

Estimación del atributo de satisfacción en test con usuarios mediante técnicas de análisis de sentimientos

Estimation of satisfaction attribute in user tests using sentiment analysis techniques

Gabriel Elías Chanchí Golondrino¹, Luis Freddy Muñoz Sanabria², Luz Marina Sierra Martínez³

¹PhD en Telemática, Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena, Universidad de Cartagena, Grupo de Investigación DaToS, Cartagena de Indias-Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0257-1988>. Correo: gchanchig@unicartagena.edu.co

²PhD en Ciencias de la Electrónica, Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Fundación Universitaria de Popayán, Grupo de Investigación LOGICIEL, Popayán-Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8172-0530>. Correo: lfreddyms@fup.edu.co

³PhD en Telemática, Profesora de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, Grupo de Investigación GTI, Popayán-Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3847-3324>. Correo: lsierra@unicauca.edu.co

Cite this article as: G. Chanchí, L. Muñoz, L. Sierra "Estimación del atributo de satisfacción en test con usuarios mediante técnicas de análisis de sentimientos", *Prospectiva*, Vol.21 , N°2 , 2023.

Recibido: 09/03/2023 / Aceptado: 12/07/2023

<http://doi.org/10.15665/rp.v21i2.3248>

RESUMEN

Con el crecimiento en el número de aplicaciones desplegadas en la nube, uno de los aspectos que contribuye a mejorar la productividad del usuario y la competitividad de las empresas es la usabilidad. Según la ISO 9241-11, la usabilidad está definida en términos de los atributos de eficacia, eficiencia y satisfacción, donde la satisfacción es el atributo subjetivo. En un test con usuarios desarrollado en un laboratorio de usabilidad, el atributo satisfacción es obtenido usando encuestas de percepción, de modo que uno de los desafíos es contribuir con la determinación objetiva de este, dada subjetividad de las encuestas. Este artículo propone un nuevo enfoque para la determinación del atributo satisfacción es test con usuarios a partir del uso de técnicas de análisis de sentimientos. El enfoque propuesto fue desarrollado mediante las cuatro fases metodológicas del patrón iterativo de investigación: observar la aplicación, identificar el problema, desarrollar la solución y probar la solución. Como resultado, el enfoque propuesto fue implementado a través de una herramienta desarrollada en Java y Python, la cual combina el enfoque convencional con el enfoque basado en minería de opinión para la determinación del nivel de satisfacción por usuario y en toda la prueba. Este enfoque pretende servir de referencia a nivel académico y empresarial en la determinación objetiva del atributo satisfacción a partir de técnicas de computación afectiva.

Palabras clave: *Percepción, análisis de sentimientos, atributo satisfacción, nivel de satisfacción, test con usuarios, usabilidad.*

ABSTRACT

With the growth in the number of applications deployed in the cloud, one of the aspects that contributes to improving user productivity and enterprise competitiveness is usability. According to ISO 9241-11, usability is defined in terms of the attributes of effectiveness, efficiency, and satisfaction, where satisfaction is the subjective attribute. In a user test developed in a usability laboratory, the satisfaction attribute is obtained using perception surveys, so one of the challenges is to contribute to the objective determination of this attribute, given the subjectivity of the surveys. This paper proposes a new approach for the determination of the satisfaction attribute is user tests based on the use of sentiment analysis techniques. The proposed approach was developed using the four methodological phases of the iterative research pattern: observe the application, identify the problem, develop the solution, and test the solution. As a result, the proposed approach was implemented through a tool developed in Java and Python, which combines the conventional approach with the opinion mining approach for the determination of the level of satisfaction per user and across the entire test. This approach is intended to serve as a reference at the academic and business level in the objective determination of the satisfaction attribute based on affective computing techniques.

Keywords: *Perception, sentiment analysis, satisfaction attribute, satisfaction level, user test, usability.*

1. INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento en el número de aplicaciones desplegadas en las tiendas de apps en la nube y la cantidad de usuarios que acceden a estas, uno de los atributos fundamentales para garantizar el diseño centrado en el usuario y posibilitar a las empresas del campo del software ser competitivos es la usabilidad [1]–[4]. Así, la usabilidad es un atributo que define la calidad del software y que puede ser definida según la ISO 9241-11 como la eficacia, la eficiencia y la satisfacción con la que un producto software permite a un usuario alcanzar objetivos específicos en un contexto específico de uso [5]–[7]. Del mismo modo, de acuerdo con la ISO 9126-1, el concepto de usabilidad está asociado a la capacidad de un software para ser entendido, aprendido y usado de forma fácil y atractiva [2], [8]. Como se aprecia, en las definiciones anteriores, la percepción del usuario está vinculada dentro del concepto de usabilidad, de tal modo que en el caso de la ISO 9241-11 los atributos objetivos son la eficacia y la eficiencia, mientras que el atributo subjetivo es la satisfacción [9], [10].

Para evaluar la usabilidad de un producto software, existen diferentes tipos de pruebas, donde los test con usuarios desarrollados en un entorno controlado o laboratorio de usabilidad corresponden a uno de los métodos más aceptados y eficaces [11]. Así, partiendo del concepto de usabilidad según la ISO 9241-11, en un test con usuario la eficacia puede ser determinada mediante el nivel de cumplimiento de las tareas desarrolladas en la prueba, la eficiencia puede ser determinada a partir del tiempo empleado en el desarrollo de las tareas, mientras que la satisfacción de manera convencional es determinada a partir del uso de encuestas de percepción de manera posterior al desarrollo de la prueba [11], [12]. De este modo, dada la veracidad de las encuestas y el grado de subjetividad de las mismas, uno de los desafíos es mejorar la objetividad en la estimación del atributo satisfacción.

A partir del anterior desafío, para el análisis de la percepción de un usuario se han empezado a difundir diferentes enfoques basados en computación afectiva, en donde a partir de la monitorización de variables fisiológicas de un usuario o el uso de técnicas de análisis de sentimientos sobre las opiniones de los usuarios o clientes es posible obtener indicadores de la percepción desde una perspectiva más objetiva [11], [13]–[16]. La computación afectiva es un área emergente de las ciencias de la computación, cuyo objetivo es la construcción de sistemas con la capacidad de reconocer, procesar y/o simular emociones humanas para mejorar la interacción entre el usuario y el computador [17]. Dentro de la computación afectiva una de las técnicas más destacadas es la de análisis de sentimientos, la cual incluye un conjunto de métodos basados en procesamiento de lenguaje natural que permiten determinar de manera objetiva el valor de polaridad (positiva, negativa y neutral) de una opinión con respecto a una persona, producto o servicio [18]–[20]. Dado que las técnicas de análisis de sentimientos han sido mayormente difundidas en el contexto del marketing a partir del aprovechamiento de los datos extraídos de redes sociales y otras fuentes [21]–[23], conviene extrapolar las ventajas de dichas técnicas en el contexto de la usabilidad, con el fin de obtener indicadores objetivos a partir de datos subjetivos como las opiniones de los usuarios con respecto a la interacción con un software determinado.

En este artículo se propone como aporte un enfoque basado en análisis de sentimientos o minería de opinión para la estimación del atributo satisfacción en pruebas de usabilidad basadas en test con usuarios, el cual se combina con el enfoque tradicional de cálculo de la satisfacción a partir de encuestas de percepción realizadas en el test con usuarios. Para la aplicación del enfoque propuesto, se desarrolló una herramienta automatizada en los lenguajes Java y Python, la cual recibe como entrada tanto las valoraciones realizadas por los usuarios en el cuestionario pos-test a las preguntas que involucran el nivel de satisfacción, como la opinión brindada por los usuarios con respecto a la interacción con el software evaluado en la prueba, para entregar como salida el nivel de satisfacción total y el de cada usuario durante la prueba, de tal modo que dicho nivel es obtenido al combinar las valoraciones realizadas por los usuarios con las polaridades correspondientes a las opiniones referentes a la interacción y determinadas mediante técnicas de análisis de sentimientos. El enfoque propuesto y la herramienta automatizada construida fueron validados mediante una prueba de concepto en la cual se ingresaron los valores de ejemplo de una prueba de usabilidad. A través de la presente investigación, se pretende contribuir a mejorar la objetividad en la determinación del atributo satisfacción en test con usuarios, de tal manera que pueda ser replicado en laboratorios de usabilidad en el contexto

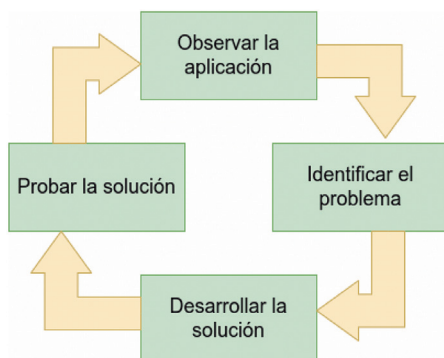
académico y empresarial. Así mismo, el enfoque propuesto pretende servir de referencia para la vinculación de diferentes técnicas de computación afectiva en el estudio del atributo satisfacción en test con usuarios.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se presentan las fases metodológicas empleadas para el desarrollo de esta investigación; en la sección 3 se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de la presente investigación, lo cual incluye el diseño y construcción de la herramienta automatizada que implementa el enfoque propuesto, así como el desarrollo de una prueba de concepto que permite verificar la funcionalidad y utilidad del enfoque y la herramienta; finalmente en la sección 4 se presentan las conclusiones y los trabajos futuros derivados de la presente investigación.

2. METODOLOGÍA

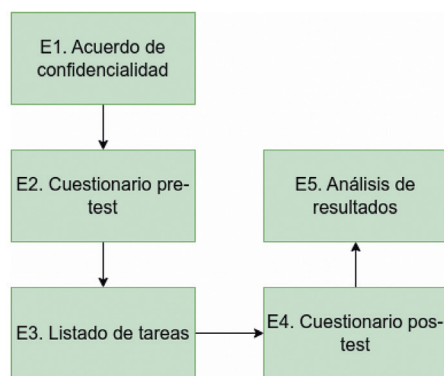
Para el desarrollo de la presente investigación se tuvieron en cuenta las cuatro fases del patrón iterativo de investigación propuesto por Pratt [24]: observar la aplicación, identificar el problema, desarrollar la solución y probar la solución (ver Figura 1).

Figura 1. Metodología considerada. Fuente: Propia.
Figure 1. Methodology considered. Source: Own.



En la fase 1 de la metodología fueron caracterizadas las pruebas de usabilidad basadas en el enfoque de test con usuarios, con el fin de determinar la estructura de las mismas y el modo en el que el atributo satisfacción es determinado. De este modo en esta fase se determinó que un test con usuarios es desarrollado en un laboratorio de usabilidad y está compuesto de las etapas presentadas en la Figura 2: acuerdo de confidencialidad, cuestionario pre-test, listado de tareas, cuestionario pos-test, análisis de resultados [13], [25].

Figura 2. Etapas de una prueba de usabilidad. Fuente: Propia.
Figure 2. Stages of a usability test. Source: Own.



En el acuerdo de confidencialidad se le pide autorización al usuario para capturar diferentes datos durante la prueba, bajo el compromiso de que dichos datos se usarán solo con propósito académico. Dentro del cuestionario pre-test se obtienen un conjunto de datos asociados al perfil del usuario y a la experiencia previa del usuario en

herramientas software similares al software a evaluar. Una vez diligenciado el cuestionario pre-test, el usuario procede al desarrollo de un conjunto de tareas bajo la supervisión de un conjunto de evaluadores, quienes observan de manera silenciosa el desarrollo de estas, al tiempo que capturan el tiempo empleado en desarrollar cada tarea y el grado de cumplimiento de estas, de cara a determinar de manera posterior los atributos eficiencia y eficacia. Una vez concluido el desarrollo de las tareas, los usuarios proceden a diligenciar el cuestionario pos-test, en el cual mediante el uso de preguntas cuantitativas y cualitativas se busca determinar la percepción del usuario y la satisfacción en la interacción con el software evaluado. De este modo, el atributo satisfacción total y por usuario es estimado mediante el cálculo del valor promedio de las preguntas del cuestionario pos-test que apuntan hacia el grado de satisfacción en el uso del software evaluado por 20, tal como se muestra en la ecuación (1).

$$nivel_sat_pos_test = \frac{p1 + p2 + p3 \dots pn}{n} \times 20 \quad (1)$$

El promedio de la ecuación (1) es multiplicado por 20 con el fin de que el resultado obtenido se encuentre en la escala de 0 a 100, dado que las preguntas del cuestionario pos-test son evaluados en el rango de calificación de 0 a 5. Finalmente, en la etapa de análisis de resultados, se calcula los porcentajes de eficacia, eficiencia y satisfacción de cara a la obtención del nivel de usabilidad por usuario y total del software evaluado, haciendo uso para ello de la ecuación (2).

$$nivel_usabilidad = \frac{\%eficacia + \%eficiencia + \%satisfacción}{3} \quad (2)$$

Una vez fueron caracterizadas los test con usuarios, en la fase 2 de la metodología se procedió con el diseño del enfoque propuesto en este artículo para la estimación de la satisfacción a partir del uso de la retroalimentación de la ecuación (1) mediante el uso de técnicas de análisis de sentimientos. De este modo, la vinculación del enfoque propuesto es realizado mediante el uso de la ecuación (3), en la cual se combina el promedio del nivel de satisfacción obtenido en el cuestionario pos-test con el nivel de satisfacción calculado mediante las técnicas de minería de opinión.

$$nivel_satisfacción = \frac{nivel_sat_pos_test + nivel_sat_sent}{2} \quad (3)$$

El nivel de satisfacción basado en análisis de sentimientos es calculado haciendo uso de las tres polaridades asociadas de una opinión (positiva, negativa y neutral) y mediante una adaptación realizada sobre el enfoque propuesto por la librería de minería de opinión VaderSentiment para obtención de un valor compuesto a partir de las polaridades [26], [27], tal como se muestra en la ecuación (4).

$$nivel_sat_sent = \left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + a}} + \frac{\sqrt{1 + a} - 1}{\sqrt{1 + a}} \right) \times 100 \quad (4)$$

Donde x representa la diferencia entre la polaridad positiva y la polaridad negativa (ver ecuación (5)), mientras que a es un valor arbitrario que se adiciona a la raíz con el fin de que cuando el valor de x sea máximo, es decir 1, la raíz sea exacta. De este modo, el valor de a puede ser 3, 8, 15, etc. Lo anterior, teniendo en cuenta que dichos valores al sumarles 1 permiten obtener una raíz cuadrada exacta. Así, para fines del presente artículo, el valor de a se asume en 3.

$$x = pol_{pos} - pol_{neg} \quad (5)$$

Una vez diseñado el enfoque propuesto, en la fase 3 se la metodología se procedió con el desarrollo de una herramienta automatizada que permitiera la implementación de este. La herramienta automatizada fue implementada en los lenguajes Java y Python, y recibe como entrada un archivo con las valoraciones del cuestionario pos-test y un archivo con las opiniones de los usuarios en la prueba, mediante los cuales realiza el análisis matemático y gráfico

del nivel de satisfacción descrito en las ecuaciones anteriores. El procesamiento de los archivos de entrada es realizado haciendo uso de la librería javacsv de Java, las polaridades de las opiniones son determinadas mediante el uso de la librería Paralleldots de Python, los cálculos matemáticos asociados a las ecuaciones son realizados mediante el uso de la librería Math de Java, mientras que la generación de los resultados gráficos se realiza mediante el uso de la librería JFreeChart de Java. Finalmente, en la fase 4 de la metodología se presenta una prueba de concepto en la cual se verifica la utilidad del enfoque y la herramienta propuestos, mediante datos de prueba de un test con usuarios.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

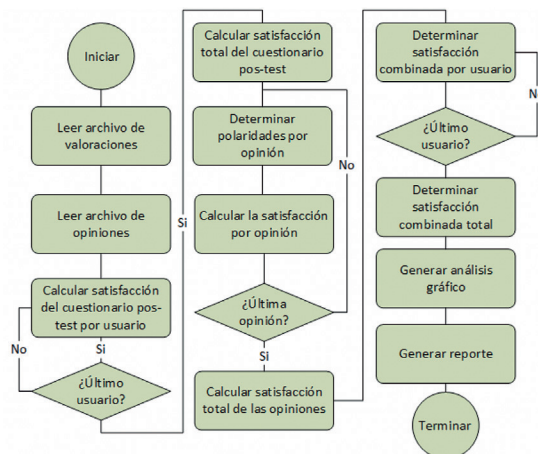
En esta sección se presentan los resultados obtenidos mediante el desarrollo de la presente investigación, lo cual incluye el diseño y construcción de la herramienta automatizada, así como la prueba de concepto en la cual se verifica la utilidad del enfoque y la herramienta propuestos.

3.1 Diseño de la herramienta automatizada

Con el fin de ilustrar la funcionalidad de la herramienta automatizada que implementa el enfoque propuesto, en la Figura 3 se presenta mediante un diagrama de flujo los diferentes procesos que desarrolla la herramienta de cara a la estimación de la satisfacción en test con usuarios.

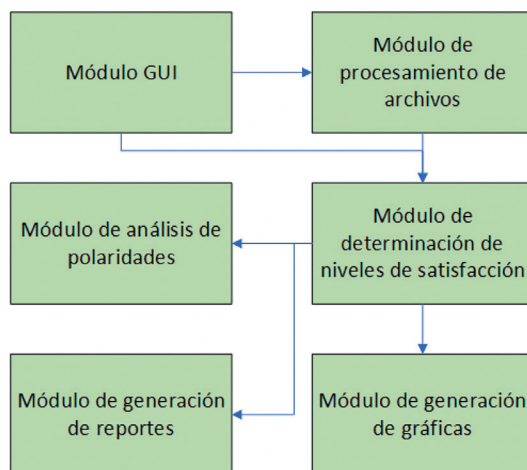
A partir de la Figura 3, es posible observar cómo una vez iniciada la herramienta, son cargados automáticamente los archivos con las valoraciones brindadas a las preguntas cuantitativas asociadas al nivel de percepción del cuestionario pos-test y las opiniones brindadas por los usuarios en las preguntas abiertas del cuestionario pos-test. Una vez cargados los archivos, la herramienta empieza a calcular el nivel de satisfacción de cada usuario a partir del archivo de valoraciones, haciendo uso de la ecuación (1), de tal modo que una vez terminado el cálculo para cada usuario, la herramienta procede con el cálculo del nivel de satisfacción por pregunta y de manera global. Una vez, se ha calculado el nivel de satisfacción bajo el enfoque tradicional, la herramienta procede con la determinación de las polaridades asociadas a cada una de las opiniones, para posteriormente determinar el nivel de satisfacción por opinión haciendo uso de las ecuaciones (4) y (5), de tal modo que una vez concluido el cálculo por cada usuario, la herramienta se encarga de determinar el nivel de satisfacción total. A continuación, la herramienta automatizada, procede con el cálculo del nivel de satisfacción o satisfacción combinada por cada opinión haciendo uso de la ecuación (3), de tal modo que una vez termina el cálculo por usuario, la herramienta determina el nivel de satisfacción combinado total. Una vez se han calculado los niveles de satisfacción a partir de las valoraciones y las opiniones, así como el nivel de satisfacción combinado, la herramienta genera un diagrama de barras con los diferentes niveles de satisfacción obtenidos para cada usuario. Finalmente, la herramienta posibilita la generación de un reporte con los resultados presentados en la gráfica de barras y correspondientes a los niveles de satisfacción por usuario.

Figura 3. Diagrama de flujo de la herramienta propuesta. Fuente: Propia.
Figure 3. Flowchart of the proposed tool. Source: Own.



Una vez presentados los diferentes procesos que desarrolla la herramienta en la implementación del enfoque propuesto, a continuación, en la Figura 4 se presentan los 5 módulos funcionales que componen la herramienta (módulo GUI, módulo de procesamiento de archivos, módulo de determinación de niveles de satisfacción, módulo de análisis de polaridades, módulo de generación de gráficas, módulo de generación de reportes), así como las tecnologías seleccionadas para la implementación de dichos módulos.

Figura 4. Módulos funcionales de la herramienta. Fuente: Propia.
Figure 4. Functional modules of the tool. Source: Own.



El módulo GUI es el encargado de gestionar y presentar los diferentes componentes de la herramienta (botones, tablas, áreas de texto, gráficas), así como manejar los diferentes eventos generados al interactuar con la herramienta. Este módulo fue implementado haciendo uso de las funcionalidades y componentes provistos por la librería Swing de Java. El módulo de procesamiento de archivos es el encargado de leer y procesar tanto el archivo correspondiente a las valoraciones brindadas por los usuarios a las preguntas cuantitativas del cuestionario pos-test, como el archivo con las opiniones expresadas por los usuarios en el cuestionario pos-test, de cara a cargar los datos de dichos archivos en las tablas desplegadas en la interfaz gráfica de la herramienta, para su uso en los cálculos del nivel de satisfacción. Este módulo fue implementado haciendo uso de la librería javacsv de Java, la cual permite la lectura y procesamiento de los datos almacenados en un archivo .CSV. El módulo de determinación de niveles de satisfacción, es el encargado de calcular el nivel de satisfacción a partir de los datos del archivo de valoraciones, así como de determinar el nivel de satisfacción partiendo de la polaridad de las opiniones y de obtener el nivel de satisfacción combinado, de tal modo que este módulo hace uso de las funcionalidades provistas por el módulo de análisis de polaridades. Este módulo fue implementado, aprovechando las ventajas provistas por la librería Math de Java, la cual cuenta con las funcionalidades que permiten la implementación de las ecuaciones descritas en la metodología. El módulo de análisis de polaridades, es el encargado de calcular las tres polaridades (positiva, negativa y neutral) asociadas a las opiniones de los usuarios que realizaron el test. Este módulo es invocado en segundo plano por el módulo de determinación de niveles de satisfacción y fue implementado haciendo uso de la librería de minería de opinión o análisis de sentimientos de Python Paralleldots. El módulo de generación de gráficas es el encargado de generar una gráfica de barras con los tres niveles de satisfacción (nivel de satisfacción de las valoraciones, nivel de satisfacción de las opiniones y nivel de satisfacción combinado) asociados a cada uno de los usuarios que desarrollaron el test. Este módulo fue implementado haciendo uso de la librería JFreeChart de Java, la cual permite la generación de diferentes tipos de gráficas (lineales, de barras, de torta, de área, etc), las cuales pueden ser embebidas en la interfaz gráfica de un aplicativo desarrollado en el lenguaje Java. Finalmente, el módulo de generación de reportes es el encargado de generar un archivo .CSV de reporte con los resultados de los tres niveles de satisfacción asociados a cada usuario. Este módulo fue implementado haciendo uso de la clase PrintWriter del lenguaje Java.

3.2 Herramienta implementada

A partir de los diferentes procesos y módulos funcionales descritos en la sección 3.1, se desarrolló la herramienta automatizada que implementa el enfoque propuesto y descrito en la metodología. Así, en la Figura 5 se presenta la interfaz principal de la herramienta construida, la cual está constituida por 4 pestañas a saber: “Preguntas Pos-Test”, “Análisis Sentimientos”, “Análisis Satisfacción” y “Análisis Gráfico”.

Figura 5. Interfaz principal de la herramienta. Fuente: Propia.
Figure 5. Main interface of the tool. Source: Own.

Usuario	P1	P2	Prom	Nivel
U1	3	4	3.5	70.0
U2	4	5	4.5	90.0
U3	3	5	4.0	80.0
U4	4	5	4.5	90.0
U5	3	4	3.5	70.0
Prom	3.4	4.6	4.0	80.0

En la Figura 5 se observa la pestaña “Preguntas Pos-Test”, en la cual la herramienta se encarga de cargar la información del archivo de valoraciones del cuestionario pos-test en la tabla de datos desplegada en esta pestaña, de tal modo que al presionar el botón “Calcular”, la herramienta se encarga de determinar el promedio de las valoraciones y el nivel de satisfacción por cada usuario y total haciendo uso de la ecuación (1), así como presentar los resultados en las columnas “Prom” y “Nivel” de la tabla. De otra parte, en la Figura 6 es posible observar la interfaz gráfica de la pestaña “Análisis de Sentimientos” de la herramienta.

Figura 6. Pestaña “Análisis Sentimientos” de la herramienta. Fuente: Propia.
Figure 6. “Sentiments Analysis” tab of the tool. Source: Own.

Usuario	Opinion	Pos	Neut	Neg
U1	No me parece b...	0.633	0.122	0.245
U2	El producto es ...	0.625	0.125	0.25
U3	El producto es r...	0.169	0.277	0.554
U4	No es lo que es...	0.951	0.016	0.033
U5	El producto es ...	0.347	0.218	0.435

La pestaña “Análisis Sentimientos” de la herramienta, presentada en la Figura 6, es la encargada de cargar la información del archivo con las opiniones del cuestionario pos-test en la tabla de datos de la pestaña, de tal modo que al presionar el botón “Calcular”, la herramienta se encarga de determinar las tres polaridades asociadas a cada opinión y presentarlas en las columnas “Pos”, “Neut” y “Neg” de la tabla. Tal como se mencionó en el apartado anterior, estas polaridades son calculadas haciendo uso en segundo plano de un script en el lenguaje Python, el cual aprove-

cha las ventajas y funcionalidades de la librería Paralleldots. Así mismo, es posible observar como la suma de las tres polaridades por cada opinión es igual a 1. De otra parte, en la Figura 7 es posible observar la pestaña “Análisis Satisfacción” de la herramienta construida.

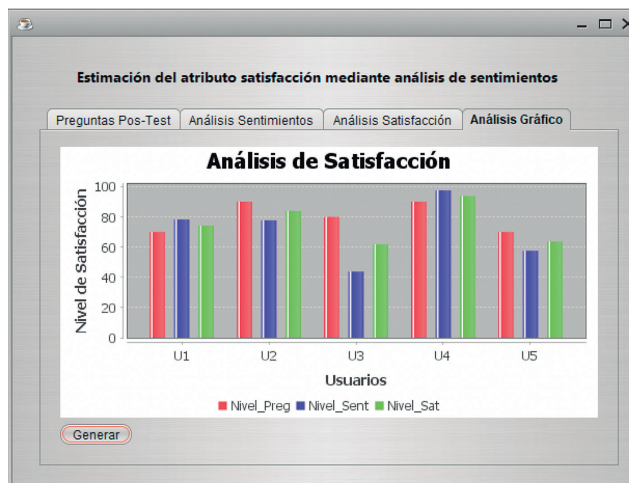
Figura 7. Pestaña “Análisis Satisfacción” de la herramienta. Fuente: Propia.
Figure 7. “Satisfaction Analysis” tab of the tool. Source: Own.

Usuario	Nivel Preg	Nivel Sent	Nivel Sat
U1	70.0	78.246	74.123
U2	90.0	77.735	83.868
U3	80.0	43.777	61.889
U4	90.0	97.483	93.732
U5	70.0	57.485	63.743
Prom	80.0	70.941	75.471

La pestaña “Análisis Satisfacción” de la herramienta, presentada en la Figura 7, toma los datos de las pestañas “Preguntas Pos-Test” y “Análisis Sentimientos” y determina al presionar el botón “Calcular”, los tres niveles de satisfacción (nivel de satisfacción de las valoraciones del cuestionario pos-test, nivel de satisfacción asociado a las opiniones y nivel de satisfacción combinado) por cada usuario y totales del test, para presentarlos en las columnas “Nivel Preg”, “Nivel Sent” y “Nivel Sat” de la tabla. Los resultados de la columna “Nivel Preg” son obtenidos mediante la aplicación de la ecuación (1), los resultados de la columna “Nivel Sent” son determinados mediante el uso de las ecuaciones (4) y (5), mientras que los resultados de la columna “Nivel Sat” son obtenidos mediante el uso de la ecuación (3). Del mismo modo, en esta pestaña es posible al presionar el botón “Reporte”, la generación de un reporte en formato .CSV con los resultados de los tres niveles de satisfacción presentados en la tabla de datos de esta pestaña.

Finalmente, en la Figura 8 es posible observar la pestaña “Análisis Gráfico” de la herramienta, en la cual al presionar el botón “Generar” es posible visualizar un diagrama de barras con los resultados de los tres niveles de satisfacción por usuario determinados en la pestaña “Análisis de Satisfacción”.

Figura 8. Pestaña “Análisis Gráfico” de la herramienta. Fuente: Propia.
Figure 8. “Graphical Analysis” tab of the tool. Source: Own.



3.3 Prueba de concepto

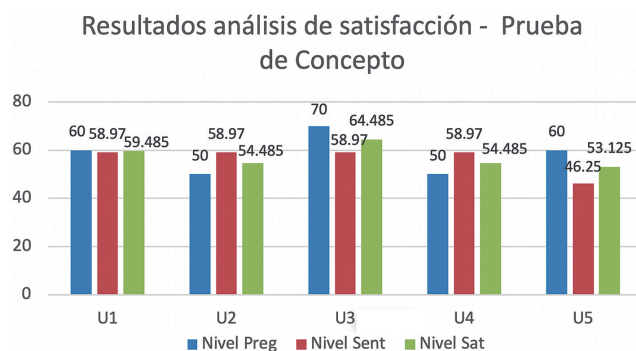
Con el fin de verificar la funcionalidad y la utilidad del enfoque propuesto y de la herramienta construida, se desarrolló una prueba de concepto, en la cual se cargaron los datos de ejemplo presentados en la Tabla 1, donde se presentan los datos de un test con 5 usuarios que respondieron 2 preguntas asociadas a la satisfacción en el cuestionario pos-test y brindaron una opinión con respecto a la interacción con un software determinado.

Tabla 1. Datos de la prueba de concepto. Fuente: Propia
 Table 1. Proof of concept data. Fuente: Propia

Usuario	Pregunta 1	Pregunta 2	Opinión
U1	3	3	El software tiene una interfaz poco amigable y cuenta con una mala interacción.
U2	2	3	Los íconos del software no son intuitivos y son complicados de entender.
U3	3	4	El software no cuenta con una ayuda incluida y es muy difícil de interactuar.
U4	2	3	El software no cuenta con prevención de errores y presenta unos tiempos de respuesta deficientes.
U5	3	3	Aunque el software cumple con el propósito es difícil de operar.

Una vez configurados los datos de la Tabla 1 en los archivos .CSV de valoraciones y opiniones de la herramienta propuesta, se obtuvieron los resultados presentados en la Figura 9, en la cual se muestran tres niveles de satisfacción calculados por la herramienta que implementa el enfoque propuesto.

Figura 9. Resultados análisis de satisfacción del caso de estudio. Fuente: Propia.
 Figure 9. Results of the case study satisfaction analysis. Source: Own.



De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 9 se aprecia como el nivel de satisfacción obtenido a partir de las valoraciones realizadas en el cuestionario pos-test oscila entre 50% (usuarios U2 y U4) y 70% (usuario U3). Así mismo, es posible observar como el nivel de satisfacción calculado a partir de la polaridad de las opiniones de los usuarios oscila entre 46.3% (usuario U5) y el 59% (usuarios U1, U2, U3 y U4). Finalmente el nivel de satisfacción combinado calculado por la herramienta tiene como valor mínimo 53.1 (usuario U5) y como valor máximo 64.5 (usuario U4). Así mismo la herramienta automatizada obtuvo un nivel combinado promedio de satisfacción del 57.213%, lo que puede clasificarse en un nivel de satisfacción aceptable para el software evaluado.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se propuso como contribución un enfoque basado en análisis de sentimientos o minería de opinión para la determinación del atributo satisfacción en test con usuarios desarrollados en un laboratorio de usabilidad. De manera específica, el enfoque propuesto combina el cálculo del nivel de satisfacción convencional obtenido a partir de la ponderación de las valoraciones hechas por los usuarios en el cuestionario pos-test, con el cálculo del nivel de satisfacción a partir de las polaridades de las opiniones de los usuarios en el cuestionario pos-test. El enfoque propuesto tiene como objetivo mejorar la objetividad en la determinación del atributo satisfacción, teniendo en cuenta la subjetividad y veracidad de las encuestas de percepción. Este enfoque pretende servir de referencia para ser replicado a nivel académico y empresarial en la estimación del atributo satisfacción dentro de pruebas de usabilidad bajo la modalidad de test con usuarios, de cara a la determinación del nivel de usabilidad de modo más preciso.

Para la implementación del enfoque propuesto, en este trabajo se construyó una herramienta automatizada en los lenguajes Java y Python que permite la determinación de tres niveles de satisfacción por usuario (nivel de satisfacción de las valoraciones, nivel de satisfacción de las opiniones y nivel de satisfacción combinado) a partir del uso de librerías y tecnologías libres y gratuitas. En este sentido, para la implementación de la interfaz de la herramienta se hizo uso de la librería Swing de Java. A nivel de la determinación de las polaridades en las opiniones se hizo uso de la librería Paralleldots de Python. En cuanto a los cálculos de los niveles de satisfacción se hizo uso de la librería Math de Java. Para la generación de las gráficas con los resultados de los niveles de satisfacción se utilizó la librería JFreeChart y para la generación de los reportes se hizo uso de la clase PrintWriter de Java. Las librerías y tecnologías utilizadas, así como el diseño de la herramienta, pretenden ser extrapolados en el contexto académico y empresarial para la conducción de estudios soportados en la estimación de la satisfacción de los usuarios a partir de técnicas de análisis de sentimientos.

Las técnicas de computación afectiva como el análisis de emociones a partir del estudio de las variables fisiológicas de un usuario (ritmo cardíaco, conductividad de la piel, tensión arterial, expresión facial) o el análisis de sentimientos sobre las opiniones de un usuario en la interacción proveen herramientas útiles que pueden contribuir a determinar de manera más efectiva y objetiva de la satisfacción del usuario en la interacción en el contexto de un test de usuario desarrollado en un laboratorio de usabilidad. En este sentido, la presente investigación abre un abanico de oportunidades en cuanto a la vinculación de estas técnicas dentro del campo de la interacción humano computador, de cara a la comprensión de la percepción del usuario y a la toma de decisiones con respecto a los aspectos a mejorar en el software evaluado.

La prueba de concepto desarrollada en la cual se realizó el análisis de un test de ejemplo con 5 usuarios, dos preguntas del cuestionario pos-test asociadas a la satisfacción y una opinión referente a la interacción con un software determinado, permitió verificar la utilidad de la herramienta en cuanto a la obtención de manera matemática y gráfica del nivel de satisfacción que combina el enfoque tradicional con el enfoque basado en análisis de sentimientos o minería de opinión. En este sentido, se obtuvo que el nivel de satisfacción combinado para el test de ejemplo osciló entre 53.1% y 64.5%, con un valor promedio total de 57.21%. Así, la herramienta propuesta puede ser replicada en entornos académicos o empresariales como apoyo en la estimación del atributo satisfacción, o puede ser tomada como referencia para mejorar la precisión del enfoque propuesto en este artículo.

Como trabajo futuro derivado de la presente investigación, se pretende vincular a las funcionalidades de la herramienta propuesta el uso de lógica difusa para la determinación de los niveles de satisfacción en términos numéricos y lingüísticos. Así mismo, se pretende vincular a la herramienta diferentes métodos para la estimación de la satisfacción a partir del uso de variables fisiológicas.

REFERENCIAS

- [1] D. Hering, T. Schwartz, A. Boden, and V. Wulf, "Integrating usability-engineering into the software developing processes of SME: A case study of software developing SME in Germany," in *2015 IEEE/ACM 8th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering*, Florence, Italy, May 2015. doi: 10.1109/CHASE.2015.22.
- [2] K. Radle and S. Young, "Partnering usability with development: how three organizations succeeded," *IEEE Software*, vol. 18, no. 1, pp. 38–45, 2001, doi: 10.1109/52.903164.
- [3] C. Dinkel, D. Billenstein, D. Goller, and F. Rieg, "User-oriented optimization of the GUI of a finite element programme to enhance the usability of simulation tools," in *2018 South-Eastern European Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Society Media Conference (SEEDA_CECNSM)*, Kastoria, Greece, Sep. 2018. doi: 10.23919/SEEDA-CECNSM.2018.8544936.
- [4] G. Çetin and M. Göktürk, "A measurement based framework for assessment of usability-centricness of open source software projects," in *2008 IEEE International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems*, Bali, Indonesia, Nov. 2008. doi: 10.1109/SITIS.2008.106.
- [5] F. H. Nakagawa, A. S. Felinto, and M. T. Omori, "Inclusion of teaching slides in games: Analysis of the efficiency, effectiveness and satisfaction," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 11, no. 6, pp. 1372–1377, Dec. 2013, doi: 10.1109/TLA.2013.6710386.
- [6] P. Weichbroth, "Usability of mobile applications: A systematic literature study," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 55563–55577, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2981892.

- [7] K. Finstad, "The usability metric for user experience," *Interacting with Computers*, vol. 22, no. 5, pp. 323–327, Sep. 2010, doi: 10.1016/J.INTCOM.2010.04.004.
- [8] R. Medina-Flores and R. Morales-Gamboa, "Usability evaluation by experts of a learning management system," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 10, no. 4, pp. 197–203, Nov. 2015, doi: 10.1109/RITA.2015.2486298.
- [9] M. Sánchez, G.-E. Chanchí-Golondrino, and W.-Y. Campo-Muñoz, "Sistema software para el análisis del estrés mental en test de usuarios," *Campus Virtuales*, vol. 7, no. 2, pp. 105–114, 2018.
- [10] G. Enríquez and S. Casas, "Usabilidad en aplicaciones móviles," *Informes Científicos y Técnicos - UNPA*, vol. 5, no. 2, pp. 25–47, 2013.
- [11] D. M. Delgado, D. F. Girón Timaná, G. E. Chanchí, and K. Márceles Villalba, "Estimación del atributo satisfacción en test de usuarios a partir del análisis de la expresión facial," *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 19, no. 36, pp. 13–28, Jun. 2019, doi: 10.22395/rium.v19n36a1.
- [12] D. A. Albornoz, S. A. Moncayo, S. Ruano-Hoyos, G.-E. Chanchí-Golondrino, and K. Márceles-Villalba, "Sistema software para la ejecución de pruebas de usabilidad bajo el enfoque de mouse tracking," *TecnoLógicas*, vol. 22, pp. 19–31, Dec. 2019, doi: 10.22430/22565337.1511.
- [13] G.-E. Chanchí-Golondrino, W.-Y. Campo-Muñoz, and L.-F. Muñoz-Sanabria, "Herramienta automatizada para el análisis de la satisfacción en pruebas de pensamiento en voz alta," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, no. E17, pp. 11–24, 2019.
- [14] M. Kitabata, Y. Inazumi, T. Misawa, Y. Horita, O. Sugimoto, and S. Naito, "Can brain activity be used to evaluate the usability of smartphone devices?," in *2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, Nagoya, Japan, Oct. 2017. doi: 10.1109/GCCE.2017.8229346.
- [15] R. Abiri, S. Borhani, J. Kilmarx, C. Esterwood, Y. Jiang, and X. Zhao, "A usability study of low-cost wireless brain-computer interface for cursor control using online linear model," *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, vol. 50, no. 4, pp. 287–297, Aug. 2020, doi: 10.1109/THMS.2020.2983848.
- [16] G.-E. Chanchí-Golondrino, M.-A. Ospina-Alarcón, and J.-L. Pérez, "Sistema IoT para la monitorización de la variabilidad del ritmo cardiaco en pruebas de usabilidad," *Revista Espacios*, vol. 41, no. 25, 2020, [Online]. Available: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n25/a20v41n25p07.pdf>
- [17] S. Baldassarri, "Computación Afectiva: tecnología y emociones para mejorar la experiencia de usuario," *Bit & Byte*, vol. 2, no. 3, 2016, [Online]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53441>
- [18] P. Mukherjee, Y. Badr, S. Doppalapudi, S. M. Srinivasan, R. S. Sangwan, and R. Sharma, "Effect of negation in sentences on sentiment analysis and polarity detection," *Procedia Computer Science*, vol. 185, pp. 370–379, 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.05.038.
- [19] F. H. Khan, U. Qamar, and S. Bashir, "eSAP: A decision support framework for enhanced sentiment analysis and polarity classification," *Information Sciences*, vol. 367–368, pp. 862–873, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.ins.2016.07.028.
- [20] A. Moreno-Ortiz and J. Fernández-Cruz, "Identifying polarity in financial texts for sentiment analysis: A corpus-based approach," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 198, pp. 330–338, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.07.451.
- [21] B. A. Januario, A. E. de O. Carosia, A. E. A. da Silva, and G. P. Coelho, "Sentiment analysis applied to news from the Brazilian stock market," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 20, no. 3, pp. 512–518, Mar. 2022, doi: 10.1109/TLA.2022.9667151.
- [22] R. Cai *et al.*, "Sentiment analysis about investors and consumers in energy market based on BERT-BiLSTM," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 171408–171415, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3024750.
- [23] D. D. Wu, L. Zheng, and D. L. Olson, "A decision support approach for online stock forum sentiment analysis," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 44, no. 8, pp. 1077–1087, Aug. 2014, doi: 10.1109/TSMC.2013.2295353.
- [24] K. S. Pratt and H. R. Bright, "Design patterns for research methods: Iterative field research." [Online]. Available: http://kpratt.net/wp-content/uploads/2009/01/research_methods.pdf
- [25] G. E. Chanchí-Golondrino, M.-A. Ospina-Alarcón, and M.-E. Ospino-Pinedo, "Hacia el desarrollo de las competencias digitales de la UNESCO durante el confinamiento en un curso de Interacción Humano Computador," *Revista REDIPE*, vol. 11, no. 2, 2022, [Online]. Available: <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1672/1582>
- [26] G.-E. Chanchí-Golondrino, L.-F. Muñoz-Sanabria, and L. Sierra, "Determinación del nivel de percepción de usuario a través de estudios de análisis de sentimientos en el contexto del marketing," *Revista INGE CUC*, vol. 18, no. 2, 2022, doi: 10.17981/ingecuc.18.2.2022.19.
- [27] S. Makunda Rao, N. Monica, P. Nikhila, T. Tejasri, and B. Maram, "Positivity Calculation using Vader Sentiment Analyser," *International Journal of Academic Engineering Research (IJAER)*, vol. 4, no. 3, pp. 13–17.