N. I. Arshad, & D. R. A. Rambli, "Make me speak: A mobile app for children with cerebral palsy", *Int. J. Adv. Trends Comput. Sci. Eng.*, Vol. 8, No. 1.4, 2019, pp. 368-373.