

Usability measurement model of the human-robot interactive communication interface for human assistance tasks

Anny Astrid Espitia Cubillos, Magíster en ingeniería¹, Esperanza Rodríguez Carmona, Magíster en Educación² y Robinson Jiménez-Moreno, Doctor en ingeniería³
^{1,2,3}Universidad Militar Nueva Granada, Colombia, anny.espitia@unimilitar.edu.co, esperanza.rodiguez@unimilitar.edu.co, robinson.jimenez@unimilitar.edu.co

Abstract - This article presents a statistical analysis, with non-parametric tests, of a model to identify the perception of various users regarding the usability of an interactive human-robot communication interface to assist people with specific tasks. Pre-recorded responses are used, keeping in mind the importance of communication between a robot and its user for the execution of tasks by voice commands, without room for errors in the interpretation of the different commands. The results allow us to see the independence between the variables and their percentage relationship, which indicates that the nominal variables proposed in the evaluation model are independent, so they must be included in their entirety. The model groups the nominal variables: clarity, assertiveness, naturalness, effectiveness, satisfaction, ease, usefulness and learning, in the three usability criteria proposed by the ISO 9241-11:2018 standard, namely: effectiveness, efficiency and user satisfaction.

Keywords-- Usability, human robot communication, interactive communication interface, non-parametric tests.

Modelo de medición de la usabilidad de la interfaz interactiva de comunicación hombre robot para tareas de asistencia a personas

Usability measurement model of the human-robot interactive communication interface for human assistance tasks

Anny Astrid Espitia Cubillos, Magíster en ingeniería¹, Esperanza Rodríguez Carmona, Magíster en Educación² y Robinson Jiménez-Moreno, Doctor en ingeniería³
^{1,2,3}Universidad Militar Nueva Granada, Colombia, anny.espitia@unimilitar.edu.co, esperanza.rodiguez@unimilitar.edu.co, robinson.jimenez@unimilitar.edu.co

Resumen– El presente artículo expone un análisis estadístico, con pruebas no paramétricas, de un modelo para identificar la percepción de diversos usuarios frente a la usabilidad de una interfaz interactiva de comunicación hombre robot para asistencia a personas con tareas específicas. Se usan respuestas pregrabadas teniendo presente la importancia que cobra la comunicación entre un robot y su usuario para la ejecución de tareas por comandos de voz, sin lugar a errores en la interpretación de los diferentes comandos. Los resultados permiten ver la independencia entre las variables y su porcentaje de relación, lo que indica que las variables nominales propuestas en el modelo de evaluación son independientes por lo que deben incluirse en su totalidad. El modelo agrupa las variables nominales: claridad, asertividad, naturalidad, efectividad, satisfacción, facilidad, utilidad y aprendizaje, en los tres criterios de usabilidad propuestos por la norma ISO 9241-11:2018, a saber: efectividad, eficiencia y satisfacción del usuario.

Palabras clave-- Usabilidad, comunicación hombre robot, interfaz interactiva de comunicación, pruebas no paramétricas.

Abstract - This article presents a statistical analysis, with non-parametric tests, of a model to identify the perception of various users regarding the usability of an interactive human-robot communication interface to assist people with specific tasks. Pre-recorded responses are used, keeping in mind the importance of communication between a robot and its user for the execution of tasks by voice commands, without room for errors in the interpretation of the different commands. The results allow us to see the independence between the variables and their percentage relationship, which indicates that the nominal variables proposed in the evaluation model are independent, so they must be included in their entirety. The model groups the nominal variables: clarity, assertiveness, naturalness, effectiveness, satisfaction, ease, usefulness and learning, in the three usability criteria proposed by the ISO 9241-11:2018 standard, namely: effectiveness, efficiency and user satisfaction.

Keywords-- Usability, human robot communication, interactive communication interface, non-parametric tests.

I. INTRODUCCIÓN

Muchas personas en diferentes ámbitos necesitan asistencia, ya sea por movilidad reducida, desconocimiento de la acción y/o ubicación o por no contar con capacidades físicas para ello. De forma que éste apoyo no necesariamente puede provenir de otros humanos, sino hoy día de algún agente robótico.

Existen grandes avances en robótica con diversas aplicaciones, en el sector de servicios el uso de robots ha avanzado [1], logrando impactos a nivel social e incluso cultural [2] [3].

Una entidad con comportamientos básicos usados para tareas complejas en ambientes reales capaces de interactuar por medio de interfaces, se considera un robot de servicio [4]. Para su funcionamiento es indispensable contar con protocolos de comunicación, que en el caso de los robots asistenciales debe ser interfaces aún más amigables.

En el sector salud el uso de robots incrementó tras la pandemia derivada del COVID-19 [4], con aplicaciones que incluyen entre otras: asistencia sanitaria, cuidados en el hogar, terapia y entretenimiento, apoyando tanto a colaboradores del sector salud como a usuarios [5].

La usabilidad es una característica de la calidad del producto mediante el logro de su fin con eficacia, eficiencia y satisfacción del usuario [6]; su concepto fue popularizado gracias a la norma ISO 9241-11:2018 2018 [7], regularmente se aplica durante el desarrollo de software.

La usabilidad del software es la simplicidad del usuario para aprender a proporcionar entradas y operar un determinado componente o sistema [8], esta definición puede aplicarse a otros entornos. Por ejemplo, dentro de las consideraciones del diseño de productos biomédicos se cuenta con la usabilidad como criterio de valoración para robots de uso personal [9] [10], por lo que se aplica para evaluar la interfaz de comunicación hombre robot en este entorno.

Para lograr la usabilidad, es importante no solo entender su concepto sino también evaluarla [11].

Existen varios métodos y métricas para medir usabilidad, sin embargo, éstos fueron creados específicamente para aplicaciones de escritorio [8] [11] [12], para aplicaciones móviles [13] [14] [15], para internet de las cosas [16], para aplicaciones diseñadas para televisores inteligentes [17] o para objetos virtuales de aprendizaje [18], por lo que se requiere uno particular para el caso estudiado, que es precisamente el aporte del presente documento.

El establecimiento de las estructuras para medir la usabilidad depende de las percepciones de sus creadores, estas estructuras permiten definir los atributos y métricas asociadas [19].

II. METODOLOGÍA

El desarrollo de la investigación sigue los pasos presentados en la Figura 1. Se inicia con la definición de un modelo para valorar la usabilidad de la interfaz interactiva de comunicación hombre robot para asistencia a personas en tareas definidas por voz.

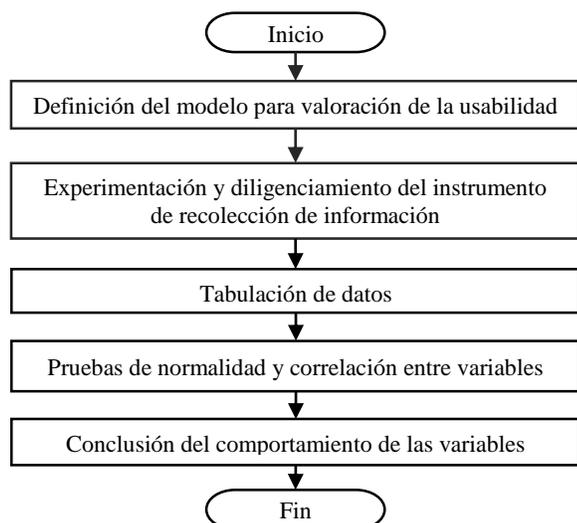


Fig. 1. Metodología

La fase de medición de la usabilidad se realizó de manera experimental donde los usuarios tuvieron acceso a la grabación e interactuaban con el robot, siguiendo el guión suministrado, y posteriormente diligenciaron el instrumento diseñado para la recolección de información sobre dicha interacción, lo que permitió obtener su percepción en una escala de Likert de 1 a 5. Este instrumento fue validado por expertos antes de su aplicación.

Se aplicó el instrumento que contiene una pregunta para cada una de las variables nominales incluidas en el modelo de evaluación propuesto, a una muestra intencional de 31 personas.

Tras la recolección de datos, éstos se organizan y se hace una prueba de normalidad, que permite determinar el tipo de pruebas estadísticas a llevar a cabo, para analizar y concluir al respecto de las relaciones entre las variables nominales propuestas en el modelo de evaluación de usabilidad presentado en la Figura 2.

Se utilizó Microsoft Excel para la tabulación de datos y su análisis.

III. RESULTADOS

El modelo de evaluación propuesto involucra las tres variables que corresponden a los criterios de usabilidad según la norma ISO 9241-11:2018 (efectividad, eficiencia y satisfacción del usuario) [7] y se relacionan con las variables nominales propuestas por los autores, como se muestra en la Figura 2.

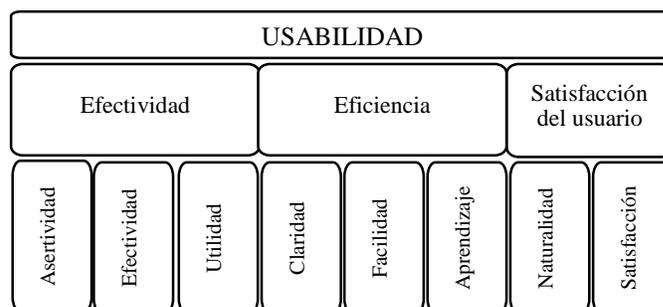


Fig. 2. Criterios y variables nominales de usabilidad

Para definir las variables nominales se consideraron modelos de usabilidad aplicados previamente en diversos entornos, por una parte el modelo PACMAD (Personas en el Centro de Desarrollo de Aplicaciones Móviles) contiene siete atributos: efectividad, eficiencia, satisfacción, capacidad de aprendizaje, memorizabilidad, errores y carga cognitiva [20]; de donde se tomaron los tres primeros que coinciden con los criterios de usabilidad de la norma ISO 9241-11:2018 y la capacidad de aprendizaje como una de las variables nominales; considerando las tres restantes no son directamente aplicables para una interfaz interactiva de comunicación hombre robot.

También el modelo MMFO (algoritmo de optimización de llama de polilla modificado) propone siete factores de usabilidad de software: universalidad, seguridad, satisfacción, productividad, eficiencia, efectividad y memorabilidad [8], de donde se toman las variables satisfacción y efectividad como nominales y el factor eficiencia para el modelo propuesto.

En el campo de la salud digital la usabilidad se refiere a la facilidad de interacción con las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para llevar a cabo tareas de salud [21], por ello facilidad se incluyó como variable nominal.

El Cuestionario de usabilidad de telesalud [22] evalúa la usabilidad de un sistema a través de los factores: utilidad, facilidad de uso y aprendizaje, eficacia, satisfacción, calidad de la interfaz, calidad de la interacción, confiabilidad y uso futuro, de allí se incluyeron sin modificación los cuatro primeros factores como variables nominales.

Como referente en [23], se emplearon las variables: Comprensibilidad, Presentación (Imagen y texto), Usabilidad y Características Generales, para examinar aplicaciones móviles para la diabetes en términos de su idoneidad de uso por parte de adultos mayores. La primera de ellas, se propuso como variable claridad para el modelo presentado en este documento.

La norma ISO/IEC 25010 [11] considera la usabilidad como una característica de calidad para sistemas y software que debe tenerse presente en la fase de desarrollo y que cuenta con seis características: reconocimiento de idoneidad, capacidad de aprendizaje, operabilidad, protección contra errores de usuario, estética de la interfaz de usuario y accesibilidad, de este modelo se usa la primera característica como la variable nominal asertividad al igual que la capacidad de aprendizaje.

En [12] se presentan once criterios de usabilidad para software de código abierto: efectividad, eficiencia, satisfacción, utilidad, comprensibilidad, capacidad de aprendizaje, robustez, operabilidad, memorabilidad, accesibilidad y productividad; los tres primeros coinciden con los criterios del modelo propuesto, los tres siguientes con variables nominales y los cinco finales no aplican para una interfaz interactiva de comunicación hombre robot para asistencia a personas por comandos de voz.

Para valorar la calidad de la interfaz la variable naturalidad de la conversación también se considera de tipo nominal.

Posteriormente las ocho (8) variables nominales definidas fueron relacionadas con los criterios de usabilidad teniendo presente sus definiciones en la norma ISO 9241-11:2018, lo que permitió su agrupación como se presenta en la Figura 1.

Para su medición se propone que las variables nominales tengan el mismo nivel de importancia al interior de cada criterio de usabilidad, así la valoración de cada criterio se hará mediante el cálculo del promedio simple de las variables nominales que las describen y la valoración global de usabilidad será el valor promedio de los tres criterios.

Una vez se definió el modelo de evaluación, se pudo avanzar a la fase de medición de la usabilidad de manera experimental. En el experimento a cada usuario se le presentó el guión, posteriormente escucha la grabación e interactúa con el robot, y finalmente registra su percepción con respecto a cada variable nominal del modelo de evaluación (claridad, asertividad, naturalidad, efectividad, satisfacción, facilidad, utilidad y aprendizaje) en el instrumento de recolección de información que usa una escala de Likert [24] de 1 a 5, donde 5 significa que el usuario encuentra completamente adecuado el diálogo desde cada una de las ópticas consideradas, mientras que el 1 indica total insatisfacción.

La prueba se aplicó a 31 personas, los datos fueron tabulados para facilitar su posterior análisis. La Figura 3 presenta las percepciones medias de cada una de las variables nominales propuestas a la luz del diálogo desarrollado.

Por su parte en la Figura 4 se muestran las calificaciones promedio de cada uno de los criterios de usabilidad del modelo.

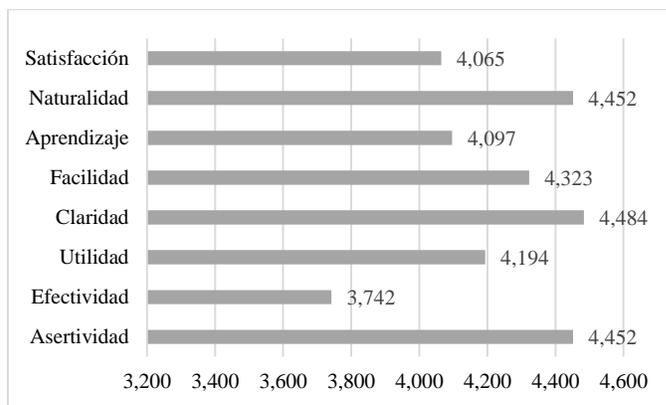


Fig. 3. Valoración promedio de cada variable nominal de usabilidad

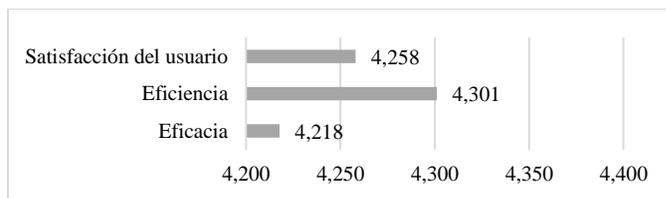


Fig. 4. Valoración promedio de cada criterio de usabilidad

Finalmente, la valoración global de la usabilidad corresponde al promedio de los tres criterios que equivale a 4,259/5.0.

La prueba de normalidad Shapiro-Wilk [25], que se usa para muestras pequeñas con hasta 50 datos, fue aplicada a las respuestas recolectadas para el grupo de preguntas de medición. Los resultados obtenidos con un nivel de confiabilidad del 95% y un nivel de significancia 0,05 se muestran en la tabla 1.

TABLA 1. RESULTADOS PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO WILK

Variable nominal	Estadístico
Asertividad	0,7292
Efectividad	0,8667
Utilidad	0,7821
Claridad	0,7060
Facilidad	0,7688
Aprendizaje	0,7966
Naturalidad	0,7163
Satisfacción	0,7921

Con los parámetros de eficacia dados se encuentra que los datos no cumplen con la correlación mínima necesaria para ajustarse a una distribución normal, por lo que requieren ser estudiados usando pruebas no paramétricas.

Teniendo en cuenta las variables nominales: claridad, asertividad, naturalidad, efectividad, satisfacción, facilidad, utilidad y aprendizaje, se ejecutan pruebas de dependencia y relación entre ellas.

Para determinar la correlación entre las variables se emplea la prueba del chi-cuadrado y el coeficiente V de Cramer [26] con un nivel de significancia del 0.95, margen de error del 0.05 y con 2 grados de libertad donde se especifica chi cuadrado con un valor de 5.9915. Si el valor calculado es menor a este se

acepta la hipótesis nula que indica la independencia entre las variables analizadas. Adicionalmente se calcula el coeficiente V de Cramer para determinar el grado de relación existente entre las distintas variables nominales.

Las tablas 2 a 8 muestran los datos de los valores estadísticos chi-cuadrado y coeficiente V de Cramer de las variables nominales; claridad, asertividad, naturalidad, efectividad, satisfacción, facilidad, utilidad y aprendizaje, respectivamente.

TABLA 2.
DATOS ESTADÍSTICOS DE LA VARIABLE CLARIDAD

Variables	Chi cuadrado calculado	Coefficiente V de Cramer
Claridad	1,3904	0,1497
Asertividad		
Claridad	0,06674	0,0328
Naturalidad		
Claridad	12,9899	0,4577
Efectividad		
Claridad	7,6859	0,3521
Satisfacción		
Claridad	3,4667	0,2365
Facilidad		
Claridad	5,1703	0,2888
Utilidad		
Claridad	6,524	0,3244
Aprendizaje		

La tabla 2 permite observar que se tiene un valor de chi cuadrado superior al esperado de la variable claridad con respecto a las variables efectividad, satisfacción y aprendizaje, por lo que se entiende están relacionadas. Pero al revisar el coeficiente V de Cramer se deduce que la relación es mínima debido a que su magnitud no se acerca al valor de 1, por lo que se corrobora que las variables son independientes.

Los resultados de la tabla 3, permiten evidenciar que solo la variable efectividad tiene un valor mayor al deseado en la prueba de chi cuadrado, pero al determinar el coeficiente V de Cramer se deduce que existe independencia en las variables debido a que la magnitud no es cercana a 1.

TABLA 3.
DATOS ESTADÍSTICOS DE LA VARIABLE ASERTIVIDAD

Variables	Chi cuadrado calculado	Coefficiente V de Cramer
Asertividad	1,7404	0,1675
Naturalidad		
Asertividad	10,8936	0,4192
Efectividad		
Asertividad	4,2857	0,2629
Satisfacción		
Asertividad	1,2208	0,1403
Facilidad		
Asertividad	2,1333	0,1855
Utilidad		
Asertividad	3,6019	0,2410
Aprendizaje		

Como se observa en la Tabla 4 para la variable naturalidad, solo las variables facilidad y utilidad cumplen con el valor de chi cuadrado. Sin embargo, el coeficiente V de Cramer

confirma nuevamente que no hay relación entre las variables debido a que su magnitud es baja.

TABLA 4.
DATOS ESTADÍSTICOS DE LA VARIABLE NATURALIDAD

Variables	Chi cuadrado calculado	Coefficiente V de Cramer
Naturalidad	12,3361	0,4461
Efectividad		
Naturalidad	7,6308	0,35081
Satisfacción		
Naturalidad	3,8323	0,24861
Facilidad		
Naturalidad	5,2582	0,29121
Utilidad		
Naturalidad	6,3932	0,3211
Aprendizaje		

En concordancia con la tabla 5, la única variable que parece tener dependencia con la efectividad es la utilidad, pero al determinar el valor de coeficiente V de Cramer se concluye que no hay relación entre ellas.

TABLA 5.
DATOS ESTADÍSTICOS DE LA VARIABLE EFECTIVIDAD

Variables	Chi cuadrado calculado	Coefficiente V de Cramer
Efectividad	4,8894	0,2808
Satisfacción		
Efectividad	4,0633	0,2670
Facilidad		
Efectividad	6,0056	0,3112
Utilidad		
Efectividad	4,6244	0,2731
Aprendizaje		

La tabla 6 evidencia la independencia entre las variables relacionadas con la satisfacción del usuario, a partir de las métricas estadísticas de estudio.

TABLA 6.
DATOS ESTADÍSTICOS DE LA VARIABLE SATISFACCIÓN

Variables	Chi cuadrado calculado	Coefficiente V de Cramer
Satisfacción	3,8967	0,2507
Facilidad		
Satisfacción	0,4167	0,0819
Utilidad		
Satisfacción	0,1023	0,0406
Aprendizaje		

La tabla 7 permite observar la independencia entre las variables, lo que se confirma con el coeficiente V de Cramer.

TABLA 7.
DATOS ESTADÍSTICOS DE LA VARIABLE FACILIDAD

Variables	Chi cuadrado calculado	Coefficiente V de Cramer
Facilidad	2,1761	0,1873
Utilidad		
Facilidad	3,4411	0,2356
Aprendizaje		

Finalmente, con los resultados presentados en la tabla 8 se observa que existe independencia entre las variables de utilidad y aprendizaje.

TABLA 8.
DATOS ESTADÍSTICOS DE LA VARIABLE UTILIDAD

Variables	Chi cuadrado calculado	Coefficiente V de Cramer
Utilidad	0,2767	0,0668
Aprendizaje		

Como se indicó, los datos se analizaron utilizando la prueba de independencia entre variables chi-cuadrado que es un análisis relacional bivariado [27], esta prueba permite determinar la relación que existe entre dos variables categóricas (cualitativas nominales) mediante el uso de tablas de contingencia. La aplicación de la prueba permite ver que la mayoría de las variables presentan independencia de las otras variables, excepto claridad- efectividad, claridad- satisfacción, claridad-aprendizaje, asertividad-efectividad, naturalidad-efectividad, naturalidad-satisfacción y naturalidad- aprendizaje. Sin embargo, se calcula el coeficiente V de Cramer para identificar la magnitud de la relación existente, encontrando con este estadístico la independencia entre ellas y considerando que el máximo valor del coeficiente V de Cramer no supera el 50%, por lo que la dependencia es moderada con tendencia a baja. Así se concluye la independencia entre las variables analizadas.

Se definió como hipótesis (Ho) la existencia de relación entre las variables; los resultados rechazan la hipótesis alternativa en todos los casos comprobando que no existe una relación significativa entre las variables teniendo los valores estadísticos inferiores a los esperados y calculando su grado relación con otra prueba estadística como lo es el coeficiente V de Cramer.

IV. CONCLUSIONES

Tradicionalmente la usabilidad se aplica para el desarrollo de software, sin embargo, su uso se ha ampliado a otros campos relacionados. Se logró evidenciar en este caso su aplicación como medio de evaluación de una interfaz interactiva de comunicación hombre robot para asistencia a personas por comandos de voz, lo que permite no solo valorar sino también mejorar su diseño en aspectos puntuales.

Se encontró que la valoración de la usabilidad no cuenta con un modelo universal válido para todos los escenarios por lo que es importante su diseño particularizado considerando por supuesto los avances previos al respecto, que es precisamente el vacío que busca llenar el presente documento.

Los resultados muestran los datos recolectados no se comportan con una distribución normal por ello las pruebas no paramétricas aplicadas fueron inicialmente la chi cuadrado debido a que las variables son cualitativas nominales y esta prueba permite determinar la existencia de dependencia entre ellas, adicionalmente el coeficiente de V de Cramer para determinar la magnitud de relación entre dichas variables obteniéndose valores inferiores al 50% en todos los casos por lo que se concluye existe independencia entre ellas.

Las variables nominales incluidas en el modelo de evaluación propuesto para la interfaz interactiva de comunicación hombre robot para asistencia a personas con movilidad reducida: claridad, asertividad, naturalidad, efectividad, satisfacción, facilidad, utilidad y aprendizaje pueden considerarse en su totalidad usando el modelo tal como se propuso, que las agrupa en los tres criterios de usabilidad propuestos por la norma ISO 9241-11:2018, es decir: efectividad, eficiencia y satisfacción del usuario.

Como investigación futura se propone aplicar el modelo midiendo la precisión de las palabras seleccionadas para comandar al robot y las escenas de los diálogos, para verificar su usabilidad y también la consistencia interna de la escala del instrumento de recolección de información diseñado.

AGRADECIMIENTOS

Producto derivado del proyecto de investigación titulado “Diseño de un modelo de interacción humano robot mediante algoritmos de aprendizaje profundo”, código INV-ING-3971 financiado por la vicerrectoría de investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, vigencia 2024.

REFERENCIAS

- [1] M. d. M. Alonso Almeida, «Robots, inteligencia artificial y realidad virtual: una aproximación en el sector del turismo,» *Cuadernos de Turismo*, n° 44, pp. 13-26, 2019.
- [2] I. S. García, «Los robots y la Inteligencia Artificial: nuevos retos del periodismo,» *Doxa comunicación*, n° 27, pp. 295-315, Julio 2018.
- [3] M. Pineda de Alcázar, «Inteligencia Artificial y Modelos de Comunicación,» *Razón y palabra*, vol. 21, n° 4_99, pp. 332-346, octubre 2017.
- [4] M. E. Castillo Reyes, A. J. Fonseca Murillo y C. R. Cruz Mendoza, «Consideraciones en el diseño de robots para la atención médica en el mundo post COVID-19,» *Culcyt. Cultura científica y tecnológica*, vol. 19, n° 1, 2022.
- [5] N. B. Santos, R. S. Bavaresco, J. E. Tavares, . d. O. Ramos y J. L. Barbosa, «A systematic mapping study of robotics in human care,» *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 144, p. 103833, 2021.
- [6] D. M. Delgado Agudelo, D. F. Girón Timaná, G. E. Chanchí Golondrino y K. Márcels Villalba, «Estimación del atributo satisfacción en test de usuarios a partir del análisis de la expresión facial,» *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 19, n° 36, pp. 13-28, 2021.
- [7] International Standardization Organization, «Ergonomics of human-system interaction - Part 11: Usability: Definitions and concepts,» 03 2018. [En línea]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>. [Último acceso: febrero 2024].
- [8] D. Gupta, A. K. Ahlawat, A. Sharma y . J. J. P. C. Rodrigues, «Feature selection and evaluation for software usability model using modified moth-flame optimization,» *Computing*, vol. 102, pp. 1503-1520, 2020. DOI: 10.1007/s00607-020-00809-6.
- [9] M. A. Ojeda Misses, H. Silva Ochoa y A. Soria López, «Ludibot: Interfaz humano-robot móvil para el aprendizaje lúdico de idiomas,» *Ingeniería, investigación y tecnología*, vol. 22, n° 3, pp. 1-10, 2021.
- [10] O. V. Bitkina, H. K. Kim y J. Park, «Usability and user experience of medical devices: An overview of the current state, analysis methodologies, and future challenges,» *International Journal of*

- Industrial Ergonomics*, vol. 26, p. 102932, 2020. DOI: 10.1016/j.ergon.2020.102932.
- [11] T. Komiya, S. Fukuzumi, M. Azuma, H. Washizaki y N. Tsuda, «Usability of Software-Intensive Systems from Developers' Point of View: Current Status and Future Perspectives of International Standardization of Usability Evaluation,» de *Human-Computer Interaction. Design and User Experience*, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-49059-1_33.
- [12] K. A. Dawood, K. Y. Sharif, A. A. Ghani, H. Zulzalil, A. Zaidan y B. Zaidan, «Towards a unified criteria model for usability evaluation in the context of open source software based on a fuzzy Delphi method,» *Information and Software Technology*, vol. 130, p. 106453, 2021. DOI: 10.1016/j.infsof.2020.106453.
- [13] H. M. Az-zahra, N. Fauzi y A. P. Kharisma, «Evaluating E-marketplace Mobile Application Based on People At the Center of Mobile Application Development (PACMAD) Usability Model,» de *2019 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET) IEEE*, Indonesia, 2019. DOI: 10.1109/SIET48054.2019.8986067.
- [14] P. Weichbroth, «Usability of Mobile Applications: A Systematic Literature Study,» de *IEEE Access*, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2981892.
- [15] J. Enriquez y S. Casas, «FUsAM: Framework, con base en una SPL, para la medición de usabilidad en aplicaciones móviles,» *UNICIENCIA*, vol. 30, n° 2, pp. 31-45, 2016. DOI: dx.doi.org/10.15359/ru.30-2.3.
- [16] D. Caro, E. Romero, A. Espinosa y C. Guerrero, «Evaluando contribuciones de usabilidad en soluciones TIC-IOT para la agricultura: Una perspectiva desde la bibliometría,» *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação Iberian Journal of Information Systems and Technologies*, vol. E28, pp. 681-692, 2020.
- [17] M. Bures, M. Macik, B. S. Ahmed, V. Rechtberger y P. Slavik, «Testing the Usability and Accessibility of Smart TV Applications Using an Automated Model-Based Approach,» de *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2020. DOI: 10.1109/TCE.2020.2986049.
- [18] S. Hernández, «Diseño e Implementación de un prototipo de Entorno Virtual de Aprendizaje referente a la ubicación espacial de robots seriales holónomos: el problema cinemático directo e inverso,» Bogotá, 2018.
- [19] M. A. Pico Pico, E. F. Lozada Torres y L. R. Freire Lescano, «Análisis estadístico neutrosófico del uso de métricas de usabilidad en el proceso de ingeniería de requisitos para aplicaciones móviles,» *Neutrosophic Computing and Machine Learning*, vol. 29, pp. 223-231, 2023.
- [20] M. H. Afif, «Evaluating PSAU Mobile Application Based on People at the Center of Mobile Application Development (PACMAD) Usability Model: Empirical Investigation,» *Journal of Computer Science*, vol. 17, n° 3, pp. 275-283, 2021. DOI: 10.3844/jcssp.2021.275.283.
- [21] A. d. R. Sbruzzi, R. Ledesma, P. Dominguez, E. Gigliotti y M. Ibarra, «Evaluación de la usabilidad de la teleconsulta durante,» *Arch Argent Pediatr*, vol. 122, n° 1, 2024. DOI: 10.5546/aap.2023-10163.
- [22] N. Bibiloni, A. Torre, M. Angeles, S. Terrasa, F. Vazquez, J. Sommer, F. Plazzotta, D. Luna y L. Mazzuocolo, «Validación de un cuestionario en español sobre la usabilidad de la telemedicina,» *MEDICINA (Buenos Aires)*, vol. 80, pp. 649-653, 2020.
- [23] C. Gao, L. Zhou, Z. Liu, H. Wang y B. Bowers, «Mobile application for diabetes self-management in China: Do they fit for older adults?,» *International Journal of Medical Informatics*, vol. 101, pp. 68-74, 2017. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2017.02.005.
- [24] A. Matas, «Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión,» *Revista electrónica de investigación educativa*, vol. 20, n° 1, pp. 38-47, 2018.
- [25] A. Rigalli, M. Lupo, M. Lombarte, M. E. Chulibert y P. Lupión, «Uso de herramientas informáticas para la recopilación, análisis e interpretación de datos de interés en las ciencias biomédicas,» 2019, pp. 36-37.
- [26] J. Dickinson Gibbons y S. Chakraborti, *Nonparametric Statistical Inference*. Fourth edition, revised and expanded, Alabama: Marcel Dekker, INC., 2003, p. 555.
- [27] M. Gross-Sampson, *Análisis estadístico con JASP: una guía para estudiantes*, Primera ed., Barcelona, 2018, pp. 37-39.