

# INTERFACES



# Revista digital de la Carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Lima

Edición n.º 14 // Enero-diciembre 2021 // ISSN 1993-4912  
<https://doi.org/10.26439/interfases2021.n014>

## Objetivo de *Interfases*

*Interfases* es una revista digital, gestionada por la Universidad de Lima, para la publicación de investigaciones originales en áreas temáticas relacionadas con las ciencias de la computación, gestión de datos, aprendizaje automático, sistemas de información y áreas afines. Se publican artículos científicos y avances de investigación, siempre que cumplan con el proceso de revisión por pares. La revista *Interfases* está indizada en CrossRef, Dialnet, Latindex y DOAJ: Directory of Open Access Journals, y se publica una vez al año, en diciembre. Sin embargo, a partir de julio del 2021, los manuscritos individuales se publicarán tan pronto como estén listos, añadiéndolos progresivamente al contenido de la edición en curso en la modalidad de publicación continua. Los artículos en publicación continua siguen el proceso de revisión por pares, y ya se pueden citar utilizando el año de publicación y el doi.

## Público objetivo

- Profesionales e investigadores relacionados con la ingeniería de sistemas y afines
- Estudiantes y docentes del pregrado y posgrado de ingeniería de sistemas
- Público interesado

ISSN: 1993-4912 (electrónico)  
doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2021.n014>

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú n.º 2020-09967

Periodicidad: Anual

Edición: n.º 14

Fecha publicación: Diciembre del 2021

Arbitraje editorial: Revisión por pares de doble ciego

Directorios y catálogos:

CrossRef, Dialnet, Latindex y DOAJ

Las opiniones expresadas en los artículos firmados son de exclusiva responsabilidad de los autores. Los contenidos de la revista *Interfases* son de acceso abierto y se encuentran bajo la licencia Creative Commons.

Universidad de Lima

Av. Javier Prado Este 4600, Urbanización Monterrico Chico, Lima 33, Perú.

Apartado postal 852, Lima 100, Perú.

Teléfono: (511) 437-6767, anexo 30131

[fondoeditorial@ulima.edu.pe](mailto:fondoeditorial@ulima.edu.pe)

<http://www.ulima.edu.pe/>

Edición, diseño y diagramación:

Fondo Editorial

Imagen de portada:

Fondo Editorial

Carrera de Ingeniería de Sistemas

<http://www.ulima.edu.pe/pregrado/ingenieria-de-sistemas>

Contacto: [interfases@ulima.edu.pe](mailto:interfases@ulima.edu.pe)

#### DIRECTOR

Julio Alejandro Padilla Solís  
jpadilla@ulima.edu.pe

#### EDITOR

Hernán Nina Hanco  
hninaha@ulima.edu.pe

#### EDITOR ASOCIADO

Marco Antonio Sotelo Monge  
msotelo@ulima.edu.pe

#### COMITÉ EDITORIAL

Álvaro Talavera-López  
ag.talaveral@up.edu.pe  
Universidad del Pacífico, Lima, Perú

Carlos Mugruza-Vassallo  
cmugruza@yahoo.com  
Universidad Nacional Tecnológica del Cono Sur de Lima, Lima, Perú

César Beltrán-Castañón  
cbeltran@pucp.pe  
Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

Hugo Alatrística-Salas  
h.alatristas@up.edu.pe  
Universidad del Pacífico, Lima, Perú

Ian D. Sanders  
sandeid@unisa.ac.za  
University of South Africa, Pretoria, South Africa

Juan Gutiérrez-Cárdenas  
jmgutier@ulima.edu.pe  
Universidad de Lima, Lima, Perú

Michael Dorin  
michael\_andrew.dorin@stud-mail.uni-wuerzburg.de  
University of St. Thomas, Estados Unidos

Víctor Ayma-Quirita  
vayma@ulima.edu.pe  
Universidad de Lima, Lima, Perú

# POLÍTICA EDITORIAL

## ENFOQUE Y ALCANCE

*Interfases* es una revista digital, gestionada por la Universidad de Lima, para la publicación de investigaciones originales en áreas temáticas relacionadas con las ciencias de la computación, gestión de datos, aprendizaje automático, sistemas de información y áreas afines. Se publican artículos científicos y avances de investigación, siempre que cumplan con el proceso de revisión por pares. La revista *Interfases* está indizada en CrossRef, Dialnet, Latindex y DOAJ: Directory of Open Access Journals, y se publica una vez al año, en diciembre. Así mismo, los manuscritos individuales se publicarán tan pronto como estén listos, añadiéndolos progresivamente al contenido de la edición en curso en la modalidad de publicación continua. Los artículos en publicación continua siguen el proceso de revisión por pares, y ya se pueden citar utilizando el año de publicación y el doi.

## PROCESO DE REVISIÓN POR PARES

Los manuscritos originales e inéditos enviados a la revista *Interfases* siguen un proceso de evaluación en dos etapas.

En la primera, el editor examina el contenido para determinar si el manuscrito está alineado con el alcance y ha seguido las directrices para autores. Si el manuscrito no es aceptado, se devuelve al autor correspondiente con las razones detalladas que motivan la decisión adoptada por el editor.

Si el manuscrito es aceptado por el editor, este se envía a revisores externos expertos en el tema de investigación. Esta segunda evaluación corresponde a una revisión por pares doble ciego, donde el autor y revisores son anónimos.

El revisor evalúa el contenido del manuscrito y, basándose en su experiencia y conocimiento, adopta una de las siguientes recomendaciones:

1. El manuscrito es aceptado sin cambios o con cambios mínimos.
2. El manuscrito se acepta, a condición de realizar cambios importantes, de acuerdo con las observaciones del revisor. La versión corregida del manuscrito debe ser aprobada en una segunda revisión.

3. El manuscrito no se acepta por las contribuciones limitadas del estudio u otras consideraciones informadas por el revisor.

Con base en los comentarios de los revisores, el editor informa la decisión al autor correspondiente, quien tiene hasta treinta días para realizar los cambios al manuscrito (recomendación 1 y 2) o argumentar por qué no se acepta (recomendación 3).

Una vez que los revisores reciben el manuscrito corregido, tienen hasta veinte días para informar el resultado de la nueva evaluación; posteriormente, emiten su recomendación final. Una vez que el editor recibe la segunda ronda de revisiones, toma una decisión para publicar el manuscrito y luego se le notifica al autor correspondiente.

Cualquier objeción del autor con respecto a la decisión del editor o hacia los comentarios de los revisores será resuelta por el Comité Editorial como instancia final.

La revista se adhiere a los criterios establecidos por el Guidelines on Good Publication Practice del Committee on Publication Ethics (COPE), el cual establece las sanciones en caso de plagio.

# DIRECTRICES PARA AUTORES/AS

## ENVÍO DEL MANUSCRITO

*Interfases* publica tres tipos de artículos: trabajos de investigación (hasta 5000 palabras), avances en investigación (hasta 2800 palabras) y revisiones (hasta 1500 palabras).

Todos los artículos se envían del mismo modo. Una vez que el editor verifique que el contenido del manuscrito pertenece al ámbito de *Interfases* lo remitirá a un proceso de revisión por pares. Este proceso (compuesto de dos rondas) toma aproximadamente de dos a tres meses, pero dependiendo de la complejidad del manuscrito, podría extenderse.

Los manuscritos enviados a *Interfases* no deben haberse publicado previamente ni estar en consideración para su publicación en otra revista.

## Página del título

La página del título debe incluir:

- Un título conciso e informativo (hasta 30 palabras).
- El nombre completo de cada autor, incluyendo la afiliación institucional, la dirección de correo electrónico y el código ORCID.
- Resumen de 200-250 palabras. El resumen debe indicar la naturaleza y contribución del estudio. Evite las abreviaturas no definidas, las ecuaciones matemáticas o las referencias bibliográficas en el texto del resumen.
- Palabras clave (de tres a cinco) separadas por comas. Las palabras clave deben tomarse de la taxonomía de la IEEE Computer Society: <https://www.computer.org/digital-library/journals/sc/tsc-taxonomy-list>

## Texto

Los trabajos enviados deben haber sido redactados en un documento Word (.doc o .docx), y aquellos aceptados para ser publicados deben usar la plantilla de *Interfases* LATEX que estará disponible pronto.

Al redactar el manuscrito, usar la opción de numeración automática para enumerar las páginas. Por favor, evite el uso de funciones de campo. Utilice la función de tabla, no

una hoja de cálculo pegada, para hacer tablas. Si escribe su manuscrito con Word, use el editor de ecuaciones o MathType para las ecuaciones.

### **Tablas**

Las tablas son el núcleo de los nuevos hallazgos reportados en la corriente principal de la ciencia, por lo tanto, incluya las tablas que considera son estrictamente necesarias. Todas las tablas se enumeran utilizando números arábigos (por ejemplo, Tabla 1, Tabla 2, ...) e incluyen un título que detalla la relevancia de los datos presentados.

Las tablas se mencionan en el orden en que aparecen en el manuscrito. Además del número, el título y los datos, las tablas pueden incluir una nota para detallar la fuente de información, así como explicaciones adicionales que no están incluidas en el manuscrito.

### **Abreviaturas**

Use abreviaturas solo si son necesarias para mejorar la legibilidad de su documento. Debe definir cada abreviatura en la primera mención después de usarla de manera consistente.

### **Conclusiones**

Recuerde que las conclusiones no son la versión narrativa y textual de las tablas incluidas en la sección Resultados. Por el contrario, las conclusiones reseñan y sintetizan los principales argumentos del artículo. Las conclusiones se extraen de los hallazgos y proporcionan una respuesta adecuada a la pregunta de investigación. Además, las conclusiones incluyen las limitaciones del estudio y sugieren nuevas preguntas y aplicaciones para futuros estudios.

### **Referencias**

Las citas y las referencias deberán indicarse de acuerdo con las normas APA. Según la norma señalada, las referencias, enlistadas al final de la publicación, se realizarán de la siguiente forma:

a. Libros:

Apellido del(los) autor(es), letra inicial del nombre del(los) autor(es). (Año de la publicación). *Título del libro* (en cursiva), (número de la edición). Nombre de la editorial.

b. Artículos de revistas o capítulos de un libro:

Apellido del(los) autor(es), letra inicial del nombre del(los) autor(es). (Año de publicación). Título del artículo o el capítulo. *Nombre de la revista o el libro* (en



cursiva), número de la revista (en cursiva), páginas en las que se encuentra el artículo o el capítulo.

c. Libros electrónicos:

Apellido del(los) autor(es), letra inicial del nombre del(los) autor(es). (Año de publicación). *Título del texto electrónico* (en cursiva). Recuperado de <http://...> (dirección web).

d. Artículos de revistas electrónicas:

Apellido del(los) autor(es), letra inicial del nombre del(los) autor(es). (Año de publicación). *Título del artículo*. *Nombre de la revista* (en cursiva), páginas en las que se encuentra el artículo. Recuperado de <http://...> (dirección web).

e. Ponencias en congresos o simposios:

Apellido del(los) expositor(es), letra inicial del nombre del(los) autor(es). (Año, X [indicar día] de XXX [indicar mes]). *Título de la ponencia* (en cursiva). Conferencia presentada en el XXXXXX [nombre del evento]. Recuperado de <http://...> (dirección web).

### Material suplementario electrónico

Los autores pueden incluir archivos de texto (incluyendo tablas y figuras) y hojas de cálculo como material complementario. Sin embargo, para datos de investigación, es recomendable archivarlos en repositorios de datos. Para el código de *software*, los autores pueden usar plataformas como GitHub o similares.

Si los originales contienen fotografías o reproducciones de obras pictóricas, estas se entregarán aparte en archivos TIFF o JPG, con 300 píxeles de resolución (dpi). Si contienen gráficos, cuadros, dibujos, flujogramas u otros elementos, estos deben entregarse igualmente en un archivo aparte y en el programa original en que fueron creados (por ejemplo: Excel, Illustrator, etcétera).

### Lista preliminar para la preparación de envíos

Los artículos deberán respetar el siguiente formato:

- a. Página A4.
- b. Título del artículo, centrado en negrita, con letra Times New Roman de doce puntos.
- c. Títulos del texto, centrados en negrita, con letra Times New Roman de doce puntos, dejando dos líneas en blanco antes del párrafo.

- d. Texto del cuerpo con letra Times New Roman de doce puntos, con espacio y medio de interlineado.

#### **Declaración de privacidad**

Los nombres y las direcciones de correo electrónico introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines establecidos en ella y no se proporcionarán a terceros o para su uso con otros fines.

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN	13
ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	
Implementación del prototipo de un sistema de monitoreo de signos vitales: pulso, temperatura y saturación de oxígeno para pacientes <i>Mauricio Alonso Bejarano Reyes, Edgar André Manzano Ramos</i>	17
Relación de la gestión de riesgos y calidad de <i>software</i> realizados por los profesionales del Colegio de Ingenieros del Perú del Consejo Departamental de Lima <i>Diana Valeria Paucar Bernardo, Paulina Tessalia Acho Santillan, Carlos Salvador Peralta Delgado</i>	41
Calidad de datos en sistemas de gestión académica universitaria basado en ISO/IEC 25012 <i>Marleny Peralta Ascue</i>	65
EchartsTag para generación de <i>charts</i> usando Taglib <i>David Mamani-Pari, Richart Smith Escobedo-Quispe</i>	89
Evaluación de la usabilidad percibida de Google Classroom, Drive y Meet en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco durante la pandemia del COVID-19 <i>Jisbaj Gamarra Salas, William Alberto Chávez Espinoza, Liseth Urpy Segundo Carpio</i>	118
SaminBot: un asistente virtual para recolectar datos durante la pandemia del COVID-19 <i>Harley Vera Olivera, Ana Rocío Cárdenas Maita, Meluni Daney Palomino Flores, Jonathan Ricardo Vasquez Chicata, Rosa Virginia Encinas Quille, Grover Enrique Castro Guzmán, Yanina Leon Uscapi, Jhony Lucia Huallparimachi García, Luis Antonio Quispe Cartagena, Lauro Enciso Rodas</i>	138

## ARTÍCULOS DE REVISIÓN

<b>Comportamiento de enfermedades epidémicas a través del modelo matemático SIR: una revisión de la literatura</b>	<b>164</b>
<i>Oswaldo Daniel Casazola Cruz, Alex Manuel Apaza Mendoza, Mixcel Fiorella Julca Pillman, Carlos Roberto Delgado Lopez</i>	
<b>La usabilidad percibida de los chatbots sobre la atención al cliente en las organizaciones: una revisión de la literatura</b>	<b>184</b>
<i>Oswaldo Daniel Casazola Cruz, Gianfranco Alfaro Mariño, Jaime Burgos Tejada, Omar Augusto Ramos More</i>	
<b>DATOS DE LOS AUTORES</b>	<b>205</b>

# PRESENTACIÓN



Dr. Julio Alejandro Padilla-Solís  
Director de la revista *Interfases*

La revista *Interfases* con el propósito de visibilizar nuevos conocimientos científicos tenemos el agrado de presentar la edición número 14, correspondiente al periodo enero – diciembre del año 2021, en la cual se incluyen ocho artículos científicos en temas relacionados con la ingeniería de sistemas, ciencia de computadoras, ingeniería del *software*, aprendizaje de máquinas, tecnologías de información, y gestión de datos. El fruto de esta nueva edición corresponde al firme compromiso de la revista *Interfases* de promover la cooperación científica en un contexto donde crece la disponibilidad de los datos y se abren nuevas oportunidades para avanzar en todas las áreas de la ciencia y la tecnología.

Desde el año 2006 la revista *Interfases* de manera ininterrumpida ha contribuido enormemente al progreso de la ciencia y la ingeniería. En ese sentido, en la edición número 14 recibimos los manuscritos de autores de distintas universidades y luego de un proceso riguroso de revisión por pares ciegos fueron seleccionados ocho manuscritos que corresponde al 47 % del total de manuscritos recibidos. En ese sentido, en primer lugar, recibimos el aporte de los autores Mauricio Alonso Bejarano Reyes y Edgar André Manzano Ramos de la Universidad Nacional de Trujillo, quienes presentan el desarrollo de un prototipo de un Sistema de Monitoreo de signos vitales: pulso, temperatura y saturación de oxígeno en la sangre. El mencionado prototipo demuestra ser válido, confiable, compacto, de bajo costo, y con la capacidad de brindar información médica oportuna de pacientes con atención domiciliaria.

En segundo lugar, tenemos el aporte de los autores Diana Valeria Paucar Bernardo, Paulina Tessalia Acho Santillan, y Carlos Salvador Peralta Delgado de la Universidad

Científica del Sur, quienes comparten con los lectores un estudio para determinar el grado de relación entre la gestión de riesgo y la calidad de *software* en proyectos realizados por los profesionales del Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Departamental Lima. Dicho artículo concluye que existe una relación significativa entre la gestión de riesgo y calidad del *software*. Asimismo, los componentes analizados corresponden a procesos de gestión de riesgo, planificación financiera, motivación del equipo de trabajo, capacitaciones y atributos de calidad del sistema.

En tercer lugar, se recibió el aporte de la profesora Marleny Peralta Ascue investigadora en la Universidad Nacional Federico Villarreal y la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, quien nos comparte su trabajo sobre el desarrollo de un modelo de evaluación de calidad de datos basado en el estándar ISO/IEC 25012 y su aplicación al Sistema de Gestión Académica Universitaria. El modelo propuesto se desarrolla desde la perspectiva del consumidor de datos y desde la visión de la calidad de datos. Los problemas de calidad de datos identificados son: la precisión, consistencia, conformidad y actualidad. Finalmente se concluye que es posible mejorar la calidad de datos aplicando el modelo propuesto, los mismos que pueden ser usados para crear y generar valor a través de la exploración, explotación y análisis de datos en beneficio de la gestión académica universitaria.

En cuarto lugar, recibimos la contribución en el área de desarrollo de aplicaciones web presentado por los autores David Mamani Pari de la Universidad Peruana Unión de Juliaca y Richart Smith Escobedo Quispe de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. En ese sentido, dichos autores crearon EchartsTag una biblioteca o marco de visualización de gráficos para utilizarlas en el desarrollo de aplicaciones web en Java. EchartsTag está disponible en GitHub y su rendimiento se demuestra al comparar con otras herramientas alternativas, logrando un tiempo promedio de 14,17 minutos en tiempo de desarrollo y ocupando el tercer lugar en tiempo promedio de visualización que es 3,5 m después de Chartjs y HighChats.

En quinto lugar, los autores Jisbaj Gamarra Salas, William Alberto Chávez Espinoza y Liseth Urpy Segundo Carpio presentan el estudio de usabilidad percibida en el uso de las aplicaciones educativas virtuales que actualmente utiliza la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco en su proceso de enseñanza y aprendizaje. Entre las principales aplicaciones están Google Classroom, Google Drive y Google Meet. El resultado del estudio muestra que la usabilidad percibida para las tres aplicaciones en general es buena para todos los participantes. En ese sentido, considerando el contexto de la pandemia mundial, el uso de las herramientas de Google es conveniente para adaptarse rápidamente al proceso de enseñanza en el ámbito virtual y dichas herramientas son fáciles de usar y aprender.

En sexto lugar, el artículo presentado por los autores Harley Vera Olivera, Ana Rocío Cárdenas Maita, Meluni Daney Palomino Flores, Jonathan Ricardo Vasquez Chicata, Rosa Virginia Encinas Quille, Grover Enrique Castro Guzmán, Yanina Leon Uscapi, Jhony Lucia Huallparimachi García, Luis Antonio Quispe Cartagena y Lauro Enciso Rodas, todo ellos investigadores de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, desarrollaron un asistente virtual (chatbot) denominado “SaminBot”, como una alternativa para recolectar datos y brindar información durante la pandemia del COVID-19, este chatbot se aplicó en la región del Cusco, Perú con conversaciones en las áreas de salud, economía y educación. “SaminBot” inicia la recolección de datos en función del área de interés del usuario, obtiene información demográfica del mismo y lo va guiando a través de preguntas con la intención de proveerle información útil de acuerdo con su situación personal.

En séptimo lugar, los autores de la Universidad Nacional del Callao Oswaldo Daniel Casazola Cruz, Alex Manuel Apaza Mendoza, Mixcel Fiorella Julca Pillman, y Carlos Roberto Delgado Lopez realizaron una revisión de la literatura del uso del modelo epidemiológico SIR para describir el comportamiento de varias enfermedades de naturaleza epidémicas, ahondando en mayor frecuencia la enfermedad producida por el COVID-19.

En octavo lugar, fue seleccionado el artículo de revisión sistemática presentado por Oswaldo Daniel Casazola Cruz, Gianfranco Alfaro Mariño, Jaime Burgos Tejada, y Omar Augusto Ramos More, todos ellos de la Universidad Nacional del Callao, quienes realizan una revisión de la literatura sobre la usabilidad percibida de los chatbots sobre la atención al cliente en distintas organizaciones. El estudio profundiza la revisión en temas relacionados a la naturaleza de los chatbots, su implementación, la usabilidad percibida y el auge de esta tecnología.

Finalmente, expresamos nuestro profundo agradecimiento a todos los investigadores que remitieron sus manuscritos para la presente edición de *Interfases*. Así mismo, resaltamos el esfuerzo y el tiempo dedicado para desarrollar investigación y difundirlo a la comunidad científica. Los aportes de nuestros autores nos dejan valiosas lecciones aprendidas junto con interesantes líneas de trabajo futuro. Agradecemos, del mismo modo, a los revisores de *Interfases*, quienes se encargan de asegurar la calidad de nuestra revista a través de un proceso de evaluación por pares conforme a las mejores prácticas de investigación y ética en la publicación científica.

# **ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN**



Recibido: 6/5/2021 / Aceptado: 6/7/2021

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2021.n014.5168>

# IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE SIGNOS VITALES: PULSO, TEMPERATURA Y SATURACIÓN DE OXÍGENO PARA PACIENTES

MAURICIO ALONSO BEJARANO REYES

mbejarano@unitru.edu.pe / ORCID: 0000-0001-6354-7386

EDGAR ANDRÉ MANZANO RAMOS

emanzano@unitru.edu.pe / ORCID: 0000-0002-8198-5619

Universidad Nacional de Trujillo, Perú

## Resumen

El internet de las cosas es un concepto de interconexión digital de objetos cotidianos con internet, el cual se emplea generalmente para mejorar el nivel de comodidad en las tareas cotidianas y optimizar negocios. Así también, puede ser integrado en el mundo de la salud para darle aplicaciones médicas; uno de los escenarios típicos de aplicación es el servicio de telemedicina, como la práctica de la atención médica a distancia. Es así que este artículo describe el desarrollo de un sistema de monitoreo de signos vitales: pulso, temperatura y saturación de oxígeno en la sangre, el cual se basa en la comparación y selección de componentes por medio de la metodología de la investigación y su validación a través de un análisis estadístico. Dicho sistema de monitoreo busca ser utilizado en el cuidado de pacientes con tratamientos domiciliarios, como un sistema compacto y de bajo costo, con la capacidad de brindar información médica oportuna e implementar a futuro tecnologías de computación en la nube e internet de las cosas para realizar un monitoreo remoto de los datos objetivos y subjetivos del paciente. Además, se detalla el diseño e implementación de la tarjeta principal, la selección de los sensores biomédicos, elaboración de soportes y programación.

PALABRAS CLAVE: metodología de la investigación / análisis estadístico / computación en la nube / internet de las cosas

## IMPLEMENTATION OF A MONITORING SYSTEM AT THE PROTOTYPE LEVEL OF VITAL SIGNS: PULSE, TEMPERATURE, AND OXYGEN SATURATION FOR PATIENTS

### Abstract

The Internet of Things is a digital interconnection between everyday objects and the Internet, which is generally used to improve comfort in daily tasks and optimize business. Thus, it can be integrated into the health world to give it medical applications, being one of the typical application scenarios of the telemedicine service, such as remote medical care. In this way, this article describes the development of a monitoring system for vital signs: pulse, temperature, and oxygen saturation in the blood, which is based on the comparison and selection of components through the research methodology, and its validation through statistical analysis. This monitoring system seeks to be used in the care of patients with home treatments as a compact and low-cost system to provide timely medical information and implement future Cloud Computing and Internet of Things technologies to perform remote monitoring of objective and subjective patient data. In addition, the design and implementation of the mainboard, the selection of biomedical sensors, the preparation of supports and programming are detailed.

KEYWORDS: research methodology / statistical analysis, cloud computing  
/ Internet of Things

## 1. INTRODUCCIÓN

El internet de las cosas al ser integrado en el mundo de la salud para darle aplicaciones médicas, se denomina internet de las cosas médicas y se emplea en el servicio de telemedicina como la práctica de la atención médica a través de tecnologías de información y comunicación (TIC) (Sanmartín *et al.*, 2016), tecnología médica y el personal experto del área de la salud que emplean estas herramientas para realizar servicios a pacientes (Hailey *et al.*, 2002). En la medicina es necesario el monitoreo de los signos vitales de los pacientes para evaluar su nivel de funcionamiento físico. Es así que estos sistemas son altamente aplicados en ambientes hospitalarios; sin embargo, existen casos de enfermedades con tratamientos domiciliarios que poseen factores de riesgo que, de no ser tratados a tiempo, pueden tener consecuencias fatales.

Un ejemplo de lo anteriormente mencionado, es el tratamiento de cardiopatías congénitas, las cuales requieren de un monitoreo constante como lo describe la Fundación Cardiovascular de Colombia [FCV] (2017), quienes implementaron un sistema de monitoreo de signos vitales y obtuvieron resultados significativos en la reducción de la estancia hospitalaria y la tasa de mortalidad de la Unidad de Cuidados Intensivos Cardiacos, de 10,7 % en 2011 a 3,7 % en 2015. Además, en la coyuntura mundial actual del COVID-19, EsSalud emitió un reporte acerca de la viabilidad de la implementación de un sistema de telemedicina para pacientes con COVID-19 a los que catalogan como casos leves con factores de riesgo (EsSalud, 2020). En este reporte se concluye que un factor arraigado a la mortalidad en este tipo de pacientes fue la baja saturación de oxígeno al llegar al hospital, por lo que los pacientes hospitalizados se admitieron tardíamente.

Asimismo, los signos vitales por definición son medidas que indican el funcionamiento fisiológico de un individuo y se reconocen generalmente como la temperatura, el pulso y la respiración. Se pueden identificar dos tipos de respiración, la externa y la interna, que hacen referencia al intercambio de oxígeno y dióxido de carbono en los pulmones y tejidos respectivamente (Du Gas, 2000). Por otro lado, la saturación de oxígeno en la sangre es considerada por distintos autores como el quinto o sexto signo vital, siendo significativo en el cuidado del paciente como un método no invasivo y sin necesidad de la intervención directa de personal sanitario; por tanto, es esencial para diagnosticar complicaciones respiratorias.

Por otro lado, Esquicha Tejada (2019) desarrolló un sistema capaz de controlar los riesgos que existen en ambientes hospitalarios y en los almacenes de archivos clínicos implementando un computador de bajo costo y consumo, de la marca Raspberry Pi, con el uso de una plataforma de IoT. Este trabajo nos muestra ciertas aplicaciones de *hardware* y *software* actuales orientados a la medicina. Además, en Yauri Rodríguez (2018) se desarrolló una red inalámbrica de sensores para la adquisición de señales electrocardiográficas, temperatura y pulso. Además, en esta tesis se implementa el

uso de nodos, compuestos por un microcontrolador y un sensor biomédico para cada signo vital, exponiendo un panorama del desarrollo de sistemas de monitoreo de signos vitales. En González Romero (2019), se realizó un estudio experimental de las diferentes zonas del cuerpo en donde se pueden realizar mediciones del pulso y saturación de oxígeno empleando un pulsioxímetro MAX30102, lo que constituye un precedente para el desarrollo de una investigación que involucre los signos vitales mencionados. Además, de acuerdo a Du Gas (2000), las observaciones que recoge una enfermera incluyen datos objetivos, es decir, lo que percibe mediante sus sentidos y/o a través de la instrumentación, y subjetivos del paciente, es decir lo que él percibe de sí mismo. Esto último es de especial interés en el desarrollo de un sistema de monitoreo con mejores capacidades.

Según lo anterior, el sistema desarrollado tiene como objetivo registrar los datos de los signos vitales: pulso, temperatura y saturación de oxígeno del paciente a través de sensores biomédicos conectados a una tarjeta única, con la expectativa de prevenir la presencia de factores de riesgo. Técnicamente, el sistema se basa en el uso de sensores biomédicos, de acuerdo con los signos vitales acotados en la investigación, para lo cual fue necesario desarrollar el *hardware* y el *software* adecuados para el tratamiento de los datos y orientar el desarrollo a la comunicación remota, empleando el modelo de computación en la nube, tecnologías de internet de las cosas e implementación de capacidades para la adquisición de más datos objetivos y subjetivos del paciente.

En ese sentido, el presente artículo describe, en la segunda sección, los requerimientos del sistema y proceso de diseño tanto conceptual como específico. En la tercera sección se detalla brevemente la validación del sistema. Finalmente, en la cuarta y última sección se detallan las conclusiones obtenidas.

## **2. SISTEMA DE MONITOREO DE SIGNOS VITALES: PULSO, TEMPERATURA Y SATURACIÓN DE OXÍGENO**

En función a documentos aprobados y estipulados por el Ministerio de Salud del Perú tales como Hospital María Auxiliadora (2010) y Ministerio de Salud del Perú (MINSA) (2009), así como la encuesta realizada a personal sanitario que se evidencia en la tabla 1 a manera de juicios de expertos, se concibieron ciertos lineamientos para elaborar los requerimientos del sistema.

### **2.1 Requerimientos del sistema**

El sistema requiere de una fuente de energía compatible con la red de servicio de electricidad para instalaciones de carácter privado de uso residencial en el Perú, que estipula una tensión 220V monofásico con una frecuencia nominal 60Hz, tal como establece el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) (2006, sección 020 p. 12).

Los materiales utilizados para elaborar el dispositivo deben ser duraderos en la zona de trabajo ante posibles factores ambientales que puedan causar afecciones en este, y por ende afectar al paciente (MINSA, 2009), considerando el juicio de los expertos recopilado.

De acuerdo con los resultados de juicio de los expertos, además de lo expuesto en Du Gas (2000) y Mejía y Mejía (2012), se determinaron rangos para la obtención de datos. Para la temperatura corporal se considera una variación normal, en la mayoría de adultos, de mediciones entre 36,2 °C y 38 °C, considerándose hipotermia e hipertemia cuando los valores son menores a 34 °C y mayores a 40,6 °C respectivamente. Además, la escala de un termómetro clínico suele abarcar el rango de 34 °C a 42 °C. Por ello, se determina un rango de 30 °C a 45 °C. Por otro lado, la saturación de oxígeno en la sangre medida a nivel del mar puede tomar valores de entre 97 % a 99 %. Además, niveles menores al 92 % se podrían identificar una hipoxemia “silenciosa” de manera previa a síntomas más severos (EsSalud, 2020). Por lo tanto, se considera un rango de 0 a 100 %. Finalmente, el pulso de los recién nacidos posee un intervalo de entre 80 a 180 latidos por minuto y, en adultos, entre 60 y 100, por lo que se consideran taquicardia los valores mayores a 100 latidos por minuto y bradicardia aquellos menores a 60 latidos por minuto. Por lo anterior, se determina un rango de latidos por minuto de 0 a 100, puesto que será utilizado en adultos.

Se debe realizar la comunicación entre sensores y controlador mediante un protocolo fiable, adecuado para monitoreo con intervalos de tiempo de acuerdo a lo expuesto por el juicio de los expertos, de donde establecimos que el tiempo promedio entre muestreo de datos es amplio por lo que no se requiere de alertas de pérdida de conexión. La frecuencia de operación utilizada permitirá la conexión y transmisión remota de datos y, por tratarse de una red en torno al cuerpo humano, debe pertenecer a las bandas ISM (industriales, científicas y médicas), según el artículo RR 5.150 de la International Telecommunication Union [ITU] (2016). Los circuitos y componentes electrónicos del sistema deben estar aislados de afecciones externas como estática o interferencia. Además, se debe asegurar la información implementando mecanismos de seguridad que garanticen la integridad y autenticación de los mensajes, de acuerdo al inciso 6.2.3 del MINSA (2009).

El sistema debe realizar la medición de los signos vitales (pulso, temperatura y saturación de oxígeno) de acuerdo con los procedimientos técnicos de enfermería aprobados por el MINSA y en función a los valores normales del paciente, de acuerdo al capítulo V de Hospital María Auxiliadora (2010), donde se expone una serie de lineamientos para la correcta toma de los signos vitales del paciente, los cuales son relevantes para el diseño del sistema.

Los elementos de las tecnologías utilizadas no deben interferir con las actividades médicas y cotidianas del paciente (MINSA, 2009). Además, el sistema debe poseer la capacidad de funcionar con tan solo ser encendido, ya que será empleado por personas que no poseen conocimientos técnicos necesarios para realizar otras operaciones.

Se debe utilizar tecnología que cuente con condiciones técnicas de calidad, estándares, respaldo y soporte técnico-científico (MINSA, 2009), consideración de *hardware* y *software* en función a la disponibilidad del mercado.

El dispositivo debe poseer un precio menor al promedio de dispositivos comerciales con funciones similares, como el tomado como referencia en Mercado Libre (2021), el cual posee la capacidad de monitorear saturación de oxígeno en la sangre, presión no invasiva, temperatura corporal y pulso cardíaco como parámetros estándar, entre otros parámetros opcionales y la capacidad de transmitirlos a través de una red wifi. (EDAN, 2021).

## 2.2 Diseño conceptual

Para lograr los objetivos de selección e implementación del *hardware* y *software* necesario para el desarrollo del sistema se pretende definir las funciones que engloban el sistema e identificar sus principios de funcionamiento siguiendo las metodologías de diseño. Para ello, se elaboró la estructura de funciones del sistema, partiendo de una función general y distribuida de acuerdo al análisis de los elementos del entorno con los que interactúa el sistema. Se reconoce los elementos del entorno, los cuales son: el paciente, el personal sanitario especializado, la energía eléctrica y los signos vitales. Se identificaron las entradas al dispositivo, entre las que destacan los signos vitales del paciente y la energía eléctrica domiciliaria, que son entradas del tipo información y energía respectivamente. Se identificaron las salidas del dispositivo, información del proceso, que es una salida del tipo información. A continuación, se muestra la estructura de funciones del sistema en la figura 1.

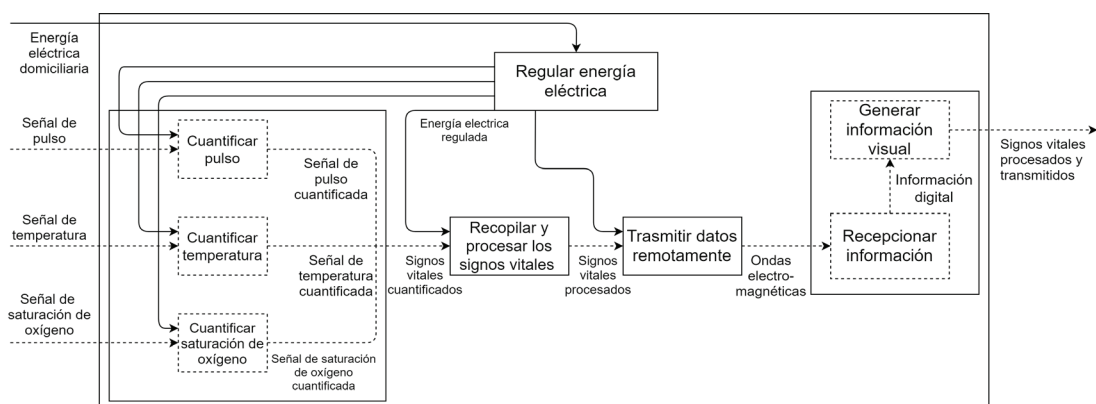


Figura 1. Estructura de funciones del sistema de monitoreo remoto

Elaboración propia

Una vez definida la estructura de funciones del sistema, se determinaron los principios de funcionamiento para cada función a través de una matriz morfológica. Una vez definidos los principios de funcionamiento de las respectivas funciones del sistema, fue necesario realizar una comparación de los mismos de acuerdo con ciertos criterios pertinentes empleando fichas de datos de los dispositivos o componentes, así como comparar las interfaces y protocolos de comunicación, como paso esencial para elaborar matrices de compatibilidad entre los principios de funcionamiento de las funciones y el desarrollo del proyecto en general.

Luego de determinar los principios de funcionamiento para cada función identificada en la estructura de funciones y comparar cada uno de ellos para determinar su compatibilidad e identificar criterios importantes, se obtuvieron diferentes conceptos de solución que cumplieran con la función general del sistema de monitoreo remoto. En la figura 2 se muestra la, la matriz morfológica y los conceptos de solución obtenidos.

Puesto que todos los dispositivos seleccionados para el desarrollo de la tarjeta poseen alimentación de 5V DC, se seleccionó el regulador de voltaje XL4005 según lo visto en el diseño conceptual del sistema. Posteriormente, mediante pruebas experimentales se determinó que la utilización de un solo regulador de voltaje no cumplía con proporcionar una regulación óptima para la alimentación del circuito de adquisición de datos y la tarjeta de transmisión de datos Raspberry Pi, debido a la baja diferencia de voltaje de alimentación que el depósito soporta según su regulador interno, lo que producía su reinicio. Por ello, se determinó el uso de dos reguladores de voltaje XL4005, ambos regulados a un voltaje de salida de 5V DC, y tras haber realizado los cálculos del consumo de potencia promedio de las partes del circuito que serán alimentadas por los reguladores.

Se verificó, en las hojas de datos de los sensores del concepto de solución seleccionado que son adecuados para el uso en humanos de acuerdo con lo descrito como aplicaciones, siendo *Wearable Devices* para el sensor MAX30102, tal como ese establece en Maxim Integrated (2020) y medición de la temperatura para el MLX90614, como estipula Melexis Microelectronic Integrated Systems (2006).

Funciones	Principios de funcionamiento		
	1	2	3
Regular energía eléctrica	Transformador de voltaje AC-DC		
	Fuente para protoboard 3.3V/5V	Convertir Voltaje DC-DC 5A XL4005	
Digitalizar temperatura	Sensor TMP36	Sensor DS18B20	Sensor MLX90614
Digitalizar pulso	Sensor SEN-PULSE-FE	Pulsioxímetro MAX30102	Pulsioxímetro MAX30100
Digitalizar saturación de oxígeno	Pulsioxímetro MAX30100		
Recopilar y procesar los signos vitales	Arduino Nano	Arduino Mega 2560-Embebido	Node MCU
Transmitir datos remotamente	Raspberry Pi Zero W	Módulo Shield SIM900	
Recepcionar información	Thingspeak	Beebotte	
Generar información virtual	PC	Celular	

Figura 2. Matriz morfológica y conceptos de solución del sistema monitoreo remoto  
Elaboración propia



Finalmente, en la figura 3, se muestra el diagrama general del sistema desarrollado con todos los componentes y las conexiones entre ellos.

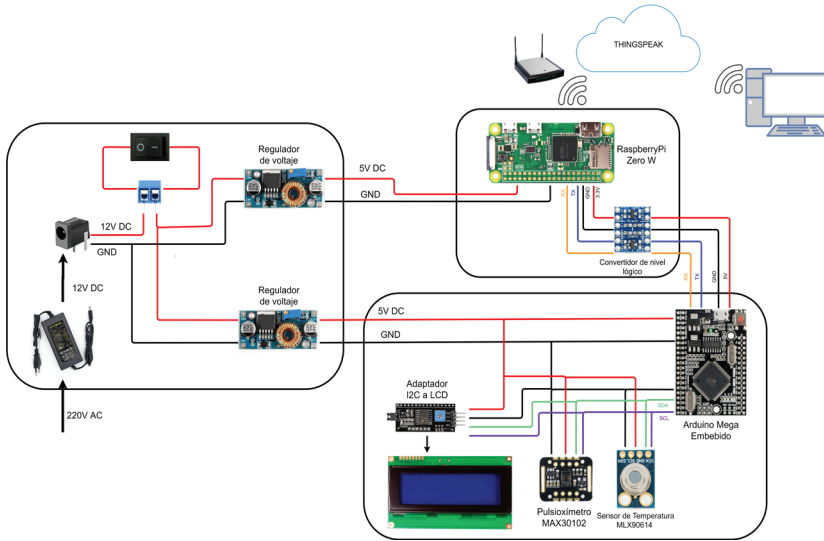
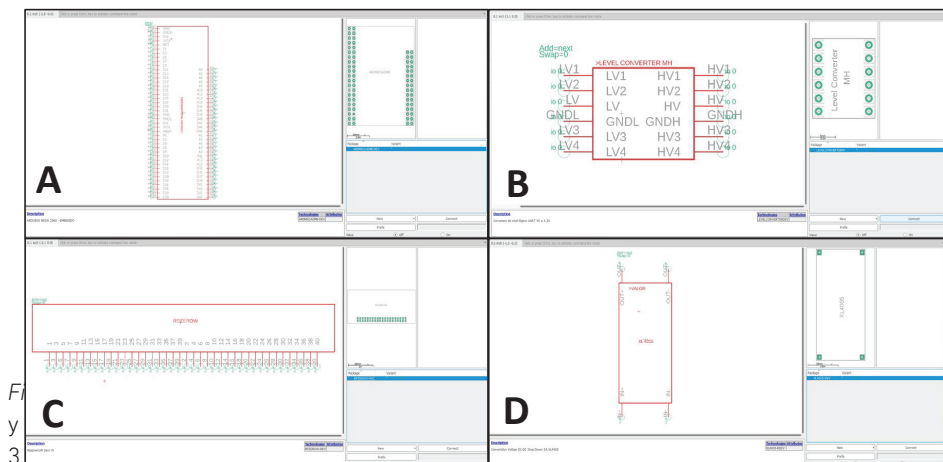


Figura 3. Diagrama de la arquitectura detallada del sistema  
Elaboración propia

### 2.3 Diseño específico

Si bien los sensores son parte fundamental del sistema de monitoreo, por sí mismos no pueden funcionar como un sistema para realizar la medición y adquirir los datos biomédicos. Por ello, para la elaboración de la tarjeta del sistema se desarrollaron librerías de los componentes seleccionados, para lo que se determinaron las dimensiones de los componentes físicos: Raspberry Pi Zero W, Arduino Mega-Embebido, conversor de voltaje de nivel lógico y Regulador XL4005. Se realizó el diseño del símbolo y el encapsulado de cada componente, como se muestra en la ventana de dispositivo del *software* Eagle en la figura 4.



Elaboración propia

Asimismo, de acuerdo con la información recopilada a manera de juicio de experto, mediante encuestas a personal sanitario y de MINSA (2009) se determinaron las zonas del cuerpo ideales para la medición de los signos vitales del paciente. Se determinó que el dedo es la zona del cuerpo humano ideal para realizar la toma de los signos vitales: pulso cardíaco y saturación de oxígeno en la sangre. Para ello se realizó un soporte para el sensor MAX30102, empleando el *software* SolidWorks. De igual manera, se determinó que la frente es la zona del cuerpo humano ideal para la medición de la temperatura corporal, para lo que se desarrolló un soporte para el sensor MLX90614, el que debe estar cerca del cuerpo de la persona en primera instancia puesto que el sensor trabaja a un ángulo de 90 grados de acuerdo con su hoja de datos, y para lograr mediciones a mayores distancias que la diseñada se requeriría de un lente, Y, por otro lado, el aumentar la distancia al cuerpo para la lectura de los datos significaría el diseño de un soporte más complejo, propenso a fallos por movimiento del paciente y con mayor índice de afección a las actividades del paciente o si se realiza pegado al cuerpo, poseería un mayor tamaño pudiendo generar molestias en el paciente. Se diseñó un contenedor compuesto por una pieza inferior y superior que posee aberturas para la conexión a la fuente AC-DC, para el botón de apagado y encendido, para la LCD2004 y para el cableado de los sensores. A continuación, se muestran las vistas isométricas de las piezas de soporte en la figura 5.

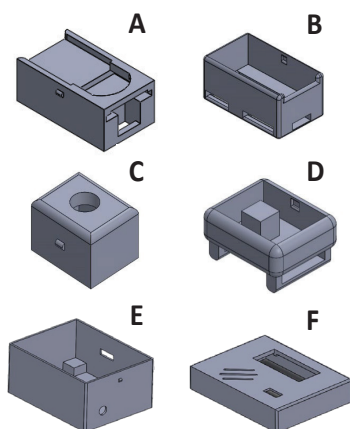


Figura 5. Vistas isométricas de las piezas de soporte. (A) Vista isométrica de la pieza superior de soporte del Sensor MAX30102, (B) pieza inferior de soporte del Sensor MAX30102, (C) pieza superior de soporte del sensor MLX90614, (D) pieza inferior de soporte del sensor MLX90614, (E) pieza inferior del contenedor del sistema y (F) pieza superior del contenedor del sistema

Elaboración propia

Para la programación de la placa Arduino Mega-Embebido, se determinó el empleo de la librería para los signos vitales: pulso y saturación de oxígeno en la sangre, *SparkFun Max3010x* y la librería *Adafruit-MLX90614* para determinar la temperatura corporal. Adicionalmente se utilizó la librería *Liquid Crystal I2C master*, para controlar la pantalla LCD 2004. Fue necesaria la importación de los archivos de cabecera o *header* *MAX30105.h* y *spo2\_algorithm.h* propios de la librería *SparkFun Max3010x*, para la obtención de la saturación de oxígeno en la sangre y la importación del archivo de cabecera *heartRate.h* propio de la librería *SparkFun Max3010x*, para la obtención del pulso.

Se determinó experimentalmente la implementación de un algoritmo de depuración de los valores indeseados en la función de obtención de la saturación de oxígeno, obteniendo buenos resultados, pero dependientes del buen posicionamiento del sensor en el dedo del paciente.

Para la obtención del pulso se empleó la función *checkForBeat* de la librería *SparkFunMax3010x* y la función *millis()* para determinar una aproximación a la cantidad de latidos por minuto a partir de la verificación, con la primera función mencionada, de la obtención correcta de un latido; implementando una regla de tres simple para obtener cuantos latidos por minuto presenta el paciente a partir del tiempo devuelto por la función *millis()*, en el que se halló un valor correcto de pulso. Este algoritmo se estabiliza de forma progresiva, al emplear el tiempo en que esté operativo el Arduino.

Se determinó experimentalmente la recopilación de 1000 datos secuencialmente esenciales para determinar un valor estabilizado del pulso, de igual manera que con la obtención de la saturación de oxígeno se obtienen datos fluctuantes, pero en intervalos pequeños, debido a que no se tienen una ubicación precisa en el dedo que se determine como óptima para la medición de los signos vitales en cuestión. Para la obtención de la temperatura se hizo uso de la función `readObjectTempC()` de la librería `Adafruit-MLX90614`.

Para la transmisión remota de los datos muestreados, en un código en lenguaje de programación Python, se realizó la implementación de las librerías `Serial`, `time` y `request`, así como los métodos `rstrip()` y `split()` para remover los espacios como caracteres finales y las comas separadoras, respectivamente, de las cadenas de texto String que transfieren los datos por comunicación serial desde el Arduino hacia la Raspberry Pi implementando un conversor de voltaje de nivel lógico, posteriormente separados empleando un bucle `for`. Por medio de la librería `request`, a través del método `requests.get` se realiza el envío de los datos utilizando la API Key exportada de Thingspeak, por medio del protocolo de comunicación HTTP. Previamente se realizó la conexión del Raspberry Pi a una red con configuración de seguridad inalámbrica WPA2 funcionando con la banda de 2.4GHz, perteneciente a las bandas ISM. Además, en la API ThingSpeak en el apartado `Channel Settings` se añadieron y posteriormente se tres configuraron `Field` para los tres respectivos signos vitales acotados en la presente investigación, además de las coordenadas del dispositivo como se muestra en la figura 6. Dichas configuraciones se realizaron en el marco de la investigación para determinar la viabilidad del concepto de solución seleccionado aquel en el cual se incluyó la transmisión remota de los datos de los signos vitales, a manera de tener un panorama completo para posteriores investigaciones.

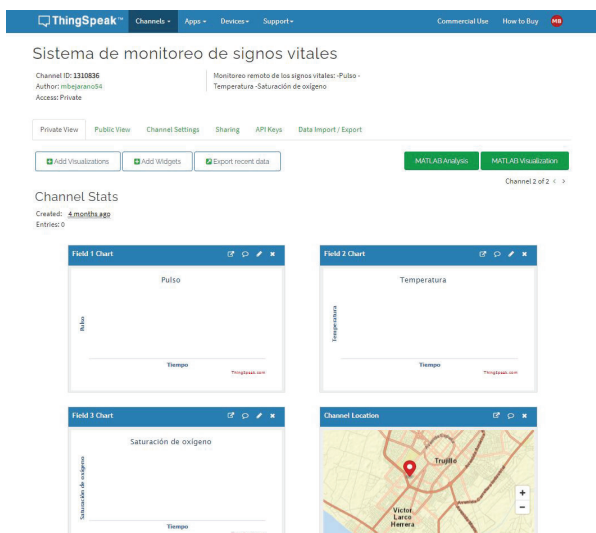


Figura 6. Interfaz gráfica para la visualización de los datos a través de una PC  
Elaboración propia

De acuerdo con la selección, comparación y desarrollo de los componentes del sistema; se diseñó e implementó una placa electrónica de propósito específico para el sistema, como se muestra en la figura 7. Finalmente se implementaron los diseños de soportes, como se muestra en la figura 8, utilizando una impresora 3D.

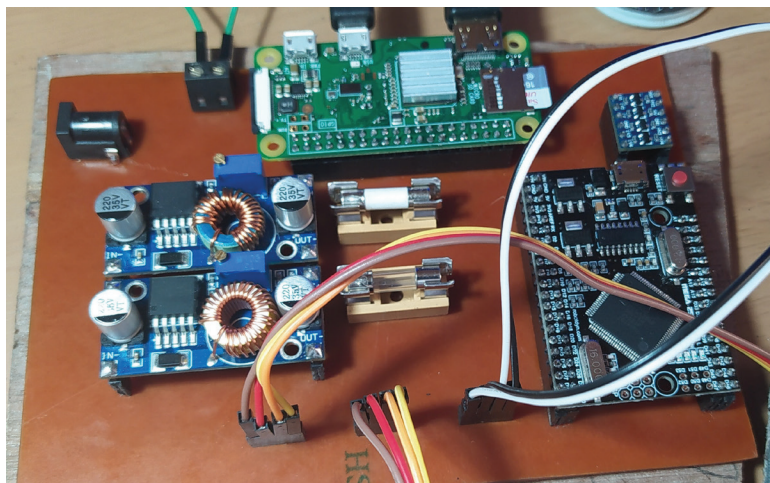


Figura 7. Placa terminada con sus componentes modulares conectados

Elaboración propia



Figura 8. Sistema completo implementado

Elaboración propia

### 3. VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE SIGNOS VITALES

Para la validación del sistema de monitoreo remoto se utilizó la toma de mediciones de los signos vitales del autor: Autor 01, a manera de paciente, quien se encontraba en buen estado de salud en el momento del desarrollo de la investigación. Se determinó, a partir del juicio de expertos, como se muestra en la tabla 1, que la determinación de los valores normales de los signos vitales como pulso, temperatura y saturación de oxígeno en la sangre, fuera cada siete horas en promedio durante cuatro días.

Es así que, además de las mediciones realizadas por el sistema desarrollado, se realizaron mediciones con dispositivos comerciales: el pulsioxímetro CONTEC CMS50D para el pulso y saturación de oxígeno, así como el termómetro infrarrojo KANGJI KY-111 para la temperatura, de los cuales se obtuvieron los datos que se muestran en las tablas 2 y 3. Adicionalmente, con los datos muestreados a través de los dispositivos comerciales se determinaron los signos vitales normales del paciente que se muestran en la tabla 4, los cuales nos dan un panorama de los valores de los signos vitales en condiciones normales ya que estos varían de un individuo a otro y en diferentes horas del día en la misma persona (Du Gas, 2000) y permiten contrastar lo obtenido por el sistema desarrollado.

Tabla 1  
Resultados de la encuesta aplicada por medio de la plataforma Google Forms

Marca temporal	2/27/2021 19:40:55	2/27/2021 19:52:52	2/27/2021 20:42:55	2/28/2021 18:14:46
Dirección de correo electrónico	Correo 01	Correo 02	Correo 03	Correo 04
Nombres y apellidos	Persona 01	Persona 02	Persona 03	Persona 04
Edad	60 años	71 años	57 años	58 años
Carrera profesional	Medicina Humana	Enfermería	Enfermería	
En su trabajo como personal sanitario, ¿ha realizado la medición de los signos vitales: pulso, saturación de oxígeno en la sangre y temperatura corporal?	Sí	Sí	Sí	Sí
De acuerdo a sus conocimientos, ¿cuáles son los valores máximo y mínimo de pulso (BPM) de un ser humano?	90 y 60 BPM	100 y 60 BPM	100 y 60 BPM	100 y 60 BPM

(continúa)

*(continuación)*

De acuerdo a sus conocimientos, ¿cuáles son los valores máximo y mínimo de la saturación de oxígeno (%) de un ser humano?	100 % y 92 %	100 % y 95 %	100 % y 95 %	100 % y 95 %
De acuerdo a sus conocimientos, cuáles son los valores máximo y mínimo de la temperatura (°C) de un ser humano?	37 °C y 36,2 °C	37,3 °C y 36,1 °C	37 °C y 36 °C	37,2 °C y 36,1 °C
En su opinión, ¿qué características de operación esperaría de un sistema de monitoreo de signos vitales remoto? (opción múltiple)	Encender solo con un botón, Pantalla física en el dispositivo (a manera de contrastación), Utilizar una página web a la cual se accede desde cualquier dispositivo con internet (laptop, teléfono, etc.)	Pantalla física en el dispositivo (a manera de contrastación), Utilizar una app instalable en su dispositivo móvil. Utilizar una página web a la cual se accede desde cualquier dispositivo con internet (laptop, teléfono, etc.)	Utilizar una página web a la cual se accede desde cualquier dispositivo con internet (laptop, teléfono, etc.). Interfaz amigable de usuario	Encender solo con un botón, Pantalla física en el dispositivo (a manera de contrastación), Utilizar una página web a la cual se accede desde cualquier dispositivo con internet (laptop, teléfono, etc.)
En su opinión y experiencia, ¿qué consideraciones se deberían tener con respecto a las características físicas del sistema? (opción múltiple)	Robusto ante caídas, montaje y desmontaje intuitivo	Robusto ante caídas, montaje y desmontaje intuitivo	Robusto ante caídas. Que no interrumpa las actividades del paciente. Montaje y desmontaje intuitivo	Que no interrumpa las actividades del paciente
En su opinión y experiencia, ¿qué zonas del cuerpo considera ideales para la medición del pulso? (opción múltiple)	Dedo, muñeca	Dedo, muñeca, axila	Dedo, muñeca	Muñeca, cuello
En su opinión y experiencia, ¿qué zonas del cuerpo considera ideales para la medición de la saturación de oxígeno en la sangre? (opción múltiple)	Dedo	Dedo	Dedo	Dedo

*(continúa)*

(continuación)

En su opinión y experiencia, ¿qué zonas del cuerpo considera ideales para la medición de la temperatura corporal, utilizando instrumentos o sensores por contacto con el cuerpo? (opción múltiple)	Axilar, esofágica, conducto auditivo	Axilar	Axilar, bucal	Axilar, bucal
En su opinión y experiencia, ¿qué zonas del cuerpo considera ideales para la medición de la temperatura corporal, utilizando instrumentos o sensores sin contacto con él cuerpo? (opción múltiple)	Cuello, frente	Frente	Frente	Frente, muñeca
En su opinión y experiencia, ¿qué tipo de material debería de emplearse para los soportes de sensores y otros componentes, asumiendo que tendrán contacto con el paciente y podría ocasionar alguna afección en su contra? (opción múltiple)	Plástico o similares, jebe	Plástico o similares, jebe	Plástico o similares, jebe	Jebe, acero inoxidable
Para determinar los signos vitales normales de un paciente ¿cada cuántas horas al día debe medirse el pulso?	Cada seis horas (si no es paciente crítico)	Cada cuatro horas	Cada ocho horas	Cada cuatro horas
Para determinar los signos vitales normales de un paciente ¿cada cuántas horas al día debe medirse la saturación de oxígeno en la sangre?	Cada seis horas (si no es paciente crítico)	Cada ocho horas	Cada ocho horas	Cada cuatro horas
Para determinar los signos vitales normales de un paciente ¿cada cuántas horas al día debe medirse la temperatura corporal?	Cada seis horas (Si no es crítico)	Cada ocho horas	Cada ocho horas	Cada cuatro horas

(continúa)



*(continuación)*

En función a las últimas tres preguntas anteriores para determinar los signos vitales normales de un paciente, ¿durante cuantos días se deben de tomar mediciones de los signos vitales (pulso, saturación de oxígeno en la sangre y temperatura corporal) para obtener un rango de valores normales de un paciente?	Tres o cuatro días.	Tres días	Tres días	Cuatro días
--	---------------------	-----------	-----------	-------------

Elaboración propia

Tabla 2

*Datos muestreados por el sistema propuesto*

	Sensor Signo Vital	MAX30102 Pulso (BPM)	MAX30102 Saturación de oxígeno (%)	MXL90614 Temperatura corporal (°C)
Lunes 08/02/21	7:00 a. m.	58	98	35,9
	2:00 p. m.	64	99	36,9
	9:00 p. m.	63	98	36,7
Martes 09/02/21	7:00 a. m.	64	98	36,1
	2:00 p. m.	68	97	36,6
	9:00 p. m.	66	99	35,9
Miércoles 10/02/21	7:00 a. m.	60	97	36,3
	2:00 p. m.	70	99	36,4
	9:00 p. m.	63	99	36,6
Jueves 11/02/21	7:00 a. m.	65	96	35,9
	2:00 p. m.	72	98	36,4
	9:00 p. m.	68	100	37,2

Elaboración propia

Tabla 3  
*Datos muestreados por dispositivos comerciales*

	Dispositivo Signo vital	CONTEC CMS50D Pulso (BPM)	CONTEC CMS50D Saturación de oxígeno (%)	KANGJI KY-111 Temperatura corporal (°C)
Lunes 08/02/21	7:00 a. m.	57	97	36,3
	2:00 p. m.	64	98	36,9
	9:00 p. m.	63	98	36,5
Martes 09/02/21	7:00 a. m.	64	98	36,4
	2:00 p. m.	68	96	36,7
	9:00 p. m.	65	99	36,4
Miércoles 10/02/21	7:00 a. m.	59	97	36,5
	2:00 p. m.	70	98	36,6
	9:00 p. m.	64	100	36,7
Jueves 11/02/21	7:00 a. m.	65	97	36,3
	2:00 p. m.	72	98	36,7
	9:00 p. m.	68	99	37,1

Elaboración propia

Tabla 4  
*Rangos de valores normales de los signos vitales del paciente*

Paciente	Signo vital	Rango de valores normales
Autor 01	Pulso (BPM)	(57-72)
	Temperatura (°C)	(36,3-37,1)
	Saturación de oxígeno (%)	(96-100)

Elaboración propia

Se realizó la aplicación de la prueba “t” de Student para muestras pareadas a los datos obtenidos a través de los dispositivos comerciales y el sistema desarrollado, para cada signo vital acotado en la investigación. Se utilizó esta prueba a partir de antecedentes de investigación como Suso-Martí *et al.* (2020) en el que se emplea dicha prueba para realizar un análisis comparativo de constantes vitales de pacientes en función de la intensidad de dolor, ya que esta permite analizar el mismo conjunto de elementos medidos bajo dos condiciones diferentes (Soporte de Minitab 19, 2021). De acuerdo con lo anterior, se tiene una cantidad de valores muestreados menor a 30 y se posee un mismo conjunto de elementos muestreados por intermedio de dos dispositivos distintos.

Se esbozó un gráfico comparativo de los valores muestreados con ambos dispositivos para los datos muestreados de los tres signos vitales contemplados, como se muestra en la figura 10.

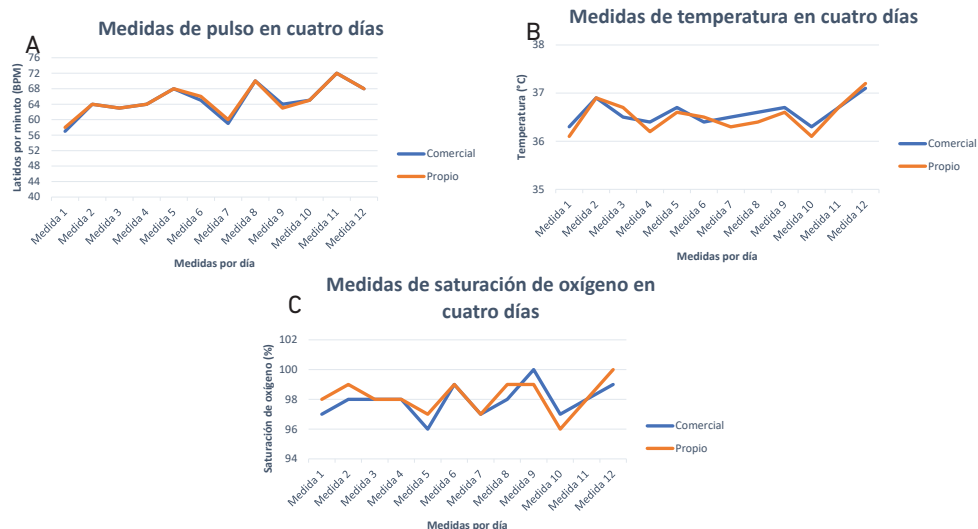


Figura 10. Gráfico comparativo de los valores muestreados. (A) Gráfico comparativo entre los datos de pulso, (B) temperatura y (C) saturación de oxígeno. Todos muestreados con el dispositivo comercial y el propio del autor  
Elaboración propia

Se obtuvo la respectiva tabla autogenerada por la herramienta “Análisis de datos” empleando la función “Prueba t para medias de dos muestras emparejadas” del software Excel, para cada signo vital, como se muestra en las tablas 5, 6 y 7.

Tabla 5

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas de las medidas muestreadas de pulso

	Comercial	Propio
Media	64,917	65,083
Varianza	18,083	16,083
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0,992	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	-1	
P(T<=t) una cola	0,169	
Valor crítico de t (una cola)	1,796	
P(T<=t) dos colas	0,339	
Valor crítico de t (dos colas)	2,201	

Elaboración propia

Tabla 6  
*Prueba t para medias de dos muestras emparejadas de las medidas muestreadas de temperatura*

	Comercial	Propio
Media	36,592	36,525
Varianza	0,059	
0,109		
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0,920	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	1,609	
P(T<=t) una cola	0,068	
Valor crítico de t (una cola)	1,796	
P(T<=t) dos colas	0,136	
Valor crítico de t (dos colas)	2,201	

Elaboración propia

Tabla 7  
*Prueba t para medias de dos muestras emparejadas de las medidas muestreadas de temperatura*

	Comercial	Propio
Media	97,917	98,167
Varianza	1,174	1,242
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0,765	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	-1,149	
P(T<=t) una cola	0,137	
Valor crítico de t (una cola)	1,796	
P(T<=t) dos colas	0,275	
Valor crítico de t (dos colas)	2,201	

Elaboración propia

Se esbozaron los gráficos de la distribución de la *t* de Student, como se muestra en la figura 11, para los datos muestreados de cada signo vital.

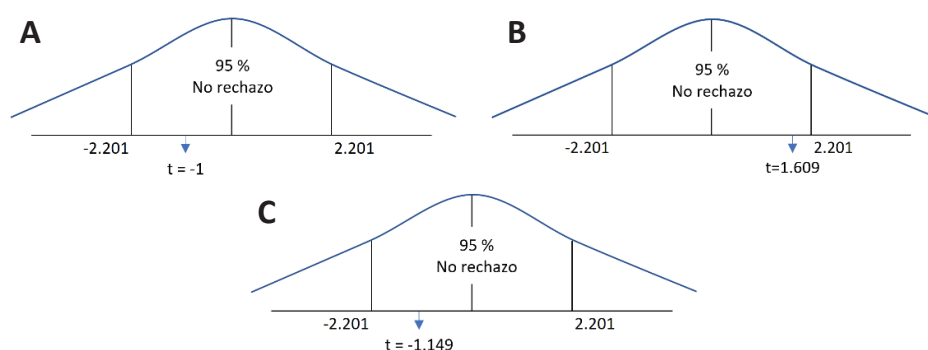


Figura 11. Gráfico de distribución de la  $t$  de Student. (A) Gráfico de distribución de la  $t$  de Student para el muestreo de datos de pulso, (B) temperatura y (C) saturación de oxígeno. Elaboración propia

Se obtuvo el no rechazo de la hipótesis nula para cada signo vital. Se determinó que con una seguridad del 95 % existe evidencia de que el promedio de medida de pulso en latidos por minuto del equipo comercial y el equipo propio no poseen diferencia significativa. Además, se cercióró que la mayoría de los datos obtenidos se encuentran dentro o muy cerca de los intervalos de los valores normales de los signos vitales del paciente en el que se evaluó el dispositivo, para lo cual también se debe considerar que los dispositivos comerciales poseen un margen de error.

#### 4. CONCLUSIONES

En el presente documento se detalla la descripción del proceso de desarrollo de una tarjeta modular para el monitoreo de signos vitales: pulso, temperatura y saturación de oxígeno, basada en la selección de componentes de *hardware* y *software*.

Se seleccionó el sensor MAX30102 para adquirir el pulso cardiaco y la saturación de oxígeno en la sangre del paciente, puesto que posee la capacidad de recopilar los datos de ambos signos vitales empleando un solo módulo de sensor. Además, el sensor MLX90614 en un módulo GY-906 para adquirir los valores de temperatura corporal del paciente, debido a su buena precisión (de  $\pm 0,10$  °C en el rango de 30-40 °C), siendo un rango de temperatura correcto para la aplicación médica a la que se orienta la esta investigación; y a su vez por su versatilidad con respecto a las zonas de medición de temperatura pues puede ser ubicado en zonas en las que se genera menos molestias físicas para el paciente.

Por otro lado, se seleccionó una placa Arduino Mega-Embebido para la adquisición de los datos muestreados por los sensores, debido a su buena capacidad de memoria SRAM y a su alto grado de compatibilidad con los sensores en lo que respecta al interfaz de comunicación I2C seleccionado y las librerías de control de cada uno de

ellos. Asimismo, se seleccionó la SBC Raspberry Pi Zero W para la transmisión remota utilizando tecnologías de Cloud Computing e internet de las cosas, debido a que tiene la capacidad de trabajar con el estándar 802,11 en la banda de 2,4GHz e integrar audio y video para recopilar más parámetros objetivos y subjetivos que proporciona el paciente al personal sanitario a manera de precedente en futuras investigaciones; además, posee la capacidad de instalarle un sistema operativo que permite la programación a distancia, como una ventaja en la coyuntura actual o similares. A su vez, se seleccionó la aplicación y API web de internet de las cosas ThingSpeak, debido a su compatibilidad con la tarjeta de transmisión remota seleccionada, empleando el modelo de computación en la nube a manera de *software* como servicio (SaaS) y el protocolo de comunicación HTTP, obteniendo una correcta comunicación empleando las configuraciones mencionadas a lo largo de la investigación, dejando un precedente para validación y mayores detalles técnicos en próximas investigaciones.

Según lo anteriormente mencionado, se diseñó e implementó la tarjeta de control, procesamiento y transmisión de los datos correspondientes a los signos vitales del paciente y se desarrolló un análisis de la compatibilidad de los dispositivos y potencia consumida, además del desarrollo de librerías para los componentes modulares en el *software* Eagle.

Finalmente, se realizó la verificación de la correcta obtención de los datos de los signos vitales realizando un muestreo de los datos de acuerdo al juicio de expertos y validándolos a través de la implementación de la prueba "t" de Student para muestras pareadas.

## REFERENCIAS

- Suso-Martí, L., Cuenca-Martínez, F., Arredondo-López, A., y Gil-Martínez, A. (2019). Análisis comparativo de las constantes vitales en pacientes agudos hospitalizados en función de la intensidad de dolor. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 26(4), 215-220. <https://dx.doi.org/10.20986/resed.2019.3707/2018>
- Du Gas, B. W. (2000). Tratado de enfermería práctica. (4.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana. <https://maludice7.com/wp-content/uploads/2019/04/Tratado-de-Enfermeria-Practica-Du-Gas.pdf>
- EDAN A world of potential. (11 de julio del 2021). iM80: Monitor de Pacientes Multiparamétrico [Archivo PDF]. Monitor paciente Multiparamétrico Edan IM80. <https://www.insanexsl.es/producto/monitor-paciente-multiparametrico-edan-im80/>
- Esquicha Tejada, J. D. (2019). Implementación de un Prototipo de Seguridad Física, para Monitorear Gases, Agua, Temperatura y Humedad en Ambientes Hospitalarios

- por Medio de RASPBERRY PI y BEEBOTTE. [Tesis de segunda especialidad en Auditoría de sistemas de seguridad de información, Universidad Católica de Santa María de Arequipa, Perú]. Repositorio de Tesis UCSM. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/8823>
- Seguro social de salud [EsSalud]. (2 de julio del 2020). *Pulsioxímetro para uso domiciliario en pacientes con COVID-19 catalogados inicialmente como casos leves y con factores de riesgo*. [http://www.essalud.gob.pe/ietsi/pdfs/covid\\_19/RB33\\_PULSEOXIMETER\\_14jul2020.pdf](http://www.essalud.gob.pe/ietsi/pdfs/covid_19/RB33_PULSEOXIMETER_14jul2020.pdf)
- Fundación Cardiovascular de Colombia [FCV]. (26 enero del 2017). *Telemedicina beneficiosa a pacientes pediátricos con enfermedades del corazón*. <http://www.fcv.org/site/noticias/novedades/380-telemedicina-beneficia-a-pacientes-pediatricos-con-enfermedades-del-corazon>
- González Romero, F. (2019). Diseño e implementación de un pulsioxímetro reflexivo y estudio de su funcionamiento en diferentes zonas del cuerpo. [Trabajo Fin de Grado en Ingeniería de las Tecnologías de Telecomunicación, Universidad de Sevilla, España]. Depósito de Investigación Universidad Sevilla. <https://hdl.handle.net/11441/94193>
- Hailey, D., Roine, R., y Ohinmaa, A. (2002). Systematic review of evidence for the benefits of telemedicine. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 8(1\_suppl), 1–7. <https://doi.org/10.1258/1357633021937604>
- Hospital María Auxiliadora. (2010). *Manual de procedimientos técnicos de enfermería del departamento de enfermería* [Archivo PDF]. <https://manualzz.com/doc/25386549/manual-de-procedimientos-tecnicos-del>
- International Telecommunication Union [ITU]. (2016). *Radio Regulations Volume 1 Articles Edition of 2016* [Archivo PDF]. Radio Regulations. <http://handle.itu.int/11.1002/pub/80da2b36-en>
- Maxim Integrated. (19 de enero del 2020). High-Sensitivity Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health. <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30102.pdf>
- Mejía Salas, H., y Mejía Suárez, M. (2012). Oximetría de pulso. *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*, 51(2), 149-155. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-06752012000200011&lng=es&lng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-06752012000200011&lng=es&lng=es)
- Melexis Microelectronic Integrated Systems. (14 de septiembre del 2006). *MLX90614 family: Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-39*. [https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/MLX90614\\_rev001.pdf](https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/MLX90614_rev001.pdf)

- Mercado Libre. (11 de julio del 2021). *Monitor de signos vitales de 5 parámetros*. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-441838079-monitor-de-signos-vitales-de-5-parametrosim-80-\\_JM#position=29ytype=itemytracking\\_id=c9c3c8ef-0090-46bf-a59e-c818deaddcca](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-441838079-monitor-de-signos-vitales-de-5-parametrosim-80-_JM#position=29ytype=itemytracking_id=c9c3c8ef-0090-46bf-a59e-c818deaddcca)
- Ministerio de Energía y Minas [MINEM]. (30 de enero del 2006). Código Nacional de Electricidad[ArchivoPDF].Resolución MinisterialN.º037-2006-MEM-DM.<https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/738607-037-2006-mem-dm>
- Soporte de Minitab® 19. (11 de julio del 2020). *Revisión general de t pareada*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/paired-t/before-you-start/overview/>
- Ministerio de Salud del Perú [MINSA]. (2009). *Norma técnica de salud en telesalud. NTS N.º 067-MINSA/DGSP-V.01*. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1428.pdf>
- Sanmartín Mendoza, P., Ávila Hernández, K., Vilora Núñez, C., y Jabba Molinares, D. (2016). Internet de las cosas y la salud centrada en el hogar. *Revista Salud Uninorte*, 32(2), 337-351. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-55522016000200014&lng=en&lng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522016000200014&lng=en&lng=es)
- Yauri Rodríguez, R. (2018). *Implementación de una red inalámbrica de sensores para el monitoreo remoto de variables fisiológicas en pacientes ambulatorios*. [Tesis de Maestría en Ingeniería Biomédica, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional del Callao. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/2816>



# RELACIÓN DE LA GESTIÓN DE RIESGOS Y CALIDAD DE *SOFTWARE* REALIZADOS POR LOS PROFESIONALES DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ DEL CONSEJO DEPARTAMENTAL DE LIMA

DIANA VALERIA PAUCAR BERNARDO  
180000315@cientifica.edu.pe / ORCID: 0000-0003-4583-8539

PAULINA TESSALIA ACHO SANTILLAN  
180000242@cientifica.edu.pe / ORCID: 0000-0003-2830-2185

CARLOS SALVADOR PERALTA DELGADO  
cperalta@cientifica.edu.pe / ORCID: 0000-0003-2301-503X

Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

## Resumen

La gestión de riesgos y calidad de *software* son factores críticos de éxito en la gestión de proyectos de tecnologías de la información. En ese contexto, la investigación se basa en el propósito de contribuir en la gestión del proyecto para lograr el éxito, a través de una gestión de riesgos adecuada basada en un estándar reconocido. El objetivo de la investigación es determinar el grado de relación entre la gestión de riesgo y la calidad de *software* en proyectos realizados por los profesionales del Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Departamental Lima. El estudio es de diseño no experimental y de tipo correlacional, para ello se realizó una encuesta virtual, en la cual se consideraron aspectos como: aplicación de procesos de gestión de riesgo, planificación financiera, motivación del equipo de trabajo, capacitaciones y atributos de calidad del sistema de los proyectos que realizaron los encuestados. Los resultados indican que la gestión de riesgos tiene una relación significativa en la calidad de *software*, por lo que realizar una gestión de riesgos adecuada en proyectos asegura lograr los resultados esperados y, en mayor grado, a cumplir con las características de calidad.

PALABRAS CLAVES: gestión de riesgos / calidad de *software* / proyectos de TI / ISO 25000 / ISO 31000

## RISK AND QUALITY MANAGEMENT RELATIONSHIP OF SOFTWARE MADE BY PROFESSIONALS FROM THE PERUVIAN COLLEGE OF ENGINEERS OF THE LIMA DEPARTMENTAL COUNCIL

### Abstract

A critical success factor in IT project management is risk management, and part of determining a project as successful is achieving software quality. In this context, the research is based on contributing in a certain way to the management of the project to achieve success through adequate risk management based on a recognized standard. The research objective is to determine the relationship between risk management and software quality in projects carried out by professionals from the Colegio de Ingenieros del Peru, Consejo Departamental Lima. The study with non-experimental design and a correlational type; a virtual survey was carried out, in which aspects such as application of risk management processes, financial planning, motivation of the work team, training, and quality attributes of the system were considered of the projects that the respondents carried out. The results indicate that risk management has a significant relationship with software quality, so performing adequate risk management in projects ensures that the expected results are achieved and, at the same time, complies with the quality characteristics.

KEYWORDS: risk management / software quality / IT project / ISO 25000 / ISO 31000

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el valor y la importancia de gestionar proyectos de tecnologías de información (TI) se ha incrementado en diversas industrias; se estimó que para el 2021 la toma de decisiones del 83 % de las industrias se base en información generada por los sistemas de tecnología de la información, según una encuesta realizada a 2000 industrias (PwC, 2016). En ese sentido, la gestión integral de estos proyectos debe de ser eficiente para lograr el éxito de los mismos y obtener los beneficios esperados; según Rudas (2017) el éxito de los proyectos de cualquier índole se da al ejecutarlo dentro de las restricciones de alcance, riesgos, costos, recursos, tiempo y calidad.

La presente investigación se enfoca en la gestión de riesgos y calidad de *software* al ser factores críticos de éxito en proyectos de TI. La valoración de la gestión de riesgos radica en identificar, analizar, evaluar y tratar los mismos con la finalidad de anticiparse a eventos que puedan generar un impacto negativo o positivo en el proyecto (Norma Técnica Peruana NTP ISO 31000: 2018). Por otro lado, la importancia de la calidad del *software* significa lograr la satisfacción de los requerimientos de los usuarios (ISO/IEC 25 000). En ese sentido, la investigación pretende aportar al conocimiento ya existente sobre la importancia y efectividad de la gestión de riesgos para lograr la calidad del *software* basando su aplicación en estándares internacionales o nacionales, a través de antecedentes, revisión teórica y determinación del grado de relación entre las variables de estudio: gestión de riesgos y calidad de *software*, en proyectos realizados por profesionales del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP), Consejo Departamental de Lima (CDL).

¿Se ha preguntado cuántos de los proyectos de TI son exitosos al año? Standish Group, publica, desde 1994, un reporte denominado CHAOS Report, que tiene como objetivo dar una visión holística del éxito y fracaso de los proyectos de TI realizando un análisis de más de 50 000 proyectos. Según el informe de CHAOS Report del 2018, el porcentaje de proyectos exitosos, discutidos y cancelados es de 33 %, 48 % y 19 % respectivamente, lo que significa que el 33 % de los proyectos cumplieron con los atributos que definen el éxito: tiempo, costo, objetivos, valor y satisfacción, mientras que el 48 % tuvo una variación de lo planificado en algún atributo y, por último, el 19 % de los proyectos se consideran como fracasos porque fueron cancelados antes de iniciar o durante su ejecución (Portman, 2020).

Tabla 1  
*Resultados de los diez últimos años de CHAOS Report (porcentajes)*

Proyectos/años	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2018
Exitosos	32	29	27	31	28	29	37	33
Discutidos	44	49	56	50	55	52	42	48
Cancelados	24	22	17	19	17	19	21	19

Fuente: Portman (2020) y Bruno y Martínez (2020)

Según los resultados de la tabla 1, en los últimos diez años el porcentaje promedio de los proyectos de TI exitosos es de solo el 30 %, frente al 70 % que corresponde al porcentaje promedio total de proyectos discutidos y cancelados, lo que indudablemente refleja una problemática general en la gestión de proyectos.

Las razones porque fracasan los proyectos, según Ramírez (2017), que realiza un análisis y aporte a los resultados de CHAOS Report, es que las causas son un conjunto de factores de riesgo de diferente índole mal gestionados; estos factores son resultado de una mala gestión en la etapa de análisis y definición de requerimientos, errores que se cometen también en la fase de diseño de *software* y desarrollo. Así mismo, Carrizo y Alfaro (2018) confirman lo mencionado por Ramírez y añaden la ausencia de la aplicación de metodologías o buenas prácticas que guíen la gestión de los proyectos, la falta de presupuesto, personal no especializado o capacitado, entre otras causas.

En el Perú, muchas empresas que realizaron proyectos tecnológicos y de innovación han fracasado por algún(os) factor(es) mencionados anteriormente, por lo que se debe tratar estos factores con una administración basada en riesgos. Camacho, consultor en TI y especialista en gestión de riesgos, indica que los proyectos realizados en el país se desarrollan con una metodología tradicional donde se evidencia la planificación insuficiente en las fases de los proyectos, lo que conlleva al aumento de riesgos, de menor o mayor nivel de complejidad, entre algunos casos empíricos tenemos el BPM EsSalud, BPM Produce y BPM del Ministerio de Economía y Finanzas, los cuales han sido intentos tecnológicos sin medir el impacto de su implementación en las instituciones antes mencionadas, en donde se enfrentaron a desafíos nuevos incluso más allá de su capacidad y de lo que se había planeado. (América Sistemas, 2015).

El Colegio de Ingenieros del Perú es una institución que agrupa al mayor número de profesiones de diferentes especialidades, con el objetivo de crear, aplicar y dar a conocer mejores herramientas de gestión, métodos y sistemas en el campo de la ingeniería. Con la finalidad de contribuir con el objetivo de dicha institución, la presente investigación se aplica en dicha institución, específicamente en los profesionales colegiados del Capítulo de Ingeniería Industrial, Sistemas y de Transporte (CIIST), capítulo que

congrega a profesionales afines de la investigación. A partir de una entrevista documentada, se consultó a tres profesionales colegiados con más de 25 años de experiencia en proyectos de TI respecto a gestión de riesgos y la calidad de *software*; dichos profesionales confirman la problemática de la investigación y mencionan que el porcentaje de proyectos fracasados en el Perú es de más del 50 %, por lo que son conscientes de la importancia del tema de estudio y que en muchas ocasiones han sido autores o testigos de que se ha ignorado los riesgos por el exceso de confianza, creyendo que lo planificado sucederá y se lograrán los objetivos sin ningún inconveniente; sin embargo, cuando se materializaron los riesgos se evidencia el desconocimiento en la gestión de los mismos basada en buenas prácticas. Así mismo, agregan que el capital humano es uno de los componentes fundamentales en un proyecto, ya que ellos son quienes toman las decisiones y en base a ello realizan la gestión, por lo que, deberían contar con un nivel de conocimiento y experiencia suficiente para liderar los proyectos.

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo determinar el grado de relación entre la gestión de riesgo y la calidad de *software* en proyectos realizados por los profesionales del CIP - CDLima. En ese sentido, la segunda sección del presente artículo describe el marco teórico, la tercera sección la metodología, la cuarta los resultados y finalmente las conclusiones en la quinta sección.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Gestión de riesgos

Los riesgos siempre han sido parte de la vida del hombre, teniendo un origen natural o creados por él mismo. Con el tiempo, las actividades que realizaba el hombre fueron evolucionando, de la agricultura a la industrialización y mecanización de actividades. Ello trajo consigo la aparición de riesgos de diversos tipos, generados por diversas fuentes y con impactos en diferentes niveles, que afectan a todos en diferente grado (Castañeda, 2018). En 1980, en el sector manufacturero la gestión de riesgos estaba relacionada con la administración de la calidad total; el objetivo era no cometer errores en los procesos productivos y, por lo tanto, no tener productos defectuosos como resultado final. En los años noventa, se notó la importancia de la gestión de riesgos, esta vez en el sector financiero, ya que, con ello se podía identificar, estimar y estar preparados para responder a los riesgos que llegaban a suceder. Poco a poco, la gestión y administración de riesgos fue escalando y comenzó a ser aplicada en distintos ámbitos (Lizarzaburu *et al.*, 2017).

Según la ISO/IEC 31000:2018, el riesgo es el resultado de la incertidumbre sobre las metas, generado por un evento o suceso que se considera fuente de riesgo, que pudo ser previsto o no, que puede tener diversas causas y consecuencias, por lo que genera una desviación sobre lo previsto, siendo algo negativo, positivo o ambos para la organización

y como resultados genera oportunidades o amenazas. Los riesgos se definen según su fuente, probabilidad de ocurrencia y nivel de impacto (Organización Internacional de Normalización, 2018).

En proyectos de TI, la administración de riesgos viene a ser una metodología que incluye herramientas y procesos que tienen la finalidad prevenir los riesgos y, en caso de que sucedieran, preparar un plan de respuesta. Parte de la gestión para el plan de respuesta implica cuantificar el valor de los riesgos, evaluar su impacto y plantear las acciones de respuesta que se deben incluir en el plan. Los autores comentan que los riesgos se encuentran en su mayoría en la gestión que realiza el factor humano en base a su nivel de conocimiento y capacidad de implementación del tipo de proyecto (Caballero y Kuna, 2018). Actualmente, debido al valor de la gestión de riesgos en un proyecto u organización, algunos estados u organizaciones mundiales de estandarización han creado marcos de referencias, metodologías, modelos, estándares y normas internacionales y nacionales.

Según Zeballos (2019), usar un modelo de administración de riesgos ayuda a realizar una gestión eficiente de los riesgos identificados, lo que disminuye el impacto de los mismos sobre los objetivos y activos de la organización; así mismo proporcionan técnicas para la identificación, análisis y tratamiento de los riesgos. El autor resalta que cada modelo tiene ventajas y desventajas, con características particulares que las diferencian. Para decidir qué modelo se debe utilizar, se debe evaluar el contexto de implementación, así como el cumplimiento del mismo según las necesidades.

Rudas (2017) desarrolló la investigación *Modelo de gestión de riesgos para proyectos de desarrollo tecnológico*. El objetivo fue desarrollar y aplicar un modelo de gestión de riesgos en proyectos de inteligencia artificial en México, con la finalidad de enfrentar proactivamente los posibles sucesos que impactan en los objetivos del proyecto. La investigación fue de diseño experimental y de tipo explicativo. Al implementar el modelo de gestión de riesgos propuesto, se obtuvo una reducción del 14 % del presupuesto asignado para la ejecución de proyectos, el tiempo de entrega de elementos importantes del proyecto se redujo a ocho días antes de lo acordado en las negociaciones, la asignación de recursos humanos fue temprana y se garantizó la calidad del producto mediante la ejecución de la herramienta de Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF) para identificar problemas potenciales y futuros efectos. El estudio concluye que el modelo de administración de riesgos posee un impacto positivo en el desarrollo e implementación de los proyectos.

Tabla 2  
Modelos de gestión de riesgos

Enfoque	PMBOK	PRINCE2	PM2	PRAM	ISO 31000:2018
	Estándar	Metodología	Metodología	Metodología	Estándar
Fases o procesos de gestión de riesgos	<ol style="list-style-type: none"> <li>Planificar la gestión de los riesgos</li> <li>Identificar los riesgos</li> <li>Análisis cualitativo de los riesgos</li> <li>Análisis cuantitativo de los riesgos</li> <li>Planificar la respuesta a los riesgos</li> <li>Implementación del plan de respuesta ante los riesgos</li> <li>Monitorrear</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Identificar los riesgos                             <ol style="list-style-type: none"> <li>Identificar el contexto</li> <li>Identificar los riesgos</li> </ol> </li> <li>Evaluar los riesgos                             <ol style="list-style-type: none"> <li>Estimación del riesgo</li> <li>Evaluación del riesgo</li> </ol> </li> <li>Planificar la respuesta a los riesgos</li> <li>Implementar respuesta a los riesgos</li> <li>Comunicar</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Identificar los riesgos</li> <li>Evaluar riesgos</li> <li>Desarrollar respuesta ante los riesgos</li> <li>Control de los riesgos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Iniciar                             <ol style="list-style-type: none"> <li>Definir proyecto</li> <li>Enfoque del proceso de gestión de riesgos</li> </ol> </li> <li>Identificar</li> <li>Evaluar                             <ol style="list-style-type: none"> <li>Estructura</li> <li>Propiedad</li> <li>Estimación</li> <li>Evaluación</li> </ol> </li> <li>Planear respuestas</li> <li>Planear respuestas a eventos riesgo</li> <li>Planear respuestas a riesgos del Proyecto</li> <li>Implementar respuestas</li> <li>Gestionar proceso</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Comunicación y consulta</li> <li>Alcance, contexto, criterios</li> <li>Evaluación del riesgo                             <ol style="list-style-type: none"> <li>Identificación del riesgo</li> <li>Análisis del riesgo</li> <li>Valoración del riesgo</li> </ol> </li> <li>Tratamiento del riesgo</li> <li>Seguimiento y revisión</li> <li>Registro e informe</li> </ol>

Fuente: Guillart y Capuz (2020)

## 2.2 Gestión de recursos financieros

La administración y gestión de los recursos financieros de una entidad, que se conoce como gestión financiera, tiene como objetivo financiar y solventar todos los gastos de la misma. Por ello, es un factor importante dentro de la gestión empresarial, así mismo, comprende la identificación de las necesidades financieras de la organización, análisis de la situación financiera y disponibilidad de los recursos, planes de previsión, proceso de toma de decisiones, estrategias de uso del capital financiero y control de los recursos financieros (Rodríguez, 2016). En proyectos, la gestión financiera es la administración eficaz de los costos, parte de la gestión de costos es determinar específicamente un monto para los riesgos identificados y no identificados en la planificación del proyecto, denominados reserva de contingencia y gestión que sirven para el tratamiento de los mismos.

Cabrera *et al.* (2017) desarrollaron la investigación *La gestión financiera aplicada a las organizaciones*. La finalidad del estudio fue analizar la importancia, formular y desarrollar un modelo de gestión financiera con una perspectiva íntegra, sistemática y que colabore en la toma de decisiones. En el estudio se hizo una revisión de diversas teorías de gestión financiera; así mismo, estudió estrategias y medios financieros para realizar una gestión financiera eficaz y eficiente para toda organización, independientemente del tamaño o sector al que pertenezca. El modelo que la investigación formula consta de tres etapas: planificación, ejecución y análisis, y control y decisión; además define el análisis financiero como una herramienta para realizar el seguimiento a la situación y desempeño económico y financiero real de la empresa. El estudio concluye que la gestión financiera es un instrumento que ayuda significativamente en el procedimiento de toma de decisiones.

El Project Management Body of Knowledge (PMBOK) define como un área de conocimiento a la gestión del costo, que tiene como objetivo gestionar los recursos financieros del proyecto, ello comprende la planificación, estimación, el proceso de presupuesto, gestión y control de los costos que se necesitan, con la finalidad de ejecutar el proyecto dentro del presupuesto asignado (Project Management Institute, 2017). A continuación, los procesos de gestión de costos según el PMBOK:

1. Planificación de la gestión de los costos: Se debe realizar en la fase inicial del proyecto, puesto que, en ella se debe de documentar el plan de gestión de costos con las siguientes características: nivel de precisión, nivel de exactitud, unidad de medida; ello debe estar relacionado con la estructura desglosable de trabajo (EDT), con la descripción de las acciones de seguimiento al desempeño y técnicas para hallar y controlar el valor ganado (EVM).
2. Estimar los costos: Dicho proceso tiene como resultado el costo aproximado expresado en una unidad de medida determinada que será necesario para



realizar todas las actividades del proyecto. Ello se debe de monitorear y calcular frecuentemente, ya que la optimización y exactitud de la asignación de los costos se logra en base al equilibrio entre los costos y riesgos y, sobre todo, a medida que el proyecto avance porque se considera detalles más específicos. La estimación de los costos se calcula a partir de información previamente consolidada en el plan de gestión de costos, que es una guía para determinar el costo. Adicionalmente, se debe considerar el plan de gestión de calidad, ya que ello nos proporciona información sobre los recursos y actividades para lograr los objetivos de calidad determinados.

Otra información necesaria para estimar los costos es la línea base del alcance; ello nos proporciona información sobre el nivel de desarrollo y complejidad del proyecto y nos muestra de manera muy detallada las actividades, fases y componentes del trabajo a realizar. Además, se debe tomar en cuenta para la estimación el cronograma, la lista de riesgos y los requisitos de los recursos. Todo ello nos proporcionará datos muy importantes como el tiempo que vamos a utilizar los recursos, el plan de acción frente a los riesgos y el tipo de recursos que necesitaremos.

3. **Determinar el presupuesto:** Es el proceso que contabiliza el total de los costos de cada actividad a realizar, tiene como resultado determinar la línea de base de costos aprobada, que excluye la reserva de gestión, pero incluye las reservas de contingencia. Es muy importante definir que las reservas de contingencia se planifican para afrontar la lista de riesgos, mientras que la reserva de gestión permite afrontar los riesgos que no fueron identificados como tales, pero que en el desarrollo del proyecto se presentaron.
4. **Controlar los costos:** Es el proceso de monitoreo para recalcular los costos que se debe realizar durante todo el proyecto; la mayor ventaja de ello es mantener la línea de base de costos y, si se identifica algún cambio, se debe de realizar bajo el cumplimiento del proceso de control integrado de cambios. Por ello es muy importante realizar el seguimiento a todos los gastos en que se incurre, asegurando que el gasto corresponda al concepto correcto. Este proceso incluye comunicar a los interesados, en el momento oportuno, sobre los cambios, asegurar que los cambios se estudien y realicen conforme a lo establecido y a tiempo, identificar variaciones, asegurarse de no sobrepasar la línea de base aprobada, entre otras acciones.

### 2.3 Gestión del talento humano

En proyectos de TI, el factor humano es considerado uno de los componentes principales en la elaboración de soluciones de *software*; jefes de proyectos y empresarios

concuerdan que parte del éxito en los proyectos se debe a las personas y, sobre todo, al trabajo en equipo. De este modo, se muestra el interés por satisfacer las necesidades de los colaboradores, de motivarlos y desarrollar nuevas capacidades, potenciando sus habilidades y competencias. Es por ello que las empresas dedicadas a la gestión de proyectos emplean metodologías, generan y aplican conocimientos sobre técnicas de gestión de trabajo y estrategias organizacionales con la finalidad de que ello influya significativamente en el rendimiento y mejora en las actividades laborales, así como con el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

El Instituto de Ingeniería de Software plantea un modelo sobre los niveles de madurez en la administración de personas. Dicho modelo tiene como finalidad cooperar, motivar y retener al personal y, sobre todo, mejorar la capacidad en el desarrollo de los sistemas (Carranza, 2016). Desde esta perspectiva, las capacitaciones al equipo de trabajo cumplen un rol primordial desde un inicio, ya que el objetivo es generar una curva de aprendizaje efectiva al iniciar el proyecto. A ello se suma la teoría del capital humano propuesta por Becker. Esta teoría se enfoca en las capacitaciones generales y específicas, es decir, en el entrenamiento general para que el equipo tenga conocimientos referentes a la organización y proyectos; por otro lado, al entrenamiento específico para incrementar la productividad laboral (Tovar, 2017). Todo ello para que el equipo de trabajo mejore y aprenda sobre nuevos temas específicos que contribuyan al desempeño laboral.

Otra estrategia en gestión de recursos humanos es la gamificación. Hernández *et al.* (2017) señala que la palabra gamificación hace referencia a la aplicación de componentes de juegos en el entorno profesional y educativo, con la finalidad de mejorar el compromiso y transmitir un mensaje. En el ámbito de proyectos de *software* es determinada como un instrumento viable en el desarrollo del personal, ya que permite motivar a los integrantes para participar e interactuar en diversas actividades y planes, logrando que durante la participación se disfrute del proceso de aprendizaje, lo que permite generar o mejorar habilidades como la competitividad, el trabajo en equipo, el liderazgo, la creatividad, la comunicación, entre otros. En proyectos de desarrollo de *software*, se define como una actividad social dirigida por tareas centradas en personas; ante ello, la gamificación se convierte en una herramienta potencial que influye en las motivaciones, comunicaciones y compromiso de los miembros del proyecto, de manera que impacta sobre el rendimiento y éxito de los proyectos de *software*.

Cabe resaltar que, Bianciotti *et al.* (2017) desarrollaron la investigación *Gestión de proyecto de software: un método basado en gamificación para mejorar la calidad del producto y desempeño del grupo de desarrollo* con el objetivo de plantear una nueva metodología para mejorar la calidad del producto y desempeño del equipo de trabajo en proyectos de desarrollo de *software*. El estudio hizo una revisión de diversas investigaciones y conceptos que afirman y respaldan la importancia de realizar una administración idónea

y adecuada de los recursos humanos en proyectos de tecnología, puesto que es considerado como elemento fundamental para el éxito del proyecto. Por ello se desarrolló un método de gestión de recursos humanos enfocado en técnicas de gamificación, permitiendo evidenciar los avances del proyecto de manera dinámica, así como los logros y la retroalimentación individual y de equipo.

## 2.4 Calidad de *software*

Calidad de *software*, según Pressman, es la conformidad de los requerimientos y funcionalidades del sistema de acuerdo con las normas establecidas de desarrollo. Por consiguiente, el sistema está asociado con el grado de cumplimiento de los criterios de aceptación del *software* basados en las especificaciones y satisfacción del usuario (Aizprua *et al.*, 2019). En la industria del *software*, la gestión de riesgos contribuye a la determinación de riesgos ya establecidos y los que pueden suceder en los proyectos; de allí radica la importancia de introducirla, de manera que mejora la calidad del producto.

Por lo que, Callapiña, Flores y Haycho (2019), realizaron una investigación que relaciona la gestión del riesgo y la gestión de la calidad del proyecto con una muestra censal de veinticuatro jefes de proyectos del área de tecnología. Los resultados señalaron que el 100 % admiten que las métricas, acciones y empleo de estándares de gestión de calidad influyen significativamente sobre los proyectos de TI; asimismo, el empleo de gestión de calidad influye en un 100 % sobre la gestión de riesgo operacional, por lo que existe una relación moderada entre los objetos de estudio.

La ISO (International Organization for Standardization) 25000, también llamada SQuaRE (siglas en inglés significa System and Software Quality Requirements and Evaluation), es un grupo de normas con el fin de orientar las evaluaciones sobre las características o atributos de calidad del *software*. Está dividida en cinco secciones: ISO/IEC 2500n respecto a gestión, ISO/IEC 2501n respecto a modelo, ISO/IEC 2502n respecto a medición, ISO/IEC 2503n respecto a requisitos y la ISO/IEC - 2504n respecto a evaluación. (Buñay *et al.*, 2020). La ISO 25010 pertenece a la familia ISO/IEC 2501n de la sección de modelo de calidad; tiene específicamente modelos de calidad que incluyen características de calidad interna, es decir, al desarrollo del *software*, externa (referente al funcionamiento del sistema) y del uso del sistema. Es considerada como uno de los estándares más completos para evaluar la calidad del sistema, incluyendo criterios y subcriterios de los atributos de calidad. Está compuesta por ocho características de calidad, las cuales permiten evaluar el producto. A continuación, en la tabla 3 se muestran las características y subcaracterísticas.

Tabla 3  
*Características y subcaracterísticas de la ISO 25010*

CARACTERÍSTICAS	SUBCARACTERÍSTICAS
Adecuación funcional	Compleitud funcional Corrección funcional Pertinencia funcional
Eficiencia de desempeño	Comportamiento temporal Utilización de recursos Capacidad
Compatibilidad	Coexistencia Interoperabilidad
Usabilidad	Capacidad para reconocer su adecuación Capacidad de aprendizaje Capacidad para ser usado Protección contra errores de usuario Estética de la interfaz de usuario Accesibilidad
Fiabilidad	Madurez Disponibilidad Tolerancia a fallos Capacidad de recuperación
Seguridad	Confidencialidad Integridad No repudio Responsabilidad Autenticidad
Mantenibilidad	Modularidad Reusabilidad Analizabilidad Capacidad para ser modificado Capacidad para ser probado
Portabilidad	Adaptabilidad Facilidad de instalación Capacidad para ser reemplazado

Fuente: Narváez *et al.* (2020)

Los diversos modelos y estándares implican todas las características posibles de calidad para ejecutar una adecuada evaluación. A nivel de producto, el modelo de calidad está enfatizado en cumplir con la satisfacción del cliente y evaluación, mediante la verificación del cumplimiento de las características del producto a base de los requerimientos establecidos desde la fase inicial del proceso de desarrollo. Por lo tanto, este modelo permite que los atributos del *software* tengan una concordancia entre los requisitos y construcción del sistema a fin de tener y garantizar la calidad (Callejas *et al.*, 2017). A

continuación, en la tabla 4, se presentan las características más empleadas en el *software*, comparado en los distintos estándares y modelos de calidad.

Tabla 4  
Comparación de características de modelos/estándares de la calidad de *software*

CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD / MODELOS O ESTÁNDARES DE CALIDAD DE SOFTWARE	Boehm	Dromey	McCall	FURPS	SATC	C-QM	WebQEM	ISO 9126	ISO 25010	SQAE
Funcionalidad o adecuación funcional		X		X	X	X	X	X	X	
Usabilidad o facilidad de uso		X	X	X	X		X	X	X	
Integridad o seguridad			X						X	
Corrección, precisión o exactitud			X							
Confiabilidad o fiabilidad	X	X	X	X			X	X	X	
Eficiencia o rendimiento	X	X	X	X	X		X	X	X	
Facilidad de mantenimiento		X	X		X	X		X	X	X
Facilidad de prueba	X		X		X					
Flexibilidad, mutabilidad, facilidad de modificación, facilidad de cambio	X		X							
Facilidad de reutilización		X	X			X				X
Interoperabilidad			X							
Portabilidad o facilidad de trasportación	X	X	X					X	X	X
Ingeniería humana	X									
Comprensibilidad, facilidad de entendimiento, descripción o pertinencia del reconocimiento	X									
Soporte o facilidad de soporte				X						
Compatibilidad									X	
Conformidad						X				
Capacidad de evolución o capacidad de ampliación										X
Total	7	7	11	5	5	4	4	6	8	4

Fuente: González *et al.* (2015)

Por consiguiente, de la tabla 4 se infiere qué cantidad de atributos comparten los modelos y estándares de calidad, siendo el modelo McCall el que posee más características, con once características, ISO 25010 con ocho características, Boehm y Dromey con siete características, y la ISO 9126 con seis características. Asimismo, los atributos más empleados en los diferentes modelos son la eficiencia, confiabilidad, mantenimiento, usabilidad, funcionalidad y portabilidad.

Un caso de aplicación del estándar ISO/IEC 25000 es la investigación realizada por Mamani (2019), titulada *Aplicación del estándar ISO/IEC 25000 para la estimación de calidad en uso del sistema académico Galileo Asistente de la universidad nacional del centro del Perú*; el estudio empleó la ISO 25 000 a fin de cuantificar la medida del sistema respecto al cumplimiento de la automatización de sus procesos administrativos. La evaluación de dicho sistema fue realizada mediante una encuesta a 23 colaboradores de la universidad; el cuestionario estuvo basado sobre las características de calidad como eficiencia, eficacia y usabilidad. Por lo que la percepción de eficiencia fue de 90,4 %, la percepción de eficacia fue de 89,8 % y la percepción de usabilidad fue de 77,9 %; por todo ello, el sistema cumplió de manera muy satisfactoria sus requerimientos y lograr sus objetivos. Además, el 83,9 % de colaboradores aprobaron la calidad del sistema. La aplicación del estándar en la investigación permitió realizar una evaluación de calidad compleja y realista del *software*, de tal manera que se evidenció la confianza y satisfacción de los usuarios.

### 3. METODOLOGÍA

El estudio es de diseño no-experimental, donde se analizaron las variables en un contexto natural y es de tipo correlacional-transeccional, ya que se buscó el grado de relación entre la gestión de riesgos y la calidad de *software* en proyectos realizados por los colegiados del Capítulo de Ingeniería Industrial, Sistemas y Transportes del CIP del CDL. La población de la investigación estuvo formada por 16 673 colegiados entre inactivos y activos que pertenecen al CIP desde 1962 hasta 2019 (Colegio de Ingenieros del Perú, 2019) y la muestra fue de 120, la cual fue calculada por la fórmula de población finita, de tipo probabilístico y aleatorio simple, con un nivel de confianza del 92 % y margen de error del 8 %.

Se decide trabajar con un nivel de confianza y margen de error fuera de lo convencional para obtener una muestra representativa, con una certeza e intervalo de confianza en el rango de lo aceptable, ya que en el estudio se consideraron ciertos factores que impactan como: probabilidad alta de que el número de respuestas obtenidas a un determinado tiempo sea menor a lo planificado, direcciones de correo incorrectas o dadas de baja, tiempo determinado para la investigación, criterios de inclusión, el hecho de que la encuesta fue voluntaria, la gran cantidad de preguntas en el instrumento, entre otros.

Para llevar a cabo la investigación se realizó una encuesta virtual, dada la coyuntura generada por el COVID-19 que implementó nuevas medidas de convivencia como el aislamiento social y el estado de emergencia sanitaria; la encuesta fue voluntaria y anónima; en ella, los criterios de inclusión determinados fueron: ser colegiado activo y haber liderado por lo menos un proyecto de TI. La encuesta se realizó entre enero y febrero del 2021.

La encuesta utilizó como método psicométrico la escala de Likert, con una valoración ordenada del 1 al 5, la cual incluye frecuencias de tiempo, niveles de satisfacción, porcentajes y aplicación. Según Maese *et al.* (2016) la escala de Likert es una medida común que se utiliza para conocer la opinión, percepciones y valoraciones de las personas a través de un instrumento; pero antes de ser aplicada se debe de evaluar la calidad del constructo. A este proceso se denomina comprobar la fiabilidad. La encuesta contiene 53 preguntas correspondientes a las variables de estudio y dimensiones, centralizada en un proyecto de TI realizado, considerando aspectos como: aplicación de procesos de gestión de riesgo, planificación financiera, motivación del equipo de trabajo, capacitaciones y atributos de calidad del sistema. Para la validación se realizó juicio de expertos. Respecto a la evaluación de la confiabilidad y consistencia de la encuesta y escalas de medida, se calculó el coeficiente del Alfa de Cronbach, por EL cual se obtuvo un valor de 0,976 para las preguntas de la variable de Gestión de Riesgos y para Calidad de *software*, se obtuvo 0,963, lo que confirmó una alta confiabilidad en el instrumento.

Tabla 5  
Alfa de Cronbach por variable

	Alfa de Cronbach	N.º de elementos
Gestión de riesgos	,976	32
Calidad de <i>software</i>	,963	21

Elaboración propia

Para el análisis de la investigación, se procesó el total de respuestas recopiladas (120 según la muestra calculada), las respuestas fueron almacenadas en hojas de cálculo Excel, donde se tabuló, se realizó cálculos básicos (sumatoria, promedio, entre otros) y se preparó la data para el análisis estadístico en el *software* estadístico SPSS. Se emplearon técnicas estadísticas como: análisis descriptivo, estadística inferencial (análisis de normalidad de tipo Kolmogorov-Smirnow), análisis factorial y correlación según el coeficiente de Spearman.

#### 4. RESULTADOS

El 61,7 % de los colegiados del CIIST que fueron encuestados son ingenieros de sistemas y 28,3 % son ingenieros industriales, mientras que un 10 % tienen otras profesiones como ingenieros de *software* o electrónicos. En cuanto a la experiencia en gestión de proyectos de TI, el 50 % de los profesionales manifestaron tener hasta diez años de experiencia y un 26,7 % entre once y veinte. Respecto al proyecto en el que se basaron los colegiados para responder la encuesta, el 56,7 % afirmó que eran de desarrollo e implementación de *software*, mientras que el 32,5 % consistía solo en la implementación; en cuanto a la

duración de los proyectos, en promedio fue de entre once y veinte meses y la cantidad de integrantes en un 50 % de los proyectos fue de entre diez y quince personas.

El 68,3 % de los encuestados afirmaron que el desarrollo de procesos de la gestión de riesgos en los proyectos que lideraron fue malo, mientras que el 12,5 % consideraron que fue regular. Ello se refleja en que solo un 9 % de los proyectos logró cumplir con el alcance de las actividades que implica la gestión de riesgos y el 82 % cumplió hasta el 60 % del alcance. A ello se suma que en el 21 % de los encuestados no realizaron un análisis del contexto interno y externo de los proyectos, mientras que solo un 7 % analizaron los contextos a mayor nivel, basados en diferentes factores como económicos y políticos, para lo cual emplearon herramientas como el análisis Político, Ambiental, Social, Tecnológico y Legal (PASTEL), las cinco fuerzas de Michael Porter, cadena de valor, mapa de procesos, modelo Canvas, entre otras, e incluso se analizó el sector al que pertenecen los colegiados y el plan estratégico de la institución.

En cuanto a la evaluación de riesgos que se realizó en los proyectos, solo el 12 % realizaron un análisis complejo y de exactitud aplicando herramientas como la matriz de impacto versus probabilidad e incluso utilizaron el método Montecarlo para lograr calcular la variabilidad de suceso, mientras que el 16 % no realizaron análisis de riesgos del proyecto y el 63 % realizaron análisis a nivel bajo. Ello implicó identificar la importancia y realizar un análisis cualitativo de los riesgos, dejando de lado y restándole importancia a conocer en qué grado afecta cada riesgo al proyecto y cuánto de probabilidad de ocurrencia tienen. Así mismo, la evaluación de riesgos implica categorizarlos, si son técnicos, propios del proyecto o del negocio; respecto a ello, solo en el 12 % de los proyectos se llegó a realizar la categorización en los tres tipos.

Luego de haber analizado y evaluado los riesgos, lo correspondiente fue determinar el tratamiento a los mismos. Sin embargo, en el 25 % de los proyectos no se determinó ninguna acción o estrategia para el tratamiento según lo manifestado por los profesionales, pero el 15 % de encuestados determinaron estrategias como evitar, mitigar y aceptar basándose en el análisis realizado en la matriz de impacto versus probabilidad; además, plantearon un plan de trabajo para tomar acciones frente a cada riesgo. Así mismo, para realizar el seguimiento y revisión de los riesgos, en el 20 % de los proyectos se realizó informes con frecuencia detallando los resultados a la fecha del plan de gestión de riesgos e incluso al finalizar el proyecto se entregó un informe completo con los riesgos que se tuvo y también futuros respecto al producto del proyecto; además se consultó respecto a la documentación los procesos de gestión de riesgos; ante ello, el 79 % afirmó que es importante, ya que se crea un repositorio de conocimientos como *know-how* del proyecto, sin embargo, solo el 50 % de los proyectos realizaron documentación válida y formal.

En cuanto a la gestión de recursos financieros, se concluye que el 59,2 % de los proyectos fue malo, debido a que el 79 % de los encuestados realizaron una planificación



financiera básica, lo cual resalta que no trabajaron con indicadores de costos como índice de desempeño de costos, índice de rendimiento de cronograma, valor ganado, entre otros, para monitorear el proyecto; así mismo, el 19 % de los encuestados afirmaron que no se destinó parte de su presupuestado para la gestión de los riesgos; sin embargo, el 62 % destinó entre 9 % y 24 % de su presupuesto. En el 77 % de los proyectos surgieron nuevos riesgos durante el desarrollo del proyecto, lo que conllevó que el presupuesto planificado se incremente en más del 25 %. Por otra parte, se concluye que en el 31 % de los proyectos, la gestión de recursos financieros fue buena, debido a que el 45 % de los encuestados afirmaron que se destinó entre 9 % y 24 % del presupuesto para la gestión de riesgos identificados, lo que permitió tener recursos en el aspecto económico para enfrentar los riesgos. Por lo tanto, se identificó que solo el 8 % de los proyectos terminaron dentro del presupuesto asignado, el 66 % terminó con un incremento de entre 10 % y 50 % del presupuesto y el 26 % terminó con un incremento mayor al 50 % del presupuesto.

Respecto a la gestión del talento humano en los proyectos realizados por los profesionales del CIP se concluye que el 62,5 % fue malo, en cambio, en el 15,8 % fue regular, dado que ocasionalmente fueron capacitados y evaluados en temas de gestión de riesgos. Además, el 58 % de los encuestados manifestaron que la rotación del personal en el proyecto fue entre muy frecuente y ocasionalmente ello obligó a invertir tiempo y costo en capacitar al nuevo personal. Asimismo, en el 21,7 % de los proyectos fue bueno, puesto que 58 % de los encuestados utilizaron estrategias como técnicas de gamificación u otras durante el desarrollo del proyecto para motivar y afianzar al equipo, lo que generó un alto nivel de compromiso de parte de los integrantes y satisfacción con las actividades laborales que realizaron.

En cuanto a los resultados de la evaluación de calidad del *software*, se identificó que en el 9,2 % de los proyectos, la calidad del *software* fue regular, mientras que en el 66,7 % fue mala, ya que la capacidad funcional y la percepción de la eficiencia fue baja en el 63,3 % y 64,2 % de los proyectos respectivamente. Ello se refleja en que solo en el 9,2 % de los proyectos se cumplió con todos los requerimientos funcionales y no funcionales propios del sistema. Ello fue producto de que en el 81 % se describió a nivel básico los requerimientos, lo que generó poca claridad en cuanto al entendimiento de las necesidades del cliente.

Por otro lado, se determinó que en el 79 % de los productos, la capacidad del *software* para restablecer el nivel de operación frente a una falla tiende a tomar más de siete horas, lo que generó un periodo de inactividad para los recursos humanos y procesos relacionadas con el *software*.

El 62,5 % y 59,2 % de los proyectos evaluados en cuanto a la percepción de fiabilidad y seguridad del *software* fue de nivel bajo, ello debido a que solo el 13 % de los encuestados afirmaron que realizaban *backups* diariamente; a ello se suma que el 50 % realizó análisis

de vulnerabilidad de manera ocasional, lo que lleva a poner en riesgo la información y datos del *software*. Por otra parte, en el 23,3 % de los proyectos, el nivel de compatibilidad fue de nivel regular, ya que el 50 % del *software* tiene la capacidad de interactuar con otros sistemas, mientras que un 78 % señaló que es difícil transferir el sistema de un ambiente a otro, la capacidad de portabilidad fue afectada y se determinó baja.

La percepción de usabilidad fue baja en el 62,5 % y regular en 21,7 % de los proyectos, debido a que no fue fácil para los usuarios usar y aprender las funcionalidades del *software* y solicitaron un acompañamiento. Así mismo, el 64 % de los colegiados manifestaron que los usuarios no estuvieron satisfechos con el diseño de las interfaces, ya que no fue lo esperado.

En cuanto al análisis inferencial, se determinó que los datos recolectados tienen una distribución no normal, luego de haber realizado la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnow. Se decide realizar este tipo de prueba ya que el número de elementos a observar supera los cincuenta. Se obtiene un valor de significancia (p-valor) igual a 0,00 en las dimensiones y variables, por lo tanto, según la regla de la prueba de normalidad, donde si  $p\text{-valor} < 0,05$  rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ =los datos poseen una distribución normal), se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ =los datos no poseen una distribución normal).

De acuerdo con los resultados de la prueba de normalidad se decide usar métodos no paramétricos para el análisis correlacional y lograr la extrapolación de los resultados a toda la población. Se calculó el coeficiente de Spearman (Rho) para determinar el grado de correlación y nivel de significancia respecto a las variables y dimensiones:

Tabla 6  
Grado de correlación y nivel de significación entre la variable independiente, dependiente y sus dimensiones

		Calidad de <i>software</i>	
Rho de Spearman	Gestión de riesgos	Coeficiente de correlación	,634
		Sig. (bilateral)	,000
		N	120
	Procesos de gestión de riesgos	Coeficiente de correlación	,656
		Sig. (bilateral)	,000
		N	120
	Gestión de recursos financieros	Coeficiente de correlación	,651
		Sig. (bilateral)	,000
		N	120

(continúa)

(continuación)

Gestión de talento humanos	Coefficiente de correlación	,596
	Sig. (bilateral)	,000
	N	120

Elaboración propia

Según los resultados, existe una relación alta de 0,673 entre la gestión de riesgos (variable independiente) y calidad de *software* (variable dependiente) y se obtiene un p-valor < 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula de la investigación y se acepta la hipótesis alternativa, dando a conocer la existencia de una relación significativa entre la gestión de riesgos y la calidad de *software* en los proyectos realizados por los profesionales del CIP – CDLima. En cuanto a la correlación de las dimensiones de la variable independiente y la variable dependiente, se observó que la dimensión de procesos de gestión de riesgos y gestión de recursos financieros manifiestan una relación alta y directa de 0,656 y 0,651 respectivamente, dando a conocer que existe un impacto significativo sobre la calidad de *software*, mientras que la dimensión de gestión de talento humano manifiesta una relación moderada y directa de 0,596.

## 5. CONCLUSIONES

En base a los resultados, se puede concluir que existe una relación directa y positiva de 0,634 entre ambas variables, el cual expresa que a medida que mejore la gestión de riesgos en el proyecto, lo que implica realizar una gestión de riesgos basada en una norma, metodología o alguna buena práctica reconocida, considerando los procesos y destinando recursos en tiempo, costo y esfuerzo; la calidad de *software* también mejora, se obtendrá un producto que cumpla con los requerimientos del cliente. Ello concuerda con la investigación realizada por Callapiña *et al.* (2019), donde dan a conocer que los jefes de proyectos confirman que la aplicación de métricas, acciones y estándares en la gestión de calidad y riesgos permite reducir la ocurrencia e impacto de incidencias que afecten de manera negativa a los objetivos del proyecto, asegurando la satisfacción del cliente. Con respecto a procesos de la gestión de riesgos, se concluye que las etapas de mayor importancia para realizar una gestión de riesgos efectiva son el seguimiento y revisión, registro e informe, evaluación, tratamiento y comunicación, lo que concuerda en parte con lo dicho por Zevallos (2019) acerca de que el valor de usar un método de gestión de riesgos radica en guiar y dar a conocer técnicas para las etapas de identificación, análisis y tratamiento de los mismos.

A partir del estudio de la muestra, se concluye que los profesionales suscritos al CIITS - CIP, realizaron una gestión de riesgos deficiente en los proyectos que lideraron,

no basaron su gestión en estándares o buenas prácticas, evidencia que no tienen conocimiento de su utilidad y gran aporte de las mismas en la gestión del proyecto. Todo ello genera un impacto y conlleva a replantear los objetivos del proyecto en términos de costo, tiempo y calidad; ello refleja la problemática descrita por América Sistemas (2015) que evidencia una gestión débil en la planificación de las fases en proyectos de entidades estatales del Perú, lo que incrementó los riesgos y, al no ser tratados adecuadamente, llevaron al fracaso de los mismos y a ser considerados como intentos tecnológicos que no llegaron a concluir y fueron cancelados, pues la gestión realizada no fue la adecuada para el desafío que representaban. Así mismo, ello va de acuerdo con los resultados de CHAOS Report de los últimos diez años, que determinó que el 70 % de proyectos de TI son discutidos o cancelados; Ramírez (2017), al analizar los resultados, atribuye como causa de ello a un conjunto de riesgos de diferente índole mal gestionados.

Considerando los resultados obtenidos, se evidencia una relación significativa entre la calidad de *software* y la gestión de recursos financieros. Ello significa que, una adecuada asignación de costos para el proyecto genera una mayor capacidad en recursos económicos para hacer frente a los riesgos. Ello es reafirmado en el PMBOK, ya que, en la gestión de costos, en la fase de determinación del presupuesto se establece la reserva de gestión y contingencia, que son conceptos destinados específicamente para el tratamiento de los riesgos no contemplados y los que fueron identificados oportunamente. Así mismo, en la gestión de recursos financieros se debe considerar con mayor prioridad realizar una planificación financiera basada en los requerimientos actuales del proyecto, destinando un porcentaje realista en base a datos empíricos para la gestión de riesgos con el objetivo de ejecutar el proyecto con el presupuesto asignado.

De acuerdo con la dimensión de gestión de recursos humanos, que es el componente principal dentro de la gestión del proyecto, ya que toma decisiones, en el presente trabajo se determinó la relación directa con la calidad de *software*. Ello lo reafirma Carranza (2016) al investigar el modelo de administración de personas del Instituto de Ingeniería de *Software* que consideró que se debe realizar una administración madura enfocada en el equipo de trabajo con la finalidad de mejorar el desempeño respecto al desarrollo de sistemas. Así mismo, se concluye que la base de conocimientos, capacidades y habilidades de las personas prima en el desarrollo y toma de decisiones de manera eficiente en sus actividades dentro del proyecto, por lo que se debe priorizar estrategias para mejorar la gestión de recursos humanos como capacitaciones y técnicas de gamificación, teniendo siempre como objetivo incrementar el nivel de satisfacción y motivación de cada uno. Ello se evidencia en la investigación realizada por Hernández *et al.* (2017) que manifestaron que la naturaleza de los proyectos es ser una actividad de mucha comunicación y, sobre todo, que los proyectos de TI están dirigidos por tareas, las cuales deben ser coordinadas dentro del equipo de trabajo, por lo que la ejecución de estrategias de

gestión de recursos humanos es lo más adecuado, ya que influye significativamente en la motivación, comunicación y compromiso entre los miembros del equipo con el proyecto.

Finalmente, lograr el éxito en el desarrollo y/o implementación del *software* supone realizar un trabajo en el que la calidad esté siempre presente; según la investigación, ello se puede evidenciar al guiar la evaluación de calidad en base a una norma estándar, la cual está ampliamente aceptada internacionalmente. A través de los resultados obtenidos, se concluye que, para cumplir con la calidad del *software* en los proyectos se deben cumplir diversos atributos o características de calidad, las cuales están basadas en métricas que permitan verificar el cumplimiento del objetivo del sistema en diferentes dimensiones a raíz de los requerimientos; ello se ve reafirmado en la investigación de Mamani (2019), la cual emplea la ISO 25 000 para medir la calidad de un sistema académico, lo que permitió una adecuada evaluación de calidad y aportando la certeza del nivel de satisfacción de diversas características propias del sistema.

## REFERENCIAS

- Aizprua, S., Ortega, A., y Von, L. (2019). Calidad del Software una Perspectiva Continua. *Revista Científica CENTROS*, 2(8), 120-134. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/centros/article/view/741/632>
- América Sistemas. (7 de octubre del 2015). ¿Por qué fracasan los proyectos de TI en el estado peruano?. América Sistemas. <https://bit.ly/31E6WcW>
- Bianciotti, M., Salgado, C., Sanchez, A., y Peralta, M. (2017). Gestión de Proyecto de Software: Un Método Basado en Gamificación para Mejorar la Calidad del Producto y Desempeño de Equipos de Desarrollo. *XIX Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación (WICC 2017, ITBA, Buenos Aires)*, 531-535. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/62020>
- Bruno, M., Martínez, Y. (2020). PMT: Aplicación web para la gestión del desarrollo ágil global de *software*. *Informática XVIII Convención y feria internacional (La Habana, Cuba)*. <http://www.informaticahabana.cu/sites/default/files/ponencia-2020/CCI47.pdf>
- Caballero, S., y Kuna, H. (2018). Análisis y Gestión de Riesgo en Proyectos Software. *XX Workshop de Investigadores En Ciencias de la Computación*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67916>
- Cabrera, C., Fuentet, M., y Cerezo, G. (2017). La gestión financiera aplicada a las organizaciones. *Dominio de Ciencias*, 3(4), 220-232. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6174482>

- Callapiña, N., Flores, S., y Haycho, R. (2019). *Gestión de la calidad en los proyectos de software y su relación con la gestión de riesgos operacional en los sistemas, utilizando la guía del PMBOK Sexta Edición, en una entidad financiera privada en Lima*. [Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica del Perú. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2617>
- Callejas, M., Alarcón, A., y Álvarez, A. (2017). Modelos de calidad del *software*, un estado del arte. *Ingeniería y Tecnología*, 13(1), 236–250. <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v13n1/1900-3803-entra-13-01-00236.pdf>
- Carranza, L. (2016). Gestión en proyectos de *software*. *Revista Tecnología, Investigación y Academia*, 4(2), 12-19. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/7609/pdf>
- Carrizo, D., y Alfaro, A. (2018). Método de aseguramiento de la calidad en una metodología de desarrollo de *software*: un enfoque práctico. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 26(1), 114-129. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v26n1/0718-3305-ingeniare-26-01-00114.pdf>
- Castañeda, J. (2018). *Gestión, Administración de Riesgos y Modelos de Control Interno*. Fundación Universitaria del Área Andina. <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/3542>
- Colegio de Ingenieros del Perú. (2019). *Ingenieros colegiados por Capítulos y por sedes* [Archivo PDF]. <https://www.cip.org.pe/publicaciones/estadisticas/documentos/sis2019-12.pdf>
- González, A., André, M. y Hernández, A. (2015). Análisis comparativo de modelos y estándares para evaluar la calidad del producto de *software*. *Revista Cubana de Ingeniería*, 6(3), 43-52. <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/411>
- Guillart, S., y Capuz, S. (2020). Análisis comparativo de estándares y metodologías de gestión de riesgos del proyecto. 24th International Congress on Project Management and Engineering, 8-19. <http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/2566>
- Hernández, L., Muñoz, M., Mejía, J., Peña, A., Rangel, N. y Torres, C. (2017). Una revisión sistemática de la literatura enfocada en el uso de gamificación en equipos de trabajo en la ingeniería de *software*. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, 21(3), 33–50. <http://dx.doi.org/10.17013/risti.21.33-50>
- Lizarzaburu, E., Barriga, G., Noriega, L., Lopez, L., y Mejía, P. (2017). Gestión de Riesgos Empresariales: Marco de Revisión ISO 31000. *Revista Espacios*, 38(59), 8-28. <https://www.revistaespacios.com/a17v38n59/a17v38n59p08.pdf>

- Maese J., Alvarado A., Valles D., y Báez Y. (2016). Coeficiente alfa de Cronbach para medir la fiabilidad de un cuestionario difuso. *Culcyt*, 59(13), 146-156. <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/1455>
- Mamani, M. (2019). *Aplicación del Estándar ISO/IEC 25000 para la Estimación de la Calidad en Uso del Sistema Académico Galileo Asistente de la Universidad Nacional del Centro del Perú*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú] Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5838>
- Narváez, E., Calapucha, P., Tarco, M. y Buñay, P. (2020). Performance Analysis between MONGODB and COUCHDB using ISO/IEC 25000 Standard. *Revista Técnico - Científica PERSPECTIVAS*, 2(2), 13-20. [http://perspectivas.esPOCH.edu.ec:8081/index.php/RCP\\_ESPOCH/article/view/78/89](http://perspectivas.esPOCH.edu.ec:8081/index.php/RCP_ESPOCH/article/view/78/89)
- Organización Internacional de Normalización. (2018). *ISO 31000:2018(es) Gestión del riesgo*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:es>
- Portman, H. (2020). *Review CHAOS Report 2018*. Henry Portman 's Blog on Portfolio, Programme and Project Management. <https://hennyportman.wordpress.com/2020/01/03/review-chaos-report-2018/>
- Project Management Institute. (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos Sexta Edición*. Project Management Institute, Inc.
- PwC. (2016). *Industry 4.0: Building the digital enterprise*. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- Ramírez, F. (6-8 de septiembre del 2017). Desarrollando *software* para el sector salud. 4.º *Congreso Internacional AmITIC 2017*. Universidad Tecnológica de Panamá, Colombia. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1478/2125>
- Rodríguez, P. (2016). Gestión Financiera en PyMES. *Revista Publicando*, 3(8), 588-596. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5833410.pdf>
- Rudas, L. (2017). *Modelo de gestión de riesgos para proyectos de desarrollo tecnológico* [Tesis de Maestría, Centro de Tecnología Avanzada]. Repositorio institucional del Centro de Tecnología Avanzada <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/86/1/RudasTayoLeidyP%20MDGPI%202017.pdf>
- Tovar, B. (2017). La teoría del capital humano llevada a la práctica en las ciudades de aprendizaje. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 51, 45-56. <https://www.redalyc.org/pdf/859/85945861003.pdf>

Zevallos, M. (2019). Modelo de gestión de riesgos de seguridad de la información: Una revisión del estado del arte. *Revista Peruana de Computación y Sistemas*, 2(2), 43-60. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpcsis/article/view/17103>



# CALIDAD DE DATOS EN SISTEMAS DE GESTIÓN ACADÉMICA UNIVERSITARIA BASADOS EN ISO/IEC 25012

MARLENY PERALTA ASCUE

marlenyperaltaascue@gmail.com / ORCID: 0000-0002-0708-8565  
Escuela Universitaria de Posgrado Universidad Nacional Federico Villarreal,  
Lima, Perú  
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú

## Resumen

El presente artículo tiene como propósito proponer un modelo de evaluación de calidad de datos desarrollada sobre la base principal del estándar ISO/IEC 25012, aplicada a un sistema de gestión académica universitaria, con el objetivo de mejorar la calidad de los datos. El modelo propuesto se desarrolla desde la perspectiva del consumidor de datos y desde la visión de la calidad de datos inherentes. La muestra estuvo conformada por los datos almacenados en el sistema de gestión académica de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, con un total de 22 tablas, 154 atributos y 319 685 registros. El modelo comienza con el análisis de los requisitos de calidad de datos, como insumo principal para su evaluación, y finaliza con un plan de mejora, el mismo que es implementado de manera automática utilizando herramientas de limpieza de datos y código SQL. Las características que inciden en problemas de calidad de los datos son: la precisión, consistencia, conformidad y actualidad. Finalmente se concluye que es posible mejorar la calidad de los datos aplicando el modelo propuesto, el mismo que puede ser usado para crear y generar valor a través de la exploración, explotación y análisis de datos en beneficio de la gestión académica universitaria.

PALABRAS CLAVES: modelo de evaluación / calidad de datos / sistema de gestión académica / ISO/IEC 25012

## QUALITY OF DATA IN UNIVERSITY ACADEMIC MANAGEMENT SYSTEMS BASED ON ISO / IEC 25012

### Abstract

This article proposes a data quality evaluation model developed on the primary basis of the ISO/IEC 25012 standard, applied to a University Academic Management System, to improve data quality. The proposed model is developed from the perspective of the data consumer and the vision of inherent data quality. The sample consisted of the data stored in the Academic Management System of the Universidad Nacional Micaela Bastidas, Apurímac, Perú, with 22 tables, 154 attributes, and 319 685 records. The model begins with data quality requirements as the primary input for its evaluation and ends with an improvement plan, automatically implemented using data cleaning tools and SQL code. The characteristics that affect data quality problems are accuracy, consistency, compliance, and timeliness. Finally, I conclude that it is possible to improve the quality of data by applying the proposed model, which can be used to create and generate value through the exploration, exploitation, and analysis of data for the benefit of university academic management.

KEYWORDS: evaluation model / quality of data / Academic Management System  
/ ISO/IEC 25012

## 1. INTRODUCCIÓN

Es muy común que las organizaciones desconozcan el nivel de calidad de sus datos almacenados y el valor que estos pueden tener para generar grandes beneficios económicos, sociales y científicos. Los avances tecnológicos de los últimos años han hecho que la cantidad de los datos generados en las organizaciones aumenten exponencialmente en cuanto a su almacenamiento y volumen. Es cada vez más frecuente escuchar expresiones como “los datos son la nueva moneda”, “el nuevo petróleo del siglo XXI”, “los datos son la nueva mina”. En consecuencia, se puede decir que “nuestro mundo se está datificando” (Caballero *et al.*, 2017).

La calidad de datos se ha convertido en un elemento clave para la calidad de las decisiones y acciones en una organización. Sin embargo, descubrir la calidad de un conjunto de datos es un trabajo fundamental que requiere de un proceso de evaluación en función de ciertos requisitos y características de calidad (Zhang *et al.*, 2019).

Estudios realizados por DalleMule y Davenport (2017) señalan que del 100 % de los datos estructurados en una organización, menos del 50 % son utilizados de manera activa para tomar decisiones; así como que más del 70 % de los trabajadores tienen disponibilidad de datos a los que no deberían acceder y que el 80 % del tiempo de los analistas se dedica solo a capturar y preparar datos.

La compañía multinacional PowerData, de origen español, que proporciona servicios especializados de gestión de datos con presencia en países como Argentina, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú y Uruguay, aplicó una encuesta realizada por Price Waterhouse Coopers, en el año 2018, cuyos resultados fueron que el 75 % de 600 empresas a las que encuestaron reportaron problemas significativos como resultado de datos incorrectos, debido a la mala calidad de los datos.

Esto nos conduce a enfocar nuestro interés en los estándares definidos por ISO/IEC 25 000, conocido como el estándar SQuaRE (*System and Software Quality Requirements and Evaluation*), que es un conjunto de normas internacionales compuesto por cinco divisiones. Una de estas corresponde a la familia 2501n, que se focaliza en modelos de calidad de productos de *software* y, como parte de esta familia, se desprende el estándar ISO/IEC 25012 que se focaliza en la calidad de los datos. (ISO/IEC 25 000, 2021).

El estándar ISO/IEC 25012 propone un modelo de calidad de datos enfocado en sistemas de información en un entorno particular; identifica quince características de calidad que se pueden evaluar desde dos perspectivas: inherente y dependiente del sistema, como se ve en la figura 1 (ISO/IEC 25012,2018). Dichas características poseen métricas que permiten medir y obtener valores para establecer los niveles de calidad mediante fórmulas.

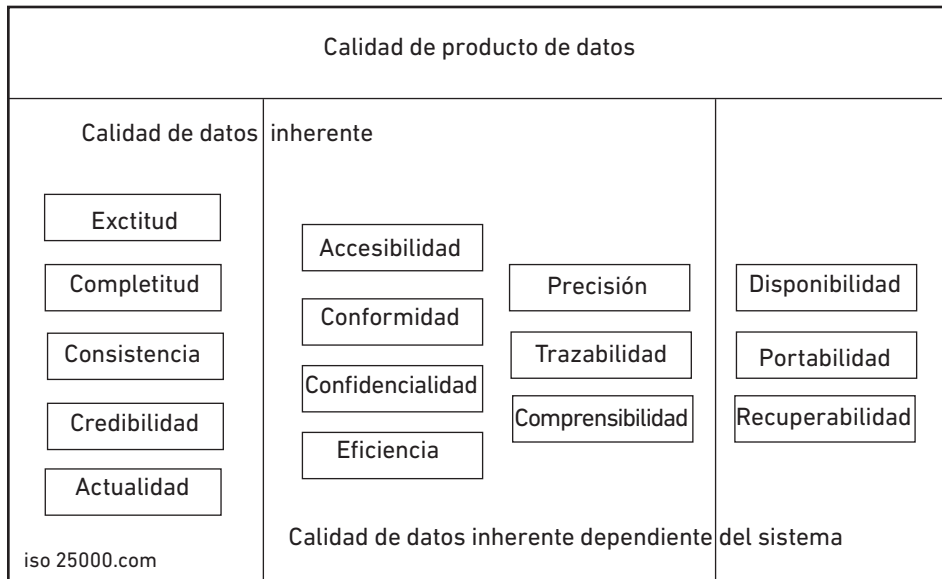


Figura 1. Características de calidad de datos

Fuente: ISO/IEC 25012 (2008)

La presente investigación tuvo como contexto de estudio del sistema de gestión académica (SISGA) de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA), el mismo que se encarga de procesar las matrículas vía intranet e internet del semestre académico correspondiente dentro del calendario académico vigente (UNAMBA, 2018).

El panorama actual de la universidad se ve enfrentado a datos inexplorados que pueden tener cierta relevancia y ser un potencial para crear valor. Sin embargo, al explorar y usar los datos del sistema de gestión académica en la generación de información analítica se presentaron los siguientes problemas: información incompleta; valores fuera de un rango referencial, errores de sintaxis, que están directamente relacionados con el formato de los datos. Datos inconsistentes, datos duplicados o incluso representaciones no adecuadas a la realidad, valores desactualizados, restricciones de integridad no definidas, representación ambigua en el modelo conceptual de datos y débil representación de reglas de consistencia e integridad en el esquema del modelo conceptual de datos.

De acuerdo con lo mencionado en el párrafo anterior, se percibe que los problemas identificados pueden dividirse en problemas al nivel de la instancia a la que están directamente relacionados con el contenido o valor de los datos, y problemas en el modelo conceptual de los datos a nivel de esquemas.

Estudios realizados por Calabrese *et al.* (2019) proponen una guía de medición con la finalidad de dar a conocer la condición actual de los datos a través de distintos aspectos definidos en ISO/IEC 25 012. La evaluación se basa en el proceso adoptado por ISO/IEC 25040. La investigación se ejecutó sobre una base de datos con información relacionada con farmacias, la cual fue obtenida en Argentina a través de un sitio web de datos abiertos.

Otras investigaciones como Fritz *et al.* (2017), presentan un proceso de selección de atributos de calidad de datos en sistemas de gestión de aprendizaje bajo la familia de normas ISO/IEC 25 000, para ser evaluados. Tomando como referencias características de calidad determinadas en ISO/IEC 25 010, 25 012 y 25 040, que precisan un modelo general que permite evaluar la calidad de un sistema de información o *software*. La investigación está enmarcada en la integridad de los datos estructurados almacenados en el sistema de gestión de aprendizaje, desde la perspectiva de seguridad de datos. En el estudio realizado por Manrique (2017), desarrolló un catálogo de reglas de negocio referentes a datos, basado en ISO/IEC 25 012, cuyo objetivo fue mejorar la gestión de reglas de negocio, garantizando la implementación de dichas reglas en sistemas de gestión de base de datos relacionales, sosteniendo la reutilización de las reglas en distintos proyectos de datos y organizaciones de trabajo mediante el uso de catálogos.

Finalmente, considerando que los datos son los activos más reconocidos en el mundo digital y calificados como activos digitales valiosos en las organizaciones, y considerando la importancia de la calidad de datos, es necesario medirla siguiendo un proceso de evaluación en función a ciertos requisitos y características de calidad (Zhang *et al.*, 2019). Por esta razón, la presente investigación cobra importancia al proponer un modelo que servirá como una guía de evaluación paso a paso, que permitirá mejorar la calidad de datos para los responsables de sistemas de información y administradores de base de datos quienes tienen la responsabilidad de garantizar el cumplimiento de estándares relacionados con la gestión de datos. Frente a esta situación problemática de datos descrita en el contexto de estudio, se plantea determinar en qué medida el desarrollo de un modelo de evaluación de calidad de datos basado en ISO/IEC 25 012, mejora la calidad de los datos en el sistema de gestión académica universitaria, evaluando la calidad en el valor del dato y en el modelo conceptual de datos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación es aplicada y el diseño de la investigación corresponde a un diseño experimental en su categoría de cuasi experimental (Hernández *et al.*, 2014).

La muestra está constituida por los datos almacenados en el SISGA desde el año 2010 hasta el 2017, con un total de veintidós tablas, 154 atributos y 319 685 registros,

datos que fueron proporcionados por el responsable de la Dirección de Servicios Académicos de la UNAMBA para la ejecución de proyectos de investigación. La investigación se realiza respetando la Ley de protección de datos personales, publicada en el año 2011, por el Gobierno del Perú (Ley 29733, 2011).

## 2.1 Descripción de la base de datos

Para el caso de estudio vamos a utilizar una porción de la base de datos del sistema SISGA. Este sistema fue desarrollado por personal interno de la institución y almacena sus datos en un gestor de base de datos relacional, por lo que se trabaja con una base de datos relacional. El sistema se encarga de la automatización del proceso de matrículas, consta de seis módulos principales que ofrecen las funciones de registro de estudiantes, docentes, planes curriculares, carga académica, gestiona el registro de matrícula, evaluación y localización de instituciones educativas.

Para evaluar los datos se necesitó:

1. Repositorio elegido para la evaluación: acceso a una copia de los datos del SISGA desde el año 2010 hasta el 2017. (En la tabla 1 se muestran los módulos, tablas y campos de la base de datos a evaluar).
2. Requisitos de calidad de los datos que deben cumplir los datos (especificación de requisitos).
3. El modelo conceptual de datos (esquema de la base de datos).

Tabla 1  
*Datos a evaluar del Sistema SISGA de la UNAMBA*

Módulos	Tablas		N.º	N.º	N.º
	Nombre	Descripción	Tablas	Campos	Registros
Docente	Totales		4	25	922
	Facultad	Unidad de formación académica.	1	2	9
	Escuela	Escuela profesional encargada de impartir estudios de formación.	1	3	19
	Docente	Docentes universitarios que tienen como función enseñar.	1	17	886
Departamento académico	Unidades de servicio académico que reúnen a docentes de disciplinas afines.	1	3	8	

*(continúa)*

*(continuación)*

Estudiante	Totales		5	38	10 054
	Sede	Centro de la Universidad que se ubican en distritos de provincias de la Región de Apurímac.	1	1	3
	Estudiante DetEstudiante	Estudiante universitario que se encuentra matriculado.	1	17	5015
	Tipo Estudiante	Detalle de información académica del estudiante.	1	16	5015
	Modalidad	Representa el estado actual del estudiante.	1	2	6
		Modalidades de ingreso a la universidad.	1	2	15
Currículo	Totales		5	26	3446
	Plan Estudios	Es el esquema estructurado que garantiza el proceso de enseñanza - aprendizaje	1	5	33
	DetPlan Estudios	Detalle del plan de estudios	1	7	1821
	Asignatura	Materia que se imparte en una escuela.	1	10	1552
	Categoría	Nombre de la categoría en la que debe de corresponder una asignatura.	1	2	38
	Modo Estudio	Representa el modo de estudio de la asignatura.	1	2	2
Carga Académica	Totales		2	14	11 545
	Carga Académica DetCarga Académica	Distribución de carga académica por escuela y semestre académico.	1	3	249
		Detalle de la distribución de la carga académica por asignaturas, escuela y docente en un semestre.	1	11	11 296
Matrícula	Totales		4	40	291 602
	Semestre Matrícula	Semestre académico	1	13	21
	DetMatrícula	Evento que acredita la condición de estudiante universitario.	1	12	54 415
	Condición	Detalle de matrícula del estudiante en asignaturas en un semestre.	1	13	237 161
	Condición de matrícula del estudiante.	1	2	5	
Localización de IIEE	Totales		2	11	2116
	Ubigeo	Ubicación geográfica de la institución educativa.	1	7	1856
	Colegio	Datos de instituciones educativas	1	4	260
Totales		22	154	319 685	

Elaboración propia

### 3. RESULTADOS

El modelo de evaluación propuesto, llamado en adelante SDQAM (en inglés, *SQuaRE – based Data Quality Assessment Model*) Modelo de Evaluación de Calidad Datos basado en SQuaRE, describe un marco de evaluación de la calidad tomado como base de un subconjunto de características definidas en el modelo de calidad de datos ISO/IEC 25 012 y métricas de medición de ISO/IEC 25 024 planteado por la familia SQuaRE. En el ámbito de modelos de evaluación se ha integrado el modelo de evaluación de productos de *software* ISO/IEC 25 040 y el modelo de medición y evaluación GOCAME (en inglés, *Goal-Oriented Context-Aware Measurement and Evaluation*), considerada como la estrategia de propósito general que abarca la medición y evaluación. Esto se basa en el sentido en que los consumidores de datos necesitan usar los datos, cuyos valores se espera que sean correctos, actualizados y completos; y que la evaluación de los datos vaya más allá de aspectos tecnológicos.

En la figura 2 se muestra el modelo de evaluación propuesto compuesto por cuatro fases y seis actividades, en las que también se definen los artefactos como los productos de entrada y salida, técnicas y herramientas utilizadas para cada una de las actividades.

En la selección de características del modelo ISO/IEC 25 012, se aplicó una encuesta considerando la valoración de los expertos ingenieros responsables de sistemas de gestión académica de dos universidades de Apurímac; se empleó el Método de Jim Brosseau para incluir el criterio del investigador (evaluador) en la selección de características apropiadas (Clarrus Consulting Group, 2010). Finalmente, se decidió establecer el conjunto de las características para medir la calidad de datos: exactitud, completitud, consistencia, credibilidad, actualidad, conformidad, precisión y extensibilidad. En la tabla 2 se muestra la definición de las características inherentes de calidad de datos.

Tabla 2  
Características inherentes de calidad de datos según el estándar ISO/IEC 25012

Característica	Definición
Exactitud	Se refiere al grado en el cual el dato tiene atributos que representan correctamente el valor verdadero del atributo esperado de un concepto o evento en un contexto específico de empleo.
Completitud	Se refiere al grado en el cual el dato del sujeto asociado con una entidad tiene valores para todos los atributos esperados e instancias de entidad relacionadas en un contexto específico de uso.
Consistencia	Se refiere al grado en el cual el dato tiene los atributos que son libres de contradicción y son coherentes con otros datos en un contexto específico de uso.
Credibilidad	Se refiere al grado en el cual el dato tiene atributos que son considerados como verdaderos y auténticos en un contexto específico de uso.

(continúa)



(continuación)

Actualidad	Se refiere al grado en el cual el dato tiene los atributos que son correctos en un período de contexto específico de uso.
Conformidad	Se refiere al grado en el cual el dato tiene atributos que se adhieren a normas, convenciones o regulaciones vigentes y reglas similares relacionadas con la calidad de datos en un contexto específico de uso.
Precisión	Se refiere al grado en el que el dato tiene atributos que son exactos o que proporcionan la discriminación en un contexto específico de uso.
Entendibilidad	Se refiere al grado en el cual el dato tiene atributos que le permiten ser leído e interpretado por usuarios, y es expresado en lenguajes apropiados, símbolos y unidades en un contexto específico de uso.

Fuente: ISO/IEC 25012 (2018)

### 3.1 Descripción de las fases del modelo SDQAM

*Fase 1: Requerimientos:* enfocada en determinar los requerimientos de evaluación de los datos que se deben cumplir, para ello se requiere de la actividad (A1) establecer los requisitos de evaluación de datos.

- (A1). Establecer requisitos de evaluación:

El objetivo de esta actividad es definir y especificar los requisitos de calidad de datos de acuerdo con un contexto específico que caracteriza la necesidad de información. En las tabla 3 y 4 se visualizan los productos de entrada y salida, así como la ficha de especificación de requisitos.

Tabla 3

*Productos de entrada y salida de la actividad A1 "Establecer requisitos de evaluación"*

Productos de entrada	Productos de salida	Técnicas y Herramientas
Copia de los datos a evaluar. Requisitos de calidad de datos Modelo de datos.	Ficha de especificación de requisitos de calidad de datos por cada tabla. (véase la tabla 2)	Estudio de documentación. Entrevistas Observación.

Elaboración propia

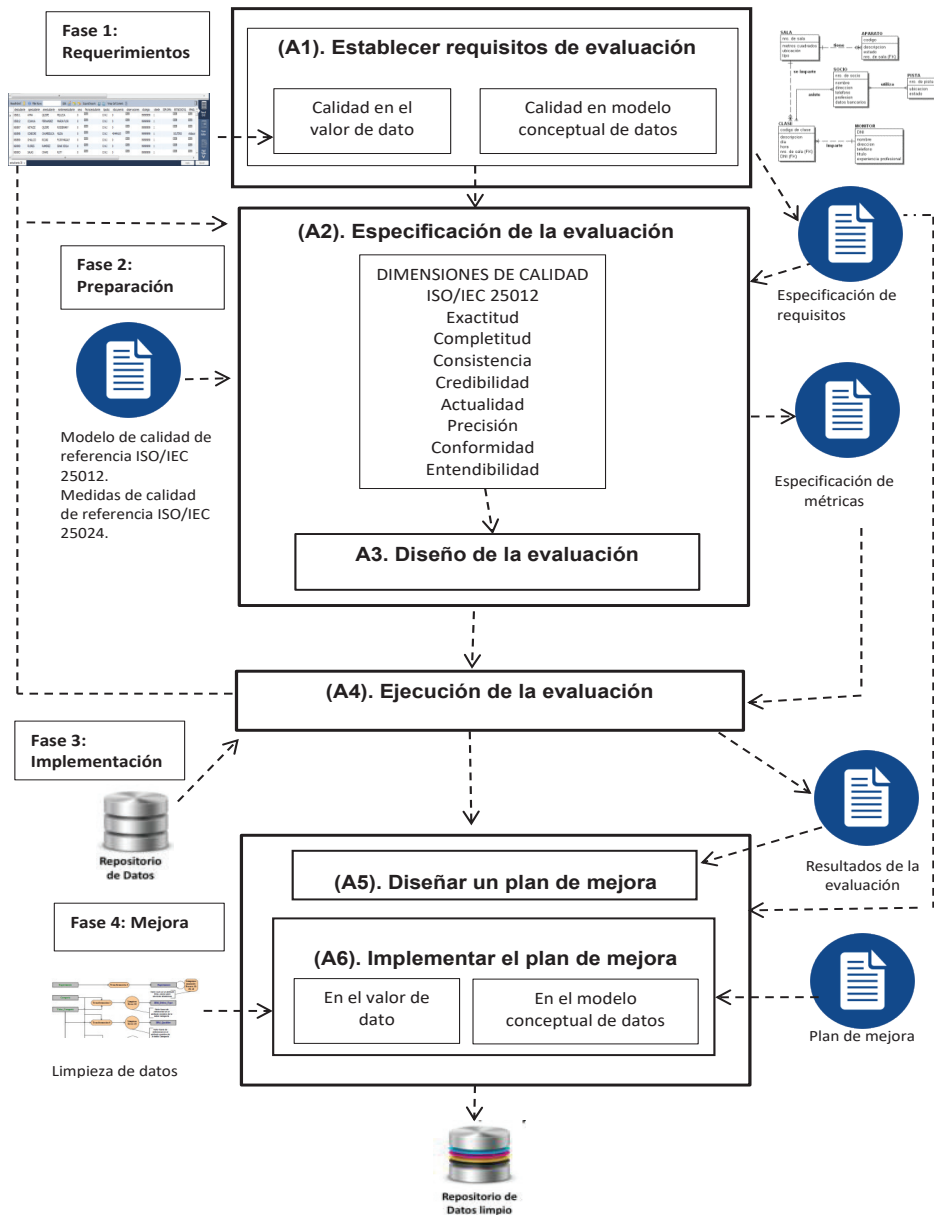


Figura 2. Fases y actividades principales del modelo propuesto SDQAM

Elaboración propia

Tabla 4  
 Ficha de especificación de requisitos

Ficha de especificación de requisitos	Código:	
Tabla: Nombre de la tabla a evaluar		
Reglas sintácticas		
Atributos	Descripción del atributo	Dominio por intención
Atributo 1		
Atributo 2		
Reglas semánticas		
Atributo 1		
Atributo 2		
Especificación del esquema conceptual		

Elaboración propia

La Ficha de especificación de requisitos está compuesta de:

1. *Reglas sintácticas*, reglas que están definidas según el dominio por intención, que consiste en especificar el tipo de dato correcto (por ejemplo, definir carácter 25 para el nombre del docente) y si acepta o no valores nulos.
2. *Reglas semánticas*, reglas que se definen según el dominio de extensión, que consiste en especificar o enumerar los valores que van a pertenecer al dominio (por ejemplo, condición del docente: ordinario, extraordinario y contratado, según Ley 30220) y de acuerdo con un formato definido o asignado.
3. *Especificación del modelo conceptual*, consiste en mapear los elementos del diagrama de entidad y relación, de acuerdo con algunas especificaciones de requisitos.

*Fase 2: Preparación:* enfocada a definir las características, métricas, indicadores y criterios de decisión de acuerdo con el contexto, utilizando el estándar ISO/IEC 25 012 e ISO/IEC 25 024. Se identifica a los *stakeholders* que conocen las reglas de negocio que deben cumplir los datos y que pueden afectar a su calidad. Los *stakeholders* pueden ser los responsables finales de usar los datos, analistas de datos y administradores de datos (Caballero *et al.*, 2018).

Esta fase se compone de dos actividades (A2) y (A3), las que se describen a continuación.

- (A2) Especificación de la evaluación

Consiste en seleccionar las características definidas en el modelo de calidad ISO/IEC 25 012, de acuerdo a la importancia de los *stakeholders* o consumidores de datos. Se adoptaron las métricas definidas en el estándar ISO/IEC 25 024. Una métrica define la forma cómo llevar a cabo la medición. Las métricas están orientadas a medir la calidad del valor del dato (nivel de instancia) y la calidad del modelo conceptual de datos (nivel de esquema). En las tablas 5 y 6 se determinan los productos de entrada y salida, así como el artefacto de especificación de métricas.

Tabla 5  
*Productos de entrada y salida de la actividad (A2) "Especificación de la evaluación"*

Productos de entrada	Productos de salida	Técnicas y herramientas
Especificación de requisitos de calidad de datos. Modelo de calidad de referencia ISO/IEC 25 012 Medidas de calidad de referencia ISO/IEC 25 024	Ficha de especificación de métricas. (véase la tabla 4)	Encuesta. Método de análisis comparativo Jim Brosseau.

Elaboración propia.

Tabla 6  
*Ficha de especificación de métricas*

Dimensión de la calidad	Nombre de la dimensión
Tipo	Puede ser: inherente, inherente y dependiente, dependiente
Métrica	Nombre asignado a la métrica de calidad
Propósito	Motivo por el cual se selecciona la métrica
Entrada	Especificación de requisitos
Fórmula y cálculo de datos	Establece la fórmula de medición y especifica los significados de los datos utilizados.
Interpretación	Proporciona el rango y comprensión del significado.
Métodos de aplicación	Manera en que se va aplicar la métrica
Granularidad	Puede ser: celda, tupla, columna, tabla o conjunto de datos.

Elaboración propia

- (A3) Diseño de la evaluación

Esta actividad tiene como objetivo definir la escala de valores de los indicadores y criterios de decisión (niveles de aceptabilidad) como se puede ver en la figura 3. Para cada métrica se define un indicador parcial que indique el valor medido y por cada característica se define un indicador global que determine el nivel de satisfacción alcanzado de acuerdo con la especificación de requisitos; en la tabla 7 se muestran los productos de entrada y salida.



Figura 3. Escala de valores para proceso de evaluación

Fuente: Calahorrano (2007)

Tabla 7

Productos de entrada y salida de la actividad (A3) "Diseño de la evaluación"

Productos de entrada	Productos de salida	Técnicas y herramientas
Especificación de métricas	Indicador y escala de valores Criterios de decisión	Fórmulas de sumarización

Elaboración propia

**Fase 3: Implementación:** enfocada a aplicar métodos y herramientas de medición de calidad de datos, para obtener las medidas por cada una de las métricas seleccionadas. Esta fase está compuesta de la actividad (A4).

- (A4) Ejecución de la evaluación

El objetivo de esta actividad es realizar la medición y cálculo de indicadores mediante código SQL e informe de resultados. Se generó una plantilla de consultas SQL para medir las métricas. En la tabla 8 se muestran las entradas y salidas de la actividad.

Tabla 8

Productos de entrada y salida de la actividad (A4) "Ejecución de la evaluación"

Productos de entrada	Productos de salida	Técnicas y herramientas
Especificación de métricas e indicadores.	Plantilla de consulta SQL Resultados de la evaluación	MySQL Consultas SQL
Datos y modelo de la base de datos		Procedimientos almacenados

Elaboración propia

A continuación, determinamos la evaluación de dos métricas como ejemplo:

**1. Evaluación de la métrica:** Exactitud semántica de datos.

Consiste en evaluar los datos con un valor verdadero correspondiente a un dominio referencial, datos existentes y válidos.

**Cálculo de la métrica:**

$$X = 1 - A/B$$

A = Número de datos incorrectos en su valor.

B = Número de datos para los cuales se requiere la exactitud según su dominio.

**Forma de cálculo:**

Mediante la siguiente consulta SQL se verificó los valores inexistentes y los valores fuera de un rango referencial de acuerdo con la ficha de especificación de requisitos. Se realizó la suma de todos los valores obtenidos por cada atributo para llegar al resultado de la métrica.

```
SELECT COUNT(*) FROM TABLA WHERE LENGTH(TRIM(ATRIBUTO))=0 OR ATRIBUTO IS NULL OR ATRIBUTO NOT IN (Valor referencial);
```

**2. Evaluación de la métrica:** Completitud de atributos.

Consiste en evaluar la proporción de valores nulos que existe en cada atributo.

**Cálculo de la métrica:**

$$X = A/B \text{ (para cada atributo)}$$

A = Conteo de valores no nulos para un atributo

B = Total de valores evaluados por registro

**Forma de cálculo:**

Se verificó la completitud en los 154 atributos mediante la siguiente consulta SQL.

```
SELECT COUNT(*) FROM TABLA WHERE ATRIBUTO IS NOT NULL OR LENGTH(TRIM(ATRIBUTO))<>0;
```

Fase 4: *Mejora*: enfocada en diseñar un plan de mejora en el que se indican acciones de cambio y se implementan dichas acciones utilizando métodos y herramientas de un proceso denominado limpieza de datos, que se emplea para mejorar la calidad de los datos sin afectar su naturaleza. Luego se mide la mejora introducida de acuerdo a los rangos de aceptación.

Esta fase se compone de dos actividades (A5) y (A6), las cuales se describen a continuación:

- (A5). Plan de mejora

Esta actividad tiene como objetivo producir un plan de mejora en el cual se indiquen las acciones a corregir. Las tablas 9 y 10 muestran los productos de entrada y salida de la actividad, así como el artefacto de especificación del plan de mejora.

Tabla 9

*Productos de entrada y salida de la actividad A6 "Implementar el plan de mejora"*

Productos de entrada	Productos de salida	Técnicas y Herramientas
Resultados de la evaluación	Plan de mejora	
Ficha de especificación de requisitos		

Elaboración propia

Tabla 10

*Ficha del plan de mejora*

Código de la especificación de requisitos	Atributo	Acción de cambio	Método/Técnica

Elaboración propia

- (A6). Implementar el plan de mejora.

Esta actividad tiene como objetivo implementar, a partir del plan de mejora, los cambios correspondientes en las entidades o tablas evaluadas, originando como salida una nueva versión del valor del dato y del modelo conceptual de datos evaluados.

En la tabla 11 se muestran los productos de entrada y salida de la actividad.

Una vez efectuados los cambios es necesario medir y evaluar, para comprender la ganancia lograda en la mejora.

Tabla 11

*Productos de entrada y salida de la actividad A6 "Implementar el plan de mejora"*

Productos de entrada	Productos de salida	Técnicas y herramientas
Plan de mejora	Repositorio de la base de datos limpios.	Herramientas ETL
Plantilla de consulta SQL		Código SQL

Elaboración propia

### 3.2 Resultados de evaluación de calidad por características

Para obtener los resultados se realizó una prueba de calidad de datos antes y después de aplicar el modelo propuesto SDQAM. Los resultados del Pre-Test se obtuvieron realizando un análisis previo para conocer la calidad de los datos tomando como referencia dimensiones o características de calidad más comunes. Los resultados del Post-Test se obtuvieron implementando el plan de mejora siguiendo la metodología propuesta. Las métricas de cada característica fueron calculadas mediante consultas SQL (en inglés, *Structured Query Language*). Los valores fueron definidos mediante la unidad de porcentaje, que determina el nivel de cumplimiento según el modelo sistemático para estimar la calidad de los sistemas de *software*, mientras más cercano a 1 es aceptable la calidad de datos (Calahorrano, 2007). Los resultados de la medición de los datos en la base de datos del Sistema de Gestión Académica de la UNAMBA, se muestran en la tabla 12.

Tabla 12

*Resultados de evaluación por características antes y después de aplicar el modelo SDQAM, en base al promedio de las métricas*

Característica	Pre-Test	Post-Test
	Sin modelo	Con el modelo SDQAM
Exactitud	0,80	0,94
Compleitud	0,83	0,88
Consistencia	0,77	0,94
Credibilidad	0,79	0,93
Actualidad	0,30	0,57
Conformidad	0,64	0,81
Precisión	0,74	0,89
Entendibilidad	0,79	0,90
Calidad de datos	0,71	0,86

Elaboración propia



En la figura 4 se muestra el gráfico radar de las características evaluadas antes y después de aplicar el modelo propuesto y basadas en el promedio de las métricas.

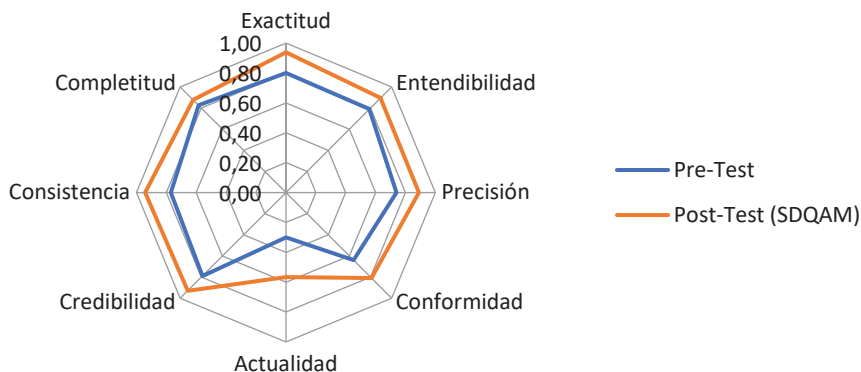


Figura 4. Gráfico radar de las características evaluadas antes y después de aplicar el modelo propuesto SDQAM, basadas en el promedio de las métricas

Elaboración propia

A partir de estos resultados, se puede decir que antes de aplicar el modelo propuesto de calidad de datos, se encontraban en niveles inaceptables y aplicando el modelo se logra mejorar significativamente la calidad de datos, a excepción de la característica de actualidad.

### 3.3 Resultados de evaluación de calidad del valor del dato por tablas

En la tabla 13 y en la figura 5 se presentan los resultados de las tablas de datos evaluadas sin modelo y con el modelo propuesto.

Tabla 13

*Resultados de evaluación por tablas para medir la calidad del valor del dato antes y después de aplicar el modelo SDQAM*

Tablas	Pre-Test	Post-Test
	Sin modelo	Con el modelo SDQAM
Facultad	1,00	1,00
Escuela	1,00	1,00
Docente	0,52	0,68
Departamento académico	0,87	1,00
Sede	1,00	1,00
Estudiante	0,61	0,66
Det estudiante	0,68	0,70
Tipo estudiante	1,00	1,00
Modalidad	1,00	1,00
Plan estudio	1,00	1,00
Det plan estudio	0,75	0,86
Asignatura	0,91	0,99
Categoría	0,46	0,48
Modo estudio	0,95	1,00
Semestre	0,82	0,86
Carga académica	0,87	0,97
Detcarga académica	0,69	0,87
Matrícula	0,77	0,87
Det matricula	0,70	0,83
Condición	0,70	0,97
Ubigeo	1,00	1,00
Colegio	1,00	1,00

Elaboración propia

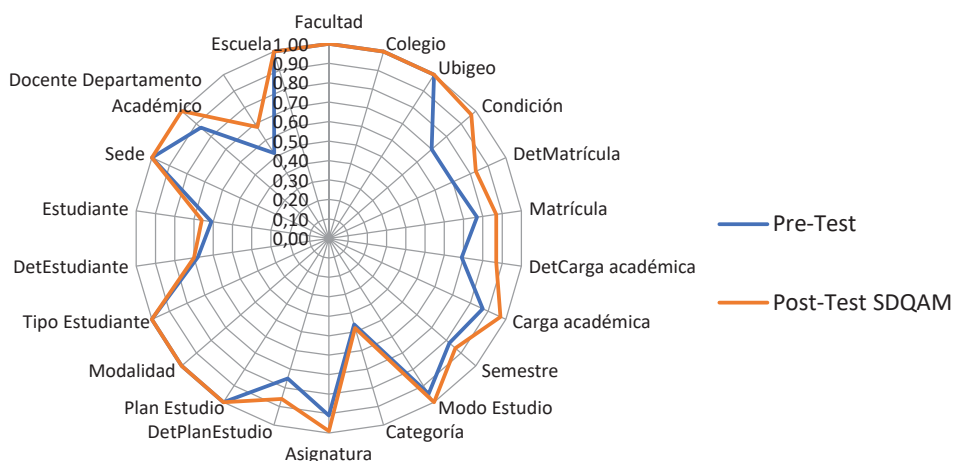


Figura 5. Gráfico radar de tablas evaluadas para medir la calidad del valor del dato antes y después del modelo propuesto SDQAM.

Elaboración propia

### 3.4 Resultados de evaluación de calidad del esquema conceptual de datos por tablas

En la tabla 14 y en la figura 6 se presentan los resultados de las tablas evaluadas.

Tabla 14

Resultados de evaluación por tablas para medir la calidad del esquema conceptual de datos antes y después de aplicar el modelo SDQAM.

Tablas	Pre-Test	Post-Test
	Sin el modelo propuesto	Con el modelo SDQAM
Facultad	1,00	1,00
Escuela	0,96	1,00
Docente	0,77	1,00
Departamento académico	0,96	0,96
Sede	0,00	1,00
Estudiante	0,66	1,00
Detestudiante	0,66	1,00
Tipo estudiante	0,00	1,00
Modalidad	0,00	1,00
Plan estudio	0,86	0,99
Detplan estudio	0,81	1,00

(continúa)

(continuación)

Asignatura	0,73	0,99
Categoría	0,00	1,00
Modo estudio	0,00	1,00
Semestre	0,76	0,83
Carga académica	0,74	0,99
Detcarga académica	0,57	0,91
Matrícula	0,75	1,00
Det matrícula	0,66	0,91
Condición	0,00	1,00
Ubigeo	1,00	1,00
Colegio	1,00	0,99

Elaboración propia

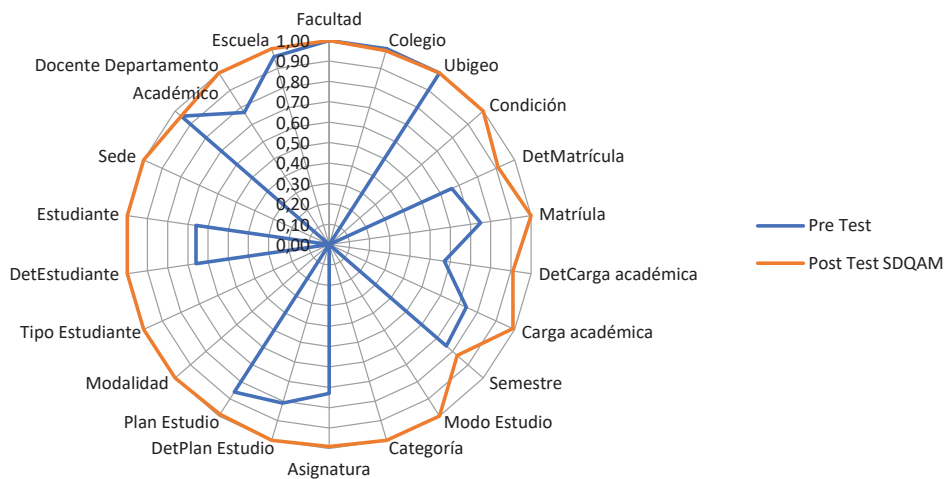


Figura 6. Gráfico radar de tablas evaluadas para medir la calidad del esquema conceptual de datos antes y después del modelo propuesto SDQAM.

Elaboración propia

Al obtener los resultados del proceso de evaluar la calidad del esquema conceptual de datos sin el modelo propuesto, se puede observar que varias tablas tienen un porcentaje de 0 %, esto se debe a que carecen de completitud en la definición de restricciones en los atributos y que varios elementos de la estructura del modelo no son entendibles, los mismos que se lograron mejorar.

#### 4. DISCUSIÓN

La presente investigación ha conceptualizado un modelo de evaluación de calidad de datos tomando como base para la elaboración el estándar ISO/IEC 25 012, desde la perspectiva del consumidor de datos y desde la visión de la calidad de datos inherentes. Esto se basa en el sentido en que los consumidores de datos necesitan usar los datos, cuyos valores se espera que sean correctos, actualizados y completos; y que la evaluación de los datos vaya más allá de aspectos tecnológicos.

En la propuesta del modelo de evaluación se detallan los artefactos utilizados; se integró dos modelos: el modelo de evaluación de *software* ISO/IEC 25 040 (ISO/IEC 25 040, 2011) y el modelo GOCAME (Becker *et al.*, 2015), Estrategia integrada de Medición y Evaluación enfocada en un contexto y orientada a objetivos. Por lo que, el objetivo del modelo propuesto es evaluar y mejorar la calidad de los datos. Por su parte, Calabrese *et al.* (2019), determinó una guía para medir y evaluar la calidad de datos con énfasis en el proceso definido por ISO/IEC 25 040, concluyendo este proceso solo en un informe final de resultados.

Para la selección de características de calidad de datos, Fritz *et al.* (2017), plantean evaluar la calidad de productos de datos almacenados enmarcados netamente en aspectos de seguridad de datos, tomando como base las características de calidad de la norma ISO/IEC 25 010 e ISO/IEC 25 040 como proceso de evaluación. La selección de características o atributos propuestos por Fritz depende mucho de la calidad del *software*, a diferencia de nuestro enfoque que está orientado a seleccionar características inherentes, implícitas en el dato y en el esquema conceptual de datos, casi obligatorias de un sistema de gestión académica, características que fueron seleccionadas según la importancia del consumidor de datos.

Manrique (2017) desarrolla un catálogo de reglas de negocios basado en ISO/IEC 25 012, utilizando sentencias SQL, reutilizables y procesables por cualquier gestor de base de datos. En nuestro estudio, generamos plantillas de consultas SQL que pueden ser instanciadas de acuerdo con las especificaciones de requisitos y pueden ser aplicados a otros contextos.

Realizando un análisis de los resultados obtenidos al evaluar la calidad del valor del dato se puede obtener análisis importantes de los registros catalogados como datos de mala calidad o datos inaceptables en el sistema SISGA, como, por ejemplo, en los datos de los docentes y estudiantes con porcentajes inaceptables de calidad de datos, porque contienen datos inconsistentes, no estandarizados, desactualizados, generando inconvenientes en los consumidores de datos para poder usar los datos con nuevas aplicaciones.

## 5. CONCLUSIONES

Si bien la universidad cuenta con un sistema de gestión académica considerado como una fortaleza de la institución, esto se debilita al no contar con datos de calidad y esto se evidencia al evaluar la calidad de datos con características o dimensiones de calidad más comunes, donde se obtiene un 71 % de datos calificados como inaceptables. En consecuencia, la universidad, en cuanto a la calidad de datos, no le dio la debida importancia. Con la aplicación del modelo propuesto se obtiene un porcentaje del 86 %, calificado como aceptable, lo que mejora significativamente la calidad de datos. Por lo que tomar como referencia el estándar ISO/IEC 25 012 como modelo de calidad de datos fue muy importante para garantizar y asegurar la calidad de datos y así poder confiar en ellos al hacer uso de los mismos.

Es necesario trabajar de la mano con la especificación de requisitos, esto debido a que ciertas métricas de calidad lo requieren como insumo para su medición. El resultado obtenido de la mejora en el valor del dato se debe a las consideraciones establecidas en el reglamento de matrícula, reglamento general académico de la UNAMBA y regulaciones establecidas en la Ley 30220, definidas como reglas y restricciones de dominio.

Se tiene que considerar como un factor clave en la calidad de los datos, la calidad del modelo conceptual de los datos a nivel de esquema; esto se debe a que varias restricciones de datos no fueron implementadas en el esquema de la base de datos, razón por lo cual se incurre en el ingreso y registro de datos defectuosos. Por lo que, al aplicar el modelo de evaluación propuesto, mejora significativamente la calidad del modelo conceptual.

## 6. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las universidades un cambio cultural que se centre en el valor del análisis de datos, teniendo en cuenta los beneficios que se pueden obtener a partir de datos de calidad.

## REFERENCIAS

- Becker P., Papa F., y Olsina L. (2013) Enhancing the Conceptual Framework Capability for a Measurement and Evaluation Strategy. En Q.Z. Sheng, y J. Kjeldskov, *Lecture Notes in Computer Science*, 8295, 104-116. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-04244-2\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-04244-2_11)
- Clarrus Consulting Group Inc. (2010). *Software Quality Attributes: Following All the Steps*.
- Caballero, I., Rodríguez, M., y Fernández, C. (Noviembre del 2017). Calidad de datos digitales certificada. *Aenor*, (331), 36-39. <https://portal.aenormas.aenor.com/revista/331/calidad-datos-certificada.html>
- Caballero, I., Gómez, A., Gualo, F., Merino, J., Rivas, B., y Piattini, M. (2018). *Calidad de Datos*. Editorial RAMA.
- Calabrese, J., Esponda, S., Pasini, A. C., Boracchia, M., y Pesado, P. M. (Octubre del 2019). Guía para evaluar calidad de datos basada en ISO/IEC 25012. XXV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, 694-706. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/91086>
- Calahorrano, A. I. (2007). Herramienta para evaluar la calidad del código fuente generado en C ANSI [Tesis de Título Profesional, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/559>
- Congreso de la República de Perú Ley N.º 29733, *Ley de Protección de Datos Personales*. (2011). [http://www.pcm.gob.pe/transparencia/Resol\\_ministeriales/2011/ley-29733.pdf](http://www.pcm.gob.pe/transparencia/Resol_ministeriales/2011/ley-29733.pdf)
- DalleMule, L., y Davenport T. (2017). *What's your Data Strategy?*. United States: Harvard Business Review. <https://hbr.org/2017/05/whats-your-data-strategy>.
- Fritz, E., Montejano, G., y García, P. (2017). Selección de atributos de calidad de datos en sistemas de gestión de aprendizaje bajo la familia de normas ISO/IEC 25000. *XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC)*, 627-631. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/62178>
- Hernández R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). Mc Graw Hill.
- ISO25000. (30 de septiembre del 2021). *La familia de normas ISO/IEC 25000*. <http://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000>
- ISO/IEC 25012. (2008). ISO/IEC 25012:2008 Software engineering –Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)– Data Quality model. <https://www.iso.org/standard/35736.html>

- ISO/IEC 25040. (2011). ISO/IEC 25040: 2011 System and Software Engineering – Systems and Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Evaluation Process. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/35765.html>
- Ley 30220, Ley Universitaria 30220. (2014). Diario *El Peruano*. <https://diariooficial.elperuano.pe/pdf/0021/ley-universitaria-30220.pdf>
- Manrique, A. (2017). *Desarrollo de un catálogo de reglas de negocio referentes a datos, basado en ISO/IEC 25012 y SBVR*. [Tesis de Magister, Universidad de Castilla-La Mancha]. Repositorio institucional de la UCLM. <http://hdl.handle.net/10578/16697>
- UNAMBA (2018). *Reglamento de matrícula*. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú. <https://www.unamba.edu.pe/transparencia/transparencia-universitaria/reglamentosacademicoss/reglamento-de-matr%C3%ADcula-2.html>
- Zhang, R., Indulska, M., y Sadiq, S. (Julio, 2019). Discovering Data Quality Problems. *Business y Information Systems Engineering*, 61, 575–593. <https://doi.org/10.1007/s12599-019-00608-0>



# ECHARTSTAG PARA GENERACIÓN DE *CHARTS* USANDO TAGLIB

DAVID MAMANI-PARI  
davidmp@upeu.edu.pe / ORCID: 0000-0002-5836-2018  
Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú

RICHART SMITH ESCOBEDO-QUISPE  
rescobedoq@unsa.edu.pe / ORCID: 0000-0003-3618-6858  
Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú

## Resumen

Existen muchas herramientas para desarrollar aplicaciones en Java, pero existen pocas alternativas para *framework* o bibliotecas especializadas para mostrar gráficos (*charts*) en entornos web. Aunque la mayoría son para entornos de escritorio, las librerías PrimeFaces y ChartistJSF son una alternativa para la web, pero están orientadas a proyectos basados en Java Server Faces. En este sentido, muchos proyectos prefieren utilizar principalmente una biblioteca de gráficos integrada con JavaScript, lo que implica una curva de aprendizaje adicional y requiere más tiempo en el desarrollo de aplicaciones. Por lo tanto, es necesario tener una biblioteca o marco de visualización de gráficos único para aplicaciones Java en el entorno web. Por lo tanto, en este artículo se propone construir una herramienta que ayude a desarrollar visualizaciones gráficas en proyectos web Java utilizando los conceptos de TagLibs y Webjars. La herramienta propuesta se llama EchartsTag y fue construida siguiendo la metodología XP y validada con SonarQube y un grupo de profesionales expertos en desarrollo de proyectos Java. EchartsTag está disponible en GitHub, por lo que puede ser utilizado por cualquier desarrollador de la comunidad de Java u organizaciones que trabajen con tecnología Java. Finalmente, los resultados de rendimiento de EchartsTag se demuestran al compararlo con otras herramientas alternativas, logrando un tiempo promedio de 14,17 minutos en tiempo de desarrollo y ocupando el tercer lugar en tiempo promedio de visualización que es 3,5 m después de Chartjs y HighCharts. Además, ocupa el primer lugar en la evaluación de otros criterios para el desarrollo web java con herramientas de visualización de gráficos.

PALABRAS CLAVE: *charts* / Java Server Faces / EchartsTag / TagLibs, Webjars  
/ aplicaciones Java / JavaScript

## ECHARTSTAG FOR CHART GENERATION USING TAGLIB

### Abstract

There are many tools for developing applications in Java, but there are few alternatives for frameworks or specialized libraries for displaying charts in web environments. Although most of them are for desktop environments, the PrimeFaces and ChartistJSF libraries are an alternative for the web, but they are oriented to projects based on Java Server Faces. In this sense, many projects prefer to use a graphics library built-in JavaScript, which implies an additional learning curve and is more time-consuming in developing applications. Therefore, it is necessary to have a unique graphics display library or framework for Java applications in the web environment. Therefore, in this article, it is proposed to build a tool that helps develop graphical visualizations in Java web projects using the concepts of TagLibs and Webjars. The proposed tool is called EchartsTag, and it was built following the XP methodology and validated with the SonarQube product and a group of professional experts in Java project development. EchartsTag is available on GitHub, so it can be used by any developer in the Java community or organizations that work with Java technology. Finally, the performance results of EchartsTag appear when compared with other alternative tools, achieving an average time of 14.17 minutes in development time and occupying third place in average viewing time that is 3.5ms after Chartjs and HighChats. In addition, to occupy the first place in evaluating other criteria for java web development with charts tools.

KEYWORDS: charts / Java Server Faces / EchartsTag / TagLibs / Webjars / Java application / JavaScript

## 1. INTRODUCCIÓN

Según Stack-overflow (2020), el 55,2 % son desarrolladores *Back-end* y el 37,1 % son desarrolladores *Front-end*, mientras que el 54,9 % son desarrolladores *full-stack*; esto evidencia mayor cantidad de desarrolladores en aplicaciones web, seguido por los desarrolladores en aplicaciones empresariales de entorno escritorio con el 23,9 %, y en cuanto a desarrollo móvil, cuenta con el 19,2 % de desarrolladores. Por consiguiente, se puede deducir que el desarrollo web tiene una mayor cuota de mercado. Este incremento de desarrolladores se viene dando desde años atrás, como se menciona en el trabajo de Yadav *et al.* (2018), motivado por la revolución digital. Por otro lado, Molina-Rios *et al.* (2020) refieren que el desarrollo de aplicaciones web está en su apogeo debido al avance de las tecnologías y la constante dependencia del internet. Así mismo Marashdih *et al.* (2019) refieren que el uso de aplicaciones web ha aumentado y se ha convertido en un estándar para representar datos y realizar lanzamiento de servicios.

Sulova (2019) considera que el análisis de datos es cada vez más importante para las empresas, además refiere que la mayoría de las aplicaciones de *software* están basadas en la web. Por lo que toma un mayor interés el desarrollo de aplicaciones web en las distintas organizaciones. Según las estadísticas de Stackoverflow (2020), Java es el tercer lenguaje de programación más usado para entornos web, después de JavaScript y Python. Sin embargo, hay pocas alternativas de marcos de trabajo para *charts* en Java web, a pesar de que existen muchos *frameworks*; sin embargo, tienen otros propósitos y, en cuanto a *charts* se tiene a PrimeFaces y ChartistJSF que están orientadas a tecnologías de Java Server Faces que usa la estructura XHTML para el lado del usuario; en razón de ello, se hizo una revisión de literatura respecto a *charts* para Java obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 1, donde la mayoría de bibliotecas son para entornos de escritorio; sin embargo, para entornos web, según Burtini *et al.* (2013), generalmente se usa una biblioteca o *framework* escrito en JavaScript lo que conlleva un tiempo adicional de aprendizaje; en consecuencia, se requiere una herramienta especializada en Java web para el desarrollo de *charts* interactivos para la visualización de la información que ayude a la toma de decisiones. Aunque en el año 2007 se hizo un trabajo para solucionar este problema, sin embargo, no se encuentra disponible la biblioteca en la web (Ostruszka *et al.*, 2007). Por lo que aún se requiere una herramienta que pueda ser una alternativa para el desarrollo de *charts* en el lenguaje de programación Java web.

Por otro lado, Hua *et al.* (2018) mencionan que los humanos dependen cada vez más de la web basada en la visualización de datos para tomar decisiones en diversos aspectos como negocios, finanzas, educación, gobierno, industria e incluso con fines personales. Así mismo, Shen *et al.* (2019) refieren que antiguamente las páginas web eran estáticas, pero con la aparición de la web 2.0 se masificaron las visualizaciones de información con contenidos dinámicos; referenciando así las presentaciones más comunes entre una a

tres dimensiones de datos, los cuales son: Line Chart, Bar Chart, Pie Chart, Scatter Chart, Area Chart. De la misma forma, Sorapure (2019) manifiesta que las visualizaciones de datos están cada vez más dirigidas a usuarios cotidianos con una variedad de intereses y objetivos, y resalta, además, cuatro tipos de visualizaciones como son las imágenes, texto, datos e interacciones. Considerando, que las visualizaciones de información en la web toman un papel importante, se propuso el desarrollo de una biblioteca o marco de trabajo para facilitar el desarrollo de visualizaciones en la plataforma Java web, puesto que se dispone de pocas alternativas para tal propósito.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Herramientas para la visualización de charts en Java web

Según, Gilbert (2019), JFreeChart es una biblioteca libre u *open source* para Java que facilita el desarrollo de gráficos de calidad y está orientada a aplicaciones tanto para el lado del servidor como del cliente. Además, es compatible con los componentes de Swing y JavaFX y muestra los gráficos en archivos de imagen (PNG y JPEG) y formatos de archivos vectoriales como (PDF, EPS y SVG).

XChart es una biblioteca liviana, que se centra en la simplicidad y la facilidad de uso, ya que requiere pocas líneas de código para mostrar un gráfico y contiene una gran cantidad de colecciones de tipos de gráficos y son compatibles con las tecnologías Swing de Java, Java EE, y Java SE, pero no está orientada a entorno web (Knowm Inc., 2019).

PrimeFace es un *framework* UI, es decir, es un marco de trabajo de interfaz de usuario que tiene varios componentes; entre ellos está Charts y Chartjs que contiene varios gráficos principales; cabe resaltar que es un librería única que no tiene dependencias adicionales y es muy simple de usar y está orientada a entornos web; sin embargo su compatibilidad es con los proyectos de tipo Java Server Faces (JSF) y está patrocinada por PrimeTek Informatics; como uno de los proyectos de código abierto, bajo la licencia gratuita de Apache (PrimeTek, 2019).

ChartistJSF está relacionado con gráficos receptivos, altamente personalizables para Java Server Faces. Se basa en Chartist.js para generar los gráficos en SVG puro, además es una Api de gráficos simple. Donde hace una diferencia con PrimeFaces que es un poco más tedioso ya que está basado en jqPlot para la generación de gráficos que limita la manipulación en los elementos del DOM (Alimam, 2017).

Redko (2014) menciona que JavaFX Chart es un componente de interfaz de usuario desarrollado para uso general en aplicaciones de sistemas de información, y los gráficos disponibles en JavaFX Chart como parte del paquete de SDK de JavaFX contiene los siguiente gráficos: Pie Chart, Line Chart, Area Chart, Bubble Chart, Scatter Chart y Bar

Chart; los mismo que tienen sus ejemplos correspondientes; sin embargo, están orientados hacia aplicaciones de entorno escritorio como Swing y JavaFX.

Finalmente, las herramientas anteriores citadas son especializadas para Java; algunos para entornos web, otros para entornos de escritorio y algunos con soporte para ambos entornos, como es el caso de JFreeChart lanzado el año 2000, que es una de las más usadas en Java y dicha afirmación se puede corroborar mediante las estadísticas de tendencias de Google Trends como se observa en la figura 1. Sin embargo, JFreeChart para entornos web se generan gráficos en formato de imagen, lo que hace que no sean gráficos interactivos; como sí es posible hacerlos con herramientas para *charts* desarrolladas en JavaScript. Por lo tanto, esta es una razón para crear una herramienta que permita lograr gráficos interactivos en Java web, sin necesidad de aprender a programar en JavaScript.

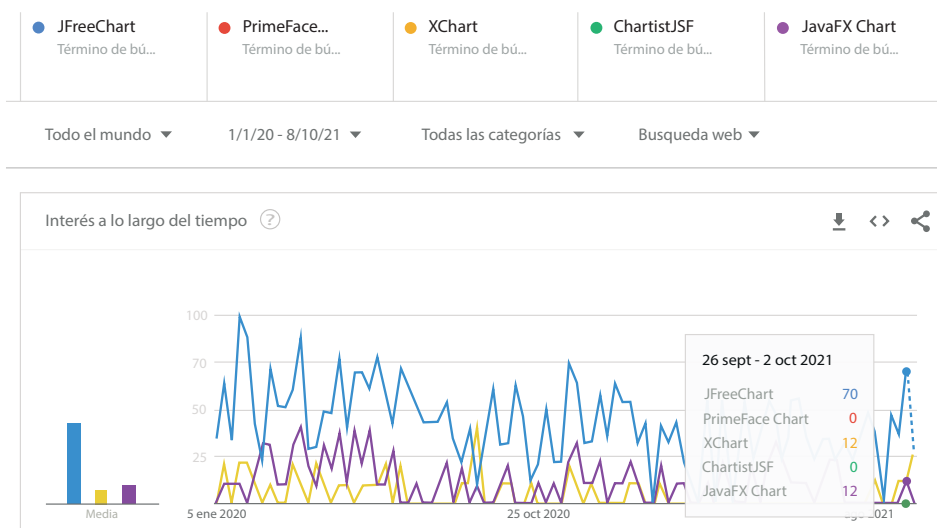


Figura 1. Resultados de tendencias de búsqueda sobre herramientas Chart para Java.

Fuente: captura de Google Trends.

## 2.2 Desarrollo de Framework o librería

El proceso de desarrollo de un *framework* no es igual al desarrollo de aplicaciones tradicionales y cuenta con ciertos procesos o etapas principales de desarrollo de *framework* como es: el análisis del dominio, diseño de *framework* y la instanciación del *framework* (Rodríguez, 2007). Véase la figura 2.

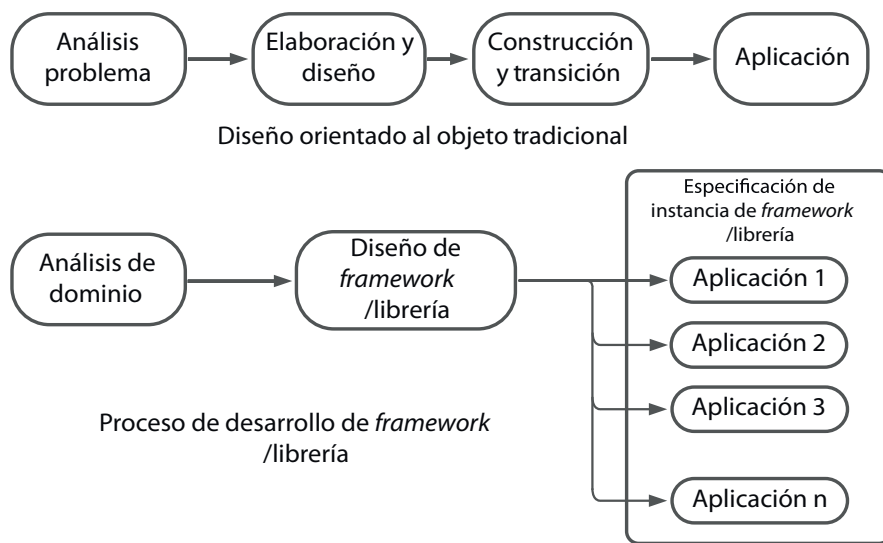


Figura 2. Proceso de desarrollo del framework/librería

Fuente: Adaptado de Rodríguez (2007).

### 2.3 Charts

Son gráficas para representar alguna información como cuadros estadísticos que juegan un papel primordial en diferentes áreas de la vida, como la información, la educación, la comunicación o la investigación (Martínez *et al.*, 2019). Para ello existen muchas herramientas en la programación web, que generalmente están escritas en JavaScript como es el caso de ECharts que es un *framework* de visualización gráfica en el que también se hizo un estudio de comparación con las otras herramientas similares como HighCharts, C3.js, Chart.js que evaluó algunas características como el soporte de canvas, personalización de interacciones, entre otros, saliendo como ganador ECharts (Li *et al.*, 2018).

### 2.4 Taglib

Son herramientas para crear nuevas etiquetas en Java web; mediante la invocación de la clase TagSupport que es la clase base para la creación de nuevos controladores de etiquetas o Taglibs (Oracle, 2019). La clase TagSupport implementa las interfaces de Tag e InterationTag y agrega algunos métodos de obtención para las propiedades de Tag. La creación de nuevas etiquetas ayuda en la portabilidad de los componentes y también la simplicidad para los desarrolladores, contribuyendo de esa manera al lenguaje expresivo (EL) (Oracle, 2021). Los controladores de etiquetas deben ser uno de los dos tipos: controladores de etiquetas clásicas que proporciona el TagSupport o BodyTagSupport en caso de que la etiqueta utilice un cuerpo; estas se definen en un archivo descriptor de

librerías TLD, que describe la sintaxis de cada etiqueta y los relaciona con las clases de Java que son los controladores para poder ejecutar su funcionalidad.

### 3. METODOLOGÍA

Según Wells (2013), la programación extrema (XP) es uno de varios procesos ágiles y el más popular. Así mismo, dicha metodología demuestra tener mucho éxito en las distintas organizaciones, grandes, pequeñas y medianas, debido a que busca la satisfacción del cliente en lugar de entregar todo lo que se desea en una fecha lejana. Además, esta metodología busca entregar el producto a medida que el cliente lo necesita y busca responder a los cambios en los requisitos del cliente, incluso al final del ciclo de vida. La programación extrema busca el trabajo en equipo y mejora un proyecto de *software* en cinco formas: comunicación, simplicidad, retroalimentación, respeto y coraje. Por otro lado, los programadores mantienen una comunicación constante con el cliente y sus compañeros de equipo, mantienen un diseño simple y limpio y, también, reciben comentarios al probar la aplicación y procuran entregar el producto lo antes posible al cliente para recibir retroalimentación. Según Goto *et al.* (2014), la programación extrema contempla las siguientes etapas: planificación, diseño, codificación y pruebas. Dichas etapas fueron consideradas en la construcción de EchartsTag que es la herramienta que se propone en el presente artículo. Por otro lado, es necesario aclarar que se eligió a XP como metodología de desarrollo, dado que su forma de trabajo es por fases y es la que mejor se ajustaba a la naturaleza del proyecto.

#### 3.1 Planificación para el desarrollo de EchartsTag

Conforme a la fase de planificación de la metodología XP se identificaron las historias de usuarios, producto de la revisión de literatura con respecto a *charts* más usados y frecuentes en las distintas herramientas de visualización de información o visualización web para Java, como también se puede corroborar en las tendencias de búsqueda de Google Trends que se observa en la figura 1. Así, se pueden identificar los principales tipos de gráficos como: Bar Chart, Line Chart, Area Chart, Pie Chart, Scatter Chart y Radar Chart. Asimismo, hay ciertas diferencias en cada una de las herramientas como se puede apreciar en la tabla 1, por lo que se optó por agregar Funnel Chart y Boxplot Chart como elementos diferenciadores. Además de algunos *charts* en 3D como Bar 3D Chart, Line 3D Chart y Scatter 3D Chart.

Tabla 1  
*Herramientas Para Charts en Java*

	JavaFX	JFreeChart	PrimeFace Chart	XChart	ChartistJSF
Pie chart	x	X	X	x	x
Line chart	x	X	X	x	x
Area chart	x	X	X	x	x
Bubble chart	x		X	x	
Scatter chart	x		X	x	
Bar chart	x	X	X	x	x
Radar chart			X	x	
Gantt chart		X			
Gauge chart			X		
Stack chart				x	
3D	NO	Bar chart	NO	NO	NO
Entorno	Desktop	Desktop	Web / JSF	Desktop	Web / JSF

Elaboración propia

Cada uno de los gráficos formó parte de la historia de usuarios, y se contó con once iteraciones, de acuerdo a la metodología XP, antes del lanzamiento del producto final. Sin embargo, previamente se hizo la especificación de historias de usuario que se muestra un ejemplo en la tabla 2; así mismo, se definió las pruebas de aceptación de los once tipos de gráficos, como se observa en la tabla 3; además se contempló el control de errores que estas pueden darse por el ingreso inadecuado de datos.

Tabla 2  
*Especificación de historia de usuario*

Historia de usuario	
Número: 1	Usuario: desarrollador de Java web
Nombre de la historia: Visualizador gráfico de tipo Bar Chart para mostrar la información procesada	
Prioridad en negocio (alta, media, baja): Alta	Riesgo en desarrollo (alto, medio, bajo): Bajo
Puntos estimados: 2	Iteración asignada: 1
Programador responsable: investigador	
Descripción: Debe permitir visualizar el gráfico en forma de barras o histogramas, mostrar las etiquetas por colores y nombre según los datos mostrados en barra o histograma; mostrar los valores en cada barra o histograma, contemplar un deslizador para ambos ejes a fin de tener claridad en visualización; así mismo debe permitir la descarga del gráfico en formato de Imagen.	

(continúa)



(continuación)

Observaciones:

En la parte de desarrollo se debe contemplar la opción de configurar el idioma con la que se desea que se visualice, como también el tipo de estilo de colores de la gráfica a visualizar.

Elaboración propia

Tabla 3

*Prueba de aceptación*

Prueba de aceptación

Código: 1

N.º historia de usuario: 1

Historia de usuario: visualizador de gráfico en Tipo Bar Chart para visualización de información procesada.

Condiciones de ejecución: En el desarrollo se debe colocar de forma obligatoria los datos en los siguientes elementos de la etiqueta:

echartBar: dataLabel, dataValuesEjeBase, dataValues, idCharts.

echartBarHistogram: idCharts, chartTitle, legendDataName, ejeDataX

Pero primero debió referenciar el Taglib: `<%@taglib uri="http://www.syscenterlife.com/echarts" prefix="echar" %>`

Y luego la siguiente etiqueta: `<echar:echartHeaderScript/>`

Entrada / pasos de ejecución:

Elegir el tipo de gráfica mediante un clic.

Visualizar la gráfica de acuerdo con los parámetros o datos ingresados en los elementos de la etiqueta.

Resultado esperado: Mostrar la gráfica de acuerdo al tipo de gráfica seleccionada.

Evaluación de la prueba: La prueba se concluyó satisfactoriamente.

Elaboración propia

### 3.2 Diseño de EchartsTag

En la etapa de diseño se definió la estructura general del proyecto contemplando los recursos, código fuente y las pruebas unitarias, como se aprecia en la figura 3, y en seguida se definió la responsabilidad de colaboración de clases como se observa en la figura 4.

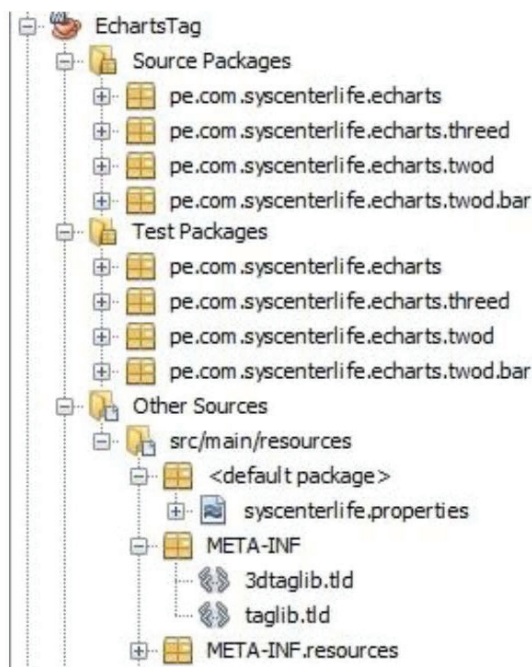


Figura 3. Estructura de Proyecto EchartsTag

Elaboración propia

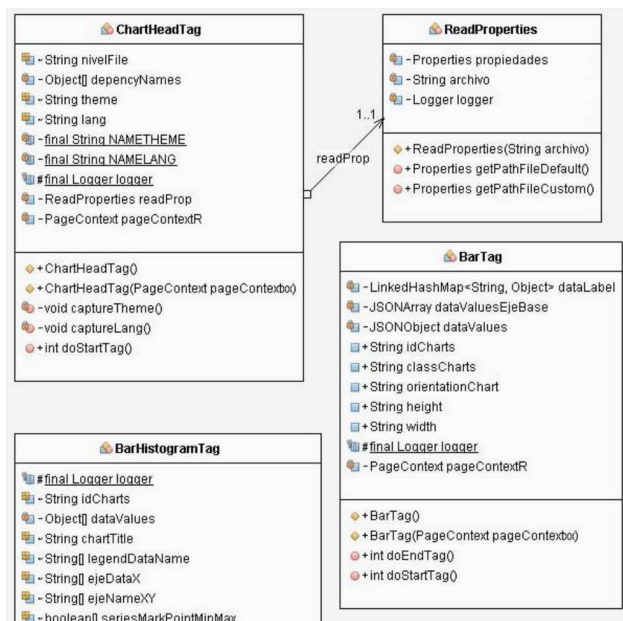


Figura 4. Diagrama de la clase de colaboración de responsabilidad (CRC)

Elaboración propia

### 3.3 Codificación de EchartsTag

En esta fase se procedió a programar de acuerdo con la especificación de historias de usuarios en relación con las iteraciones programadas y en función a la estructura definida en el paso anterior; es así que se inicia con la definición de las dependencias en el archivo *pom.xml*, que es el archivo principal de configuración y manejo de dependencias en proyectos de tipo maven en Java. Usando las siguientes librerías o dependencias que se muestran en la tabla 4, además de precisar que no fue necesario el uso de muchos patrones de diseño por la simplicidad; a excepción del patrón de Singleton, se ha usado en el desarrollo, más sí se han contemplado muchas buenas prácticas que fueron evaluadas con la herramienta de SonarQube, que es un *software* que mide la calidad interna del código.

Tabla 4  
*Dependencias utilizadas para la construcción de EchartsTag*

Nombre de dependencias	Versión	Funcionalidad	Tecnología
Junit	4.13.1	Para realizar pruebas unitarias del código	Java
JSON	20180130	Para intercambio de datos en formato Json	Java
lombok	1.18.4	Para implementar las funciones <i>setter</i> y <i>getter</i> mediante anotaciones para los atributos de los <i>charts</i>	Java
mockito	3.2.4	Para realizar pruebas en Taglibs	Java
Jacoco	0.8.6	Para reportes de pruebas unitarias	Java
sonar-scanner-maven	3.6.0.139	Para desplegar el proyecto en SonarQube	Java
xinghuangxu.sonarqube	5.1		Java
maven-plugins	3	Para compilado de proyectos maven	Java
javaee-web-api	7	Para referencias a Servlets dentro de Taglibs	Java
Echarts	4.6.0	Para generar gráficos <i>charts</i>	JavaScript

Elaboración propia

Para la construcción del EchartsTag se estableció el ambiente de desarrollo correspondiente; para este caso, fue la configuración de Maven que es un gestor de dependencias. El IDE de desarrollo que se utilizó fue Apache NetBeans, y el cliente de Git para el manejo de versiones. Se procedió así con la creación de las clases correspondientes de acuerdo con la estructura definida en el paso anterior, considerando las iteraciones de las historias de usuario y tomando en consideración los criterios de buenas prácticas de codificación; estos últimos fueron evaluados posteriormente con la herramienta de SonarQube. Una vez concluida la creación de las clases heredadas por BodyTagSupport y las funcionalidades correspondientes, se procedió a crear un archivo

con la extensión TLD que es un archivo descriptor de librerías para definir la sintaxis de cada una de las etiquetas relacionados con las clases definidas en Java que actúan como controladores para ejecutar una función en específica, como se puede verificar en el código fuente del proyecto, que está alojado en el repositorio de la plataforma Github, ya que es una de las herramientas más usadas por los desarrolladores.

Como parte de esta etapa también están las pruebas unitarias. Para ellas se recurrió a Junit y Mockito que son librerías para pruebas unitarias; sin embargo, el último permite el trabajo con objetos simulados, logrando así las pruebas unitarias de las clases que heredan de TagSupport. Asimismo, en la figura 5 se observan los resultados de las pruebas unitarias.

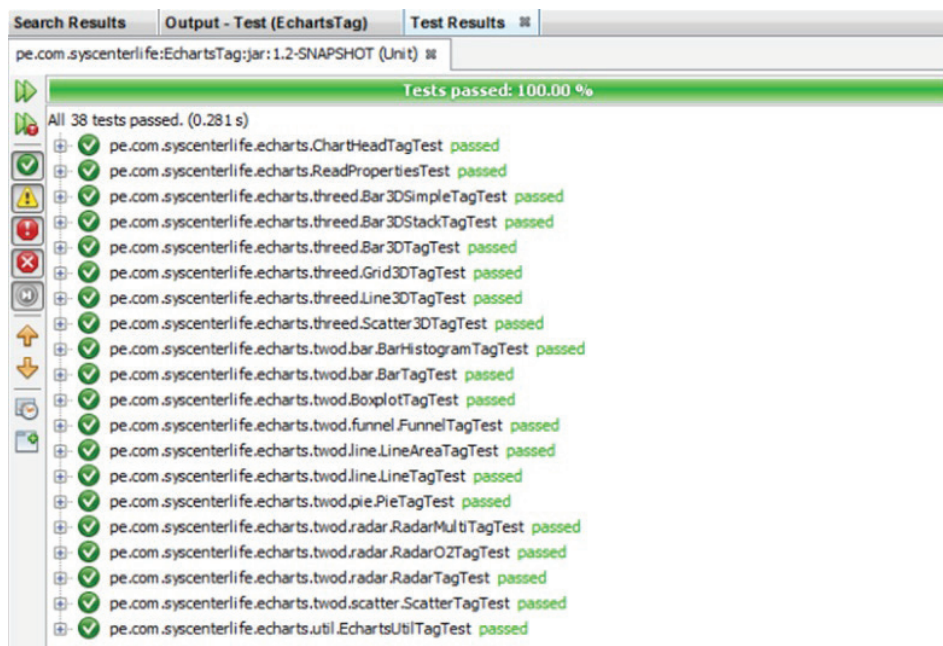


Figura 5. Resultados de la ejecución de pruebas Unitarias

Elaboración propia

### 3.4 Pruebas de EchartsTag

Siguiendo la metodología XP, finalmente se ejecutaron las pruebas de aceptación en relación con lo establecido en la etapa de planificación. Antes de ello se procedió a la creación de un proyecto demo donde se realizó la instancia a EchartsTag para crear charts; dicha instancia se hizo en un archivo denominado pom.xml del nuevo proyecto, como se observa en la figura 6.

```

22     <dependency>
23         <groupId>com.github.davidmp</groupId>
24         <artifactId>EchartsTag</artifactId>
25         <version>1.8</version>
26     </dependency>

```

Figura 6. Referencia de la dependencia de EchartsTag

Elaboración propia

En seguida se procedió a crear los ejemplos de *charts* usando la librería construida previa configuración del archivo `syscenterlife.properties` en el que se define el estilo de gráficos y el soporte de idioma. Posteriormente se referencio al Taglib de EchartsTag para la creación de gráficos, como se observa en la figura 7 y se puede ver la gráfica en la figura 8.

```

2  <%@page contentType="text/html" pageEncoding="UTF-8"%>
3  <%@taglib uri="http://www.syscenterlife.com/echarts" prefix="echar" %>
4  <!DOCTYPE html>
5  <html>
6  <head> <echar:echartHeaderScript /> </head>
7  <body>
8  <%
9      Object[][] dataValuesX={
10         {335,"Direct access"},
11         {310,"Email Marketing"},
12         {234,"Affiliate Advertising"},
13         {135,"Video ad"},
14         {1548,"Search engine"},};
15     String chartTitle="Un usuario del sitio visita la fuente";
16     %>
17     <echar:echartPie idCharts="main1" chartTitle="<%=chartTitle%>"
18     dataValues="<%=dataValuesX%>" />
19 </body>
20 </html>

```

Figura 7. Código de gráfico circular con EchartsTag

Elaboración propia



Figura 8. Resultado del gráfico circular con EchartsTag

Elaboración propia

Una vez desarrollados todos los ejemplos según tipos de gráficos para automatizar las pruebas de aceptación, en primer lugar, se procedió a usar Selenium, que es un entorno de pruebas basadas en la web que permite reproducir y grabar las pruebas; por lo que, se procedió a realizar la configuración correspondiente del WebDriver como se observa en la figura 9.

```
25
26     private WebDriver driver;
27
28     @BeforeMethod
29     public void setUp() {
30         DesiredCapabilities caps=new DesiredCapabilities();
31         System.setProperty("webdriver.chrome.driver", "D:\\TESTDRIVERS\\chromedriver.exe");
32         driver=new ChromeDriver();
33         driver.manage().window().maximize();
34         driver.navigate().to("http://localhost:8080/EchartsJsp/");
35         try {
36             Thread.sleep(6000);
37         } catch (InterruptedException e) {
38             e.printStackTrace();
39         }
40     }
```

Figura 9. Configuración de WebDriver para la automatización de pruebas de aceptación

Elaboración propia

En seguida, se procedió a configurar las dependencias necesarias en el archivo pom.xml del proyecto EcharSelenium, los cuales son: el TestNG, Selenium y el HttpClient. Después de escribir el código de los *scripts* de pruebas de aceptación y al ser ejecutadas estas, se obtuvieron resultados satisfactorios, ya que el 100 % de las pruebas automatizadas pasaron correctamente, como se puede apreciar en la figura 10.

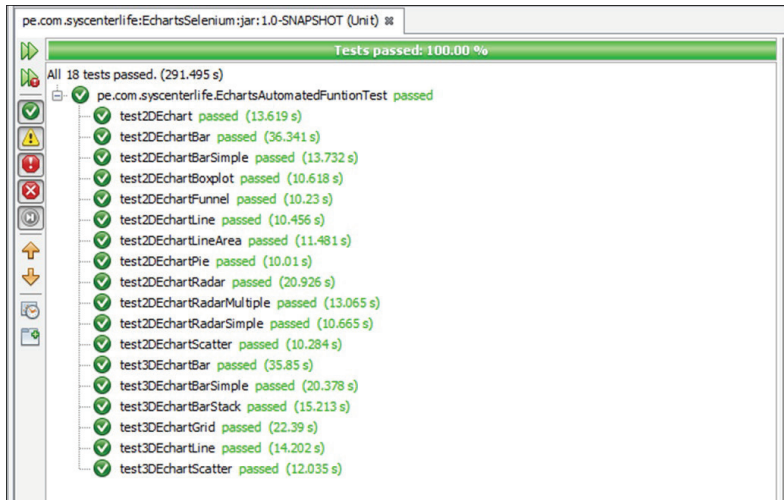


Figura 10. Resultados de Pruebas de Aceptación-Selenium

Elaboración propia

#### 4. RESULTADOS

Finalizada la construcción de EchartsTag, se procedió a publicar el artefacto en el repositorio de Github (URL: <https://github.com/davidmp/EchartsTag>) inicialmente con la versión 1.2; actualmente está en la versión 1.8; esto permite enlazar con el gestor de paquetes Maven mediante JitPack como se observa en la figura 11. A fin de que cualquier desarrollador pueda hacer uso libremente de EchartsTag en sus aplicaciones web.

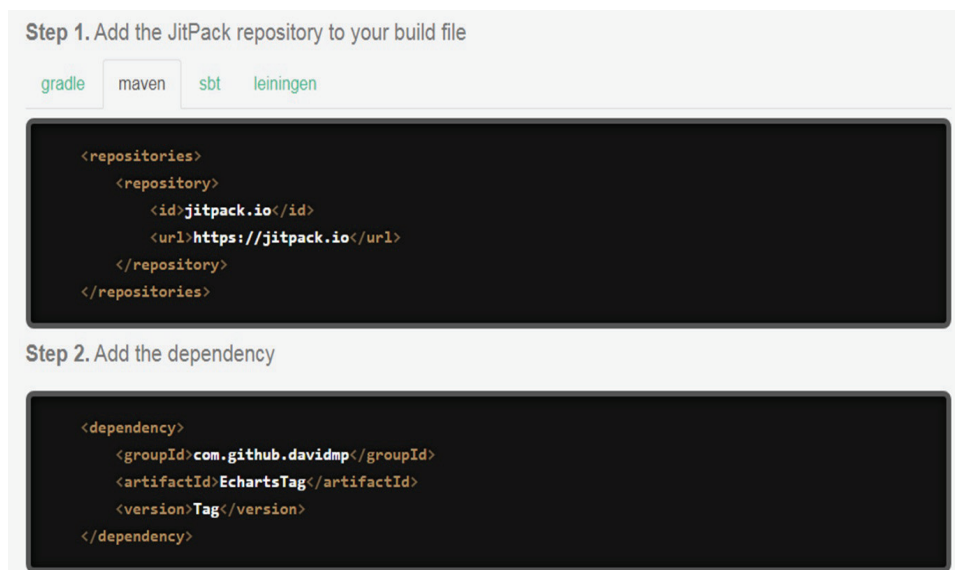


Figura 11. EchartsTag Publicado en JitPack

Elaboración propia

Finalmente se instanció EchartsTag en tres tipos de proyectos Java: JSP Plano, Servlets y SpringBoot, corroborando su compatibilidad con cualquier tipo de proyectos Java en entornos web, a excepción de proyectos de tipo Java Server Faces. Los ejemplos de los proyectos se pueden probar y verificar en el siguiente enlace del repositorio de Github. <https://github.com/davidmp/ExampleFrameworkEcharts>.

#### 4.1 Creación de visualización web con EchartsTag

Los ejemplos se pueden encontrar en el enlace anterior, sin embargo aquí se hizo la demostración en uno de los tipos de proyectos, el de Java Server Page. Para ello previamente se tuvo que identificar un caso real, a fin de representar los datos en una visualización de *charts*, por lo que se eligió visualizar los diez países que tienen mayores certificaciones en las ISO a nivel mundial; en seguida se identificó el tipo de *chart* que mejor se adecua a la representación de datos, para este caso se eligió la etiqueta *echartBarHistogram*. Dicha representación, tanto a nivel de código y resultado se puede observar en las figuras 12, 13 y 14.



```

String chartTitle="Estadística de Certificaciones - 2018";
double[] dataValues1={295703,87794,47482,34335,31795,29562,26434,21848,21095,14123};
double[] dataValues2={136715,15118,8028,19131,7374,12198,11201,11201,4000,5777};
double[] dataValues3={11581,937,300,1283,1976,585,280,100,88,60};
double[] dataValues4={6443,332,147,120,525,138,928,100,90,80};

Object[] dataValues={dataValues1,dataValues2,dataValues3,dataValues4};
String[] legendDataName=new String[dataValues.length];
legendDataName[0]="ISO 9001";
legendDataName[1]="ISO 14001";
legendDataName[2]="ISO 22000";
legendDataName[3]="ISO 45001";
String[] ejeDataX={"China","Italia","Alemania","Japón","India","España","Reino Unido",
"Estados Unidos","Francia","República de corea"};
String[] ejeNameXY={"Eje X","Eje Y"};
boolean[] seriesMarkPointMinMax={false,true,false,false};
boolean[] seriesMarkLineMedia={false,false,true,false};
String[] seriesStackName={"one","one","two","two"};
String echartsOriented="horizontal";/*vertical,horizontal*/

```

Figura 12. Fragmento de código en Java

Elaboración propia

```

<%@page contentType="text/html" pageEncoding="UTF-8"%>
<%@taglib uri="http://www.syscenterlife.com/echarts" prefix="echar" %>
<!DOCTYPE html>
<html>
    <head>
        <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
        <title>JSP Page</title>
        <echar:echartHeaderScript/>
    </head>
    <body>
        <% /*Here Java code*/ %>
        <echar:echartBarHistogram chartTitle="<%=chartTitle%>" dataValues="<%=dataValues%>" ejeDataX="
<%=ejeDataX%>"
                                idCharts="main" legendDataName="<%=legendDataName%>"/>
    </body>
</html>

```

Figura 13. Fragmento en JSP

Elaboración propia

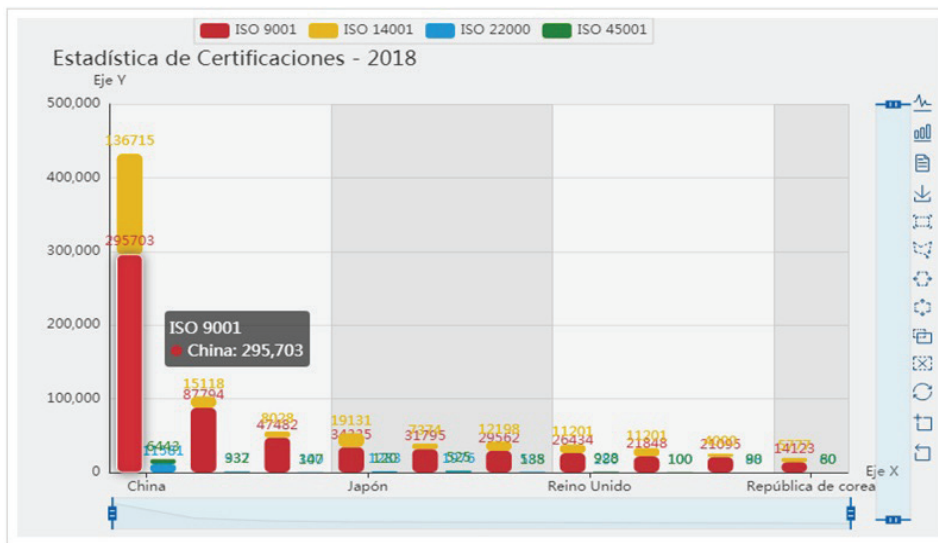


Figura 14. Resultado sobre países con mayores certificaciones

Elaboración propia

## 4.2 Validación

Para la validación de EchartsTag se consideró las dimensiones y atributos de la ISO 25.010 que es uno de los estándares para evaluar la calidad de *software*. Por lo que tres de sus dimensiones fueron evaluadas con la herramienta de SonarQube y para el resto de las dimensiones se optó por la modalidad de Robiolo y Santos (2016) juicio de expertos, ya que es una de las técnicas más usadas en diversos campos como estimaciones de proyectos de *software*, negocios, salud, educación, productos de *software*, etc.

### 4.2.1 SonarQube Software para evaluar calidad de código

Una vez concluido todo el desarrollo según la metodología XP, se procedió a validar el código fuente, para ello se usó el *software* SonarQube, que es una herramienta especializada para evaluar calidad interna de código; se obtuvieron resultados favorables de un nivel A en cuanto a fiabilidad, seguridad y mantenibilidad, como se observa en la figura 15. Para lograr dicho resultado evidentemente se tuvo que evaluar y corregir las partes que generaban alguna inseguridad o problemas de mantenimiento, etc. como también ver la cobertura de código por las pruebas unitarias.

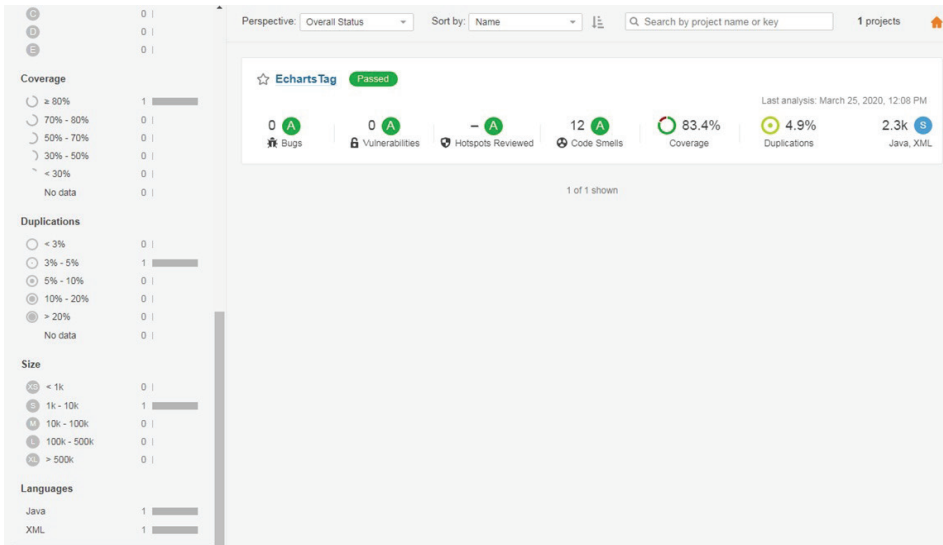


Figura 15. Resultado de la evaluación de atributos de calidad de EchartsTag  
Elaboración propia

#### 4.2.2 EchartsTag – Validación por juicio de expertos

Respecto a las dimensiones de adecuación funcional, eficiencia de desempeño, compatibilidad, usabilidad, portabilidad, productividad y satisfacción se evaluó en función a los atributos de la ISO 25 010 y en función a ello se formularon las preguntas (ver anexo A) tomando como base teórica el estándar en mención, para realizar la evaluación por juicio de expertos; dichos atributos se observan en la tabla 5.

Tabla 5  
Atributos de calidad según ISO 25010

Dimensión de calidad	Atributo de calidad
Adecuación funcional	Complitud funcional
	Corrección funcional
	Pertinencia funcional
Eficiencia de desempeño	Comportamiento del tiempo
	Utilización de recursos
	Capacidad
Compatibilidad	Coexistencia
	Interoperabilidad

(continúa)

(continuación)

Usabilidad	Entendimiento
	Aprendizaje
	Operatividad
	Protección a errores
	Atractividad
	Accesibilidad
Portabilidad	Adaptabilidad
	Facilidad de instalación
	Reemplazabilidad
Productividad	El framework o librería contribuye en la productividad del desarrollo de gráficos
Satisfacción	Satisfacción del programador (experto) en el uso del framework o librería

Elaboración propia

Para la evaluación de juicio por expertos, se consideró la recomendación de Jakob Nielsen (2000), quien sostiene que la evaluación de usabilidad web solo debe realizarse con cinco usuarios, ya que con más población se hace una inversión innecesaria. Sin embargo, en la presente investigación se consideró seis expertos para la evaluación de EchartsTag, en relación al instrumento que está en función a los atributos de calidad de la ISO 25 010 que se observa en la tabla 5. Asimismo, antes de ello también se consideró cierto perfil para la selección de expertos. Dicha evaluación fue de forma virtual, en función a los demos construidos, y se obtuvieron resultados favorables como se aprecia en la figura 16, donde el 83 % de los expertos consideran que EchartsTag cumple con los atributos de calidad de *software* por lo que sostienen que están muy de acuerdo; mientras que el 16,67 % sostiene que está de acuerdo; por consiguiente, se concluye que el 100 % de expertos están de acuerdo con el cumplimiento de los atributos de calidad de EchartsTag al evaluar las dimensiones de adecuación funcional, eficiencia de desempeño, compatibilidad, usabilidad, portabilidad, productividad y satisfacción; para esta etapa se recomienda seleccionar adecuadamente a los expertos que tenga el perfil según lo que se desea evaluar; para este caso, por ejemplo, deben ser profesionales que hayan trabajado con Java; por ser la herramienta construida para esa comunidad.



Figura 16. Resultado de la evaluación de atributos de calidad de EchartsTag

Elaboración propia

#### 4.2.3 EchartsTag – Análisis comparativo

Generalmente la información que se usa para la presentación de visualizaciones de gráficos o *charts* ya son datos previamente procesados; por lo que estas no son en grandes cantidades; sin embargo, el soporte de grandes cantidades depende del tipo de gráfico; por ejemplo, se hicieron pruebas con Área Chart y no presentó ningún inconveniente con más de cinco mil registros, al igual que las otras herramientas con las que se hizo comparación; sin embargo, en los casos se trabajó con Bar Chart, y Pie Chart. En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos del experimento realizado bajo las mismas condiciones, como se puede apreciar en los videos donde se observa que EchartsTag obtuvo el menor tiempo en desarrollo de 14,17 minutos en promedio sobre un par de casos, precisando el control de tiempo se hizo mediante un cronómetro digital, seguido por HighCharts y JFreeChart. Por otro lado, también se hizo el control del tiempo sobre la demora o latencia en la visualización de la gráfica, donde destacan Chart.js y HighCharts, seguidos de EchartsTag y FusionCharts; las pruebas se hicieron en la misma máquina con una la capacidad de 32 GB de memoria RAM y CPU de 3,6GHz Intel Xeon.

Tabla 6  
 Resultado de la evaluación de atributos de calidad de EchartsTag

Frameworks/ Librerías	Tipo – gráfico	Tiempo en desarrollo (min)	Promedio (min)	Evidencia	Promedio tiempo de ejecución (ms)	Promedio (ms)
EchartsTag	PieChart	10	14,17	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=XCODV0CAG2g">https://www.youtube.com/watch?v=XCODV0CAG2g</a>	3	3,5
	BarChart	18,34			4	
FusionCharts	PieChart	11	22,775	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=xwXoWtrfXzA">https://www.youtube.com/watch?v=xwXoWtrfXzA</a>	3	3,5
	BarChart	34,55			4	
JFreeChart	PieChart	14	14,5	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=geuuwngQFIQ">https://www.youtube.com/watch?v=geuuwngQFIQ</a>	20	25
	BarChart	15			30	
Chart.js	PieChart	26,58	33,29	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=UUhAjEUGICE">https://www.youtube.com/watch?v=UUhAjEUGICE</a>	2	2,75
	BarChart	40			3,5	
HighCharts	PieChart	9	14,22	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=5C9bpEX4YBI">https://www.youtube.com/watch?v=5C9bpEX4YBI</a>	2,5	3
	BarChart	19,44			3,5	

Elaboración propia

En la tabla 7 se aprecian los resultados en que EchartsTag obtiene un mayor puntaje sobre los criterios planteados; por lo que sería una buena propuesta optar por esta alternativa, ya que FusionCharts e HighCharts son las que más se asemejan en cuanto a interactividad; sin embargo, implican costos por su uso comercial, además de requerir conocimientos en JavaScript. Por otro lado, podría ser Charts.js, sin embargo implica mayor tiempo en desarrollo y no ofrece una información más clara en cuanto a su manual como las otras alternativas, mas no se podría optar por JFreeChart ya que no son interactivas; mientras que EchartsTag internamente usa ECharts desarrollada en JavaScript, para que sus gráficos sean interactivos sin tener conocimiento de JavaScript.

Tabla 7  
 Análisis de otras características para elegir un framework/librería para charts

Frameworks/ Librerías	No requiere conocimiento en JavaScript	Gráfico interactivo	Soporte Canvas	Soporte de gráficos 3D (3 dimensiones)	Código open source	No requiere pago (uso comercial)	Puntaje
EchartsTag	1	1	1	1	1	1	6
FusionCharts	0,5	1	1	0	0	0,5	3
JFreeChart	1	0	0	0	1	1	3
Chart.js	0	1	1	0	1	1	4
HighCharts	0	1	0	1	0	0	2

Elaboración propia

## 5. CONCLUSIONES

EchartsTag es una herramienta alternativa para la visualización de *charts* en el ecosistema Java web y para el desarrollo primeramente se hizo una revisión de literatura sobre herramientas de *charts* en Java en la que se identificaron las principales visualizaciones de *charts*, las cuales se convirtieron en historias de usuarios en relación con la metodología adoptada, En función de ello fue construida usando los conceptos de *taglibs* y *webjars* en Java para la creación de las etiquetas que puedan ser referenciados en el lado del usuario, facilitando el desarrollo de visualizaciones de *charts* mediante la instancia de EchartsTag. Así mismo, se sometió la librería a la evaluación de calidad de código en SonarQube obteniendo resultados favorables de nivel A en cuanto a la fiabilidad, seguridad y mantenibilidad; por otro lado también se evaluó las otras dimensiones de calidad que contempla la ISO 25 010, donde se obtuvo resultados favorables a través del juicio de expertos, respecto a los atributos de calidad que contempla EchartsTag, se obtuvo una calificación favorable de parte del 100 % de expertos que evaluaron a EchartsTag. Con ello podemos concluir que la herramienta construida tiene ciertos criterios de calidad, por lo que se puede tener la confianza al ser instanciada en cualquier proyecto propio de Java web; así mismo, está disponible en los repositorios o gestores de dependencia en JitPack para que pueda ser referenciada por cualquier desarrollador de la comunidad Java en el desarrollo de aplicaciones web. Además, se hizo un análisis comparativo en el que EchartsTag destaca en cuanto al tiempo promedio de desarrollo en la evaluación de un par de casos; así mismo, se evaluaron algunas otras características para elegir una herramienta para *charts* donde también destaca EchartsTag.

## 6. TRABAJOS FUTUROS

Un aspecto importante a incorporar en la presente investigación es el soporte de *charts* para proyectos de tipo JSF. Considerando que tiene soporte para otros tipos de proyectos de Java, a excepción de JSF; por ello se recomienda ampliar la funcionalidad de EchartsTag para proyectos de tipo JSF aplicando facelet-taglib.

Por otro lado, también es importante recordar que contempla las visualizaciones (*charts*) básicas; por lo que se recomienda ampliar las funcionalidades para otros tipos de *charts* como calendarios, mapas, etc.

Asimismo, ampliar el soporte de internacionalización para diferentes idiomas, utilizando estándares de internacionalización i18n compatible.

## REFERENCIAS

- Alimam, H. (2017). ChartistJSF: gráficos receptivos altamente personalizables para JavaServer Faces. <https://github.com/hatemalimam/ChartistJSF>
- Burtini, G., Fazackerley, S., y Lawrence, R. (2013). Reducing data transfer for charts on adaptive web sites. *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing (SAC '13)*, 865–867. <https://doi.org/10.1145/2480362.2480528>
- Gilbert, D. (2019). *JFreeChart*. <http://www.jfree.org/>
- Goto, T., Tsuchida, K., y Nishino, T. (2014). EPISODE: An extreme programming method for innovative software based on systems design. *Proceedings - 2014 IIAI 3rd International Conference on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI*, 780–784. <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2014.157>
- Hua, E. C., Nen, V. Y., Tee, F. S., y Ann, O. C. (2018). Pigeon-chart: A customized HTML element for data visualization in data-driven web application using angularjs, highcharts, underscorejs and PHP. *IEEE 3rd International Conference on Communication and Information Systems, ICCIS 2018*, 247–252. <https://doi.org/10.1109/ICOMIS.2018.8644793>
- Knowm Inc. (2019). XChart - Knowm.org. <https://knowm.org/open-source/xchart/xchart-example-code/>
- Li, D., Mei, H., Shen, Y., Su, S., Zhang, W., Wang, J., Zu, M., y Chen, W. (2018). ECharts: A declarative framework for rapid construction of web-based visualization. *Visual Informatics*, 2(2), 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.visinf.2018.04.011>
- Marashdih, A. W., Zaaba, Z. F., Suwais, K., y Mohd, N. A. (2019). Web application security: An investigation on static analysis with other algorithms to detect cross site scripting. *Procedia Computer Science*, 161, 1173–1181. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.230>
- Martínez, R. A., Turró, M. R., y Saltiveri, T. G. (2019). Accessible statistical charts for people with low vision and colour vision deficiency. *Proceedings of the XX International Conference on Human Computer Interaction (Interacción '19)*, 1–2. <https://doi.org/https://doi.org/10.1145/3335595.3335618>
- Molina-Ríos, J., y Pedreira-Souto, N. (2020). Comparison of development methodologies in web applications. *Information and Software Technology*, 119, 106238. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.106238>
- Nielsen, J. (2000). Why You Only Need to Test with 5 Users. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>




- Oracle. (2019). JavaServer Pages Standard Tag Library. Oracle. <https://www.oracle.com/technetwork/java/jstl-137486.html>
- Oracle. (2021). Fusion Middleware Programming JSP Tag Extensions for Oracle WebLogic Server. Oracle; Oracle. [https://docs.oracle.com/cd/E12839\\_01/web.1111/e13722/tld.htm#TAGLB120](https://docs.oracle.com/cd/E12839_01/web.1111/e13722/tld.htm#TAGLB120)
- Ostruszka, M., Sakowicz, B., y Napieralski, A. (2007). Universal Web-Based Charts Generator Based on J2EE Platform. *The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics - Proceedings of the 9th International Conference, CADSM 2007*, 524–528. <https://doi.org/10.1109/CADSM.2007.4297638>
- PrimeTek. (2019). PrimeFaces Ultimate UI Framework for Java EE. <https://www.primefaces.org/>
- Redko, A. (2014). Using JavaFX Charts. Oracle. <https://docs.oracle.com/javafx/2/charts/jfxpub-charts.pdf>
- Robiolo, G., y Santos, S. (2016). Estimación de proyectos de software pequeños basada en el juicio de expertos: un caso de estudio. ASSE 2016, 17° Simposio Argentino de Ingeniería. *Software*, 39–50. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/57160>
- Rodriguez, P. A. (2007). Rediseño del modelo de negocios del Datacenter de telefónica empresas en función de prácticas ITIL [Proyecto de Grado de Magister], Universidad De Chile. Repositorio Académico de la Universidad de Chile]. [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/rodriguez\\_pr/pdf/rodriguez\\_pr.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/rodriguez_pr/pdf/rodriguez_pr.pdf)
- Shen, H., Bednarz, T., Nguyen, H., Feng, F., Wyeld, T., Hoek, P. J., y Lo, E. H. S. (2019). Information visualisation methods and techniques: State-of-the-art and future directions. *Journal of Industrial Information Integration*, 16, 100102. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2019.07.003>
- Sorapure, M. (2019). Text, Image, Data, Interaction: Understanding Information Visualization. *Computers and Composition*, 54, 102519. <https://doi.org/10.1016/j.compcom.2019.102519>
- Stack-Overflow, I. (2020). Stack Overflow Developer Survey 2020. <https://insights.stackoverflow.com/survey/2020#technology-programming-scripting-and-markup-languages-professional-developers>
- Sulova, S. (2019). Models for web applications data analysis. *Proceedings of the 20th International Conference on Computer Systems and Technologies (CompSysTech '19)*, 246–250. <https://doi.org/10.1145/3345252.3345262>
- Wells, D. (2013). Extreme Programming: A Gentle Introduction. <http://www.extremeprogramming.org/>

Yadav, D., Gupta, D., Singh, D., Kumar, D., y Sharma, U. (2018). Vulnerabilities and security of web applications. *2018 4th International Conference on Computing Communication and Automation, ICCCA*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/CCAA.2018.8777558>

**ANEXO A****EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS DE NIVEL DE CALIDAD DE SOFTWARE (ECHARTSTAG)**

Estimado(a) sírvase valorar los atributos de calidad de *software* sobre el EchartsTag. Cada pregunta está en función a los atributos de calidad de acuerdo a la ISO/IEC 25 010 que contempla el modelo de calidad de *software*. La valoración de cada atributo se realiza en los siguientes términos con una (X).

1=Muy en desacuerdo    2=En desacuerdo    3=Ni en desacuerdo ni de acuerdo    4=De acuerdo    5=Muy de acuerdo

DATOS DEL PRODUCTO	DATOS DEL EVALUADOR
SOFTWARE: EchartsTag	NOMBRES Y APELLIDOS
	
FABRICANTE: David Mamani Pari	Firma y DNI
By:	
DESCRIPCIÓN: <i>Framework</i> /librería de gráficos (cuadros estadísticos) para el ecosistema Java en entorno web.	

Dimensión	PREGUNTAS Atributos de calidad	PUNTUACIÓN				
		(1) Muy en desacuerdo	(2) En desacuerdo	(3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo	(4) De acuerdo	(5) Muy de acuerdo
ADECUACIÓN FUNCIONAL	1.- Tiene un conjunto de funcionalidades apropiadas para las tareas específicas de gráficos (generar cuadros estadísticos) 2.- EchartsTag contempla el soporte de por lo menos dos idiomas. 3.- EchartsTag contempla el soporte de estilos de presentación (themes=manejo de colores en cuadros estadísticos) 4.- EchartsTag genera los gráficos (cuadros estadísticos) de forma esperada y correcta de acuerdo a los gráficos básicos que contempla. 5.- EchartsTag contempla las funcionalidades básicas requeridas como obligatorios en los Taglibs para su implementación					

(continúa)

(continuación)

---

EFICIENCIA DE DESEMPEÑO	6.- El tiempo de respuesta al generar los gráficos 2D (cuadros estadísticos) son aceptables. 7.- El tiempo de respuesta al generar los gráficos 3D (cuadros estadísticos) son aceptables. 8.- La cantidad en consumo de recursos en hardware para la visualización de gráficos es razonable o adecuado. 9.- EchartsTag contempla la totalidad de los requerimientos definidos (tipos de gráficos) como requisitos de usuario antes de la construcción.
COMPATIBILIDAD	10.- EchartsTag es compatible con diversos tipos de proyectos del ecosistema Java en entornos web (Servlets, JSP, framework (Spring))
USABILIDAD	11.- EchartsTag es fácil de entender, reconocer la estructura y la lógica de su aplicabilidad. 12.- EchartsTag es fácil de aprender a usar. 13.- EchartsTag es fácil de operar o implementar. 14.- EchartsTag contempla el control de errores a nivel de desarrollo para que los gráficos se generen correctamente. 15.- Es atractivo el diseño de gráficos (cuadros estadísticos)
PORTABILIDAD	16.- EchartsTag se adapta a cualquier sistema operativo en cuanto a su funcionamiento dentro del ecosistema Java en entorno web. 17.- La instalación de EchartsTag es relativamente fácil con el gestor de paquetes Maven. 18.- Al momento de usar EchartsTag es fácil de cambiar de versiones e incluso de ser reemplazado por otro del mismo tipo.
PRODUCTIVIDAD	19.- Considera que EchartsTag ayuda en la productividad de desarrollo de software relacionada a la visualización de gráficos (cuadros estadísticos) 20.- EchartsTag permite generar de forma más rápida los gráficos (cuadros estadísticos) en el ecosistema Java en entorno web.

---

(continúa)

(continuación)

---

SATISFACCIÓN	21.- Está satisfecho con el desarrollo (construcción) de EchartsTag
	22.- Está satisfecho al probar o implementar los ejemplos (demos) de EchartsTag

---

# EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD PERCIBIDA DE GOOGLE CLASSROOM, DRIVE Y MEET EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DELCUSCO DURANTE LA PANDEMIA DEL COVID-19

JISBAJ GAMARRA SALAS

jisbaj.gamarra@unsaac.edu.pe / ORCID: 0000-0001-8526-5005

WILLIAM ALBERTO CHÁVEZ ESPINOZA

william.chavez@unsaac.edu.pe / ORCID: 0000-0002-7170-8837

LISETH URPY SEGUNDO CARPIO

liseth.segundo@unsaac.edu.pe / ORCID: 0000-0001-7985-7477

Departamento Académico de Ingeniería Informática  
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú

## Resumen

El Perú, como el resto de países del mundo, ha sido afectado en muchos sentidos por la pandemia generada por el COVID-19. El sector educación no fue ajeno a esta situación. Las clases presenciales en todos los niveles de educación fueron canceladas y se migró a las clases virtuales. En este contexto, las aplicaciones educativas virtuales tomaron mayor protagonismo en los procesos de enseñanza y aprendizaje, siendo la usabilidad un atributo importante que debe ser considerado en este tipo de plataformas. El objetivo de esta investigación es medir la usabilidad de las principales aplicaciones educativas virtuales que actualmente utiliza la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco en su proceso de enseñanza y aprendizaje: Google Classroom, Google Drive y Google Meet. Para medir la usabilidad de estas aplicaciones se aplicó el cuestionario System Usability Score (SUS) a una población aproximada de 1150 docentes y 19 000 estudiantes de los cuales respondieron un total de 211 participantes, 137 alumnos y 74 docentes. El estudio es de enfoque cuantitativo y de alcance descriptivo con muestreo no probabilístico. El resultado del estudio muestra que la usabilidad percibida para las tres aplicaciones en general es buena para todos los participantes (promedio de puntuación SUS 69,85). En ese sentido, considerando el contexto

de la pandemia mundial, el uso de las herramientas de Google es conveniente para adaptarse rápidamente al proceso de enseñanza en el ámbito virtual y dichas herramientas son fáciles de usar y aprender.

PALABRAS CLAVE: usabilidad / Google Classroom / Google Driv / Google Meet / escala SU / capacidad de aprendizaje

## PERCEIVED USABILITY EVALUATION OF GOOGLE CLASSROOM, DRIVE AND MEET IN THE TEACHING AND LEARNING PROCESS AT THE UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO DURING THE COVID-19 PANDEMIC

### Abstract

Perú, like the rest of the world, has been affected in many ways by the COVID -19. The education sector was not immune to this situation. Face-to-face classes at all levels of education were canceled, education had to migrate to virtual classes. In this context, virtual educational applications took a more significant role in the teaching and learning processes, usability a critical attribute that must be considered in this platform. This research aims to measure the usability of the leading educational virtual applications currently used by the National University of San Antonio Abad del Cusco in its teaching and learning process: Google Classroom, Google Drive, and Google Meet. The study has a quantitative approach and descriptive scope with non-probabilistic sampling. To measure the usability of these applications, the System Usability Score (SUS) questionnaire was applied to an approximate population of 1150 teachers and 19 000 students, of which a total of 211 participants, 137 students, and 74 teachers responded. The study results show that the perceived usability for the three applications, in general, is good for all the participants (SUS score 69,85). The usability analyzed in detail is very good for teachers, and learning is ideal for both. In this sense, considering the context of the global pandemic, Google tools are convenient to quickly adapt to the teaching process in the virtual environment, and these tools are easy to use and learn.

KEYWORDS: usability / Google Classroom / Google Driv / Google Meet / SUS scale / learnability

## 1. INTRODUCCIÓN

Debido al COVID-19, todos los países del mundo han decidido cerrar las instituciones educativas para prevenir los contagios (Ahmad *et al.*, 2020; Dash *et al.*, 2021; Organización de las Naciones Unidas para la Educación [UNESCO], 2021). En ese sentido, en el Perú, a partir del 11 de marzo del 2020, como medidas de prevención y control del COVID-19, se dictó una serie de decretos supremos que declararon en estado de emergencia sanitaria a nivel nacional. Estas medidas, respecto al tema educativo, señalan que las instituciones públicas y privadas que brinden el servicio educativo en cualquiera de sus niveles deben suspender sus actividades presenciales (Plataforma digital única del Estado Peruano, 2021).

Las instituciones educativas estuvieron forzadas a migrar a un entorno virtual de aprendizaje en línea y a distancia. Las aplicaciones educativas como Zoom, Google Classroom, Skype, entre otros, son las más usadas para migrar todo al entorno virtual (Ahmad *et al.*, 2020). Sin embargo, la migración no es fácil y requiere de competencias en tecnologías informáticas y adaptación de prácticas pedagógicas a un contexto virtual, tanto para docentes como para alumnos. En ese sentido, muchas instituciones educativas están en proceso de adaptación e integración de los procesos de enseñanza-aprendizaje presencial al entorno virtual y sostener este proceso de la mejor manera (Akcil *et al.*, 2021). Además, el proceso no es fácil puesto que en algunas zonas que no tienen acceso a internet la adaptación es compleja o nula. También, tanto profesores como estudiantes no estaban preparados para afrontar el uso de herramientas digitales para el entorno de enseñanza-aprendizaje que les era requerido en el contexto de esta emergencia sanitaria (Bardales *et al.*, 2020).

Después de un crecimiento sin precedentes en la educación superior en las últimas décadas, la educación de más de 220 millones de estudiantes de nivel superior se interrumpió repentinamente en el año 2020 por el cierre de los locales debido al COVID-19 (UNESCO, 2021).

La Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (Unsaac), como muchas de las universidades del Perú, tuvo que migrar el proceso de enseñanza y aprendizaje al entorno virtual para no detener las actividades de aproximadamente 3000 asignaturas programadas por semestre y, consecuentemente, perjudicar a 19 000 estudiantes, 1150 profesores (Nina *et al.*, 2017; Supertintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria [Sunedu], 2019). La Unsaac optó por utilizar herramientas de Google para la educación (Google Classroom, Drive y Meet) que estaban disponibles desde el año 2013, pero que no eran utilizadas completamente por toda la universidad. En 2018, solo el 18 % de 30 000 cuentas de usuarios usaban de manera frecuente dichas herramientas (Nina, 2019). Es decir, más del 80 % de los miembros de la comunidad universitaria no estaban preparados para hacer uso de las herramientas de Google en el proceso de aprendizaje.



En este contexto, conocer el grado de complejidad de este proceso de adaptación, desde el punto de vista de la usabilidad de estas herramientas, se convierte en un factor clave.

La usabilidad es un atributo de calidad que mide lo fácil que puede llegar a ser el uso de las interfaces gráficas de usuario de un sistema y no puede verse como una propiedad de una sola dimensión pues incluye cinco atributos: capacidad de aprendizaje, eficiencia, memorabilidad, errores y satisfacción (Nielsen, 1994).

Para medir la usabilidad existen varios métodos de evaluación como encuestas o cuestionarios, pruebas de usuario, evaluación heurística, entrevistas, entre otros. Según Paz y Pow-Sang (2016), en su estudio de mapeo sistemático de métodos de evaluación de usabilidad, se reporta con mayor frecuencia la técnica de los cuestionarios. En ese sentido, existen varias técnicas de cuestionarios y entre ellas tenemos a SUS (System Usability Scale) que se ha convertido en un estándar de la industria, con referencias en más de 1300 artículos y publicaciones (Usability.gov, 2021).

Esta investigación tiene por objetivo evaluar la usabilidad percibida, desde la perspectiva de estudiantes y profesores, de Google Classroom, Drive y Meet en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Unsaac durante la pandemia del COVID-19 utilizando SUS.

Utilizaremos SUS por ser una técnica de rápida aplicación y de amplia utilización (Brooke, 1995).

El documento está distribuido de la siguiente manera: en la segunda sección se describen los importantes antecedentes del estudio, en la tercera sección se presenta la metodología, en la cuarta sección los resultados y, finalmente, en la quinta sección se presentan las discusiones y conclusiones del estudio.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Herramientas de Google en procesos de aprendizaje

Según Nina *et al.* (2017) la suite de Google for Education es un conjunto de aplicaciones en línea útiles para la comunicación y colaboración entre profesores y estudiantes en organizaciones educativas. Las herramientas disponibles en la suite de Google son: Gmail, Google Hangout, Google Meet, Google Drive, Google Form, Google Site, Google Classroom, Calendar, Grupos de Google, entre otros. Además, la suite de Google está integrada a las aplicaciones externas como Youtube, Google Chrome, Blogger, y Búsquedas en Google (Google for Education, 2021).

Las herramientas de la suite de Google más utilizadas en la educación son Google Drive, Classroom y Meet (Adkins *et al.*, 2012; Akcil *et al.*, 2021; Rusmansyah *et al.*, 2021; Nina *et al.*, 2017).

Google Drive permite almacenar cualquier tipo de archivo en la nube de Google y crear documentos de Google, hojas de cálculo, formularios, sitios, entre otros. Así mismo, Google Drive dispone de funcionalidades para que un grupo de usuarios pueda compartir y colaborar en línea. Por ejemplo, con Google Sites se pueden crear sitios web de grupos seguros en los que pueden compartir y trabajar en documentos de manera colaborativa (Lindoo, 2009). Así mismo, con documentos de Google, un grupo de usuarios puede crear una presentación de diapositivas para lograr un aprendizaje activo en el que todos pueden colaborar e interactuar (Adkins, 2012).















En segundo lugar, Google Classroom, desde su aparición en el año 2014, ha ido creciendo constantemente hasta consolidarse como la herramienta por excelencia de Google para facilitar el proceso de enseñanza, aprendizaje y la comunicación entre profesores y estudiantes. Así mismo, entre sus principales funcionalidades está crear aulas digitales, publicar material digital didáctico, publicar anuncios, asignar y entregar tareas, realizar comentarios, gestionar horarios y realizar la calificación de tareas con la posibilidad de utilizar rúbricas. Además, Google Classroom es una plataforma de aprendizaje en línea gratuita con varias funciones que respaldan el aprendizaje interactivo, divertido y significativo con una gestión del aula flexible. Por ejemplo, Google Classroom puede ayudar a los profesores de ciencias a administrar clases, realizar actividades de laboratorio y realizar evaluaciones en línea (Widiyatmoko, 2021). Finalmente, Google Classroom se combina con Google Drive para la distribución de tareas, videos y uso compartido de archivos de presentaciones, y Google Calendar para programar el calendario de reuniones.

En tercer lugar, Google Meet es una herramienta de videoconferencias con funcionalidades para crear e invitar a reuniones en línea, compartir pantalla, mensajería, diseños para visualización, grabar reuniones, traducciones automáticas de idiomas, entre otros. En ese sentido, Rusmansyah *et al.* (2021) señala que Google Meet facilita la interacción entre profesores y estudiantes como si estuvieran aprendiendo en clase directamente y para Septantiningtyas *et al.* (2021) Google Meet influye de manera significativa en la motivación de aprendizaje de los estudiantes, puesto que los estudiantes consideran que es fácil de implementar y permite la flexibilidad en tiempo y espacio.

Finalmente, existen otras herramientas de Google que destacan en el proceso de enseñanza y aprendizaje, como por ejemplo Gmail, Grupos de Google y Google Hangouts que disponen de funcionalidades para organizar mensajes, correo, listas de distribución, organizar eventos y mensajería instantánea. Por ejemplo, el uso de Google Hangouts ha permitido una comunicación rápida y fácil en temas de consejería, asesoramiento y tutoría en organizaciones educativas (Mendoza, 2015). Por su parte, Google Calendar permite gestionar y compartir eventos de manera fácil y con la posibilidad de sincronizarlos con dispositivos móviles (Lewis y Kimmel-Smith, 2011).






En la tabla 1, se muestra que las herramientas de Google pueden aplicarse a modelos de actividades docentes de Gagne y ayudan a garantizar la integración de la tecnología en el aula (Akcil *et al.*, 2021).

Tabla 1  
Modelo de actividades docentes de Gagne y Google Workspace Tools

Etapa	Nueve etapas de la enseñanza del modelo de Gagne	Logo	Actividades a realizar y herramientas web adecuadas (ejemplo)
INTRODUCCIÓN	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Captar la atención</li> <li>2. Informar sobre el objetivo</li> <li>3. Asociación con aprendizaje previo</li> </ol>		Presentación visual - Fotos de Google
			Mostrar videos – YouTube
			Uso de la simulación – Google AR y VR
			Mostrar tarjeta de información – Google Keep
DESARROLLO	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Presentación del contenido</li> <li>5. Proporcionar orientación</li> <li>6. Rendimiento revelador</li> <li>7. Proporcionar comentarios</li> </ol>		Investigar: Google Scholar – Chrome
			Preparar una presentación – Google Slides
			Interacción en el aula virtual – Google Classroom
			Reunir los contenidos del curso – Google Sites
			Hacer uso de infografías – Google Drawing
			Conferencia en vivo – Google Meet
			Mensajería – Gmail
			Uso de mapas mentales – Google Mindmap (Chrome Add-on)
			Tener discusiones – Google Groups
			Documentos de prácticas interactivas – Google Jamboard

(continúa)

(continuación)

EVALUACIÓN	8. Evaluación del desempeño 9. Asegurar el desempeño de lo aprendido y fortalecer su transferencia		Almacenamiento de contenido educativo – Google Drive
			Estudios comunes – Google Documents
			Cuestionario – Google Forms
			Crear prueba en línea – Google Edulastic
			Dar tarea y retroalimentación – Google HomeWorks

Fuente: Adaptado de Akcil *et al.* (2021)

## 2.2 La usabilidad y sus métodos de evaluación

De acuerdo con Jakob Nielsen (1994), la usabilidad es un atributo de calidad del software que mide lo fácil que puede llegar a ser el uso de las interfaces de usuario de un sistema, analizados a partir de los siguientes atributos:

- Aprendizaje: fácil de aprender para los inexpertos.
- Eficiencia: eficiente para usuarios expertos.
- Facilidad de memorizar: fácil de recordar lo aprendido por usuarios ocasionales.
- Errores: frecuencia de errores y qué tan graves son.
- Satisfacción: que tan agradable es el diseño para usar.

De acuerdo con Paz y Pow-Sang (2016), para evaluar la usabilidad de una aplicación de *software* se reportan con mayor frecuencia las técnicas de cuestionarios, pruebas de usuario, evaluación heurística, entrevista y pensar en voz alta. Véase la tabla 2.

Tabla 2  
Frecuencia de uso de cada método de evaluación de usabilidad

Método de evaluación de usabilidad	Número de veces que fue utilizado el método	Porcentaje
Survey / Questionnaire	104	26,26
User Testing	56	14,14
Heuristic Evaluation	50	12,63
Interview	41	10,35

(continúa)

(continuación)

User Testing – Thinking Aloud / Thinking Out Loud	38	9,60
Software Metrics / Usability Metrics	19	4,80
Automated Evaluation via Software Tool	16	4,04
Cognitive Walkthrough	11	2,78
Prototype Evaluation	11	2,78
Focus Group	6	1,52
Checklist Verification	5	1,26
Pencil y Paper	5	1,26
Others	34	8,59

Fuente: Paz y Pow-Sang (2016)

Según Cáceres y Pow-Sang (2018), la técnica de cuestionario para evaluar la usabilidad es un conjunto de preguntas específicas que responde una cantidad representativa de usuarios luego de utilizar una aplicación de *software*. Entre los tipos de cuestionarios más utilizados se encuentran:

- SUMI (Software Usability Measurement Inventory)
- SUS (System Usability Scale)
- CSUQ (Computer System Usability Questionnaire)
- PUTQ (Purdue Usability Testing Questionnaire)
- PSSUQ (Post-Study System Usability)
- UEQ (User Experience Questionnaire)
- UES (User Engagement Scale)
- QUIS (Questionnaire for User Interface Satisfaction)

Considerando el estudio de Cáceres y Pow-Sang (2018), en la presente investigación se hace uso del cuestionario SUS (System Usability Scale) por ser uno de los más utilizados entre las técnicas de tipo cuestionario.

### 2.3 System Usability Scale (SUS)

Existen diferentes estudios de evaluación de la usabilidad de sistemas de gestión del aprendizaje a través de técnicas como cuestionarios, pruebas de usabilidad, escalas, encuestas e incluso técnicas de minería de datos (Al-Omar, 2018).

Incidiremos en la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS, del inglés System Usability Scale ) que es la técnica utilizada para el caso de estudio.

SUS es un cuestionario simple de diez preguntas desarrollado por John Brooke en 1986 como respuesta a la demanda por encontrar técnicas que se administren de forma rápida y sencilla, pero lo suficientemente fiables, en comparación con los métodos que demandan largos periodos de tiempo que generan frustración en los usuarios (Brooke, 1995). Permite evaluar la usabilidad en diferentes productos y servicios, incluyendo sitios web, *hardware*, *software*, dispositivos móviles y aplicaciones y se ha convertido en un estándar con más de 1300 referencias en publicaciones y artículos (Usability.gov, 2021).

SUS usa la escala de Likert con cinco respuestas para cada pregunta que van desde “totalmente en desacuerdo” hasta “totalmente de acuerdo” (Brooke, 1995).

## 2.4 Estudios de usabilidad de Google Meet, Drive y Classroom

La usabilidad se convierte en un factor crítico para las aplicaciones educativas (Cáceres *et al.*, 2018). En ese sentido, a continuación presentaremos algunos trabajos de investigación que se han realizado en dicha área.

En Mavri y Hadjiconstantinou (2018) se evalúa la usabilidad de dos tecnologías colaborativas de aprendizaje, el Moodle Elgg y el Google Drive, así como su impacto pedagógico en términos de resultados de aprendizaje percibidos por los estudiantes. El estudio reclutó a un total de 28 estudiantes quienes fueron consultados y evaluados sobre el nivel de facilidad con que los usuarios realizan las tareas, la ocurrencia de errores y la experiencia de cada usuario. Los resultados mostraron que, en términos de usabilidad, el Google Drive es significativamente mejor que Moodle Elgg en cuanto a su facilidad de uso y experiencia de usuario.

La plataforma educativa Google Classroom también ha sido evaluada en términos de usabilidad y satisfacción del usuario según De Campos Filho (2019). Para este estudio se utilizó el cuestionario de Attrakdiff en un total de 110 estudiantes universitarios. El análisis de satisfacción de los usuarios mostró que esta plataforma resulta adecuada para el proceso de aprendizaje.

Finalmente, de acuerdo con Dash *et al.* (2021), se estudia la usabilidad y practicidad de las plataformas de enseñanza en línea y su importancia en el periodo de la pandemia del COVID-19. Fueron comparadas un total de siete plataformas (Zoom, Google Meet, Google Classroom, Microsoft Teams, Cisco Webex, Go ToMeet y Say Namaste) resaltando sus características esenciales, beneficios, interfaz de usuario y limitaciones. Los resultados mostraron que las plataformas mencionadas anteriormente facilitan la realización de conferencias educativas (reuniones virtuales) y que son ideales en términos de usabilidad, salvando lógicamente sus diferencias.

### 3. METODOLOGÍA

La investigación tiene un enfoque cuantitativo y alcance descriptivo con muestreo no probabilístico. La metodología de este estudio se lleva a cabo en dos pasos: primero, se aplica el cuestionario SUS a docentes y alumnos de la Unsaac al finalizar el semestre académico 2021-I entre el 18 de marzo y el 7 de mayo del 2021, para tres de los *softwares* más utilizados de la Google Suite for Education: Google Drive, Google Classroom y Google Meet; segundo, se calcula el puntaje SUS para cada aplicación y rol de usuario (docente y alumno).

En base a los datos de Sunedu (2019), la población de estudio es aproximadamente de 1150 docentes y 19 000 estudiantes. En ese sentido, la investigación realiza un muestreo no probabilístico por conveniencia de 211 participantes, de los cuales, 137 son alumnos y 74 son docentes. Según Hernández *et al.* (2010) el muestreo no probabilístico, también llamado muestras dirigidas, supone un procedimiento de selección informal y se utiliza en diversas investigaciones cuantitativas y cualitativas. La aplicación de la encuesta se realizó *online* utilizando Google Form para evitar riesgos a los investigadores y entrevistados por la pandemia del COVID-19.

#### 3.1 Cuestionario SUS

El cuestionario SUS está formado por diez preguntas básicas (Brooke, 1995):

Tabla 3  
*Cuestion preguntas de SUS*

ID	Enunciado de la pregunta
P1	Creo que usaría este sistema frecuentemente.
P2	Encuentro este sistema innecesariamente complejo.
P3	Creo que el sistema fue fácil de usar.
P4	Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar este sistema.
P5	Las funciones de este sistema están bien integradas.
P6	Creo que el sistema es muy inconsistente.
P7	Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar este sistema en forma muy rápida.
P8	Encuentro que el sistema es muy difícil de usar.
P9	Me siento confiado al usar este sistema.
P10	Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar este sistema.

Fuente: adaptado de (Brooke, 1995)

Sobre la base de estas preguntas se crea un cuestionario para cada aplicación a evaluar, reemplazando la palabra “sistema” por el nombre correspondiente (Google Classroom, Google Drive o Google Meet).

Cada pregunta tiene una escala de uno a cinco puntos, siendo uno equivalente a *totalmente en desacuerdo* y cinco a *totalmente de acuerdo*. Hay cinco declaraciones positivas y cinco negativas, que se alternan, las impares son positivas y las pares negativas.

### 3.2 Cálculo del SUS score

Para el cálculo de los resultados hay que diferenciar entre la escala de puntuación y la escala de contribución de cada sentencia. La puntuación, como se mencionó anteriormente, es una escala de Likert que va de uno a cinco, mientras que la contribución va de cero a cuatro.

La contribución se calcula en base al tipo de pregunta. La contribución para las preguntas positivas se obtiene restando 1 a la puntuación del usuario (ver Ecuación 1), mientras que para las negativas se obtiene restando el valor de la puntuación del usuario a 5 (ver Ecuación 2). Luego, multiplicar la suma de las contribuciones por 2,5 para obtener el puntaje SUS en el rango de 0 a 100 (Brooke, 1995).

$$SUS_{\text{impar}} = \left( \sum_{i=1}^{10} \text{puntuación} - 1 \right) * 2.5 ; \text{dónde } i \text{ es impar}$$

*Ecuación 1: cálculo SUS para pregunta impar*

$$SUS_{\text{par}} = \left( \sum_{i=1}^{10} 5 - \text{puntuación} \right) * 2.5 ; \text{dónde } i \text{ es par}$$

*Ecuación 2: cálculo SUS para pregunta par*

El SUS por sí mismo resulta difícil de interpretar; es decir, la puntuación obtenida en el rango de 0 a 100 no se puede definir si es buena o mala porque no se cuenta con ningún tipo de comparación. Sin embargo, con el tiempo, por la cantidad de estudios realizados, se han obtenido grandes volúmenes de datos que motivaron a varios autores a desarrollar escalas de calificación para su interpretación (Lewis y Sauro, 2018), como por ejemplo el grado de calificación curva propuesta por Sauro *et al.* (2012).

Sauro (2018), describe cinco enfoques, de los más usados, que ayudan a interpretar el puntaje SUS de manera significativa.



Tabla 4  
 Percentiles, grados, adjetivos y categorías de NPS para describir las puntuaciones de SUS

Grados	Puntaje SUS	Rango de percentiles	Adjetivos	Aceptabilidad	NPS1
A+	84,1-100	96-100	Lo mejor imaginable	Aceptable	Promotor
A	80,8-84,0	90-95	Excelente	Aceptable	Promotor
A-	78,9-80,7	85-89	Muy bueno	Aceptable	Promotor
B+	77,2-78,8	80-84	Muy bueno	Aceptable	Pasivo
B	74,1 – 77,1	70 – 79	Muy bueno	Aceptable	Pasivo
B-	72,6 – 74,0	65 – 69	Muy bueno	Aceptable	Pasivo
C+	71,1 – 72,5	60 – 64	Muy bueno	Aceptable	Pasivo
C	65,0 – 71,0	41 – 59	Bueno	Marginal	Pasivo
C-	62,7 – 64,9	35 – 40	Bueno	Marginal	Pasivo
D	51,7 – 62,6	15 – 34	Bueno	Marginal	Detractor

Fuente: Sauro (2018)

Adicionalmente a la interpretación unidimensional del puntaje general del SUS, esta se puede descomponer en un análisis más detallado en base a dos subescalas, usabilidad y capacidad de aprendizaje (Lewis y Sauro, 2009).

Las sentencias cuatro y diez del cuestionario están alineadas con la escala de capacidad de aprendizaje y las otras ocho con la de usabilidad. Para el cálculo de sus contribuciones, la suma de sus puntuaciones se multiplica por 12,5 y 3,125 respectivamente, con el objetivo de utilizar las mismas escalas de comparación con que se interpreta la puntuación general del SUS (Lewis y Sauro, 2009).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Descripción de la muestra

Características de la participación de alumnos y docentes de un total de 211 participantes, de los cuales 137 son alumnos (64,92 %) y 74 son docentes (35,07 %).

1 *Net Prometers Score* es una métrica que cuantifica cuántas personas probablemente recomienden un producto en comparación con aquellos que probablemente lo critiquen (Fessenden, 2016)

Tabla 5  
*Características demográficas de alumnos*

Género (%)	Masculino	62,04
	Femenino	37,95
Edad (años)	Máximo	59
	Mínimo	18
	Media	25,066
Dispositivo que utiliza (%)	Móvil	68,61
	Laptop	54,01
	Pc de escritorio	15,32
	Tablet	3,64
Lugar de acceso al Internet (%)	Desde la casa de un familiar o amigo	18,24
	Desde su casa	49,63
	Utilizó el modem+ chip distribuido por la Unsaac	23,35
	Desde una cabina pública	53,64
	Desde mi oficina / lugar de trabajo	2,91
	Desde un lugar público con wifi	2,18

Elaboración propia

Tabla 6  
*Características demográficas de docentes*

Género (%)	Masculino	68,91
	Femenino	31,09
Edad (años)	Máximo	74
	Mínimo	35
	Media	54,31
Dispositivo que utiliza (%)	Móvil	21,62
	Laptop	70
	Pc de escritorio	14
	Tablet	3

(continúa)

(continuación)

	Desde la casa de un familiar o amigo	3
	Desde su casa	62
Lugar de acceso al Internet	Utilizó el modem+chip distribuido por la Unsaac	23
	Desde una cabina pública	0
	Desde mi oficina/lugar de trabajo	2
	Desde un lugar público con Wifi	1

Elaboración propia

#### 4.2 Resultados de la usabilidad de Google Classroom, Drive y Meet

La tabla 7 presenta los resultados de las respuestas a las preguntas de usabilidad obtenidas para las tres aplicaciones (Google Classroom, Google Drive y Google Meet). Se detalla el promedio y desviación estándar para cada pregunta, por aplicación y grupo de usuarios.

En la tabla 8 se muestran aplicadas las reglas de puntuación del SUS, los puntajes promedio de SUS y las escalas de calificación de adjetivos para Google Classroom, Google Drive Google y Google Meet, tanto para alumnos como para docentes. El promedio general para las tres aplicaciones para alumnos es de 69,70 (equivalente a una escala de adjetivo de bueno) y 70 (equivalente a una calificación de bueno) para docentes.

Los resultados del análisis de las subescalas del SUS se muestran en la tabla 9. En el caso de las tres aplicaciones, para los alumnos, en el factor de usabilidad se obtiene un promedio de 71,04 (escala de adjetivo bueno) y en el factor capacidad de aprendizaje de 64,14 (escala de adjetivo bueno) y para los docentes, en el factor de usabilidad se obtiene un promedio de 74,17 (escala de adjetivo muy bueno) y en el factor capacidad de aprendizaje de 53,27 (escala de adjetivo bueno).

Tabla 7  
Resultados respuesta

ID Pregunta	Alumno						Docente					
	Classroom			Drive			Classroom			Drive		
	Media	Des. Est.	Meet	Media	Des. Est.	Meet	Media	Des. Est.	Meet	Media	Des. Est.	Meet
P1	4,00	0,80	1,07	3,82	1,07	4,06	4,36	0,77	4,11	0,88	4,41	0,74
P2	2,16	1,22	1,06	2,46	1,06	2,28	2,38	1,38	2,65	1,24	2,30	1,24
P3	4,31	0,86	1,00	3,73	1,00	4,38	4,26	0,86	3,69	1,12	4,20	0,95
P4	2,35	1,28	1,28	2,77	1,28	2,35	3,04	1,52	2,99	1,46	2,84	1,46
P5	3,72	0,87	0,93	3,66	0,93	3,75	3,92	0,93	3,76	1,07	3,93	0,85
P6	2,20	1,02	1,02	2,39	1,02	2,53	2,18	1,10	2,14	1,06	2,01	1,03
P7	4,11	0,92	1,08	3,66	1,08	4,21	4,24	0,92	3,91	1,12	4,18	1,00
P8	2,01	1,30	1,24	2,49	1,24	2,13	1,85	1,18	2,45	1,33	1,99	1,24
P9	3,91	1,05	1,06	3,52	1,06	4,02	4,27	0,83	3,86	1,04	4,04	1,05
P10	2,31	1,23	1,24	2,64	1,24	2,19	2,74	1,49	2,89	1,49	2,72	1,49
Total	3,11	1,41	1,24	3,11	1,24	3,19	3,32	1,47	3,24	1,36	3,26	1,46

Elaboración propia

Tabla 8  
Resultados puntuación SUS

	Alumno			Docente		
	Suma	Promedio	Adjetivo	Suma	Promedio	Adjetivo
Classroom	9937,50	72,50	Muy bueno	5340,00	72,20	Muy bueno
Drive	8780,00	64,10	Bueno	4850,00	65,50	Bueno
Meet	9912,50	72,40	Muy bueno	5347,50	72,30	Muy bueno
Total general	28630,00	69,70	Bueno	15537,50	70,0	Bueno

### Elaboración propia

Tabla 9  
Resultados de SUS por escalas

	Alumno				Docente			
	Usabilidad	Adjetivo	Capacidad de aprendizaje	Adjetivo	Usabilidad	Adjetivo	Capacidad de aprendizaje	Adjetivo
Classroom	73,97	Muy Bueno	66,79	Bueno	77,03	Muy bueno	52,70	Bueno
Drive	65,76	Bueno	57,39	Bueno	69,05	Bueno	51,52	Bueno
Meet	73,38	Muy bueno	68,25	Bien	76,44	Muy bueno	55,57	Bueno
Total general	71,04	Bueno	64,14	Bueno	74,17	Muy bueno	53,27	Bueno

Elaboración propia

## 5. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

En las tablas 5 y 6 se evidencia claramente que el 68,61% de los alumnos encuestados utilizan el teléfono celular como uno de los principales dispositivos para acceder a las aplicaciones analizadas en este estudio. En cambio, por parte de los docentes, el 94,5% de los encuestados hace uso de la laptop como principal dispositivo para el desarrollo de las sesiones de clase. Por lo tanto, existe una clara diferencia en el tipo de dispositivo más utilizado tanto por docentes y alumnos. Esto se debe al rol que desempeñan en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Para un alumno resulta más práctico y cómodo acceder a sus sesiones de clase desde un dispositivo móvil porque utiliza funcionalidades de las aplicaciones para captar conocimientos, además, se debe mencionar que el uso del móvil tiene más ventajas de acceso a internet en lugares donde no existe el

servicio de internet por operadoras. Mientras que, para un docente, que cumple un papel más de guía y mentor, es necesario un dispositivo que le permita aprovechar las funcionalidades orientadas a la compartición de conocimientos.

Por otro lado, el score de SUS obtenido para Google Classroom, Drive y Meet presentados en la tabla 8, no precisan una diferencia significativa en la usabilidad percibida tanto para profesores y estudiantes. Sin embargo, en el análisis de las subescalas (usabilidad y capacidad de aprendizaje) se observan algunas variaciones, principalmente para la de capacidad de aprendizaje, donde se tiene un menor puntaje para los profesores (53,27) en relación con el de los alumnos (64,14). Esto se debe a que los profesores utilizan más funcionalidades del *software* que los estudiantes, por ejemplo, deben aprender a publicar anuncios, crear evaluaciones, grabar las clases, enviar y recoger tareas. Esto comprueba, además, que están menos familiarizados con el uso de las tecnologías de la información en comparación con los alumnos por lo que necesitan más tiempo de capacitaciones.

En el caso de los estudiantes que participaron en este estudio el puntaje de SUS para Google Classroom fue de 72,50, sin embargo, en un estudio previo de Alqahtani (2019) el puntaje de SUS para Google Classroom en estudiantes fue de 86,45, lo que establece una diferencia de 13,95 puntos. Esta diferencia puede ser por el grado de uso de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) en los distintos países, por ejemplo porque Arabia Saudi tiene una mejor una posición en el *Informe sobre la medición de la sociedad de la información 2017* (puesto 54) en comparación con el Perú (puesto 96).

Por otro lado, según Al-Omar (2018), los estudiantes piensan que Blackboard LMS no es fácil de usar y adolece de cierta inconsistencia y complejidad en sus funcionalidades. Este hecho muestra que las herramientas de Google son fáciles de usar, fácil de aprender y menos complejas para adaptar el proceso de enseñanza del ámbito presencial al virtual en el contexto de pandemia del COVID-19.

## REFERENCIAS

- Adkins, J. K. (2012). Active Learning with Google Presentations. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 27(5), 229-230. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/2168874.2168924>
- Ahmad, M. S., Iqbal, M. W., Abid, M., Tabassum, N., Shahzad, S. K., Mian, N. A., y Naqvi, M. R. (2020). Usability Evaluation of Online Educational Applications in COVID-19. *LGURJCSIT*, 4(4), 86-95. <http://lgurjcsit.lgu.edu.pk/index.php/lgurjcsit/article/view/117/110>
- Akcil, U., Uzunboylu, H., y Kinik, E. (2021). Integration of Technology to Learning-Teaching Processes and Google Workspace Tools: A Literature Review. *Sustainability*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/su13095018>

- Al-Omar, K. (2018). Evaluating the Usability and Learnability of the "Blackboard" LMS Using SUS and Data Mining. 386-390. <https://doi.org/10.1109/iccmc.2018.8488038>
- Alqahtani, A. (2019). Usability Testing of Google Cloud Applications: Students' Perspective. *Journal of Technology and Science Education*, 9(3), 326-339. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1215341.pdf>
- Bardales Mendoza, O., Fernandez Bringas, T., y Saavedra Bendezú, L. (2020). Perspectives of the Use of ICT for the Teaching-Learning Process among Peruvian University Students and Lecturers during the COVID-19 Pandemic [Presentación de paper]. En *2020 2nd International Workshop on Artificial Intelligence and Education* (pp. 49-53). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3447490.3447500>
- Brooke, J. (1995). SUS: A "Quick and Dirty" Usability Scale. Usability Evaluation In Industry. <https://doi.org/10.1201/9781498710411-35>
- Cáceres, S. V., y Pow-Sang, J. A. (2018). A systematic mapping review of usability evaluation methods for educational applications on mobile devices [Presentación de paper]. 2018 7th International Conference On Software Process Improvement (CIMPS), 59-68. <https://doi.org/10.1109/CIMPS.2018.8625629>
- Dash, S., Samadder, S., Srivastava, A., Meena R., y Ranjan, P. (2021). Review of Online Teaching Platforms in the Current Period of COVID-19 Pandemic. *Indian J Surg*. 18, 1-6. doi: 10.1007/s12262-021-02962-4.
- de Campos Filho, A. S., de Souza Fantini, W., Ciriaco, M. A., dos Santos, J., Moreira, F., y Gomes, A. S. (2019). Health Student Using Google Classroom: Satisfaction Analysis. En L. Uden, D. Liberona, G. Sanchez, y S. Rodríguez-González (Eds.), *Learning Technology for Education Challenges* (pp. 58-66). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20798-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20798-4_6)
- Fessenden, T. (2016). *Net Promoter Score: What a Customer-Relations Metric Can Tell You About Your User Experience*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/nps-ux/>
- Google for Education. (28 de agosto del 2020). *Capacitación sobre aspectos básicos*. <https://skillshop.exceedlms.com/student/path/111629-capacitacion-sobre-aspectos-basicos>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. del P. (2010). Metodología de la investigación (Quinta). McGRAW-HILL.
- Lewis, J. R., y Sauro, J. (2009). The Factor Structure of the System Usability Scale. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 5619 LNCS, 94-103. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9_12)

- Lewis, J. R., y Sauro, J. (2018). Item Benchmarks for the System Usability Scale. *Journal of Usability Studies*, 13, 158-167. <https://uxpajournal.org/item-benchmarks-system-usability-scale-sus/>
- Lewis, S. G., y Kimmel-Smith, S. (2011). Orchestrating an Institution-Wide Transition to Google Calendar. *Proceedings of the 39th Annual ACM SIGUCCS Conference on User Services*, 95-102. <https://doi.org/10.1145/2070364.2070388>
- Lindoo, E. (2009). Using Google Sites, Google Groups and Google Documents to Enhance Your Course. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 25(2), 46-51. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/1629036.1629043>
- Mavri, A., y Hadjiconstantinou, S. (2018). Evaluating the Use of Groupware Technologies in Support of Collaborative Learning in an ESP Tertiary Education Course. En P. Zaphiris y A. Ioannou (Eds.), *Learning and Collaboration Technologies. Design, Development and Technological Innovation* (pp. 446-465). Springer International Publishing.
- Mendoza, S. H. V. (2015). *Improving Communication and Building Communities with Google* [Presentación de paper]. Proceedings of the 2015 ACM SIGUCCS Annual Conference, 85-90. <https://doi.org/10.1145/2815546.2815574>
- Nielsen, J. (1994). Usability Engineering. Elsevier Science. <https://books.google.com.pe/books?id=95As20F67f0C>
- Nina, H., Enciso, L., y Chavez, W. A. (2017). *Software as a Service Google Apps in the Internal Communication of the National University of San Antonio Abad del Cusco* [Presentación de paper]. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bogota, Colombia, October 25-26, 2017, 701-710. <http://ieomsociety.org/bogota2017/papers/113.pdf>
- Nina, H. (2019). *Implementación de un nuevo modelo de servicio computacional para mejorar la comunicación interna Universitaria Nacional de San Antonio Abad del Cusco* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Federico Villarreal. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3335>
- Paz, F., y Pow-Sang, J. A. (2016). A systematic mapping review of usability evaluation methods for software development process. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 10(1), 165-178. [https://www.researchgate.net/publication/297764945\\_A\\_systematic\\_mapping\\_review\\_of\\_usability\\_evaluation\\_methods\\_for\\_software\\_development\\_process](https://www.researchgate.net/publication/297764945_A_systematic_mapping_review_of_usability_evaluation_methods_for_software_development_process)
- Plataforma digital única del Estado Peruano. (11 de agosto del 2021). *Normatividad sobre coronavirus (COVID-19)*. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/colecciones/749-normatividad-sobre-coronavirus-covid-19>



- Rusmansyah, Hayati, N., Winarti, A., y Rahmi. (2021). Train Students' Science Process Skills and Self-Efficacy in Online Learning Using the Scientific Critical Thinking (SCT) Model Assisted by Google Classroom and Google Meet. *Journal of Physics: Conference Series*, 1760, 012034. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1760/1/012034>
- Sauro, J. (19 de septiembre del 2018). 5 Ways to Interpret a SUS Score – MeasuringU. <https://measuringu.com/interpret-sus-score/>
- Sauro, James Lewis, J. R., New York, L., Diego, S., y Kaufmann, M. (2012). Quantifying the User Experience Practical Statistics for User Research (2nd Ed.).
- Septantiningtyas, N., Juhji, J., Sutarman, A., Rahman, A., Sa'adah, N., y Nawisa. (2021). Implementation of Google Meet Application in the Learning of Basic Science in the COVID-19 Pandemic Period of Student Learning Interests. *Journal of Physics: Conference Series*, 1779, 012068. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1779/1/012068>
- SUNEDU. (2019). Informe Técnico de Licenciamiento N.º 011-2019-SUNEDU/02-12. <https://intranet.sunedu.gob.pe/documentos/directorios/320/res-056-2019-sunedu-cd-resuelve-otorgar-licencia-institucional-a-unsaac--28itl-29-comprimido.pdf>
- UNESCO. (2021). COVID-19: Reopening and reimagining universities, survey on higher education through the UNESCO National Commissions. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378174.locale=en>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2017). Informe sobre la Medición de la Sociedad de la Información del 2017. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis2017.aspx>
- Usability.gov. (25 de Julio del 2021). *System Usability Scale (SUS)*. <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>
- Widiyatmoko, A. (2021). The Effectiveness of Google Classroom as a Tool to Support Online Science Learning: A Literature Review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918(5), 052069. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/5/052069>

# SAMINBOT: UN ASISTENTE VIRTUAL PARA RECOLECTAR DATOS DURANTE LA PANDEMIA DEL COVID-19

HARLEY VERA OLIVERA

harleyve@gmail.com / ORCID ID 0000-0003-2011-8797

Ana Rocío Cárdenas Maita

ar.cardenasmaita@usp.br / ORCID ID 0000-0001-9879-3229

MELUNI DANAY PALOMINO FLORES

meluni.palomino.flores@gmail.com / ORCID ID 0000-0002-9171-0619

JONATHAN RICARDO VASQUEZ CHICATA

jrvasquez54@gmail.com / ORCID ID 0000-0002-9295-5685

ROSA VIRGINIA ENCINAS QUILLE

rosavirginiae@gmail.com / ORCID ID 0000-0001-9166-1741

GROVER ENRIQUE CASTRO GUZMÁN

grover.org.rf@gmail.com / ORCID ID: 0000-0002-2900-3235

YANINA LEON USCAPI

yaninaleonuscapi@gmail.com / ORCID ID: 0000-0003-2388-5342

JHONY LUCIA HUALLPARIMACHI GARCÍA

jhony.huallparimachi@upr.edu / ORCID ID 0000-0002-1150-3661

LUIS ANTONIO QUISPE CARTAGENA

luis.2qc@gmail.com / ORCID ID 0000-0001-5256-5431

LAURO ENCISO RODAS

lauro.enciso@unsaac.edu.pe / ORCID ID 0000-0001-6266-0838

Departamento Académico de Ingeniería Informática

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú

## Resumen

La falta de base de datos para tomar decisiones en acciones rápidas durante la pandemia ocasionada por el COVID-19 mostró la necesidad de usar nuevas tecnologías para agilizar el proceso de captura de información descentralizada. Este artículo presenta un asistente

virtual (chatbot) denominado SaminBot, como una alternativa para recolectar datos y brindar información durante la pandemia del COVID-19. Este chatbot se aplicó en la región del Cusco, en el Perú, con conversaciones en las áreas de salud, economía y educación entre enero y agosto del 2020. SaminBot inicia la recolección de datos en función del área de interés del usuario, obtiene información demográfica del mismo y lo va guiando a través de preguntas con la intención de proveerle información útil de acuerdo con su situación personal. Los cuestionarios fueron validados por especialistas de acuerdo con su campo, el proceso de recolección de datos inició en enero y finalizó en junio del 2021 mediante las plataformas WhatsApp, Facebook Messenger y la página web donde se obtuvo 1586 registros.

PALABRAS CLAVE: chatbot / salud / educación / economía / SARS-CoV-2 / COVID-19  
coronavir / pandemia Cusco

## SAMINBOT: A VIRTUAL ASSISTANT TO COLLECT DATA DURING THE COVID-19 PANDEMIC

### Abstract

The lack of datasets to make decisions in quick actions during the pandemic caused by COVID-19 showed the need to use new technologies to speed up the process of capturing decentralized information. In this article, we present a virtual assistant (chatbot) called SaminBot, as an alternative to collect data and provide information during the COVID-19 pandemic; this chatbot operated in the Cusco region of Peru with conversations in the areas of health, economy, and education from January to August 2020. "SaminBot" starts data collection based on the user's area of interest, obtains demographic information, and guides him through questions to provide helpful information according to his situation. Specialists validated the questionnaires. Data gathering was performed from January to June 2021 through WhatsApp and Facebook Messenger platforms and the project's website, where 1586 records were obtained.

KEYWORDS: chatbot / health / education / economy / SARS-CoV-2 / COVID-19 /  
/ Ccoronavir / Cusco pandemic

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes desafíos durante la época de la pandemia causada por el COVID-19 en los años 2020 y 2021 (Ciotti *et al.*, 2020) fue la necesidad de soluciones tecnológicas para dar soporte al proceso de toma de decisiones (Bentlage *et al.*, 2020; Haug *et al.*, 2020). Los gobiernos y universidades tomaron acciones estableciendo ciertos planes para contener, retrasar, investigar y mitigar (Adolph *et al.*, 2021; GOV.UK, 2020; Guidon y Amato, 2020; Shadmi *et al.*, 2020). Al mismo tiempo, uno de los mayores obstáculos cuando se toma en cuenta a los sistemas automatizados que ayudan en la toma de decisiones es la falta de datos (*datasets*) actualizados y de rápida recolección que estén disponibles para ser usados por la comunidad científica (He *et al.*, 2021). Datos que nos ayuden, por ejemplo, a predecir sucesos de gran importancia como nuevos brotes de enfermedades, planear cómo lidiar con los problemas no relacionados con la salud causados por la pandemia, y/o ofrecer buenas medidas de la magnitud de un brote rodeando alguna ubicación específica. En relación con esto, países en vías de desarrollo como el Perú sufrieron consecuencias colaterales debido a estas necesidades, al punto que no existía un fácil acceso a fuentes confiables de información que pudieran ayudar a planear procesos de atención de los acontecimientos producidos en el país. Una de las plataformas de datos abiertos es “Perú en tus manos” (GOB.PE, 2020) con más de un millón de usuarios, pero estos datos no son suficientes para poder hacer análisis eficientes en las diferentes áreas afectadas, como salud (Chatterjee *et al.*, 2020; Giraldo, 2020), educación (Figuroa *et al.*, 2021; Tarkar, 2020) y economía (Borio, 2020; Varona y Gonzales, 2021). Áreas en las que el país fue afectado por la pandemia. Como respuesta a este problema, se propuso una solución tecnológica para recolectar información que refleje la situación actual de los ciudadanos del país lo más fielmente posible, especialmente en zonas del interior del país como el Cusco.

Una barrera inmediata para la recolección de información fue el relativo aislamiento que desfavorece al intercambio de información. Por lo tanto, medios como encuestas presenciales, visitas programadas o centros físicos de información quedan totalmente descartados como fuentes de obtención de datos. Así, la comunicación masiva ya existente por medio de internet se convierte en un potencial medio de obtención de datos. Actualmente, la mensajería instantánea (MI) es el medio de comunicación más difundido (Jennings *et al.*, 2006; Stieger y Göritz, 2006) y el que menos conocimiento especializado y recursos económicos necesita para ser utilizado por una persona promedio. Sin embargo, la naturaleza poco formal de la MI implica un sistema de intercambio de información muy desorganizado y difícil de procesar en cantidades masivas. Muchos tipos de aplicaciones de servicio al cliente, como los sitios web de comercio electrónico, usan chatbots para comunicarse con sus clientes; estos se están volviendo populares. Un chatbot o agente conversacional, es decir, un sistema que puede interactuar o *chatear* con un usuario humano en lenguaje natural (Io y Lee, 2017)

Este proyecto consideró los beneficios de expansión y fácil alcance a las personas en tiempos de cuarentena que ofrece la MI (Besolí *et al.*, 2018; Kaufmann y Peil, 2020). Se optó por usar esta herramienta para la divulgación de un conjunto de cuestionarios especializados que abarcaron temas centrales entre los problemas más críticos durante la pandemia. Se realizaron cuestionarios en las áreas de salud, economía y educación. Dichos cuestionarios fueron el resultado de un trabajo conjunto con especialistas en dichas áreas quienes durante varios meses brindaron su asesoramiento para seleccionar las preguntas que mejor pudieran medir el impacto del COVID-19 en la población. Tales cuestionarios fueron distribuidos masivamente por medio de chatbots embebidos en las redes sociales de Facebook, Whatsapp y un sitio web creado específicamente para el proyecto. Además, junto con las preguntas de los cuestionarios se presentó información relacionada con el tema de la pregunta para poder informar sobre temas relacionados que podrían ayudar al encuestado a sobrellevar de mejor forma la pandemia. Esto último sirvió también como motivo de difusión de su utilidad en un contexto tan cambiante como el de la pandemia. Esta también es una característica que lo diferencia de otros medios de recolección de datos tradicionales; en el anexo A se pueden observar ejemplos de las conversaciones en las tres áreas por las redes mencionadas.

Para evitar la variabilidad en las respuestas dadas por los usuarios, se aplicó un cuestionario con respuestas fijas (elegidas en conjunto con los especialistas de cada área) en lugar de permitir que los individuos pudiesen dar repuestas abiertas. Otro beneficio de esta medida es que la única información que es compartida por el entrevistado es información que se predefinió como relevante por especialistas en las áreas de interés. Cabe mencionar que ya existen soluciones tecnológicas para la recopilación de información por medio de internet y MI (García Brustenga *et al.*, 2018; Herrero-Diz y Varona-Aramburu, 2018; Muhammad *et al.*, 2020; Rosruen y Samanchuen, 2018). Sin embargo, la aplicación y métodos utilizados no tienen el objetivo de conectar con diversas partes de una población (por ejemplo, distritos de Cusco con docentes, alumnos, profesionales de salud y población en general) y diversas áreas (salud, educación y economía) a través de un mismo chatbot. Por esta diversidad el chatbot debe cambiar de personalidad conforme al usuario que está interactuando (por ejemplo, con un docente la conversación es más formal y con un adolescente es más coloquial).

El foco de la información que se deseaba obtener incluye mayormente, una compilación de los problemas que eran enfrentados diariamente por la población de la ciudad de Cusco a causa de la pandemia. En el área de salud, se buscó obtener información sobre los hábitos de movilización de las personas, hábitos de higiene e historial con la COVID-19 (por ejemplo, cuántos miembros de la familia del entrevistado fueron contagiados con la enfermedad). En el área de economía, se buscó información sobre problemas financieros que puedan estar atravesando las personas y los negocios (por ejemplo, si tuvieron que cerrar temporalmente o definitivamente un negocio por la falta de demanda). En el

área de educación, se buscó conocer sobre los problemas educativos ocasionados por la situación actual (por ejemplo, cómo ha cambiado el rendimiento de alumnos de una cierta edad al no haber más clases presenciales).

El proyecto se centró en la población de la región Cusco, localizada en el sur del Perú. A fin de tener más cercanía con la población cuzqueña, el chatbot tomó el nombre de SaminBot, y fue representado por el personaje que se aprecia en las conversaciones de las figuras 2 y 4. Este artículo detalla cada uno de estos puntos en las próximas secciones. El trabajo se divide de la siguiente forma. En la segunda sección, Trabajos relacionados, se presenta trabajos relacionados al uso de chatbots como herramienta para la recolección de datos. En la tercera sección, Metodología, se presenta la metodología de investigación adaptativa que se siguió en el proyecto. En la cuarta sección, Desarrollo y arquitectura, se presentan las bases tecnológicas para la construcción del chatbot. En la quinta sección, Instrumentos y método de la investigación, se presenta una descripción básica de los cuestionarios preparados para las tres áreas. En la sexta sección, se presentan los resultados más destacados del proyecto. Finalmente, las conclusiones del trabajo se presentan en la séptima sección.

## 2. TRABAJOS RELACIONADOS

Se realizaron muchos esfuerzos para combatir los nuevos desafíos impuestos por la pandemia generada por el COVID-19. Los chatbots han resultado ser una herramienta útil en la solución de diversos problemas, principalmente por el fácil uso y acceso por parte de los usuarios, además del distanciamiento social requerido en tiempos del COVID-19. En el sector salud, el chatbot presentado por Judson *et al.* (2020) fue utilizado para evaluar y buscar síntomas o exposiciones al COVID-19 entre los trabajadores de salud de la Universidad de San Francisco antes de iniciar las jornadas laborales. De esta forma, el uso del chatbot redujo los tiempos de espera de los empleados que ingresan a los hospitales durante los cambios de turno. Además, este proceso ha permitido el distanciamiento físico en las entradas de los hospitales y el cuidado de personas con alto riesgo de contagio en el centro de salud. El chatbot implementado es de fácil acceso a través de su un aplicativo propio y el sistema interno del centro de salud.

En el trabajo de Bharti *et al.* (2020), se propuso el chatbot conversacional denominado Aapka Chikitsak, con el objetivo de brindar servicios de telesalud en la India. El chatbot fue implementado utilizando el servicio en nube Google Cloud Platform (GCP). Mediante este servicio se ofrece a los pacientes acceso a información sobre atención médica. Mediante el uso de este tipo de tecnología, los autores buscan aprovechar el potencial de la inteligencia artificial para cerrar la brecha en la demanda y la oferta de proveedores de atención médica humana en zonas rurales de la India. El chatbot demostró un alto potencial en la reducción de barreras de acceso a centros de salud mediante consultas inteligentes de forma remota, ayudando así de manera efectiva a la sociedad.

Para servicios de atención telefónica y registro de casos potenciales, el chatbot propuesto por Martin *et al.* (2020) consiguió identificar casos del COVID-19 utilizando un reporte de síntomas. El chatbot, denominado Symptoma, es un asistente digital que puede diferenciar entre más de 20 000 enfermedades con una precisión de más de 90 %. Para el caso del COVID-19, Symptoma consiguió reconocer la enfermedad con una precisión de 96,32 %. Para esto, el sistema utiliza un conjunto de casos clínicos combinados con informes de casos del COVID-19. Además, Symptoma permite la entrada de texto libre, complementada con preguntas de seguimiento específicas de la enfermedad, en 36 idiomas.

Viendo la importancia de los chatbots producidos para combatir el COVID-19, (Schubel *et al.*, 2021) propuso el análisis de 69 451 pacientes contactados vía SMS o correo electrónico. Se analizaron los datos demográficos e información sobre las interacciones de los participantes que fueron recolectados mediante un chatbot que proporcionó un módulo de aprendizaje y un evaluador de síntomas. El análisis muestra diferencias en el uso de las funciones del chatbot por género, raza y edad. Esta información podría informar mejor las estrategias de difusión de información de salud pública para el COVID-19.

Si bien es cierto existen chatbots propuestos para combatir el COVID-19 de distintas formas, fue necesario un análisis detallado sobre la posibilidad de la aplicación de esta tecnología en nuestro medio considerando características y actitudes específicas de nuestra población. Aspectos como el acceso a internet, el distanciamiento social y la familiaridad con la tecnología fueron considerados.

### 3. METODOLOGÍA

El asistente virtual SaminBot fue el resultado de un proyecto de investigación adaptativa desarrollado de agosto de 2020 a setiembre de 2021. El objetivo de ese proyecto fue validar una herramienta tecnológica de asistencia virtual como instrumento para recolección de datos y que al mismo tiempo provea información a la población durante la pandemia causada por el COVID-19, periodo en el que hubo mucha incertidumbre y restricciones debido a la cuarentena. Para alcanzar tal objetivo se siguieron las siguientes etapas:

#### 3.1 Diseño de los cuestionarios.

Las preguntas de los cuestionarios de recolección de datos se plantearon usando la técnica de encuesta con los participantes. Se buscó que las preguntas del cuestionario fueran lo más didácticas y breves posible, dentro de lo permitido por una herramienta tecnológica del chatbot y manteniendo siempre el formalismo necesario para que las respuestas sean objetivas y rápidas. También se usaron recursos adicionales como imágenes, infografías, textos explicativos, consejos breves, emoticones, entre otros para capturar la atención de los usuarios.

En tal sentido, todas las preguntas y la información adicional que se entregó al usuario pasaron por varios procesos de análisis y revisión del equipo de investigación junto con los profesionales especialistas en las áreas mencionadas anteriormente. Los especialistas trabajaron desde el inicio del proyecto; ellos actuaron como consultores externos y apoyaron al equipo de investigación en todo el proceso de desarrollo del cuestionario desde la elaboración y validación de las preguntas hasta las pruebas de funcionamiento del chatbot antes de que este fuese publicado.

### 3.2 Implementación del asistente virtual

Se implementó una arquitectura tecnológica que permitió que los *scripts* del chatbot sean embebidos en plataformas de redes sociales populares, por medio de las cuales se popularizó en la población cuzqueña. Para la implementación de esta arquitectura se siguió una metodología de desarrollo de software ágil. En la etapa del despliegue del chatbot se realizaron varias pruebas controladas para evaluar tanto la calidad en *software* como la aceptación de los usuarios. Para evaluar la calidad de las preguntas por cada sector se escogieron personas aleatoriamente y con ellos se realizó una simulación de los cuestionarios y una prueba de aceptación. Con los resultados obtenidos de esa simulación logramos verificar la calidad de las preguntas y su aceptación por parte de los participantes en un medio digital. Adicionalmente, para evaluar la calidad del *software* se usó el estándar internacional ISO-25 010. Asimismo, dicho modelo proporciona a los actores del *software* un entorno flexible que puede ser adaptado al desarrollo de chatbots. También se logró evaluar el chatbot en las ocho características de calidad: adecuación funcional, eficiencia de desempeño, compatibilidad, usabilidad, fiabilidad, seguridad, mantenibilidad y portabilidad. Debido a que este artículo pretende mostrar las lecciones aprendidas con todo este proceso de implementación y despliegue del chatbot, en la cuarta sección se describe con más detalle la arquitectura implementada.

### 3.3 Aplicación de los cuestionarios

El chatbot denominado SaminBot del proyecto estuvo en línea por seis meses, desde enero a junio del 2021. Durante este periodo se realizaron campañas publicitarias por redes sociales para captar la mayor cantidad de usuarios y así lograr que estos lo conozcan e interactúen con él. Se planearon estrategias de difusión como: (i) una página web donde se publicó información general sobre el proyecto; (ii) una página de Facebook donde se publicaban imágenes y videos relacionados a la pandemia con información oficial que era atrayente para los usuarios; (iii) se creó al personaje SaminBot, el cual tuvo un logotipo y personalidad cercana a la población cuzqueña.

La interacción con el chatbot iniciaba con el saludo por parte de una persona al robot por medio de cualquiera de las vías disponibles (Facebook, WhatsApp y página web), ante esto SaminBot se presentaba y mostraba las cláusulas de anonimato de los datos, una



vez que la persona aceptaba dichas cláusulas, ésta era derivada a un menú donde podía escoger el tema de su preferencia para ser encuestado. Durante la encuesta y según las respuestas de la persona se le fue prestando infografías y consejos útiles relacionados al tema puntual de la pregunta. A pesar de que hubo muchas interacciones con el chatbot, no todas las personas terminaron de llenar los cuestionarios, esto debido a las limitaciones tecnológicas que posee un robot en función a la intención de las personas. A pesar de ello se logró tener un total de 1586 usuarios que interactuaron con el chatbot en las tres áreas de salud, economía y educación con encuestas validas.

La población objetivo para la aplicación del cuestionario fueron los ciudadanos cuzqueños mayores de 18 años. Los individuos debían contar con dominio básico en el uso de cualquiera de las herramientas tecnológicas como WhatsApp, Facebook o páginas web, y con acceso a internet en algún momento del día. En el caso de las encuestas para educación se consideró una población de estudiantes de secundaria mayores de 15 años.

Los criterios que se utilizaron para la elección de las preguntas en los cuestionarios contaron con la intervención y validación de especialistas en cada área, como se puede observar un ejemplo ilustrativo en la figura 1. Estos fueron planteados realizando un estudio de diferentes instrumentos y métodos en cada área para poder recopilar el estado de la población.

- En el área de salud, se buscó obtener información sobre los hábitos de movilización de las personas, hábitos de higiene e historial con el COVID-19; de esta forma se utilizó el cuestionario *COVID Impact Survey* realizado por NORC en la Universidad de Chicago, que rastrea el impacto del COVID-19 en la salud (Wozniak *et al.*, 2020).
- En el área de economía, se buscó información sobre problemas financieros que puedan estar atravesando las personas y los negocios, se consideró como base la encuesta de medición de capacidades financieras en los países andinos publicada por Mejía *et al.* (2015).
- En el área de educación, se buscó conocer sobre los problemas educativos ocasionados por la situación actual (Unidad de Gestión Educativa Local Puno, 2020).

Todos los flujos del proceso de conversación fueron clasificadas en cuatro grupos: flujo de inicio de conversación, flujo de economía, flujo de salud y flujo de educación. En el tabla 1 se lista los cuestionarios desarrollados en Saminbot para cada área. En la figura 2, la interfaz principal de usuario para iniciar una conversación con Saminbot. Los datos brutos de la recopilación de estos datos y los cuestionarios con las respectivas preguntas se encuentran disponibles en Zenodo<sup>1</sup>.

---

1 <https://doi.org/10.5281/zenodo.5630360>

#### 4. DESARROLLO Y ARQUITECTURA

Esta sección presenta la arquitectura utilizada para el desarrollo de SaminBot; ofrece una descripción detallada de cada componente utilizado. La arquitectura para el desarrollo de Saminbot (figura 3) tuvo como base la arquitectura de chatbots e inteligencia artificial propuesto por Dion Hinchcliffe (2016).

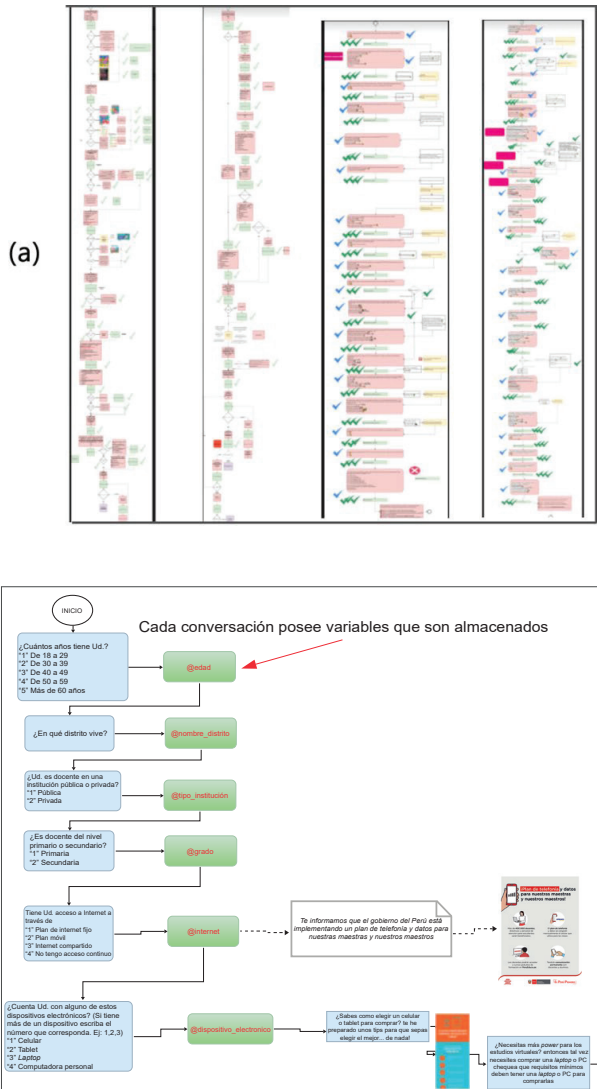


Figura 1. Validación de las encuestas de cada área: (a) Desarrollo y revisión de diagramas de flujo para todas las áreas. (b) Ilustración de un fragmento del diagrama de flujo de Educación, note que se insertó variables para cada uno de las respuestas obtenidas de los usuarios.

Elaboración propia

Tabla 1  
Clasificación de flujos para interacción con los usuarios

Flujo	Descripción
(1) Flujo de inicio de conversación	Formas en que el usuario llegará al chatbot y cuestionario de caracterización general.
(2) Flujo de economía	Cuestionario economía familiar. Cuestionario economía de empresas. Informativo económico.
(3) Flujo de salud	Cuestionario prevención. Cuestionario diagnóstico y tratamiento.
(4) Flujo de educación	Cuestionario para el docente. Cuestionario para el estudiante. Cuestionario para el tutor de familia.

Elaboración propia

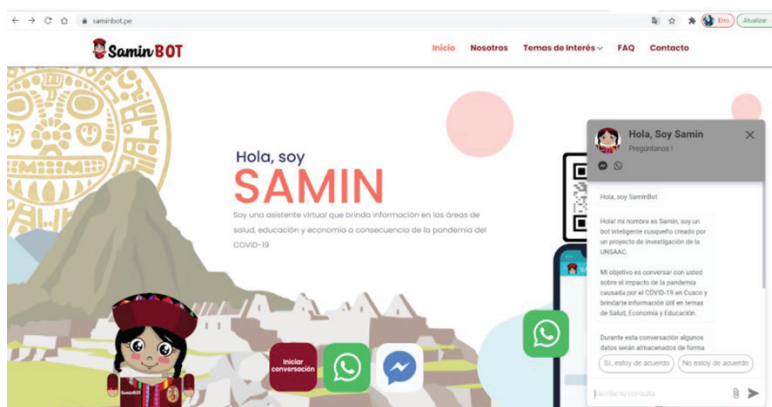


Figura 2. Presentación de interfaz de asistente virtual Samintbot de recolección de datos en tiempos de pandemia del COVID-19.

Elaboración propia

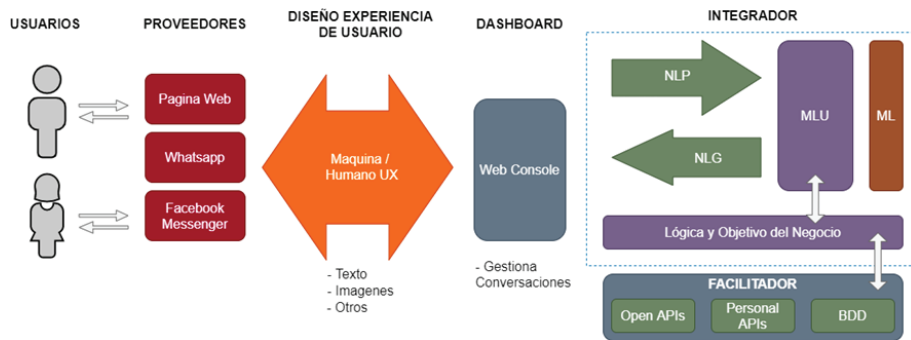


Figura 3. Arquitectura general de Saminbot

Elaboración propia

La presente arquitectura muestra todas las capas que intervienen dentro de Saminbot. Comienza con el usuario enviando un mensaje a Saminbot a través de un canal, a este canal lo llamaremos proveedor, que es la interfaz por la cual el usuario interactúa con el chatbot. Los proveedores que usamos para Saminbot son tres y estas se ilustran en la figura 4; la página web oficial del proyecto, Whatsapp, Messenger y Facebook Messenger. Siguiendo hacia la derecha nos encontramos con la capa de UX, que se divide en dos UX Interface y UX Writting. UX Interface responde a la forma en la que se va a mostrar el contenido dentro del canal y está diseñada por el proveedor, por ejemplo Whatsapp y su interfaz mediante su aplicación móvil o interfaz web (Whatsapp web). UX Writting se encarga de ver como Saminbot se comunica con el usuario, a través de textos, entidades, links, botones, flujos (figura 1), contextos, intenciones, eventos, parámetros, imágenes, etc. todas las herramientas que permiten responder al usuario.

En la capa de *dashboard* se ha integrado una aplicación web que sirve de intermediario entre la capa de UX y la capa integrador; esta capa permite guardar todas las interacciones de todos los usuarios con Saminbot de todos los proveedores, así podremos visualizar en tiempo real las conversaciones que vienen desde la página web, Whatsapp y Facebook Messenger. Además, permite contestar mensajes desde la consola y permite descargar las conversaciones en formato .csv para su posterior análisis. Llegamos al Integrador, la parte más importante de Saminbot, que contiene todas herramientas de NLP y *machine learning*. Para Saminbot, la capa de integración está a cargo de DialogFlow que se encarga de todo el proceso de NLP, NLU, ML y NLG. NLP es *Natural Language Processing*, que es el proceso que realiza el chatbot para adquirir, identificar e interpretar el lenguaje humano. Una vez procesado se pasa a otro proceso llamado NLU o *Natural Language Understanding* y su trabajo consiste en identificar la frase que el usuario envió, es decir comprender el significado de la interacción.

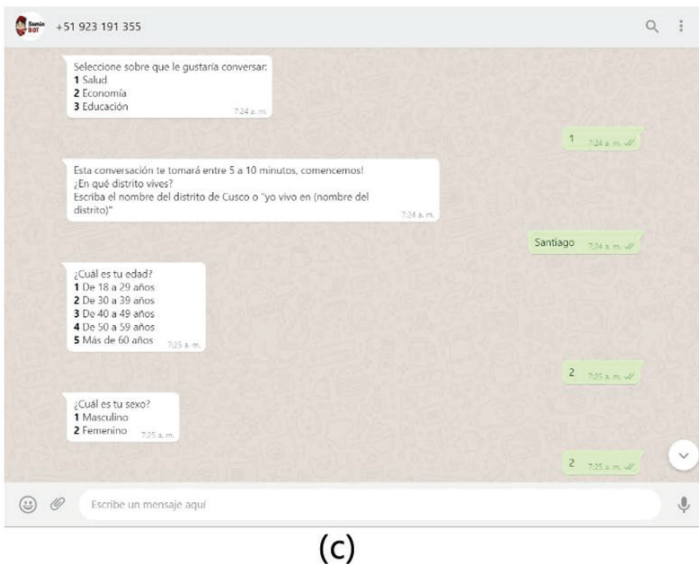
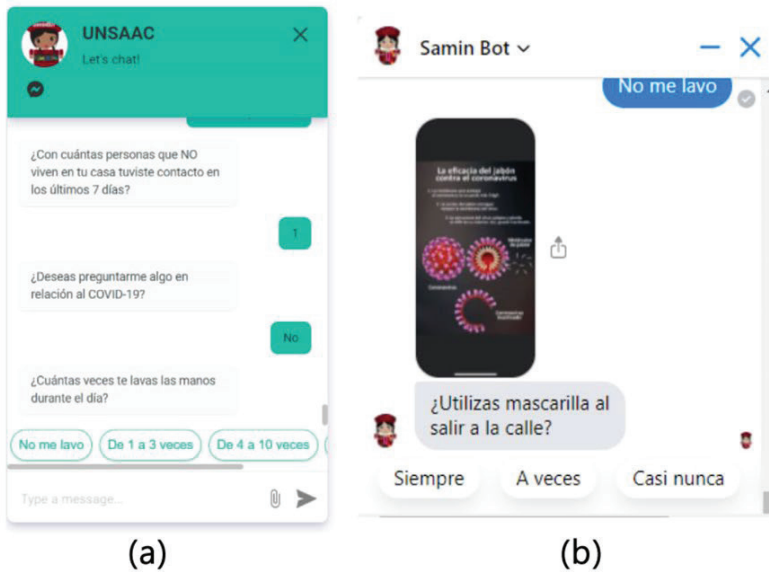


Figura 4. Interfaces asistente virtual Saminbot: (a) Interfaz proveedor web, los usuarios son identificados por un ID de usuario generado automáticamente al iniciar la conversación, conversación adecuada al proveedor, por ejemplo las alternativas mediante botones. (b) Interfaz proveedor Facebook Messenger, los usuarios son identificados por el usuario Facebook y la interfaz de conversación es similar al proveedor web. (c) Interfaz proveedor WhatsApp, los usuarios son identificados por el número de WhatsApp y la interfaz de conversación es diferente a los otros proveedores, por ejemplo, las alternativas son mediante números.

Elaboración propia

Una intención por parte del usuario es la razón por la cual se quiere comunicar con Saminbot. Las intenciones fueron registradas en la plataforma de DialogFlow y están construidas en un formato de preguntas y respuestas según los criterios y validaciones de los especialistas de salud, educación y economía. DialogFlow al ser un producto de Google, tiene soporte para español y ofrece un buen rendimiento para los procesos de NLP, NLU, ML o *machine learning*, es decir identifica las intenciones de manera correcta y se entrega la respuesta; esta respuesta es generada como un *natural language generation* (NGL), este proceso permite generar lenguaje natural a través de una respuesta pre-programada específica para cada intención identificada en la plataforma de DialogFlow. En la parte inferior tenemos al facilitador, que en este caso es un servidor de base de datos que se comunica con el integrador y, dependiendo del objetivo de Saminbot por cada sector de interés (salud, educación, economía), almacena datos sobre el COVID-19 en formato de texto o imágenes, y que el integrador usa para mostrar las respuestas a las intenciones de los usuarios. El facilitador también es usado para guardar las respuestas de los usuarios que interactuaron con Saminbot en conformidad con la Ley de protección de datos personales N.º 29733 del Perú.

## 5. DISEÑO DE LOS INSTRUMENTOS

Esta sección presenta una descripción detallada de los cuestionarios preparados para la recolección de datos en las áreas de salud, economía y educación. También, se describe el procedimiento utilizado para la recolección de los datos.

### 5.1 Cuestionario de salud

Como medida de mitigación en el área de salud en la región del Cusco se desarrolló un cuestionario que, además de recabar datos en el área de salud, también proveía información relevante de fuentes confiables (Ministerio de Salud, Organización Mundial de la Salud y en Centro de Control de Enfermedades - USA). El cuestionario fue desarrollado en conjunto con una especialista epidemióloga. Este cuestionario fue dividido en cuatro secciones (1) Caracterización general de la población, (2) Medidas de prevención del COVID-19, así como también preguntas sobre el (3) diagnóstico y tratamiento del COVID-19.

La caracterización de la población consistió en 9 preguntas y obtiene datos generales como el estatus socio-económico, datos generales de la población y distribución geográfica. La parte de prevención tiene doce preguntas sobre las medidas de prevención que la persona usó para prevenir el COVID-19; y, finalmente, la parte de diagnóstico contiene quince preguntas de las que se obtienen datos sobre el diagnóstico y tratamiento del usuario con COVID-19. El cuestionario recaba información como el número de familiares afectados por el COVID-19, los síntomas persistentes y la duración de los síntomas en las personas diagnosticadas con COVID-19.

## 5.2 Cuestionario de economía

El impacto de la pandemia en el Cusco ha perjudicado a cientos de familias, microempresas y empresas, causando que muchas empresas cierren o busquen formas de reinventarse. Por otro lado, la mayoría de estudios económicos sobre el comportamiento de la pandemia se centralizaron en la capital, Lima. Al momento de realizar la revisión bibliográfica inicial de este proyecto, no se encontró información suficiente para realizar estudios específicos sobre datos económicos en la región Cusco.

En este proyecto se plantearon dos grupos de preguntas para el área de economía; el primer grupo referido a la economía familiar de las personas y cómo fueron afectadas en ese aspecto, y el segundo grupo referido a la economía de los microempresarios y microemprendedores del Cusco, ya que la mayor parte de los negocios en la región están en estos grupos. El cuestionario de economía familiar tuvo como objetivo evaluar el estado económico de las familias, así como los aspectos que fueron más afectados por las restricciones debidas a la cuarentena por la pandemia del coronavirus. Al formular las preguntas para este cuestionario se consideraron los siguientes criterios: (a) conocimientos básicos sobre gestión de un presupuesto familiar; (b) disponibilidad de dinero para necesidades básicas durante la pandemia; (c) necesidad de crédito y cumplimiento de los requisitos para acceder a dicho crédito; (d) capacidad de pago de créditos y otras cuentas básicas; (e) Actitudes frente al uso del dinero y la empleabilidad dentro del hogar durante la pandemia.

Así mismo, el cuestionario de economía en negocios tuvo como objetivo evaluar el estado económico de los microempresarios y microemprendedores con negocios locales en todos los rubros. Se buscó evaluar en qué aspectos se vieron más afectados por las restricciones dadas y la crisis económica causada por la pandemia del COVID-19. Al formular las preguntas para este cuestionario se consideraron los siguientes criterios: (a) manejo de la economía de los negocios; (b) niveles de producción; (c) problemas que afectaron la comercialización; (d) niveles de empleabilidad; (e) actitudes frente al manejo de las finanzas; y, (f) acceso a programas de ayuda lanzados por el gobierno específicamente para cubrir las necesidades de los microemprendedores.

## 5.3 Cuestionario de educación

Así como en muchos países latinoamericanos, la educación en Perú ha sido afectada de forma severa por la pandemia. En lo que respecta a educación, el gobierno peruano decidió suspender las clases presenciales para pasar a las sesiones de aprendizaje en línea en las escuelas públicas y privadas. Este contexto educacional plantea nuevos desafíos para mantener el normal desarrollo de las clases y estándar educativo del país. Estos desafíos involucran aspectos relacionados con la nueva tecnología utilizada, el impacto psicológico en los distintos actores y el factor económico que afecta este proceso de adaptación.

Por lo tanto, contar con datos confiables sobre estos aspectos y proporcionados directamente por los actores involucrados es muy importante para comprender plenamente la situación real de la educación. Se prepararon tres cuestionarios dirigidos a: (a) profesores de primaria y secundaria, (b) estudiantes de secundaria mayores de 13 años, y (c) padres de familia y/o tutores. Los cuestionarios utilizados en el estudio fueron adaptados a las características educativas de esta región Cusco.

Los cuestionarios para profesores y estudiantes se organizaron de la siguiente manera: (a) preámbulo, cuyo propósito es caracterizar a los participantes, (b) tecnología, para recolectar datos relacionados al proceso de adaptación de profesores y estudiantes a los nuevos dispositivos y plataformas virtuales en el nuevo contexto educativo, (c) psicología, para recopilar datos relacionados con la salud mental y el impacto psicológico que la educación remota provocó en los actores, y finalmente (d) otras preguntas, para recopilar datos adicionales. El cuestionario para padres también incluye preguntas de preámbulo similares a las utilizadas para profesores y estudiantes. En este cuestionario se incluyen también un conjunto de preguntas de opinión sobre el desempeño de los profesores y el funcionamiento de las plataformas virtuales en el proceso educativo a distancia. El cuestionario para padres y tutores se basa en el cuestionario para padres implementado por la Unidad de Gestión Educativa de Moho, con respecto a la plataforma de aprendizaje en línea Aprendo en Casa, aplicada por el gobierno peruano a nivel nacional (Unidad de Gestión Educativa Local - Puno, 2020).

Estas preguntas fueron recolectadas en entrevistas a docentes y con la ayuda de una especialista en el área de educación y psicología educativa se adaptaron estas preguntas a un lenguaje cercano al docente para el caso del cuestionario dirigido a docentes; de forma similar se procedió con el cuestionario con los alumnos, con quienes inclusive se usó emoticones provistos por la red social. Se identificaron los indicadores más importantes en cada área y las preguntas para medir dichos indicadores. En total, se prepararon veintiocho preguntas para profesores, diecinueve para alumnos y diecinueve para padres y tutores. Para validar el correcto funcionamiento de los cuestionarios se realizaron pruebas a través de entrevistas realizadas por miembros del equipo de investigación y por los desarrolladores del chatbot.

## 6. RESULTADOS

En esta sección se describe los resultados de la aplicación de la encuesta para caracterizar a los entrevistados y los resultados que destacan más para los cuestionarios aplicados por sectores.



## 6.1 Descripción de resultados generales

Las preguntas generales fueron en relación al sexo, grupo étnico, nivel educativo y distrito donde vive. A continuación, se presenta una descripción de la información reportada por los entrevistados.

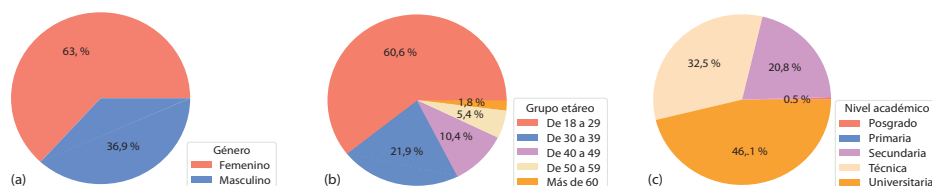


Figura 5. Caracterización general de la población alcanzada: (a) Población encuestada según género. (b) Población encuestada según edad. (c) Población encuestada según nivel académico.

Elaboración propia

Con relación al sexo, el 63,1 % fueron mujeres y el otro 36,9 % fueron hombres, como se observa en la figura 5 (a), la herramienta tuvo una notoria acogida del grupo femenino.

Así mismo, a pesar de la difusión generalizada del chatbot por medio de redes sociales, como era de esperarse por tratarse de una tecnología moderna, ésta tuvo más acogida por la población joven, entre 18 y 29 años, con un 60,6 % del total de personas que realizaron algún tipo de interacción. El siguiente grupo con mayor acogida fue la población adulta joven, entre 30 y 39, años con un 21,9 %, seguido del grupo de 40 a 49 años con un 10,4 %. Finalmente, las personas mayores a 50 años suman 7,2 %. En la figura 5 (b) se observa esta distribución.

Otra segmentación en los datos obtenidos es con relación al grado de instrucción, según las respuestas de las personas, el 46,1 % de la población entrevistada cuenta con educación universitaria, el 32,5 % cuenta con educación superior técnica, el 20,8 % cuenta solo con secundaria y el 0,6 % restante corresponde personas con posgrado o primaria. En la figura 5 (c) se observa esta distribución.

Finalmente, en los datos obtenidos en relación a la localidad donde viven, según las respuestas de las personas el 73,8 % pertenecen a la provincia del Cusco y el 7,5 % pertenecen a otras provincias del Cusco. Resultados con respuestas de otras localidades a nivel nacional fueron considerados como otros. En la figura 6 se observa esta distribución.

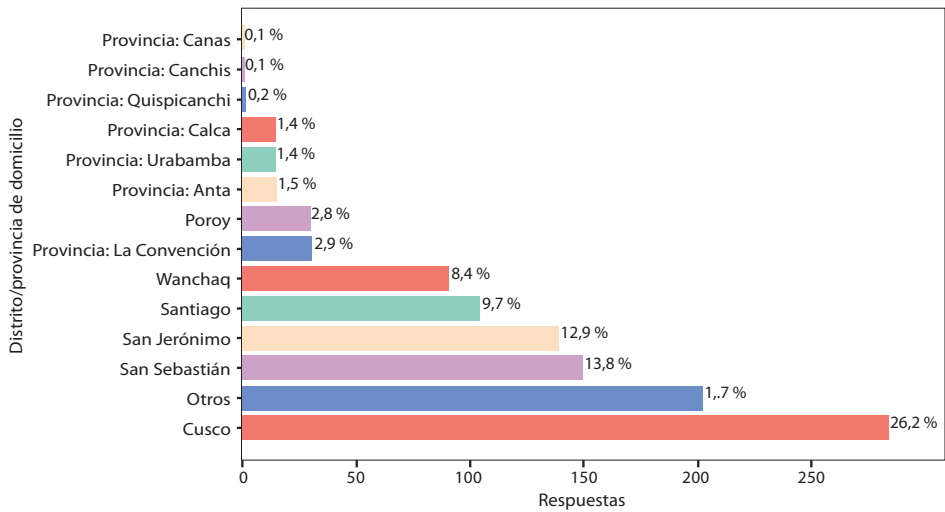


Figura 6. Población encuestada según lugar de residencia.

Elaboración propia

En resumen, los datos recolectados por esta encuesta corresponden a una población mayormente femenina, entre 18 y 50 años, que cuenta con educación superior ya sea universitaria o técnica. Cabe destacar que tales distribuciones pueden variar según el tipo de encuesta con la que cada persona interactuó. Algunas personas interactuaron con el chatbot en las tres áreas, salud, economía y educación (sin redundancia de información) y otras lo hicieron en apenas una de ellas según su preferencia.

## 6.2 Descripción de resultados por sector

### 6.2.1 Área de salud

La casi inexistente articulación entre los diferentes prestadores de servicios de salud debilitó la respuesta de los servicios sanitarios y ocasionó un impacto mayor en la población más pobre y vulnerable. Por ello, en el área de salud decidimos focalizar la encuesta en: (1) prevención. Se obtuvieron datos sobre el cumplimiento de las indicaciones dadas por el Ministerio de Salud para prevenir el contagio como el lavado de manos, uso de mascarilla, medio de transporte, motivos de salida a la calle, contacto con personas, actividades canceladas debido al COVID-19 y la automedicación contra el COVID-19. En este cuestionario también se incluyen detalles sobre la frecuencia del lavado de manos, uso de mascarilla, salida a la calle, tipo de transporte utilizado, entre otros. Asimismo, en (2) diagnóstico y tratamiento, se obtuvo los siguientes datos de cada participante: diagnóstico COVID-19, tipo de prueba COVID-19, fecha de diagnóstico, tipo de tratamiento recibido, síntomas persistentes del COVID-19 y número de familiares fallecidos con

COVID-19. Se recolectaron datos de 527 individuos en todos los cuestionarios del sector salud. Del total de individuos que interactuaron con el chatbot 77,8 % (410) son mujeres y 22,2 % (117) son varones. El 60,2 % con edades entre 18 a 29, el 24,8 % con edades entre 30 a 39 mientras que el resto tiene más de 40 años. Cabe resaltar que en el área de salud se exigió una secuencia estricta y que todas las respuestas fuesen respondidas (de acuerdo a los flujos de conversación).

### *6.2.2 Área de economía*

En el área de economía, los cuestionarios buscaron evaluar el comportamiento y las actitudes de las personas en dos grupos: (1) Encuesta de economía familiar; aquí se obtuvo datos sobre la realización de un presupuesto tomando en cuenta ingresos y gastos, conocimiento de productos financieros, acceso a crédito durante la pandemia, dificultades para obtener un crédito, pagos crediticios, conductas y actitudes frente al dinero, frecuencia del manejo de estados de cuenta, impacto económico por familia, actitudes frente a las dificultades de la pandemia, reacción en cuanto a la pérdida de ingresos o empleo, medidas de aislamiento social que perjudicaron al entrevistado, remodelación de viviendas, adquisición de propiedades y tipos bonos que beneficiaron a los cuzqueños durante la pandemia. Por otro lado, (2) Encuesta de economía para negocios, se obtuvieron datos para tipo de negocio, si el negocio es formal o informal, ubicación del negocio por distritos, asociatividad a algún grupo de pequeños empresarios, comparación del nivel de producción antes y durante la pandemia, problemas que enfrentaron los negocios en la pandemia, si el negocio optó por trabajar remotamente, suspensión o despido de trabajadores, negocios que quebraron, rango de meses en los que se cerraron, negocios que realizaron un cambio de rubro, venta o traspasos de maquinaria, venta o traspaso de locales o inmuebles, dificultades para conseguir un financiamiento, sobreindeudamiento, remodelación de negocios, adquisición de locales comerciales, opinión en relación a los programas de reactivación para negocios brindados por el gobierno durante la pandemia.

De la población que interactuó con el chatbot 51 % son mujeres, el 61 % están entre 18 a 29 años, el 73,8 % son de la provincia del Cusco. Las interacciones con el cuestionario de economía familiar llegaron a 386, entre las estadísticas a respuestas por pregunta se destaca que el 46,8 % no maneja ningún tipo de producto financiero; existe la actitud de comprar solo en caso de necesidad en un 94,2 % de los entrevistados y 62,8 % tiene actitud de ahorro; hubo pérdida de ingresos familiares en un 81,1 %; y la falta de trabajo afectó a un 31,6 % de los entrevistados. Las interacciones con el cuestionario de economía de negocios fueron de 493, entre las estadísticas a respuestas por pregunta a los dueños de negocios, se destaca que 65,7 % están en la informalidad; 82,2 % no tiene ningún tipo de asociatividad con negocios similares; los problemas que más afectaron a los negocios fueron la disminución de la demanda (25,4 %), restricciones del estado de

emergencia (15 %), competencia informal (14 %), abastecimiento insuficiente de materias primas e insumos (14 %); y la percepción de quiebra del negocio fue del 86,2 % con gran mayoría en los meses de marzo y abril del 2020. Cabe destacar que en los cuestionarios para el área de economía no se exigió una secuencia estricta ni de la obligatoriedad de responder a todas las preguntas, por tal motivo cada pregunta tiene independencia en las respuestas y no está en correlación con otras.

### 6.2.3 Área de educación

Uno de los desafíos más importantes de la implementación de la educación a distancia en el Perú fue la capacitación de docentes y estudiantes para el uso de las herramientas tecnológicas necesarias para llevar a cabo las actividades escolares. El estudio buscaba conocer las sensación de docentes y estudiantes respecto a su condición en el uso de estas herramientas. El chatbot desarrollado para educación consta de tres cuestionarios dirigidos a docentes, estudiantes, padres, madres y/o tutores. Este proceso se llevó a cabo a través de numerosas reuniones en las que se identificaron los indicadores más importantes en cada área y las preguntas para medir dichos indicadores, como: (1) Capacitación: en forma general es posible observar que la percepción de los docentes para las instituciones públicas es de estar medianamente capacitados, en comparación con los docentes de instituciones privadas que tienen una sensación de estar muy capacitados en el uso de herramientas digitales. Otro punto interesante es la sensación de los alumnos de no haber recibido ningún tipo de capacitación, no obstante lo bajo de estos porcentajes, ningún docente reportó no haber recibido capacitación para el uso de herramientas digitales. (2) Conectividad: docentes y estudiantes fueron consultados sobre algunos aspectos relacionados a la conectividad. Las respuestas sugieren que los docentes, tanto de instituciones públicas como privadas, cuentan con un acceso aceptable a internet. En el caso de los estudiantes, es posible ver que el acceso disminuye, sobre todo en los estudiantes de instituciones públicas, quienes reportaron no tener acceso continuo a internet. (3) Motivación: el Ministerio de Educación lanzó el 2020 la estrategia de educación a distancia Aprendo en Casa dirigida a estudiantes que permanecen en sus viviendas a causa de la cuarentena. Padres y madres de familia y/o tutores de estudiantes perciben en su mayoría estar de acuerdo con el programa de Aprendo en Casa. Existe una mayor cantidad de encuestados de sexo femenino que monitorea el aprendizaje de sus hijos y/o apoderados. (4) Ambiente de estudio: En relación a los factores de distracción que enfrentan los estudiantes, es posible observar que las redes sociales son predominantes tanto para estudiantes de instituciones públicas o privadas. Según las respuestas de los estudiantes, otro factor de distracción es la familia, esto se observa sobre todo en estudiantes de instituciones públicas. Sobre el ambiente en el que los estudiantes reciben sus aulas virtuales, una mayoría respondió utilizar un cuarto propio sin diferencias entre estudiantes de instituciones públicas o privadas.

## 7. CONCLUSIONES

En este estudio presentamos Saminbot, un chatbot para recolectar datos e informar a la población de la región del Cusco. La recolección de datos fue llevada a cabo a través de encuestas en las áreas de salud, economía y educación. Estas encuestas fueron preparadas y diseñadas bajo la asesoría de especialistas en las respectivas áreas, respetando la privacidad de los usuarios. La conversación de Saminbot con los usuarios busca ser personalizada según el tipo de usuario que interactúa con el chatbot (estudiantes, docentes o ciudadanos de la región del Cusco). Saminbot es un chatbot multi-plataforma que utiliza diferentes servicios de mensajería instantánea para el intercambio de mensajes. El chatbot es accesible mediante Whatsapp Messenger, Facebook Messenger y el propio chat del sitio web de Saminbot. Fueron recolectados 1586 registros para las tres áreas desde enero hasta junio del 2021. Estas interacciones fueron en su mayoría por pobladores de la provincia de Cusco, jóvenes y con nivel educativo universitario. En los cuestionarios de los sectores economía y educación, la mayoría fueron del género femenino. En este artículo se presentaron solo algunos resultados estadísticos descriptivos destacados sobre los datos debido a que el principal objetivo fue mostrar el potencial del uso de este tipo de herramientas tecnológicas como medio de recolección de datos en periodos de crisis como el vivido durante la pandemia del COVID-19. Sin embargo, los datos se encuentran publicados en repositorios para su posterior uso responsable.

Existe gran potencial para el uso de esta tecnología por instituciones públicas e interesados. No obstante, se mostraron limitaciones en el proyecto: (1) Las personas requieren de conexión a internet y estar familiarizados con la tecnología para poder interactuar con el chatbot, solo un porcentaje de la población tiene acceso a internet. (2) Los datos obtenidos pueden ser representativos para la provincia y no para la región Cusco. (3) No fue obligatorio que los individuos completen los cuestionarios de salud, educación y economía en su conjunto. Para responder los tres cuestionarios se requeriría de más tiempo.

## 8. AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) por el soporte al proyecto en el año 2020. Agradecimiento a los especialistas que asesoraron el proyecto Dra. Regina Agramonte, Dra. Karen Mozo Velazco, Econ. Norma Vargas.

## REFERENCIAS

- Adolph, C., Amano, K., Bang-Jensen, B., Fullman, N., y Wilkerson, J. (2021). Pandemic Politics: Timing State-Level Social Distancing Responses to COVID-19. *Journal of Health Politics, Policy and Law*, 46(2), 211-233. <https://doi.org/10.1215/03616878-8802162>
- Bentlage, E., Ammar, A., How, D., Ahmed, M., Trabelsi, K., Chtourou, H., y Brach, M. (2020). Practical Recommendations for Maintaining Active Lifestyle During the COVID-19 Pandemic: A Systematic Literature Review. *International journal of environmental research and public health*, 17(17), 6265. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176265>
- Besolí, G., Palomas, N., y Chamarro, A. (2018). Uso del móvil en padres, niños y adolescentes: Creencias acerca de sus riesgos y beneficios. *Aloma: Revista de Psicología, Ciències de l'Educació i de l'Esport*, 36(1), 29-39. <https://doi.org/10.51698/aloma.2018.36.1.29-39>
- Bharti, U., Bajaj, D., Batra, H., Lalit, S., Lalit, S., y Gangwani, A. (2020). Medbot: Conversational Artificial Intelligence Powered Chatbot for Delivering Tele-Health After COVID-19. *2020 5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, 870-875. <https://doi.org/10.1109/ICCES48766.2020.9137944>
- Borio, C. (2020). The COVID-19 Economic Crisis: Dangerously Unique. *Business Economics*, 55(4), 181-190. <https://doi.org/10.1057/s11369-020-00184-2>
- Chatterjee, S. S., Malathesh Barikar, C., y Mukherjee, A. (2020). Impact of COVID-19 Pandemic on Pre-Existing Mental Health Problems. *Asian Journal of Psychiatry*, 51, 102071. <https://dx.doi.org/10.1016%2Fj.ajp.2020.102071>
- Ciotti, M., Ciccozzi, M., Terrinoni, A., Jiang, W.-C., Wang, C.-B., y Bernardini, S. (2020). The COVID-19 Pandemic. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 57(6), 365-388. <https://doi.org/10.1080/10408363.2020.1783198>
- Figuroa, T. A., Castro, J. M., Calderon, A. I. y Alburquerque, C. A. (2021). Escuelas rurales en el Perú: factores que acentúan las brechas digitales en tiempos de pandemia (COVID-19) y recomendaciones para reducirlas. *Educación*, 30(58). <https://doi.org/10.18800/educacion.202101.001>
- Garcia Brustenga, G., Fuertes Alpiste, M., y Molas Castells, N. (2018). Briefing Ppaper: Los chatbots en educación. <http://hdl.handle.net/10609/85786>
- Giraldo, E. B. (2020). COVID-19 in Peru. *Indian Journal of Psychiatry*, 62(Suppl 3), S498. [https://dx.doi.org/10.4103%2Fpsychiatry.IndianJPsychiatry\\_1045\\_20](https://dx.doi.org/10.4103%2Fpsychiatry.IndianJPsychiatry_1045_20)
- GOB.PE. (2020). Plataforma nacional de datos abiertos [Recuperado la fecha 202109-21]. <https://www.datosabiertos.gob.pe/>

- GOV.UK. (2020). COVID-19: Health Secretary's Statement to Parliament. <https://www.gov.uk/government/speeches/COVID-19-health-secretarys-statement-to-parliament>
- Guidon, A. C., y Amato, A. A. (2020). COVID-19 and Neuromuscular Disorders. *Neurology*, 94(22), 959-969. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000009566>
- Haug, N., Geyrhofer, L., Londei, A., Dervic, E., Desvars-Larrive, A., Loreto, V., Pinior, B., Thurner, S., y Klimek, P. (2020). Ranking the Effectiveness of Worldwide COVID-19 Government Interventions. *Nature Human Behaviour*, 4(12), 1303-1312. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-01009-0>
- He, W., Zhang, Z., y Li, W. (2021). Information Technology Solutions, Challenges, and Suggestions for Tackling the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Information Management*, 57, 102287. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102287>
- Herrero-Diz, P., y Varona-Aramburu, D. (2018). Uso de chatbots para automatizar la información en los medios españoles. *El profesional de la información (EPI)*, 27(4), 742-749. <http://profesionaldelainformacion.com/contenidos/2018/jul/03.pdf>
- Hinchcliffe, D. (2016). How Chatbots and Artificial Intelligence are Evolving the Digital/Social Experience. <https://dionhinchcliffe.com/2016/04/13/how-chatbots-and-artificial-intelligence-are-evolving-the-digital-social-experience/>
- Io, H., y Lee, C. (2017). Chatbots and Conversational Agents: A Bibliometric Analysis. *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 215-219. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8289883>
- Jennings, R. B., Nahum, E. M., Olshefski, D. P., Saha, D., Shae, Z.-Y., y Waters, C. (2006). A Study of Internet Instant Messaging and Chat Protocols. *IEEE Network*, 20(4), 16-21. <https://doi.org/10.1109/MNET.2006.1668399>
- Judson, T. J., Odisho, A. Y., Young, J. J., Bigazzi, O., Steuer, D., Gonzales, R., y Neinstein, A. B. (2020). Implementation of a Digital Chatbot to Screen Health System Employees During the COVID-19 Pandemic. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 27(9), 1450-1455. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocaa130>
- Kaufmann, K., y Peil, C. (2020). The mobile instant messaging interview (mimi): Using Whatsapp to Enhance Self-Reporting and Explore Media Usage *in situ*. *Mobile Media y Communication*, 8(2), 229-246. <https://doi.org/10.1177%2F2050157919852392>
- Martin, A., Nateqi, J., Gruarin, S., Munsch, N., Abdarahmane, I., Zobel, M., y Knapp, B. (2020). An Artificial Intelligence-Based First-Line Defence Against COVID-19: Digitally Screening Citizens for Risks Via a Chatbot. *Scientific reports*, 10(1), 1-7. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75912-x>

- Mejía, D., Pallota, A., Egúsqüiza, E., y Virreira Centellas, R. (2015). Encuesta de medición de capacidades financieras en los países andinos. Informe para Bolivia 2014. <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/741>
- Muhammad, A. F., Susanto, D., Alimudin, A., Adila, F., Assidiqi, M. H., y Nabhan, S. (2020). Developing English Conversation Chatbot Using Dialogflow. *2020 International Electronics Symposium (IES)*, 468-475. <https://doi.org/10.1109/IES50839.2020.9231659>
- Rosruen, N. y Samanchuen, T. (2018). Chatbot Utilization for Medical Consultant System. *2018 3rd Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference (TIMES-iCON)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/TIMES-iCON.2018.8621678>
- Schubel, L. C., Wesley, D. B., Booker, E., Lock, J., y Ratwani, R. M. (2021). Population subgroup differences in the use of a COVID-19 chatbot. *NPJ digital medicine*, 4(1), 1-3. <https://doi.org/10.1038/s41746-021-00405-8>
- Shadmi, E., Chen, Y., Dourado, I., Faran-Perach, I., Furler, J., Hangoma, P., Hanvoravongchai, P., Obando, C., Petrosyan, V., Rao, K. D., y col. (2020). Health equity and COVID-19: Global perspectives. *International journal for equity in health*, 19(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12939-020-01218-z>
- Stieger, S., y Göritz, A. S. (2006). Using instant messaging for internet-based interviews. *CyberPsychology y Behavior*, 9(5), 552-559. <https://doi.org/10.1089/cpb.2006.9.552>
- Tarkar, P. (2020). Impact of COVID-19 pandemic on education system. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(9), 3812-3814. <http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/16620>
- Unidad de Gestión Educativa Local - Puno. (2020). Aplicación de la encuesta a docentes y padres de familia sobre la estrategia "Yo aprendo en casa" - Programa Auditores Juveniles. <https://ugelpuno.edu.pe/web/2020/12/07/aplicacionde-la-encuesta-a-docentes-y-padres-de-familia-sobre-la-estrategia-yoaprendo-en-casa-programa-auditores-juveniles/>
- Varona, L., y Gonzales, J. R. (2021). Dynamics of the impact of COVID-19 on the economic activity of peru. *Plos one*, 16(1), e0244920. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244920>
- Wozniak, A., Willey, J., Benz, J., y Hart, N. (2020). Covid impact survey. *Chicago, IL: National Opinion Research Center*. <https://www.covid-impact.org/results>



## ANEXOS

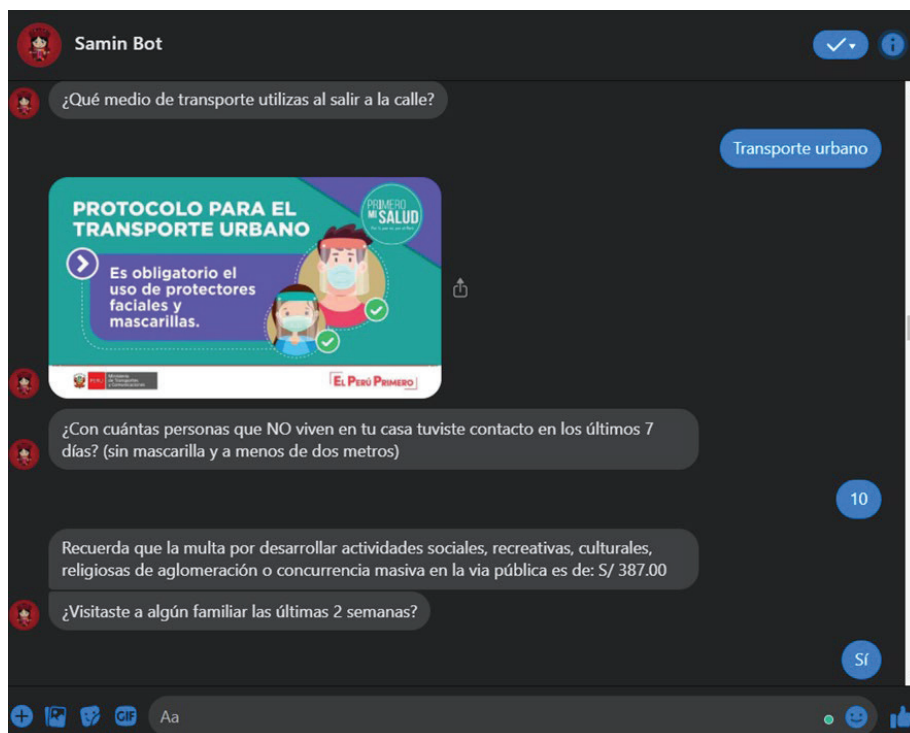


Figura 7. Evidencia de difusión de información - chatbot Salud

Fuente: Facebook

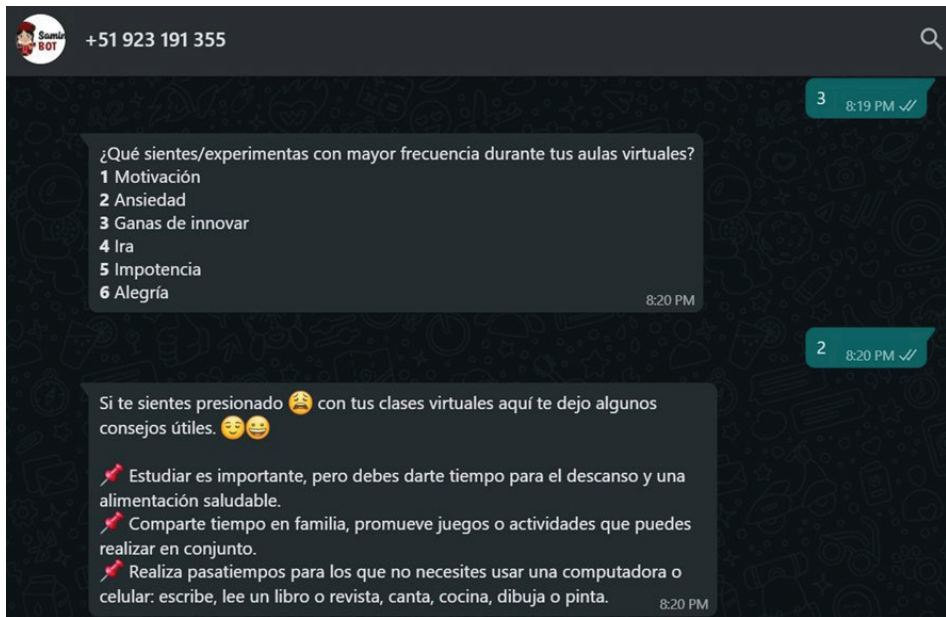


Figura 8. Evidencia de difusión de información - chatbot Educación

Fuente: WhatsApp

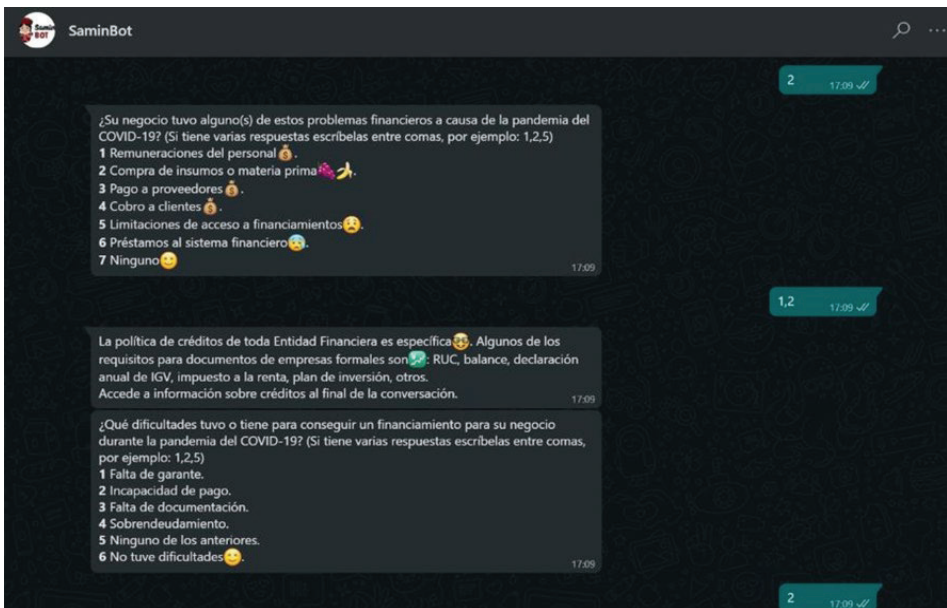


Figura 9. Evidencia de difusión de información - chatbot Economía

Fuente: WhatsApp

# ARTÍCULOS DE REVISIÓN

---

# COMPORTAMIENTO DE ENFERMEDADES EPIDÉMICAS A TRAVÉS DEL MODELO MATEMÁTICO SIR: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

OSWALDO DANIEL CASAZOLA CRUZ  
odcasazolac@unac.edu.pe  
<https://orcid.org/0000-0003-2521-530X>

ALEX MANUEL APAZA MENDOZA  
alexapazamendoza@gmail.com

MIXCEL FIORELLA JULCA PILLMAN  
fiorejulcapillman@gmail.com

CARLOS ROBERTO DELGADO LOPEZ  
carlosrobertodelgadolopez@gmail.com

Universidad Nacional del Callao, Perú

## Resumen

El artículo describe las tendencias del comportamiento de enfermedades epidémicas basándose en el modelo epidemiológico SIR. El objetivo de este trabajo fue describir el comportamiento de enfermedades epidémicas basándose en el modelo epidemiológico SIR a partir de la revisión de la literatura bajo la metodología de la revisión sistemática con base en la estrategia Prisma. Los resultados mostraron el uso del modelo epidemiológico SIR para describir el comportamiento de varias enfermedades de naturaleza epidémica, ahondando en mayor frecuencia la enfermedad producida por el COVID-19 en los últimos años. Se concluye la importancia del uso del modelo SIR para la toma de decisiones como medidas de contención en la propagación de la enfermedad, así como el uso de un indicador importante como el índice de reproducción básica para determinar el comportamiento de la enfermedad.

PALABRAS CLAVE: modelo SIR / COVID-19 / enfermedades / epidémicas  
/ coronavirus / modelos epidemiológicos

## THE BEHAVIOUR OF EPIDEMIC DISEASES THROUGH THE SIR MATHEMATICAL MODEL: A REVIEW OF THE LITERATURE

### Abstract

The article describes the trends in the behavior of epidemic diseases based on the SIR epidemiological model. The objective of this work was to describe the behavior of epidemic diseases based on the SIR epidemiological model from the review of the literature under the methodology of the systematic review based on the PRISMA strategy. The results showed the use of the SIR epidemiological model to describe the behavior of various diseases of an epidemic nature, deepening the disease produced by COVID-19 in recent years in greater frequency. Concluding with the importance of using the SIR model for decision-making as containment measures in the spread of the disease, and the use of an important indicator such as the basic reproduction index to determine the behavior of the disease.

KEYWORDS: SIR model / COVID-19 / diseases epidemic / coronavirus  
/ epidemiological models

## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la humanidad han ido apareciendo diferentes enfermedades, en especial enfermedades virales, que se propagaron velozmente y como consecuencia traían consigo muertes y grandes impactos en diversos sectores en el mundo. Sus inicios datan desde la civilización egipcia, en la que se desarrolló la peste bubónica; así también como la aparición de las plagas de Egipto, donde se atribuía a la aparición de epidemias como consecuencia de la cólera divina. Además, en la civilización griega la aparición de la peste en Atenas y la tifoidea en Siracusa (Pesco, 2017).

Autores como Grillo Ardila, Gutiérrez y otros, en el año 2020, así como Pedersen en su tesis desarrollada en el 2015, señalan que a lo largo de la historia han ido apareciendo modelos matemáticos desarrollados para entender y modelar el comportamiento de enfermedades endémicas que han ido surgiendo en diversas partes del mundo (Grillo *et al.*, 2020; Gutiérrez y Varona, 2020).

En la actualidad estamos inmersos en una nueva pandemia, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reportó la aparición de un nuevo virus denominado SARS-CoV-2 el 21 de enero del 2020 (WHO, 2020). Desde esa fecha la infección se ha expandido en todo el mundo llegando a convertirse en una pandemia (WHO, 2020).

Los autores Morens, Folkers y Fauci, citado en Speranza y Masci (2020), exponen a la definición de pandemia como una epidemia distribuida sobre un área suficientemente grande, con un movimiento geográfico de la enfermedad, con elevadas tasas de contagio de crecimiento exponencial y ante una mínima población que genera inmunidad.

En los últimos veinte años, las infecciones causadas por coronavirus tipo  $\beta$  como el SARS-CoV-1 y el MERS-CoV han alcanzado tasas de mortalidad del 10 % y 37 % respectivamente. En el caso del coronavirus, enfermedad producida por el virus SARS-CoV-2, se detectaron más de seis millones de infectados y cerca de trescientos mil fallecidos alrededor del mundo entre finales del 2019 y mayo del 2020 (Wilches y Castillo, 2020).

Para algunos autores como Catano-Lopez, Manrique-Abril, Wilches Viscal y Castillo Pedraza, la enfermedad producida por el nuevo coronavirus (COVID-19) es una infección que afecta a las vías respiratorias y que se transmite de persona a persona. Fue identificada por primera vez durante un brote ocurrido en la ciudad de Wuhan en China en el mes de diciembre del año 2019. El causante de la enfermedad es el virus SARS-CoV-2, un coronavirus tipo  $\beta$  que consta de una cadena de ARN protegida por una envoltura esférica de 60-140 nm de diámetro. A pesar de que gran parte de las infecciones causadas por coronavirus son leves, las relacionadas con los coronavirus tipo  $\beta$  como el SARS-CoV-1 (síndrome respiratorio agudo severo) y el MERS-CoV (síndrome respiratorio del Medio Oriente) alcanzaron una tasa de mortalidad del 10 % y 37 %, respectivamente, en las dos

últimas décadas (Wilches y Castillo, 2020; Catano-Lopez y Rojas-Diaz, 2020; Manrique-Abril *et al.*, 2020).

Sobre la base a lo descrito, la modelación de epidemias es una herramienta importante para el estudio de enfermedades emergentes ya que permite conocer su comportamiento y evolución, todo ello para poder determinar medidas de control óptimas para la supresión de la enfermedad (Pliego, 2011).

Los científicos Kermack y Mc Kendrick en el año 1927, citados en Pesco (2017), publican un artículo en el cual presentan un modelo matemático basado en ecuaciones diferenciales que simula la transmisión de una enfermedad infecciosa. Como lo explican autores como Salvador Galindo, Gonzales-Castillo, Sepúlveda y otros, según el estado epidemiológico de los individuos, la población está dividida en compartimientos, en los cuales hay una interacción entre la infección, recuperación y fallecidos (Gonzales-Castillo, 2020; Galindo, 2020; Sepúlveda, 2015).

Como señalan autores como Cabo Bizet, Peso, Pino-Romero y Vergara-Moreno acerca del modelo SIR, este modelo basado en compartimientos permite simular la transmisión de una enfermedad infecciosa presente en una población realizando hipótesis simples y realistas en base a su transmisión. Además, señalan que este modelo permite obtener información de algunas de las características generales de las diferentes enfermedades infecciosas, como lo es su comportamiento durante la epidemia, los picos epidémicos periódicos, etc. El modelo SIR es uno de los modelos más simples y estudiados a lo largo del tiempo, debido a que se pueden ir agregando nuevos procesos y características al modelo, puede ser difícil implementarlos de manera matemática. No obstante, las variables modeladas en este modelo tienen un comportamiento similar a las de otros modelos más complejos, por lo que su uso es importante para la comprensión de la dinámica de la enfermedad, así como el poder interpretar y contrastar los resultados (Pesco, 2017; Pino *et al.*, 2020; Vergara *et al.*, 2020; N. Cabo y A. Cabo, 2020).

Algunos autores indican que “un modelo matemático es una descripción, en lenguaje matemático, de un objeto que existe en un universo no-matemático” (Yanqui, 2018).

La modelación matemática de enfermedades cuenta con dos objetivos principales, que son la predicción y la comprensión del fenómeno. Estos dos objetivos puede que entren en conflicto ya que, en la predicción se buscará incluir variables en el modelo para tener mayor precisión; por otro lado, para la comprensión del fenómeno se busca tener solo las variables más importantes que influyen en el modelo (Yanqui, 2018).

Con lo señalado por Yanqui Díaz, Pliego menciona que la modelación de epidemias es una herramienta importante para el estudio de enfermedades emergentes ya que permite conocer su comportamiento y evolución, todo ello para poder determinar medidas de control óptimas para la supresión de la enfermedad (Pliego, 2011).

Con la llegada del SARS-CoV-2, los países de todo el mundo han sido afectados y duramente golpeados debido a la escasez de información y el desconocimiento del comportamiento de la enfermedad, trayendo consigo lamentables pérdidas humanas como impactos en sectores sociales como económicos. El adecuado estudio del modelo SIR aplicando técnicas permite tener un mayor conocimiento de la evolución del SARS-CoV-2 y así se pueda tener un soporte en la toma de decisiones por parte de las autoridades.

A raíz de ello, muchas investigaciones se han venido desarrollando acerca del modelamiento del COVID-19 haciendo uso del modelo SIR. En el Perú, artículos científicos realizados en la Universidad Nacional de Trujillo que tienen como objetivo modelar el comportamiento de la epidemia, han llegado a la conclusión de que el modelo SIR permite analizar la evolución del COVID-19 y que a partir de la data brindada por las autoridades se tienen resultados en el modelo con un margen de error menor y que ayuda a la toma de decisiones (Pino *et al.*, 2020; Vergara *et al.*, 2020).

Otras investigaciones realizadas en países de América Latina como Cuba, Argentina, República Dominicana y Colombia implementan el modelo SIR para describir el comportamiento del COVID-19, y concluyen que el modelo describe con una exactitud aceptable el comportamiento, permitiendo que las autoridades tengan un soporte en la toma de decisiones con medidas de salud pública (Abelló *et al.*, 2020; Florentino y Ramírez, 2019).

Así también como en Europa, fue en España donde se encontró artículos relacionados los cuales brindan información acerca de los casos del COVID-19 en diferentes situaciones y escenarios. En estos trabajos de investigación fue necesario estudiar la dinámica de las epidemias que ayudan a comprender su crecimiento. Se observó también la implementación de un nuevo estado que son expuestos  $E(t)$  donde se detalla el número de individuos que han sido afectados, pero no pueden infectar, lo cual lleva al modelo SEIR; este modelo solo se va a mencionar ya que nos centraremos en el modelo SIR (Barroso, 2020; Guirao, 2020; Aleja *et al.*, 2020).

En Argentina, Speranza, Masci y otros autores, proponen una metodología de ajuste a las observaciones disponibles donde se usará el modelo SIR, que permita posteriormente proyectar un escenario de continuidad de la crisis sanitaria, en otro artículo se observa la aplicación del modelo matemático SIR donde se asume la inmunidad del recuperado pero que conforme pasa el tiempo se vuelve persona susceptible con lo cual este estudio no es certero; con ello, necesitaremos de otro modelo determinístico que se vería en otro tipo de investigación (Speranza y Masci, 2020; Bianco *et al.*, 2020).

En las investigaciones de República Dominicana se observan resultados de simulaciones a través del modelo SIR de dos epidemias para comparar los resultados de la simulación con datos obtenidos experimentalmente; hoy en día los temas relacionados



con la salud pública tienen un gran impacto y repercusión en la sociedad moderna, sobre todo si se trata de la propagación de una enfermedad infecciosa entre una extensa población (Florentino y Ramírez, 2019).

Por otra parte, Colombia se ha visto afectada por otras epidemias antes de la llegada del COVID-19 y gracias al uso del modelo matemático SIR o el uso de ecuaciones matemáticas se pudo comprender el comportamiento de dichas enfermedades debido a una extensa recopilación de información.

En donde se puede encontrar el desarrollo matemático del modelo SIR y su aplicación para predecir el curso de la pandemia por el COVID-19 es en la ciudad de Santa Marta en Colombia, con el fin de comprender todas las medidas de contención adoptadas por los Estados del mundo en la lucha contra la pandemia (Wilches y Castillo, 2020).

Así, el objetivo de esta investigación fue describir los diferentes enfoques y estrategias del modelamiento de evolución de enfermedades epidémicas basado en modelo epidemiológico SIR en los últimos años.

A partir de la revisión de la literatura, los modelos intentan tener una simulación lo más próxima y realista, para ello intervienen muchos factores que de acuerdo con el uso en el modelo pueden acercarse más o alejarse de la realidad. Por lo que se han venido haciendo estudios de varias enfermedades y viendo qué modelo se apega más a su comportamiento real, ya que las enfermedades tienen características distintas unas de otras. Con la llegada del SARS-CoV-2, el Perú ha sido afectado y duramente golpeado debido a la escasez de información y el desconocimiento del comportamiento de la enfermedad, lo que trajo consigo lamentables pérdidas humanas, así como impactos en sectores sociales como económicos.

El adecuado estudio del modelo SIR podrá permitir tener un mayor conocimiento de la evolución del SARS-CoV-2 y así se pueda tener un soporte en la toma de decisiones por parte de las autoridades.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Tipo de estudio

Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica con base en la adaptación de la metodología Prisma (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Urrútia y Bonfill, 2010). La pregunta de investigación que se estableció para llevar a cabo el proceso metodológico fue la siguiente: ¿Cómo se describe el comportamiento de enfermedades epidémicas basado en modelo epidemiológico SIR en los últimos años?

## 2.2 Fundamentación de la metodología

La revisión de la literatura es una fase imprescindible en trabajos de investigación, puesto que nos ayuda a situar la investigación y a sustentar teórica y conceptualmente a partir de lo escrito por investigadores e investigadoras sobre la temática. Se trata de identificar las aportaciones más importantes (pasadas y actuales) sobre el tema de estudio, así como definir los principales conceptos y teorías que sirvan para fundamentar y comprender el problema y valorar cómo se introduce en un marco más general de investigación (Arnau-Sabatés y Sala, 2020).

Existen investigaciones en las que la revisión de la literatura científica constituye en sí un método de investigación en que los datos son las aportaciones o los resultados de múltiples estudios que coinciden en una misma pregunta o tema de investigación, a pesar de que se hayan desarrollado con muestras distintas, en tiempos distintos, por diferentes equipos de investigación, etc. Dentro de este grupo se encuentran las revisiones sistemáticas, las *scoping reviews* y los estudios de metaanálisis, entre otras (Grant y Booth, 2009).

## 2.3 Proceso de recolección de información

Para garantizar la sensibilidad del proceso de búsqueda se definieron como descriptores los siguientes términos a partir de la pregunta de investigación: "modelo SIR", "modelos", "coronavirus", "modelos epidemiológicos", "modelización", "COVID-19". Por especificidad de la búsqueda de literatura científica, se diseñó un protocolo con la combinación de los términos establecidos y los operadores booleanos: [(“modelo SIR” OR “modelos epidemiológicos”) AND (“modelización” OR “modelos”) AND (“enfermedades endémicas” OR “coronavirus”)]. Igualmente, se definió como base de datos a EBSCOhost; como base de datos multidisciplinaria se eligieron Dialnet, Microsoft Academic y, como buscador genérico, se empleó Google Scholar.

Los artículos que fueron seleccionados se importaron al *software* de gestión de referencias Mendeley, para su gestión en la eliminación de citas duplicadas.

## 2.4 Criterios de inclusión y de exclusión

Como criterio de inclusión se consideraron artículos originales publicados en bases de datos científicas indexadas, en idioma inglés, portugués y castellano, entre los años 2011 y 2021, que describen el tema de un enfoque y estrategias del modelamiento de evolución de enfermedades endémicas basado en modelo epidemiológico SIR en los últimos años.

Por otra parte, como criterio de exclusión se definió que el abordaje de la revisión sistemática hubiera tomado como referencia un concepto que no está bien definido ni referenciado y no se brinde información verídica sobre las cantidades respectivas de cada variable requerida.

El proceso de búsqueda y de extracción de información fue aplicado por tres revisores de forma independiente, cuyas diferencias fueron analizadas y resueltas por mutuo acuerdo.

### 3. RESULTADOS

La búsqueda de artículos en las bases de datos y motores de búsqueda arrojó un total de 53 artículos originales en el periodo de 2011 a 2021, distribuidos en repositorios bibliográficos como EBSCOhost, Dialnet y Google Scholar. A partir de este número total se eliminaron los duplicados con ayuda del gestor de referencias Mendeley. Posteriormente, se aplicaron criterios de inclusión y de exclusión hasta la obtención de un número final de 32 artículos para la presentación de resultados.

La ubicación geográfica de los países a los que pertenecen las universidades, instituciones educativas superiores y revistas de investigación identificadas en el estudio, evidencia que el tema de la modelización del comportamiento de enfermedades epidémicas es de interés global, y que se ha acentuado aún más con la llegada del COVID-19 en el mundo, como se puede apreciar en la figura 1.



Figura 1. Ubicación geográfica de los países de la revisión de la literatura científica

Elaboración propia

Se encontró que los modelos de simulación epidemiológica han sido usados desde tiempos antiguos, como los aplicados en la epidemia en la isla de Bombay durante el periodo del 17 de diciembre de 1905 al 21 de Julio de 1906, mencionado por Pesco en el año 2017. Como se muestra en la figura 2, se tiene como datos los casos confirmados de peste que se presentaron (puntos negros) y la incidencia calculada por el modelo SIR (puntos blancos unidos a la curva). El gráfico muestra en el eje de las abscisas el tiempo en semanas, mientras que en el eje de las ordenadas el número de casos confirmados por semanas (Pesco, 2017).

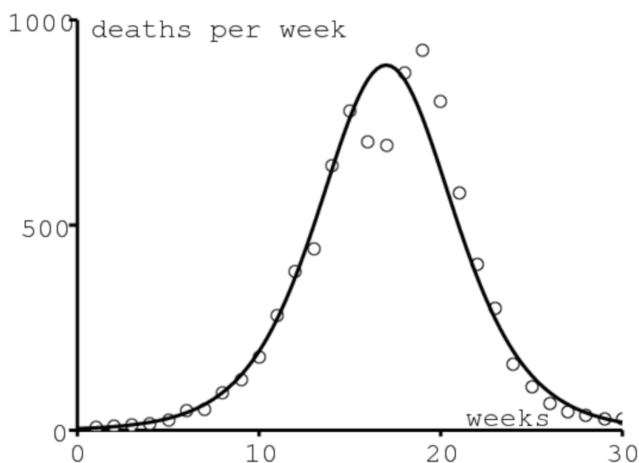


Figura 2. Casos de peste en la isla de Bombay en el año 1906

Fuente: Adaptado del trabajo de Pesco (2017)

Así, como también hoy en día con la aparición del COVID-19 se han venido realizando estudios de su comportamiento en diversos países del mundo, tales como lo indican Sanchez Peralta en la ciudad de México (figura 3), Manrique-Abril y otros en Colombia (figura 4), y Bezerra Sousa y otros en Brasil (figura 5) en sus respectivos artículos realizados en al año 2020 (Bezerra *et al.*, 2020; Manrique-Abril *et al.*, 2020; Sánchez, 2020).

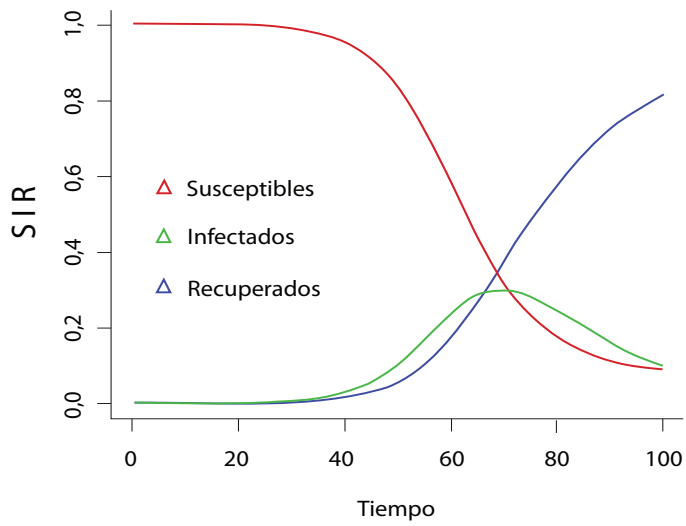


Figura 3. Modelo SIR del COVID-19 en la alcaldía de Iztapalapa

Fuente: Sánchez (2020)

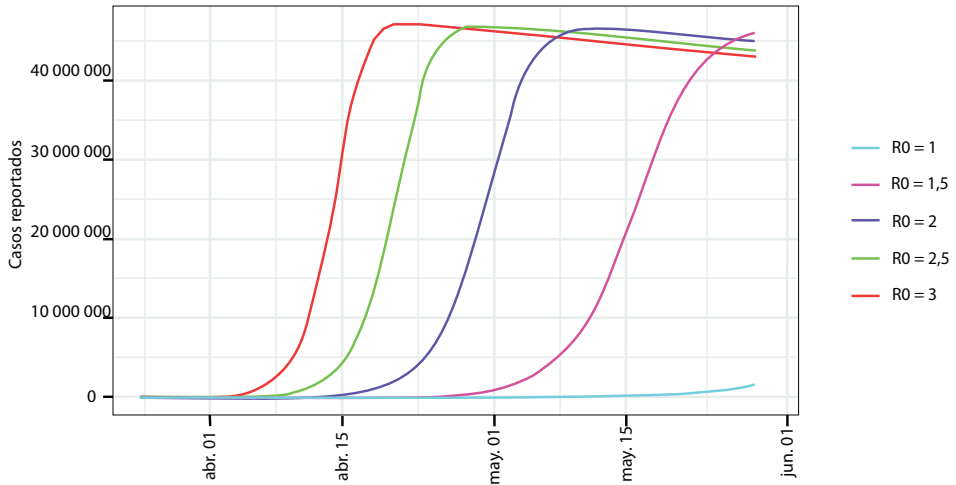


Figura 4 Modelo SIR de la evolución del COVID-19 en Colombia

Fuente: Manrique-Abril *et al.* (2020)

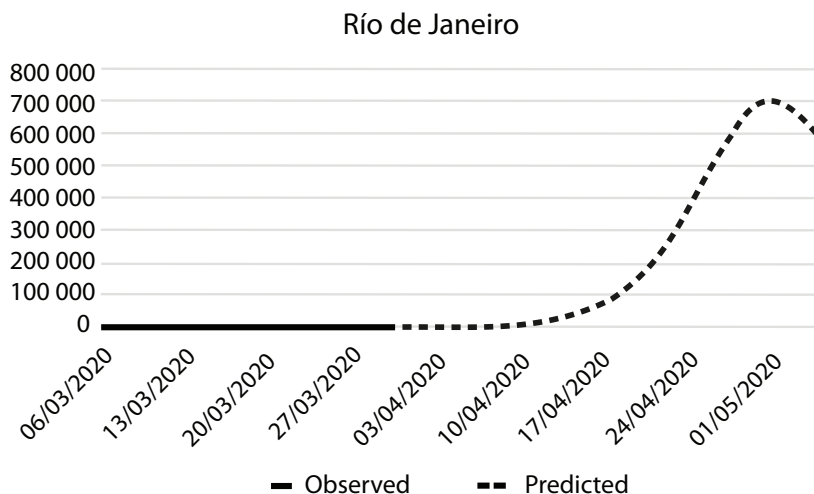


Figura 5. Modelo SIR aplicado en la ciudad de Río de Janeiro

Fuente: Bezerra *et al.* (2020)

Los gráficos del modelo SIR que se presentan fueron aplicadas en el periodo en el que empezó a emerger la enfermedad en los respectivos países.

En el Perú también se realizaron investigaciones acerca del uso del modelo SIR; autores como Gonzales-Castillo, Espinola-Sánchez, Vergara Moreno, Pino Romero, luego de haber realizado el modelo SIR y haber descrito el comportamiento del COVID-19, señalan que el modelo SIR sirve de apoyo en la toma de decisiones y que en el Perú se debe seguir tomando medidas de prevención para contener la pandemia, además de que, sin ellas, la enfermedad se hubiese propagado mucho más rápido (Gonzales-Castillo *et al.*, 2020; Pino *et al.*, 2020; Vergara *et al.*, 2020; Espinola-Sánchez *et al.*, 2020).

Se encontró en tesis y artículos un indicador importante en la modelización de enfermedades epidémicas; para los autores Osval A. Montesinos López y Carlos M. Hernández Suárez en el año 2007, citados en Pesco (2017), García (2014), Humaní *et al.* (2020), el número reproductivo básico representa la capacidad reproductiva de la enfermedad. Además, está asociada la infectividad de la enfermedad y las características del contacto infectivo. Este parámetro es de mucho interés debido a que es un valor umbral que define el crecimiento o decrecimiento en la incidencia de la epidemia (García, 2014; Pesco, 2017; Humaní *et al.*, 2020).

En la revisión que se ha hecho de esta información se tiene que la estimación de la propagación de la pandemia por el COVID-19 en la ciudad de Santa Marta en Colombia se hace a partir de dos modelos SIR con parámetros y condiciones iniciales distintas (Wilches y Castillo, 2020). Como se muestra en la figura 6, todos los casos reportados

por el COVID-19 con respecto a la fecha en donde fueron reportados en este gráfico se representa para distintos valores de  $R_e$ .

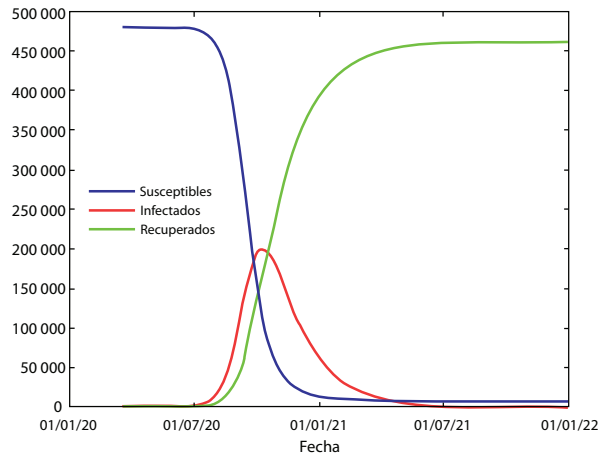


Figura 6. Casos reportados y estimados para la pandemia por el COVID-19 en Santa Marta, Colombia, para distintos valores de  $R_e$

Fuente: Wilches y Castillo (2020)

De la figura 6 se infiere que, cuanto mayor valor posee el  $R_e$  (la tasa de reproducción básica), más rápidamente se incrementa la cantidad de casos estimados en el tiempo (Wilches y Castillo, 2020).

Se encontró un reporte detallado del COVID-19 que se desarrolló en una ciudad de Colombia en el que los afectados fueron clasificados por susceptibles, infectados y recuperados como se muestra en la figura 7, donde se observa que la cantidad de susceptibles se proyecta a bajar considerablemente; la cantidad de infectados llegó a su pico más alto aproximadamente en octubre o noviembre pero igualmente se proyecta a bajar; en cambio, los recuperados al inicio eran pocos pero con los cuidados que se ha ido dando ha subido considerablemente.

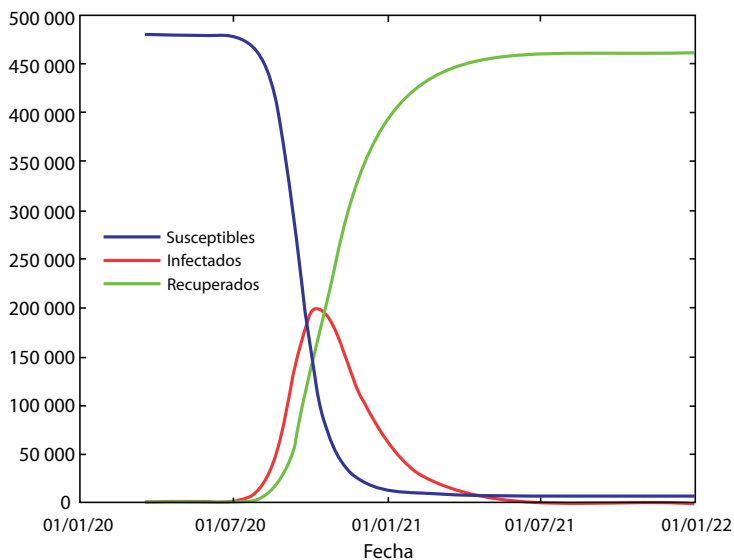


Figura 7. Curva de la cantidad de susceptibles, infectados y recuperados estimados para la pandemia por el COVID-19 en Santa Marta, Colombia

Fuente: Wilches y Castillo (2020)

La cantidad máxima de infectados simultáneamente corresponde a casi el 42 % de la población total y se registraría el 9 de octubre de 2020. Por otro lado, cerca del 98,5 % de la población llegaría a infectarse y poco más del 96 % se recuperarán. En este modelo se supuso que los recuperados no volverán a infectarse, por lo que la curva de susceptibles es siempre decreciente en el tiempo (Wilches y Castillo, 2020).

Autores como Barroso en el año 2020 hizo una aplicación del modelo SIR al caso del COVID-19 en España. Se han utilizado los datos disponibles sobre el número de infectados por el COVID-19 en España, procedentes del Centro Europeo para el Control y Prevención de Enfermedades. La serie de datos está disponible desde el 4 de febrero del 2020 hasta el 5 de abril del 2020, como se muestra en la figura 8, en donde se presentan las fechas en que han sido infectadas respecto a los casos acumulados y se observan los puntos azules que indican los valores reales y la línea roja que muestra la predicción modelo SIR (Barroso, 2019).



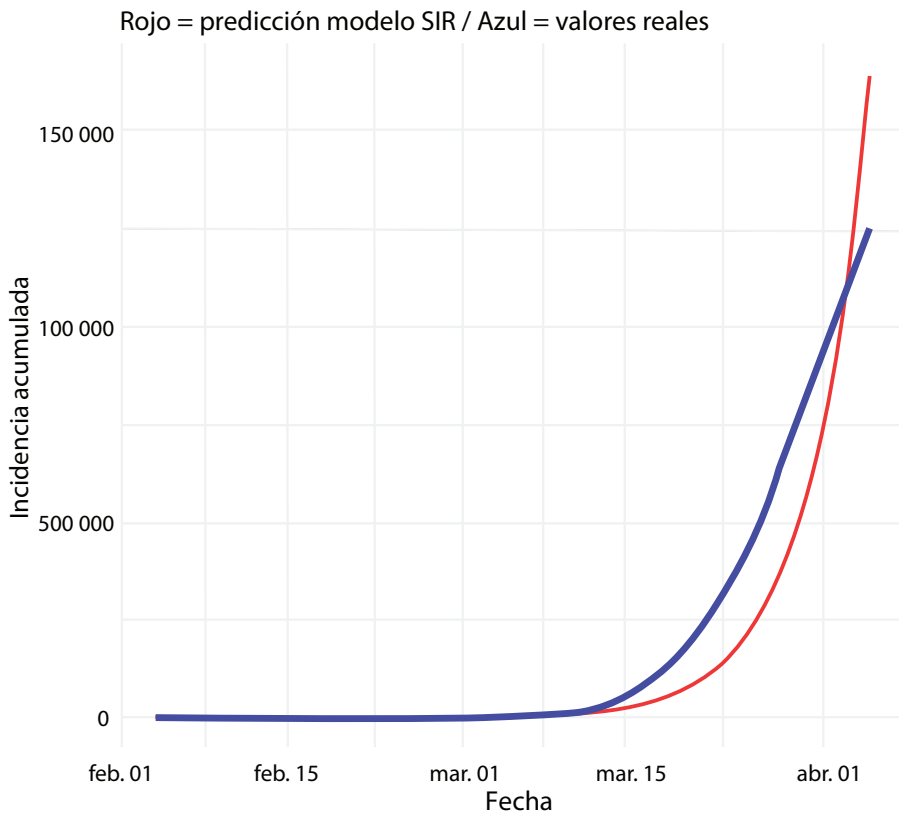


Figura 8. Estimación del número acumulado de personas infectadas en España

Fuente: Barroso (2019)

En el caso de Argentina se encontró que el modelo SIR permite la proyección a partir de la calibración inicial con los parámetros que explican la evolución de la enfermedad, luego se realizó una proyección respecto de los treinta días posteriores al último dato observado, de esta manera se obtuvo el resultado que se presenta en la figura 9 (Speranza y Masci, 2020).

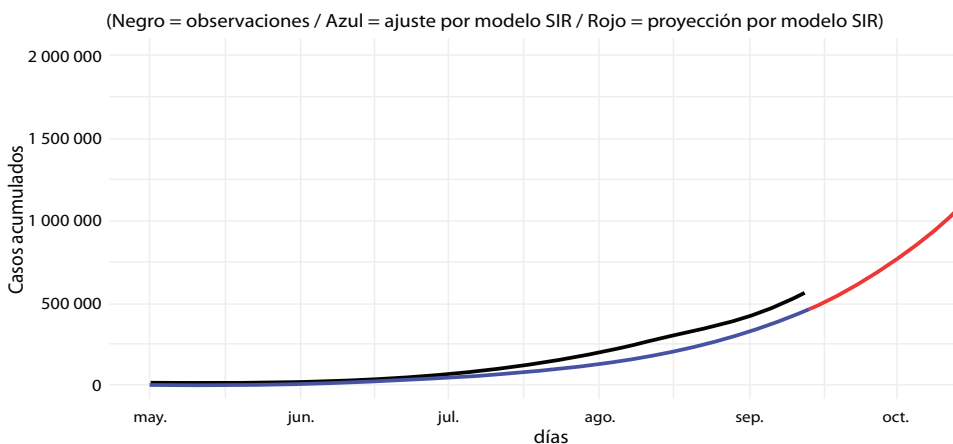


Figura 9. Ajuste y proyección mediante el modelo SIR de casos totales confirmados acumulados del COVID-19 en Argentina

Fuente: Tomado de Speranza y Masci (2020)

El COVID-19, única pandemia de coronavirus registrada en la historia de la humanidad, ha dejado un saldo funesto de contagiados y muertos a escala global a lo largo de los últimos años desde su aparición en el mundo.

Por último, a través de las ecuaciones del modelo SIR y su corroboración en el ejemplo citado se puede explicar por qué la cuarentena, el distanciamiento físico y la búsqueda de tratamientos efectivos y vacunas han recibido toda la atención mediática y han focalizado esfuerzos económicos ingentes por parte de todos los países del mundo.

#### 4. DISCUSIÓN

La revisión de la literatura científica realizada nos ubica en un contexto en el cual se viene realizando diversidad de investigaciones e implementación del modelo SIR para modelar la pandemia provocada por el COVID-19. Como se ha podido revisar de las investigaciones que han realizado en diferentes países, el modelo se ha aplicado en variedad de artículos para modelar otras enfermedades epidémicas de origen viral y que han permitido que el modelo esté presente en los estudios en el campo de la epidemiología (Pesco, 2017; Manrique-Abril *et al.*, 2020; Bezerra *et al.*, 2020; Sánchez, 2020).

En la revisión realizada, varios autores mencionaron el uso del indicador básico de reproducción obtenido del modelo SIR y que muestra la evolución teniendo una variación entre 0 y 1 cuando la enfermedad empieza a disminuir; este indicador en artículos de investigación mostró cómo las medidas adoptadas por los gobiernos para la contención de enfermedades han ayudado a suprimir el contagio y evitar la expansión de la

enfermedad en la población (Pliego, 2011; Vergara *et al.*, 2020; Yanqui, 2018). Además, en los artículos revisados se proporcionan algunas recomendaciones sobre las medidas adoptadas por el gobierno para que se pueda seguir reteniendo la propagación de la enfermedad, como lo es el lavado de manos, la distancia social, entre otras (Sánchez, 2020; Martínez *et al.*, 2015).

Lo encontrado en las investigaciones explica cómo se propaga rápidamente el contagio del COVID-19 y poder predecir este comportamiento; los resultados mostraron que este modelo garantiza una menor cantidad de infectados totales y diarios, relacionados con una distribución de infectados más homogénea, con lo cual la probabilidad de colapso hospitalario es menor. Se puede aplicar el modelo agregando nuevas poblaciones epidemiológicas y factores en el modelo (Wilches y Castillo, 2020).

En el caso de España, en comparación con los otros países ya mencionados, el modelo predice un crecimiento de la enfermedad más acelerado que el realmente observado. Esta diferencia podría deberse a las distintas medidas de confinamiento y limitaciones de la actividad económica que se han ido produciendo en España desde el 11 de marzo del 2020, algo similar sucede en Argentina al utilizar el modelo que ayuda a proveer detalles y predicciones de la diseminación del virus en una comunidad, o como en este caso en un país, mientras que los datos en su estado natural no permiten proveer esta información (Speranza y Masci 2020; Barroso, 2020).

## 5. CONCLUSIONES

A partir de la revisión sistemática que se realizó en variedad de repositorios académicos usando la metodología Prisma, se concluye que el modelo SIR es un modelo aplicado por muchos investigadores para modelar el comportamiento de enfermedades epidémicas y que a raíz de la aparición de la pandemia ha incrementado el interés de su implementación. Se ha llegado a usar el modelo SIR en enfermedades como la gripe, influenza y coronavirus en diferentes países en el continente americano y Europa. Ello permite que se cuente con un modelo que apoya en la toma de decisiones a las autoridades para mitigar el impacto que genera las epidemias en la sociedad.

Se concluye, sobre la base de la revisión sistemática, que el modelo SIR permite estimar el número básico de reproducción, el cual permite saber la cantidad de infectados que puede ocasionar un solo infectado en promedio. Este valor es usado como indicador en la evolución de la pandemia en variedad de artículos y tesis. El valor de  $R_0$  al ser menor a 1, determina que la epidemia descenderá hasta inclusive llegar a extinguirse, de lo contrario, al ser su valor mayor a 1, significa que la epidemia seguirá en ascenso.

En la revisión de artículos y tesis, en el caso de Colombia se concluye que gracias al modelo SIR se pudo implementar los mecanismos de lucha contra la pandemia,

tales medidas como el distanciamiento social, la búsqueda de tratamientos efectivos y vacunas. Gracias a esto se ha logrado reducir el nivel de la tasa de mortalidad y obtener menos contagios a nivel nacional.

En el caso de España se puede decir que por el modelo SIR aplicado, la predicción realizada por el modelo presenta un crecimiento más acelerado que el real, esto se debe a las diferentes medidas que toma el gobierno con respecto al COVID-19 como la cuarentena y las restricciones de trabajo de la población las cuales se han visto afectadas desde que empezó esta pandemia, también afecta el cuidado que tienen las personas con respecto a la protección e higiene.

Se concluye en el caso de Argentina que el modelo desarrollado que se ha aplicado permite proveer predicciones de cómo avanza el virus en la comunidad, mientras se compara con los datos reales y así determinar qué tan acertada puede ser la aplicación de este modelo en enfermedades epidémicas; al igual que en España estos datos sirven para proyectar estimaciones sobre los números de casos futuros para así prevenir y tomar medidas la cual ayuden a salir de estas enfermedades epidémicas.

En general los modelos epidemiológicos planteados de diferentes países son herramientas útiles y beneficiosas que busca representar el comportamiento de un virus o como en este caso una pandemia, dado que nos ayuda a construir una predicción en base a su evolución, para así tomar medidas contra dicha enfermedad.

Sobre la metodología empleada para realizar esta investigación es importante aclarar que las revisiones sistemáticas emergieron en el ámbito de la epidemiología, pero que con el avance de la computación su utilidad ha llevado a que se apliquen en otras áreas.

## REFERENCIAS

- Abelló Ugalde, I. A., Guinovart Díaz, R., y Morales Lezca, W. (2020). El modelo SIR básico y políticas antiepidémicas de salud pública para el COVID-19 en Cuba. *Revista Cubana de Salud Pública*, 46(Supl. especial). <https://www.scielosp.org/article/rcsp/2020.v46suppl1/e2597/>
- Aleja D, Criado R., y Romance M. (2020). Modelo SEIR para el Coronavirus COVID-19. <https://www.dcnsciences.com/wp-content/uploads/2020/04/Informe-1.pdf>
- Arnau-Sabatés, L., y Sala Roca, J. (2020). *La revisión de la literatura científica: Pautas, procedimientos y criterios de calidad*. Departamento de Teorías de la Educación y Pedagogía Social, Universidad Autónoma de Barcelona. <https://docplayer.es/192625327-La-revision-de-la-literatura-cientifica-pautas-procedimientos-y-criterios-de-calidad.html>

- Barroso, V. M. (2020). Una breve introducción al modelo SIR aplicado al caso del COVID-19. *ICEI Papers COVID-19*, 12. <https://www.ucm.es/icei/file/iceipapercovid12>.
- Bezerra Sousa, G., Santos Garces, T., Feitosa Cestari V., Magalhães Moreira, T., Sampaio Florêncio, R., y Duarte Pereira, M. L. (2020). Estimación y predicción de casos de COVID-19 en metrópolis brasileñas. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 28. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.4501.3345>
- Bianco, M. J., Cruz, P. D., Fraquelli, A. D., y Gache, A. L. (2020). Modelo epidemiológico SIR: Una aplicación de las ecuaciones diferenciales al SARS-CoV-2 (COVID-19). *Revista de Investigación en Modelos Matemáticos aplicados a la Gestión y la Economía*, 7(1), 16-38. <http://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2016/04/Gache-Andrea-.pdf>
- Cabo Bizet, N., y Cabo Montes de Oca, A. (2020). Modelos SIR modificados para la evolución del COVID-19. *Revista De Información Científica Para La Dirección En Salud (INFODIR): Ciencias Matemáticas* 34(1), 73-87. <http://www.revinfodir.sld.cu/index.php/infodir/article/view/1041>
- Catano-Lopez, A., y Rojas-Diaz, D. (2020). Modelos discretos de transmisión del COVID-19 y publicaciones preliminares en la ciencia: una búsqueda sistematizada. *Scielo Preprint*, 1-15. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.1076>
- Espinola-Sánchez, M., Racchumi-Vela, A., Sanca-Valeriano, S., Espinola-Sánchez, S., Arango-Ochante, P., Saldaña-Díaz, C., Segundo-Paredes, J., y Mejico-Caja, M. (2020). Pandemia del COVID-19 y efecto de medidas de contención en población Peruana: Un modelamiento matemático SIR. *Revista Del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 13(2), 110 - 115. <https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2020.132.656>
- Florentino Lorenzo, A., y Ramírez Contrera, F. (2019). Simulación de dos enfermedades epidemiológicas de República Dominicana a través del modelo SIR. *ROCA: Revista científico-educacional de la provincia Granma*, 15(4), 1-10. <https://revistas.udg.co.cu/index.php/roca/article/view/1013>
- Galindo Uribarri, S., Rodríguez Meza, M., y Cervantes Cota, J. (2013). Las matemáticas de las epidemias: caso México 2009 y otros. *CIENCIA Ergo-Sum*, 20(3), 238-246. <https://www.redalyc.org/pdf/104/10428759009.pdf>
- García Piñera A. (2014). *Modelos de ecuaciones diferenciales para la propagación de enfermedades infecciosas* [Trabajo de fin de grado, Unidad de Cantabria]. Repositorio Abierto de la Universidad de Cantabria. <http://hdl.handle.net/10902/7125>
- Gonzales-Castillo, J. R., Varona-Castillo, L., Domínguez-Morante, M. G., y Ocaña-Gutierrez, V. R. (2020). Pandemia del COVID-19 y las Políticas de Salud Pública en el Perú:

- marzo-mayo 2020. *Revista de Salud Pública*, 22(2), 1-9. <https://doi.org/10.15446/rsap.v22n2.87373>
- Grant, M. J., y Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information y Libraries Journal*, 26, 91-108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Grillo Ardila, E. K., Bravo Ocaña, L. E., Guerrero, R., y Santaella-Tenorio, J. (2020). Mathematical models and the coronavirus, COVID-19. *Colombia Médica*, 51(2). <https://doi.org/10.25100/cm.v51i2.4277>
- Guirao Piñera, A. (2020). Entender una epidemia: El coronavirus en España, situación y escenarios. *Revista Española de Física*, 34(2), 3-10. <http://www.revistadefisica.es/index.php/ref/article/view/2659>
- Gutiérrez, J. M., y Varona, J. L. (2020). Análisis de la posible evolución de la epidemia de coronavirus COVID-19 por medio de un modelo SEIR. *Universidad de La Rioja: Departamento de Matemáticas y Computación*, 1-14. [https://www.unirioja.es/apnoticias/servlet/Archivo?C\\_BINARIO=12051](https://www.unirioja.es/apnoticias/servlet/Archivo?C_BINARIO=12051)
- Huamaní C, Timaná-Ruiz R, Pinedo J, Pérez J., y Vásquez L. (2020). Condiciones estimadas para controlar la pandemia del COVID-19 en escenarios de pre y poscuarentena en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 37(2), 195-202
- Martínez, F., Gil, G., Guzmán, N., Castañeda, T., Buitrago, N., Bohórquez, y E., Mura, I. (2015). Modelado predictivo de la epidemia de Chikungunya. *Revista Ontare*, 3(2), 7-31 . <https://doi.org/10.21158/23823399.v3.n2.2015.1439>
- Manrique-Abril, F. G., Agudelo-Calderon, C. A., González-Chordá, V. M., Gutiérrez-Lesmes, O., Téllez-Piñerez, C. F., y Herrera-Amaya, G. (2020). Modelo SIR de la pandemia del COVID-19 en Colombia. *Revista de Salud Pública*, 22(2), 1-9. <https://doi.org/10.15446/rsap.v22n2.85977>
- Pesco P. (2017). *Modelos estocásticos para epidemias recurrentes* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de la Plata]. Repositorio Institucional de la UNLP. <https://doi.org/10.35537/10915/64320>
- Pino Romero, N., Soto-Becerra, P. y Quispe Mendizábal, R. A. (2020). Un Modelo Matemático SIR-D Segmentado para la Dinámica de Propagación del Coronavirus (COVID-19) en el Perú. *Selecciones Matemáticas*, 7(1), 162-171. <https://doi.org/10.17268/sel.mat.2020.01.15>
- Pliego Pliego, E. C. (2011). *Modelos Epidemiológicos de Enfermedades Virales Infecciosas* [Tesis de licenciatura]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

<https://www.fcfm.buap.mx/assets/docs/docencia/tesis/matematicas/EmileneCarmelitaPliegoPliego.pdf>

- Sánchez, A. (2020). Un estudio del COVID-19 en Iztapalapa usando el modelo SIR. INEGI. [https://www.researchgate.net/publication/342132072\\_Un\\_estudio\\_del\\_Covid-](https://www.researchgate.net/publication/342132072_Un_estudio_del_Covid-19)
- Sepúlveda, L. (2015). Manejo óptimo y viable en modelos epidemiológicos de dengue [Tesis de doctorado]. Université Paris-Est; Universidad nacional de Colombia. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-01376000/document>
- Speranza, M. E., y Masci, M. E. (2020). Metodología de ajustamiento y proyección S.I.R. a la cantidad de infectados en pandemia: El caso del COVID-19 en Argentina. *40 Jornadas Nacionales de Administración Financiera*, 273- 282. [https://economicas.unsa.edu.ar/afinan/informacion\\_general/sadaf/xl\\_jornadas/40-j-speranza-masci-metodologia-de-ajustamiento-y-proyeccion-s.i.r.pdf](https://economicas.unsa.edu.ar/afinan/informacion_general/sadaf/xl_jornadas/40-j-speranza-masci-metodologia-de-ajustamiento-y-proyeccion-s.i.r.pdf)
- WHO. (2020). *Novel Coronavirus (2019-nCoV): Situation Report- 1*. [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200121-sitrep-1-2019-ncov.pdf?sfvrsn=20a99c10\\_4](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200121-sitrep-1-2019-ncov.pdf?sfvrsn=20a99c10_4)
- WHO. (2020). *Coronavirus Disease (COVID-19) Situation Reports 2020*. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>
- Urrútia G., y Bonfill X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica*, 135(11), 507-511. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>
- Vergara Moreno, E., León Navarro, R., More Ayala, J., Arteaga Blas, D., Asmat Uceda, R., Peralta Castañeda, J., Quito Santos, C., Vargas Pichon, H., y Rubio, O. (2020). Modelo básico epidemiológico SIR para el COVID-19: caso las Regiones del Perú. *Selecciones Matemáticas*, 7(1), 151-161. <https://doi.org/10.17268/selectiones.mat.2020.01.14>
- Wilches Visbal, J. H., y Castillo Pedraza, M.C. (2020). Aproximación matemática del modelo epidemiológico SIR para la comprensión de las medidas de contención contra el COVID-19. *Revista Española de Salud Pública* 94, 23. [https://www.mscbs.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos\\_propios/resp/revista\\_cdrom/VOL94/C\\_ESPECIALES/RS94C\\_202009109.pdf](https://www.mscbs.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL94/C_ESPECIALES/RS94C_202009109.pdf)
- Yanqui Diaz, F. (2018). *Simulación epidemiológica usando el modelo SEIR del brote de influenza A H1N1 en el distrito de Abancay* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8448>

Recibido: 31/8/2021 / Aceptado: 3/11/2021  
doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2021.n014.5401>

# LA USABILIDAD PERCIBIDA DE LOS CHATBOTS SOBRE LA ATENCIÓN AL CLIENTE EN LAS ORGANIZACIONES: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

OSWALDO DANIEL CASAZOLA CRUZ  
odcasazolac@unac.edu.pe  
<https://orcid.org/0000-0003-2521-530X>

GIANFRANCO ALFARO MARIÑO  
galfarom@unac.edu.pe

JAIME BURGOS TEJADA  
jburgost@unac.edu.pe

OMAR AUGUSTO RAMOS MORE  
oaramosm@unac.edu.pe  
Universidad Nacional del Callao, Perú

## Resumen

Un chatbot es una aplicación de software basada en inteligencia artificial que permite simular una conversación con una persona. Sin embargo, a pesar de sus múltiples beneficios, una cantidad sustancial de chatbots luchan por satisfacer a los usuarios. El objetivo de este artículo fue el de describir la usabilidad percibida de los chatbots sobre la atención al cliente en distintas organizaciones. Por ello, se ha realizado una revisión sistemática de la literatura, con base en datos de Google Académico y EBSCO, en el período comprendido entre el 2015 y el 2020, para analizar las evidencias recogidas en diferentes investigaciones sobre: (a) la naturaleza de los chatbots, (b) su implementación, (c) la usabilidad percibida y (d) el auge de esta tecnología.

PALABRAS CLAVE: chatbot / agente conversacional / asistente virtual / atención al cliente / usabilidad



## PERCEIVED USABILITY OF CHATBOTS ON CUSTOMER SERVICE IN ORGANIZATIONS: A REVIEW OF THE LITERATURE

### Abstract

A chatbot is a software application based on artificial intelligence, which allows to simulate a conversation with a person. However, despite the many benefits, a considerable number of chatbots struggle to satisfy users. The objective of this article was to describe the perceived usability of chatbots in customer service in different organizations. Therefore, the current study performed a systematic review of the literature on Google Scholar and EBSCO data, between the period 2015 and 2020, to analyze the existing evidence regarding (a) the nature of chatbots, (b) its implementation, (c) perceived usability, and (d) the rise of this technology.

KEYWORDS: chatbot / conversational agent / virtual assistant / customer service / usability

## 1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito mundial, las organizaciones buscan mejorar la atención al usuario, dado que los requerimientos de sus usuarios han ido en aumento con el tiempo. La interconectividad de las emergentes redes sociales otorga nuevas formas de comunicarnos y nuevas oportunidades de brindar atención a los clientes (Condori, 2017). Sin embargo, ¿qué sucede cuando nuestros interlocutores son chatbots, bots desarrollados para imitar la interacción humana? ¿Cómo percibimos un estilo de comunicación que es tan similar al nuestro, pero diferente? Gutiérrez (2019) sostiene que, a diferencia de los humanos, la comunicación de los chatbots se basa en la computación cognitiva, la cual implica sistemas de autoaprendizaje con el fin de simular el comportamiento humano. Por otra parte, estos sistemas se encuentran en constante evolución y mejora debido a la naturaleza volátil del lenguaje natural, lo cual hace que la recuperación o procesamiento sea difícil (Ascencio, 2019). Sin embargo, la posibilidad de que los usuarios interactúen con la tecnología es lo que hace que los chatbots sean tan atractivos. El uso del lenguaje natural como modo de interacción en un chatbot puede hacer que la tecnología sea mucho más accesible y menos complicada para los usuarios (Expósito, 2019; García-Reina 2018). Por ello, el presente artículo considera importante estudiar las formas en que los humanos perciben la interacción con los chatbots.

Algunos hallazgos en la revisión de la literatura evidencian que el concepto de chatbot posee múltiples términos usados para referirse a él. Estos son empleados a disposición del autor y principalmente son: Agente conversacional, Entidad conversacional, Bot conversacional, Asistente virtual, Agente virtual, Asesor virtual (Condori, 2017; Durán, 2015; Jimenez, 2019; Pérez, 2019).

Los agentes conversacionales son sistemas diseñados para comunicarse con los usuarios mediante el uso del lenguaje natural. Si bien la interacción suele establecerse principalmente a través de mensajes de voz (audio) o mediante la escritura (texto), también se puede hacer uso de otras modalidades de la comunicación integrando gráficos, imágenes o animaciones, que pueden contribuir a la construcción de entornos altamente interactivos (Gomez, 2019). Originalmente, la propuesta de un chatbot es crear la sensación de una conversación real a través de un *software* debidamente programado para tal tarea. Están diseñados para mantener una conversación trivial y utilizan un enfoque de estímulo-respuesta en el que la entrada de los usuarios se compara con un gran conjunto de patrones almacenados para generar una respuesta (Limón, 2016). Adicionalmente a esto, Zarabia (2018) señala la facilidad con la que los chatbots pueden incorporarse en cualquier sector debido a su disponibilidad y fácil usabilidad, y da como ejemplo los campos de aplicación empresarial, personal, académico y de entretenimiento como los principalmente usados por los chatbots.

En el ámbito organizacional, este concepto se encuentra relacionado con el proceso de información y conocimiento para la toma de decisiones; la inteligencia artificial (IA) permite optimizar tiempos, mano de obra y mejorar el servicio (Estrada, 2018). Según Martínez (2019) la inteligencia artificial está captando la atención de las empresas por la forma de procesar el lenguaje natural y el aprendizaje automático (*machine learning*), la implementación de un asistente virtual chatbot cuenta con el soporte adecuado para atender las conversaciones con los clientes ya que podrá trabajar de manera independiente sin la necesidad de contar con un operador físico en el canal de comunicación, brindándoles una mejor experiencia e inmediatez a los datos, disponibilidad de tiempo las 24 horas, teniendo así un mayor rendimiento para conseguir los objetivos planteados de *marketing* y negocios con los clientes, donde será de gran ayuda la asistencia automatizada del mismo. Por otro lado, Abata y Ramírez (2018) en su investigación indican que del nivel de madurez empresarial dependerá el desempeño del agente; el asistente virtual no podrá ser puesto en producción si la empresa no cuenta al menos con una base de datos o archivos digitales de los cuales se pueda obtener información.

La revisión de literatura ha mostrado la relación favorable existente entre la atención al cliente y el uso de chatbots. Según Burgos y Saavedra (2019) en un estudio que tiene como objetivo determinar en qué medida el uso de un chatbot mejora el proceso de ventas, señalan una influencia positiva de parte del uso de un chatbot y una percepción de agrado por los usuarios; es decir, al obtener respuestas adecuadas y de manera instantánea, los usuarios del servicio se encuentran satisfechos. Asimismo, distintos autores también aseguran que el uso de la entidad conversacional para la atención a los usuarios tiene una correlación significativamente alta en la percepción de la calidad de atención brindada por la organización, al proporcionar la información de manera rápida y eficiente, superando la lentitud de búsqueda manual de la información por parte de los usuarios (Jimenez, 2019; Busqué, 2018; Peralta, 2018). Sumado a esto, Choque (2018) señala que en un canal de consulta, la forma y tono de respuesta son vitales, pues si no se toma en cuenta generaría frialdad y lejanía para con sus usuarios. Lo que resultaría en que los usuarios no usaran este canal.

Según lo anterior, es favorable implementar un chatbot en una organización a futuro. Respecto a esto, Santos (2018) indica que se espera un auge de su uso en los próximos años. Los usuarios los prefieren en las búsquedas y en el acceso a los contenidos y servicios digitales. Además, los bots pueden dispensar un trato personalizado que se mejora según el bot aprende con la experiencia adquirida y con el conocimiento de las preferencias del usuario. Agregando a esto, Garibay (2020) señala que, con el actual auge de las apps, los chatbots y dichas herramientas pueden ser fusionadas para brindar un mejor servicio al cliente. Plataformas como WhatsApp o Facebook se están convirtiendo rápidamente en las interfaces predilectas de comunicación para la atención al consumidor, debido a que millones de usuarios las utilizan.

De esta manera, se evidencia que la demanda de chatbots también está creciendo y debido a esta demanda, las áreas de aplicación también se están expandiendo (educación, servicio al cliente, comercio electrónico, salud, música, etcétera). Esto crea nuevos requisitos que empujan a los chatbots a ampliar aún más sus límites e incorporar características de otros tipos de interfaces de conversación. Actualmente, muchos chatbots despliegan técnicas más complejas, como incorporar un avatar, sintetizador de voz, animación hablada, entre otros (Hurtado y Zúñiga, 2019). Así, el objetivo de esta investigación fue describir la usabilidad percibida de los chatbots sobre la atención al cliente en las organizaciones a partir de la revisión de la literatura científica de los últimos cinco años, para definir la naturaleza de los chatbots y su influencia sobre la atención al cliente en las organizaciones.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Tipo de estudio**

Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica con base en la adaptación de la metodología Prisma (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Urrutia y Bonfill, 2010). La pregunta de investigación establecida para conducir el proceso metodológico fue la siguiente: ¿Cuál es la usabilidad percibida de los chatbots sobre la atención al cliente en las organizaciones descritos en la literatura científica?

### **2.2 Fundamentación de la metodología**

La revisión de la literatura científica es una estrategia de recopilación de información que emerge ante la necesidad de conocer de manera sintética los resultados de las investigaciones. Las revisiones sistemáticas intentan reunir todo el conocimiento de un área específica, resaltando lo que se sabe sobre un tema específico, a través de los resultados obtenidos en diferentes estudios y así ofrecer recomendaciones para futuras prácticas e investigaciones (Urrutia y Bonfill, 2010). En la revisión sistemática que se presenta en este artículo, se analizó y sintetizó la evidencia encontrada en las investigaciones.

### **2.3 Proceso de recolección de información**

Para garantizar la sensibilidad del proceso de búsqueda se definieron como descriptores los siguientes términos a partir de la pregunta de investigación: "Chatbot", "Agente conversacional", "Asistente virtual", "Entidad conversacional", "Atención al cliente". Por especificidad de la búsqueda de la literatura científica, se diseñó un protocolo con la combinación de los términos establecidos y los operadores booleanos: [("Chatbot" OR "Agente conversacional" OR "Asistente virtual" OR "Entidad conversacional") AND ("atención al cliente")]. Igualmente se definió como base de datos especializada para la búsqueda a EBSCO; y como base de datos multidisciplinaria se eligió Google Académico.

- EBSCO:
  - [(“Chatbot” OR “Agente conversacional” OR “Asistente virtual” OR “Entidad conversacional”) AND (“atención al cliente”)]
- Google Académico
  - [(“Chatbot” OR “Agente conversacional” OR “Asistente virtual” OR “Entidad conversacional”)]

Los artículos seleccionados se importaron al *software* de gestión de referencias Mendeley, para su gestión en la eliminación de citas duplicadas.

## 2.4 Criterios de inclusión y de exclusión

Se incluyeron artículos originales publicados en bases de datos científicas como EBSCO y Google Académico, en idioma español o inglés, entre los años 2015-2020, que describieran a los chatbots sobre la atención al cliente en las organizaciones.

La revisión se centró en los estudios que incluyen hallazgos y teorías sobre factores que pueden influir potencialmente en la usabilidad percibida de los chatbots sobre la atención al cliente en organizaciones y estudios que incluyen métodos de evaluación que podrían informar sobre los criterios utilizados durante la evaluación.

Como criterio de exclusión se tomó en cuenta cualquier artículo que no se encontrara en idioma español o inglés.

El protocolo de búsqueda y de extracción de información fue aplicado por tres revisores de forma independiente, cuyas diferencias fueron analizadas y resueltas por mutuo acuerdo.

## 2.5 Proceso de revisión

Todos los artículos referenciados a través de los descriptores fueron analizados y codificados independientemente por tres investigadores, quienes realizaron por lo menos dos lecturas completas de los mismos.

Para analizar la producción científica en relación con la usabilidad percibida de los chatbots sobre la atención al cliente, se agruparon los trabajos en cuatro áreas de relevancia en la literatura sobre chatbots: (1) sobre su naturaleza, (2) sobre su implementación, (3) sobre la usabilidad percibida y (4) sobre el auge de esta tecnología. Los criterios de clasificación surgen del estudio de la revisión sistemática.

### 3. RESULTADOS

Se encontraron treinta y ocho artículos que respetaban los criterios de inclusión indicados. Los resultados derivados de la revisión se describen a continuación según las preguntas previamente mencionadas. Como algunos trabajos respondían a más de una pregunta, la decisión de incluirlo en un grupo fue consensuada entre los investigadores. Por razones de parsimonia y de claridad, se discutirán los diferentes trabajos organizados en cada pregunta.

#### 3.1 Sobre la naturaleza de los chatbots

Se encontraron cinco artículos centrados en la naturaleza de los chatbots, aportando explicaciones conceptuales y metodológicas sobre los diferentes componentes que los integran. El artículo de Herrero y Varona (2018) aborda la temática del fenómeno de los bots y los chatbots como herramientas de interacción en los medios de comunicación. También resaltan el funcionamiento de los chatbots sin recurrir a instalar algún programa o aplicativo; en cambio, utilizan los recursos de otras más universales como Whatsapp, Telegram o Facebook Messenger. Por otro lado, señalan el reto que tienen los chatbots para seguir mejorando su forma de interactuar, para así lograr un servicio más natural y cercano con sus usuarios.

En la investigación de Gutiérrez (2019) se buscó explorar el mundo de los chatbots, herramientas y técnicas de desarrollo. Resalta las múltiples aplicaciones y entornos en donde se utilizan los chatbots como: educación, entretenimiento, ventas, turismo, entre otros. Analiza la estructura de los chatbots y expone que estos sistemas se miden en base a la usabilidad y satisfacción del usuario con su uso. Por último, el autor se centra en el funcionamiento de los chatbots y plataformas de desarrollo de estos como IBM Watson, Dialogflow, Rasa Stack y Flow Xo.

Gomez (2019) analizó la viabilidad del uso de técnicas de procesamiento del lenguaje natural y de aprendizaje automático para naturalizar y asistir el proceso de búsqueda de trabajo a través de medios digitales. El autor sostiene que un agente conversacional conseguirá guiar de forma efectiva el proceso de extracción de información a la vez que consigue mejorar la usabilidad del sistema y la experiencia del usuario al naturalizar la comunicación. El uso de técnicas de procesamiento del lenguaje natural resulta fundamental para la extracción de información relevante sobre los datos de entrada. Por este motivo, el autor defiende que las técnicas de aprendizaje son de gran utilidad al captar patrones y estructuras en los datos, puesto que habría resultado inviable capturar la complejidad y la casuística que puede llegar a darse en los datos de entrada mediante programación basada en reglas.

El trabajo de Limón (2016) busca responder a la pregunta, ¿es posible realizar consultas de datos en forma fácil, rápida, útil y específica para una organización? Se

resalta la gran importancia de los datos y de cómo se puede utilizar un chatbot para la interpretación y consulta de información. Analiza los chatbots como interfaz en la comunicación humano-computador. Destaca como las principales virtudes de chatbot: exactitud, eficacia, eficiencia, innovador, rápido, sencillo y útil para tomar decisiones. Señala que un chatbot es una herramienta hija de las ciencias exactas y la lingüística, con la capacidad de reconocer sistemáticamente por su cualidad natal las intenciones de quien lo utiliza; es el perfecto intérprete para realizar el vínculo que facilitaría la consulta ya no solo de datos sino de información, capaz de ayudar a encontrar relevancia en datos almacenados.

El trabajo de Abata y Ramírez (2018) se enfocó en el desarrollo de un prototipo de asistente virtual que entregue conocimiento de una empresa de forma más organizada y precisa. Los autores expresan su deseo de crear un asistente virtual con la capacidad de aprender sobre lo que el usuario está preguntado. Para ello realizan un análisis de diversas tecnologías para el desarrollo de un asistente virtual, haciendo uso de distintas tecnologías como Bot Framework, el cual posee un SDK para crear un ambiente de interacción humano-computador apoyándose en NodeJS, .NET para la creación de servicios que interactuaran con Bot Framework en Azure de Microsoft debido a que permite un ambiente de alta disponibilidad y escalabilidad, haciendo uso del formato JSON para la comunicación de datos mediante el protocolo HTTPS, concluyendo que esto es lo más oportuno para desarrollo y posterior implementación en una organización.

### 3.2 Como implementar un chatbot

Se encontraron dieciséis artículos centrados en la implementación de un chatbot, explicando las actividades realizadas para la implementación de la entidad conversacional en las organizaciones. Estos artículos se pueden clasificar en tres grupos, según el objetivo central de los mismos. Un primer grupo de siete artículos describe la posibilidad de implementar un chatbot en un entorno académico. Un segundo grupo, también de siete estudios, se centró en la implementación de un agente conversacional en una empresa. Y, por último, un tercer grupo compuesto de dos trabajos se enfocó en el estudio de la implementación de un chatbot en los sectores de salud y turismo.

Referente al primer grupo sobre el entorno académico, Cubero (2015) y Vallejo (2015) en sus investigaciones abordan la implementación de un chatbot para la web de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid. Se expone la dificultad de implementar un chatbot en el entorno web de la universidad dada la dependencia de este, la importancia de que el agente esté correctamente integrado y sea de fácil acceso y uso. Además, detallan la importancia de escoger la tecnología correcta de desarrollo de la entidad conversacional según el objetivo del proyecto propuesto. También resaltan el valor del aprendizaje del chatbot para comunicarse con sus usuarios. En el trabajo

de Abbati y Moreno (2019) se plantea la implementación de un asistente virtual para la biblioteca de Universidad Complutense de Madrid. El autor señala las ventajas de desarrollar el asistente virtual en un entorno de código abierto frente a las plataformas de desarrollo prediseñadas como IBM Watson que limitan funciones en una suscripción gratuita. También expone la importancia de la unificación de la información para el funcionamiento correcto del asistente virtual y la satisfacción de los usuarios. Por último, resalta la importancia de que este asistente virtual se encuentre desarrollado en forma de aplicativo móvil tanto para iOS y Android, con la finalidad de que sus usuarios tengan una mayor accesibilidad de la información. La investigación de Expósito (2019) también abordó el tema de la implementación de un asistente virtual para la biblioteca de una universidad. El autor señala la importancia de que el asistente virtual sea capaz de desenvolverse de forma cómoda y natural, a través de opciones como el funcionamiento en el idioma inglés y el reconocimiento de voz. También expone la relevancia que tiene darle un adecuado entrenamiento al asistente para que sea capaz de manejar múltiples situaciones, puesto que pueden presentarse errores en frases que poseen estructuras muy parecidas. Por último, manifiesta su preferencia por la herramienta de desarrollo de IBM Watson y sus tecnologías para la implementación. En el trabajo de Manjarrés y Echeverri (2020) se plantea la implementación de un asistente virtual académico utilizando tecnologías cognitivas del procesamiento de lenguaje natural. El autor realiza un análisis de las plataformas de chatbot más relevantes y se decanta por Dialogflow, señala que se debe tener claro el público objetivo, el tipo de lenguaje que usa y el carácter del agente, ya que la experiencia de usuario en un chatbot viene definida por la fluidez de la conversación. Además, resalta también la importancia del entrenamiento del *bot* y la integración con diferentes plataformas de mensajería como Whatsapp. La investigación de García-Reina (2018) se centra en el desarrollo de un chatbot para el servicio de atención en un colegio. El autor señala que se debe realizar un correcto estudio de la organización con la finalidad establecer el flujo que debe seguir el chatbot para su eficiente funcionamiento. Indica respecto al chatbot, que la investigación realizada sobre procesamiento de lenguaje natural y técnicas de aprendizaje automático fue fundamental para determinar el tratamiento de los textos recibidos antes y después de realizar el entrenamiento del sistema, con esto se logró caracterizar un proceso que permitiera extraer la información más relevante del contenido del mensaje. De esta manera y con la técnica de la validación cruzada, le fue posible obtener un clasificador capaz de predecir las áreas para las cuales deben ser remitidos los mensajes. El trabajo de Guijarro (2020) aborda el desarrollo de un asistente virtual para el sistema de información de una biblioteca virtual. El autor basa la construcción de su asistente en dos módulos: Backend y Frontend, desarrollando ambas partes de forma simultánea. El estudio de Pérez (2019) plantea el desarrollo de un asistente virtual para sitios web. El autor resalta la importancia de que el asistente haga uso de métodos de transcripción de audio a texto y viceversa, enviando las respuestas por escrito y por voz.



En el segundo grupo enfocado en la implementación de agentes conversacionales en empresas, la investigación de Aguilar y Balbín (2017) plantea la implementación de un chatbot en la Superintendencia de Banca y Seguros. El autor sugiere que el uso de este chatbot estaría mayormente dirigido a una población joven que es activa con las redes sociales, por lo cual establece que el chatbot debe funcionar a través de la aplicación Facebook Messenger por ser una de las más utilizadas. Se proyecta inicialmente enfocarlo en los servicios y contenidos más demandados por los usuarios. Además, resalta la importancia de la configuración de sinónimos y listas negras para evitar que los usuarios, mientras utilizan el chatbot añadan vocabulario y formas de respuesta que no se desean. El trabajo de Martínez (2019) busca la automatización de la atención al cliente por medio de un chatbot. El autor muestra preferencia por la herramienta de desarrollo Dialogflow con la cual espera tener una mejor comunicación con sus usuarios. Sostiene que el uso del alojamiento virtual con el diseño de la base de datos logró facilitar el manejo y procesamiento de los datos que son usados por el Asistente Virtual. Por último, recomienda tomar en cuenta la integración de más redes sociales para abarcar una mayor población de usuarios. El estudio de Pérez (2019) aborda la implementación de un agente conversacional para un negocio de repuestos automotrices. El autor toma como herramienta de desarrollo Dialogflow y busca integrarlo con Facebook. Evidenció en gran magnitud la limitación latente del uso del *webhook* de Facebook. Asimismo, considerando que muchos elementos que soporta Facebook Messenger nativamente, no las soporta Dialogflow, explica que lo mejor es implementar un *webhook* en un *webserver* propio para poder enviar respuestas con variables y consultas hacia APIS de terceros, como Firebase o Google Custom API. El trabajo de Ascencio (2019) plantea el diseño de un *chatbot* para mejorar la calidad de servicio al cliente. El autor recomienda analizar profundamente la arquitectura empresarial a fin de dar un correcto diseño del *chatbot* y sus funciones para con los usuarios. Proyecta que el chatbot brindará grandes beneficios a la organización y también recomienda expandirse a más canales de red social a fin de llegar a más público. La investigación de Cevallos y Dela (2017) propone desarrollar un aplicativo web para automatizar los procesos rutinarios que complementen el servicio del cliente con la implementación de la tecnología de bots. Los autores afirman que el chatbot ayudará a la empresa a satisfacer todas las necesidades del cliente, evitando la insatisfacción del cliente por una mala atención. Además, se podrá reducir el personal que atiende a los clientes y eliminar el exceso de personal, transfiriéndolos a nuevas áreas de trabajo donde se desempeñaran mejor y podrán generar mayores recursos para la organización.

El tercer y último grupo analiza la implementación de un *chatbot* en otros sectores. El estudio de Aquino *et al.* (2019) proponía una solución de chatbot aplicado a los procesos agudos en el sector salud. El autor busca crear un chatbot que pueda responder a problemas de salud de baja complejidad, dándole al usuario respuestas que le permitan

tener conocimiento básico e importante para poder proceder de forma más segura en situaciones de salud muy frecuentes como resfríos, golpes, malestares estomacales, indigestión, etc. Explica que la innovación y desarrollo permanente para la mejora continua del servicio, desempeñará un rol clave en el modelo de negocio y la atracción de cada vez más clientes, teniendo la posibilidad de añadir aspectos adicionales como servicios de enfermeras, ambulancias, asesorías psicológicas, alquiler de equipos para pacientes de la tercera edad, etc. Los trabajos de Borges (2018) y Santos (2018) pretenden diseñar un asistente virtual para recomendar sitios turísticos de interés. Proponen que para obtener un chatbot de cultura y ocio es necesario definir bien el ámbito de las funcionalidades y las acciones que se quieren cubrir en estos dominios. Indican que para el caso de turismo se observaron limitaciones al obtener la información, por la información dinámica que se puede encontrar en diferentes localidades, por lo que optó por desarrollar el asistente virtual de preguntas y respuestas sin la necesidad de que se realicen búsquedas en un sistema externo.

### **3.3 Sobre la usabilidad percibida por parte de los chatbots**

Se encontraron doce artículos centrados en los resultados de implementar un chatbot en organizaciones.

El trabajo de Condori (2017) busca mejorar el servicio de atención al cliente por medio de un chatbot. El autor concluye, mediante encuestas de valoración de sus usuarios, que el implementar un asistente virtual influye de manera positiva en el servicio de atención al cliente, brinda respuestas oportunas y exactas a los usuarios; producto de esto, reduce de manera significativa los tiempos de respuesta y logra la aceptación de los usuarios.

La investigación de Busqué (2018) plantea desarrollar un asistente para los estudiantes de la Facultad de Informática de Barcelona. El autor indica que el modelo implementado de chatbot rinde muy bien, especialmente cuando las preguntas son sencillas y directas. Para preguntas más complicadas donde hay menos información relevante (es decir, preguntas donde un pequeño porcentaje de las palabras indica la intención) tiende a fallar más, pero señala que un 60,7 % de las veces que el clasificador de intenciones falla, la segunda intención con más confianza es la correcta. Concluye que el uso del chatbot es muy eficaz para proporcionar la información solicitada por sus usuarios.

El estudio de Durán (2015) propone el diseño e implementación de un asesor virtual en un portal web. El autor se enfoca en medir el “nivel de contacto con el cliente” y el “nivel de satisfacción del cliente” del asesor virtual. Señala respecto al primer indicador, que el número de visitas por día se incrementa en promedio un 48 % y que la duración de la visita se incrementa en promedio un 85 %. Adicionalmente a esto, indica que el primer

indicador está estrechamente relacionado con el segundo indicador por el nivel de efectividad en la resolución de dudas de los visitantes, lo cual depende de cuán robusta es la base de datos de preguntas y respuestas del asesor. Concluye que la implantación de un asesor virtual en un portal web mejora el contacto con el cliente traducido en un incremento de las ventas.

Hurtado y Zúñiga (2019) abordan el desarrollo de un asistente virtual para los estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional. Los autores evaluaron la satisfacción y eficiencia del chatbot por parte de los usuarios, obteniendo resultados favorables respecto a la aceptación del chatbot y eficacia de las respuestas entregadas, donde solo el 10 % indicó no estar conforme con las respuestas del chatbot. No obstante, los usuarios reportaron que es necesario desarrollar nuevos contextos para el chatbot debido al alcance limitado de respuestas a diversos temas de este.

El trabajo de Burgos y Huaman (2019) busca determinar en qué medida el uso de un chatbot mejora el proceso de ventas en una organización. El autor señala que al utilizar el chatbot se logra reducir el tiempo para generar una cotización: anteriormente de 2806 segundos en promedio a 614 segundos en promedio. Sumado a esto, el tiempo para dar una respuesta al cliente de 770 segundos en promedio mejoró a solo 2 segundos en promedio. Además, evaluó los niveles de satisfacción de los clientes respecto a los procesos de ventas después de implementar el chatbot, obteniendo que 43,3 % respondieron “regular” para mejorar el proceso de ventas, 56,7 % respondió “bueno”. Estos resultados le indican que están satisfechos con los procesos de ventas después de implementarse el chatbot.

La investigación de Peralta (2018) propone diseñar un chatbot para la asistencia personalizada en la obtención de título para los bachilleres de la escuela profesional de ingeniería de computación y sistemas de la UPAO. El autor expone que la cantidad de actividades realizadas en el proceso se ve reducida en un 15 %, demostrando la reinjería y capacidad del chatbot para automatizar el proceso mencionado. Además, conforme a las pruebas realizadas y los datos obtenidos con el estadístico T-student, se observa una reducción de tiempo promedio de 7,05 minutos, que equivale a un 59,21 % de su media de consulta, significando una gran diferencia entre las consultas presenciales y a través del uso del chatbot.

El estudio de Choque (2018) busca implementar un modelo de tecnología cognitiva para mejorar los servicios de soporte académico con chatbots en instituciones universitarias. El autor señala que, según los datos recopilados, comprueba que el modelo propuesto de chatbot hizo la diferencia en la interacción con el estudiante. Se logró reducir en más de un 99,9 % el tiempo de respuesta esperado debido a que nuestro modelo permitía responder en menos de medio segundo a cada consulta. Además, en otra evaluación sobre la aprobación del chatbot, los resultados alcanzaron el 80 % de aprobación.

Estrada (2018) aborda el desarrollo de un chatbot para la gestión de requerimientos e incidentes en una empresa de seguros. El autor asegura que, de los resultados obtenidos a través de las encuestas sobre el chatbot, se puede deducir que el incremento de satisfacción con los usuarios ha dado buenos resultados. Los usuarios indican un 94 % que las respuestas que les brinda el chatbot sí coinciden con sus consultas. Un 90 % reporta que efectivamente recibe la información oportuna a través de esta implementación.

La investigación de Zarabia (2018) propone la implementación de un *chatbot* para los servicios a clientes del área de finanzas de seguros equinoccial. El autor realiza una medición de la efectividad y satisfacción del chatbot con sus usuarios. Obtiene que el desempeño respecto a la efectividad es de 88,57 %, y la satisfacción obtiene un 80 %. Resultando que el desempeño global del chatbot que se obtuvo al final de la evaluación es del 83,67 %.

El estudio de Jiménez (2019) busca determinar el nivel de correlación entre la entidad conversacional y la calidad del servicio percibido. El autor afirma que, para el caso de la entidad conversacional de inteligencia artificial, respecto a la usabilidad, se determinó que el factor predominante es la satisfacción (37 %). De igual forma, se determinó la existencia de una correlación significativa entre las variables de estudio de 0,631, lo cual supone una correlación alta. Por ello, concluye que mejorar o ampliar características de la entidad conversacional, y hacerlo más usable, contribuirá a una mejor percepción de calidad del servicio de atención por parte de los estudiantes. Además, factores específicos del chatbot como la capacidad de respuesta, fiabilidad, seguridad y empatía del servicio obtuvieron resultados favorables de parte de los usuarios.

Garibay (2020) abordó la implementación de un asistente virtual para una aerolínea mexicana. El autor indica que la retroalimentación solicitada por el chatbot arrojó que el 48 % de los participantes mostró una percepción negativa de este servicio, mientras que el 53 % dijo sentirse satisfecho con respecto a esta herramienta. Sin embargo, en cuanto a la calificación que recibió el servicio dado por el chatbot, se obtuvo un promedio de 4,67 de 5 estrellas; es decir, los usuarios consideraron que recibieron una buena atención por parte del asistente virtual. Por ende, el índice de satisfacción del cliente fue del 93,33 %. Otro dato relevante fue aquel que muestra la relación entre la retroalimentación del servicio de *chatbot* y el HitRate, debido a que se observa que, a mayor eficiencia que brinda el *bot*, mayor será la probabilidad de consumo de los servicios de la empresa.

El trabajo de Díaz (2020) plantea un asistente virtual conversacional aplicado al ámbito cultural. El autor opta por evaluar la aplicación chatbot en base a su rendimiento y usabilidad, obteniendo que el 57,7 % consideran que su uso es fácil, pero un 30,8 % consideran que tiene un uso normal. La navegabilidad de la aplicación resulta sencilla, pues el 84,6 % de los encuestados considera que la navegabilidad es fácil o muy fácil. El 92,3 % de los usuarios considera que el grado de utilidad de la aplicación es de 4 sobre

5 o 5 sobre 5. Los usuarios no han quedado satisfechos con la interacción por voz pues el 34,6 % le da una puntuación media-baja. En lo que respecta a errores de la aplicación, ésta parece bastante fiable pues ninguno de los usuarios consultados ha detectados fallos al usar la aplicación, ya que el 100 % ha marcado la casilla de “no”. Concluye que la aplicación tiene una valoración bastante positiva.

### 3.4 Sobre el auge de los chatbots

Se encontraron cinco artículos que detallaban acerca del crecimiento de los agentes conversacionales. Los sistemas basados en el diálogo han existido durante un tiempo relativamente largo, y los programadores comenzaron a trabajar en el avance de los sistemas interactivos habilitados por voz desde finales de los ochenta (McTear y Griol, 2016). Sin embargo, el auge y el punto de inflexión del desarrollo de chatbot se pueden observar a partir de 2016 (McTear, 2016). Miles de desarrolladores están creando chatbots, así como herramientas de habilitación y servicios creativos en torno a los chatbots. Clasifica los casos de uso de chatbot en cuatro categorías generales: comercio colaborativo, servicio al cliente, contenido e investigación y empresa (Houston, 2017). El uso actual de chatbots es principalmente utilitario; ayudar a sus usuarios con tareas cotidianas como recordatorios de eventos del calendario, ejecutar comandos de voz mediante la redacción de un texto o un correo electrónico, responder preguntas financieras sencillas o escanear agencias de viajes para encontrar el vuelo más barato para sus próximas vacaciones (Hegna, 2018). Muchas empresas de TI están entrando en el espacio de los chatbots, así como innumerables nuevas empresas. Algunas grandes empresas de tecnología, como Facebook y Skype, incluso decidieron reclamar a los chatbots como una herramienta comercial potencial (Onufreiv, 2017). El rápido desarrollo en esta área ha sido influenciado por varios puntos (a) avances en inteligencia artificial (IA), (b) la disponibilidad de big data, (c) mayor conectividad de dispositivos y recursos basados en la nube, (d) avances en reconocimiento de voz y procesamiento del lenguaje natural (McTear, 2017). Con la proliferación de plataformas de mensajería, los chatbots están bien posicionados para continuar tomando participación de mercado de las aplicaciones móviles a medida que brindan experiencias de usuario mejoradas (Houston, 2017). Para un mundo empresarial, donde el servicio al cliente es el factor más importante para el éxito, los chatbots podrían marcar una gran diferencia para vencer a la competencia (Onufreiv, 2017). Por último, si bien la mayoría de los chatbots pueden ser considerados utilitarios, la tecnología también tiene el potencial de ser útil en otros ámbitos sociales. Tomando a Woebot, por ejemplo, un *chatbot* terapéutico cognitivo-conductual que redujo significativamente los síntomas de depresión y ansiedad en sus usuarios. También hay otros bots de salud, que van desde enfermeras de chatbot que le recuerdan que debe tomar sus medicamentos, monitorear su salud y programar citas con profesionales de la salud si es necesario, hasta chatbots que

reemplazan al asistente de un médico general, identificando condiciones probables y transmitiendo la información al médico (Hegna, 2018).

#### 4. DISCUSIÓN

Este trabajo analizó la literatura científica disponible en la base de datos EBSCO y Google Académico sobre el tópico de la usabilidad percibida de los chatbots sobre la atención al cliente en las organizaciones entre 2015 y 2020. El objetivo fue realizar un análisis sobre el estado de este tópico en la base de datos mencionada. A continuación, se destacan algunos aspectos considerados importantes y se analizan algunas implicaciones para la investigación y práctica educativa.

¿Qué sabemos de la naturaleza de los chatbots? En varios estudios, los términos chatbot, agente conversacional y asistente virtual son vistos como sinónimos (Gutiérrez, 2019; Limón, 2016). Además, pocas investigaciones en nuestro estudio tratan de distinguir otro concepto, y cuando lo intentan no aportan lo suficiente como para diferenciar totalmente estos, lo que nos facilita la clarificación del término. Una característica que se refleja y se mantiene constante en todos los estudios identificados, es la actividad del chatbot como un programa informático con el que es posible mantener una conversación en lenguaje natural (Gutiérrez, 2019; Gomez, 2019; Limón, 2016; Abata y Ramírez, 2018; Herrero y Varona, 2018). De hecho, todos los artículos subrayan el papel protagonista de los chatbots en la atención al cliente. Herrero y Varona (2018) dan a entender que el estilo innovador de estos canales de comunicación, sumado al incremento de uso de redes sociales son la clave del éxito de los chatbots para comunicarse con los usuarios. Por otro lado, Gutierrez (2019) expone en su investigación acerca del reto y largo camino que aún tienen los chatbots para seguir mejorando su forma de interactuar con los usuarios.

¿Cómo puede implementarse un chatbot? La revisión de literatura nos muestra que la idea de implementar un chatbot en una organización es relativamente sencilla y dependerá de la propia organización y los objetivos que plantee. El hecho de que más del 50 % de los artículos recogidos durante esta investigación se centren en el desarrollo e implementación de un chatbot nos indica la facilidad y utilidad de incorporar esta herramienta en una organización (García-Reina, 2018; Aguilar y Balbín, 2017; Cevallos y Dela, 2017; Borges, 2018). Es importante señalar que existen múltiples plataformas de desarrollo de chatbots de las cuales hacen uso muchos estudios (Expósito, 2019; Pérez, 2019; Santos, 2018; Manjarrés y Echeverri, 2020). No obstante, también es una opción válida el desarrollar un chatbot en un entorno de código libre [26,29]. No obstante, Cubero (2015) y Vallejo (2015) describen que, si bien la implementación de un chatbot es sencilla a primera vista, puede tornarse complicada al momento de integrarlo en un sistema de información que no está unificado, el cual no permitiría desarrollar todas las capacidades del chatbot correctamente.

¿Cómo se percibe la usabilidad de los chatbots?, ¿Con qué resultados? La usabilidad percibida de los chatbots sobre la atención al cliente en las organizaciones fue tratada por un 31 % de los artículos. En estos trabajos, los autores exponen los distintos resultados obtenidos en la implementación de un chatbot. Se evidencia que todos coinciden en concluir que efectivamente los chatbots tienen una significativa relevancia para mejorar el servicio de atención al cliente. El análisis de esta literatura muestra los múltiples indicadores usados por distintos autores para medir el rendimiento del chatbot, tales como: satisfacción, usabilidad, fiabilidad, efectividad y confiabilidad (Condori, 2017; Durán, 2015; Jimenez, 2019; Choque, 2018; Hurtado y Zúñiga, 2019). Estos indicadores son usados a elección del investigador según su estudio y preferencias. Sumado a esto, Burgos y Peralta (Burgos y Huaman, 2019; Peralta, 2018) consideran primordial medir la reducción de los tiempos de atención y la cantidad de actividades del proceso reducidas por el chatbot. Por otro lado, Estrada (2018) y Busqué (2018) exponen la importancia de la eficacia en la recepción de la información y el nivel de tolerancia a fallos que se debe tener.

¿Los chatbots se encuentran en auge? El papel de los chatbots en el mundo actual y sus futuras implicaciones son abordados por cinco artículos de esta revisión sistemática. Los artículos describen el punto de inflexión del desarrollo y expansión de los chatbots, sus aplicaciones en distintas áreas, utilidades en el servicio al cliente y potencial. Houston (2017) afirma que existe un aumento significativo en el desarrollo de los chatbots para distintas áreas. Añadiendo a esto, Onufreiv (2017) señala que muchas empresas de TI están entrando en el negocio de los chatbots al reconocer su gran potencial como herramienta. Por otro lado, Hegna (2018) expone que la popularidad y rápido desarrollo de los chatbots reside en el uso del lenguaje natural para comunicarse con los usuarios e interactuar con ellos a través de una interfaz de *chat* o por voz. Por el contrario, Mctear (2017) considera más factores a tomar en cuenta como la mayor conectividad de dispositivos y recursos basados en la nube, los avances en inteligencia artificial y la disponibilidad de *big data*.

## 5. CONCLUSIONES

En esta revisión se sintetizaron los resultados de 38 estudios centrados en la usabilidad percibida de los chatbots en la atención al cliente y publicados en la base de datos Google Académico.

De la revisión, se concluye que el uso de la tecnología de chatbots en las organizaciones supone importantes mejoras para la atención al cliente. Se entiende que uno de los principales retos de los investigadores está centrado en el análisis de herramientas para el desarrollo e implementación del chatbot. Estos deben ser adaptados a las diferentes organizaciones y adaptarse a los objetivos establecidos. A medida que la literatura mundial va presentando un incremento de la comprensión

de los chatbots, aumenta también la necesidad de presentar estudios con diseños más complejos que permitan evaluar el efecto de diferentes tipos de chatbot para promover su desarrollo. Se espera que este trabajo de sistematización contribuya a la promoción del aumento de trabajos sobre el uso de chatbots y la usabilidad brindada al servicio de atención al cliente.

## REFERENCIAS

- Abata Quinchuqui, C., y Ramírez Soria, P. (2018). *Desarrollo de un prototipo de asistente virtual para la gestión del conocimiento de una organización* [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15875>
- Abbati Loureiro, M., y Moreno Varillas, J. L. (2019). *Asistente virtual para servicios de la biblioteca de la UCM - Janet* [Trabajo de fin de grado, Universidad Complutense de Madrid]. Repositorio Institucional de la UCM. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/56669/>
- Aguilar Urbina, A., y Balbín Rojas A. (2017). *Trabajo de arquitectura empresarial para la implementación de un chatbot en la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP* [Tesis de titulación, Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/622652>
- Aquino Palacios, R., Lepage Chumpitaz, C., y Rivera Huaraca P. (2019). *Solución de ChatBot aplicado a los procesos agudos en el sector Salud* [Trabajo de investigación de maestría, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica del Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/2318>
- Ascencio Vargas, J. J. (2019). *Diseño de un chatbot para mejorar la calidad de servicio al cliente en la empresa Fans Store S.A.C, Lima - 2019* [Trabajo de investigación de bachiller, Universidad Científica del Sur]. Repositorio Académico Universidad Científica del Sur. <https://hdl.handle.net/20.500.12805/884>
- Borges Fernandez, E. (2018). *Desarrollo de un asistente virtual conversacional proactivo basado en Dialogflow* [Trabajo de fin de grado, Universidad de La Laguna]. Repositorio Institucional de la Universidad de La Laguna. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/8421>
- Burgos Romero, M. B., y Huaman Saavedra, D. (2019). *Implementación de un chatbot, utilizando la metodología ICONIX para mejorar el proceso de ventas en la empresa EAC Steel E.I.R.L* [Tesis de titulación, Universidad Autónoma del Perú]. Repositorio de la Universidad Autónoma del Perú. <http://repositorio.autonoma.edu.pe/handle/AUTONOMA/852>



- Busqué Somacarrera, V. (2018). *Asistente virtual para estudiantes de la FIB* [Trabajo de fin de grado]. Universitat Politècnica de Catalunya. <http://hdl.handle.et/2117/122656>
- Durán Pincheira, A. D. (2015). *Diseño E Implantación De Un Asesor Virtual Con Interfaz Web Basado En Un Sistema De Gestión De Conocimientos Y Autoaprendizaje* [Tesis de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas]. Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10297>
- Cevallos Tóala, M. A., y Dela Indio, J. T. (2017). *Propuesta tecnológica de una página web con la implementación de bots para la gestión de relaciones con el cliente en la empresa Vipcell Electronics* [Tesis de titulación, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/21898>
- Choque Díaz, M. L. (2018). *Chatbot académico utilizando tecnologías cognitivas*. [Tesis de titulación, Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <https://doi.org/10.19083/tesis/624418>
- Condori Quispe, W. (2017). *Desarrollo de un Asistente Virtual Utilizando Facebook Messenger para la Mejora del Servicio de Atención al Cliente en la Universidad Privada de Tacna en el 2017* [Tesis de titulación, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio de la Universidad Privada de Tacna. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/163>
- Cubero Caba, L. E. (2015). *Asistente Virtual (Chatbot) para la web de la Facultad de Informática* [Trabajo de curso]. Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/32448/>
- Díaz Garcia, R. (2020). *Asistente virtual conversacional aplicado al ámbito cultural*. <http://hdl.handle.net/10016/31688>
- Estrada Cutimbo, L. (2018). *Implementar chatbot basado en inteligencia artificial para la gestión de requerimientos e incidentes en una empresa de seguros* [Tesis de titulación, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio Institucional de la Universidad San Ignacio de Loyola. <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/8844>
- Expósito García, Y. (2019). *Bullbot: Asistente Virtual para la Gestión de Servicios de la Biblioteca de la ULL* [Trabajo de fin de grado, Universidad de La Laguna]. Repositorio Institucional de la Universidad de La Laguna. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/14747>
- García-Reina, L. F. (2018). *Asistente virtual de tipo ChatBot*. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/17726>

- Garibay Ornelas, F. A. (2020). *Diseño e implementación de un asistente virtual (chatbot) para ofrecer atención a los clientes de una aerolínea mexicana por medio de sus canales conversacionales* [Proyecto de maestría]. INFOTEC Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación. [https://infotec.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1027/402/1/INFOTEC\\_MGITIC\\_FAGO\\_27082020.pdf](https://infotec.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1027/402/1/INFOTEC_MGITIC_FAGO_27082020.pdf)
- Gómez Loizaga, H. (2019). *Agente conversacional para búsqueda y recomendación de ofertas laborales* [Tesis de maestría, Universidad Internacional de la Rioja]. Repositorio Institucional de la Universidad Internacional de La Rioja. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/9564>
- Guijarro Marco, P. (2020). *Asistente virtual para un sistema de información* [Trabajo de fin de grado, Universidad de Alicante]. Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante. <http://hdl.handle.net/10045/101934>
- Gutiérrez Siliceo, J. M. (2019). *Desarrollo de chatbots con entornos de código abierto* [Tesis de titulación, Universidad De Cantabria]. Repositorio Abierto de la Universidad De Cantabria. <http://hdl.handle.net/10902/16456>
- Hegna Berge, S. (2018). *Rise of the Chatbots: Trust in Artificial Intelligence During Extreme Weather Events* [Master's Thesis, University Of Oslo]. University of Oslo Library. <http://urn.nb.no/URN:NBN:no-65934>
- Herrero Diz, P., y Varona Aramburu, D. (2018). Uso de chatbots para automatizar la información en los medios españoles. *El profesional de la información*, 27(4), 742-749. <https://doi.org/10.3145/epi.2018.jul.03>
- Houston J. (2017). *The Rise of Chatbots!: Identifying Winners in the Next Wave of Human-Technology Interaction*. Navidar. [https://www.navidar.com/wp-content/uploads/2017/01/Chatbots\\_Article-5.24.17.pdf](https://www.navidar.com/wp-content/uploads/2017/01/Chatbots_Article-5.24.17.pdf)
- Hurtado Moína, K. L., y Zúñiga Loaiza, J. I. (2019). *Desarrollo de un asistente virtual web para la EPN y un asistente dirigido por voz en los kioscos digitales de la DGIP* [Trabajo de titulación, Escuela Politécnica Nacional] Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20051>
- Jimenez Flores, V. J. (2019). *Entidad conversacional de inteligencia artificial y calidad del servicio percibido por estudiantes de la Universidad José Carlos Mariátegui Filial Tacna, 2018-II* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3848>

- Limón Pérez, M. A. (2016). *Construcción de un prototipo de programa personalizado de tipo chatbot en ambiente java con un lenguaje natural* [Tesis de titulación]. Instituto Politécnico Nacional. <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/17959>
- Manjarrés Betancur, R. A., y Echeverri Torres, M. M. (2020). Asistente virtual académico utilizando tecnologías cognitivas de procesamiento de lenguaje natural. *Revista Politécnica*, 16(31), 85-96. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v16n31a7>
- Martínez Carpio, J. A. (2019). *Desarrollo de un asistente virtual (chatbot) para la automatización de la atención al cliente* [Tesis de titulación, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/45108>
- McTear, M., Callejas, Z. y Griol, D. (2016). *The Conversational Interface: Talking to Smart Devices*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-32967-3>
- McTear, M. F. (2017). The rise of the conversational interface: A new kid on the block? In J. Quesada, F. Martín, T. López (Eds.), *Future and Emerging Trends in Language Technology. Machine Learning and Big Data* (pp. 38-49). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-69365-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69365-1_3)
- Onufreiv, Y. Y. (2017). *The Rise in Chatbots Trends*. National Aviation University of Ukraine. <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/27919>
- Peralta Pinedo, A. G. (2018). *Chatbot para la asistencia personalizada en el proceso de obtención de título en la modalidad de tesis para los bachilleres de la escuela profesional de ingeniería de computación y sistemas de la UPAO*. [Tesis de Titulación, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Digital de la Universidad Privada Antenor Orrego. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4664>
- Pérez Vallejo, P. J. (2019). *Implementación de un agente conversacional para negocio de repuestos automotrices integrado a plataformas de mensajería instantánea*. [Tesis de titulación]. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.
- Pérez Vila, M. A. (2019). *Asistente Virtual para sitios web* [Trabajo de fin de grado, Universidade Da Coruña]. Repositorio Institucional de la UDC. <http://hdl.handle.net/2183/24908>
- Santos Buitrago, R. (2018). *Desarrollo de un Asistente Virtual turístico para la ciudad de Madrid* [Trabajo de fin de grado, Universidad Complutense de Madrid]. Repositorio Institucional de la UCM. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/48836/>
- Urrutia, G., y Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: Una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica*, 135(11), 507-511.

[https://bmjopen.bmj.com/content/bmjopen/suppl/2013/06/10/bmjopen-2012-002330.DC1/bmjopen-2012-002330supp\\_PRISMA-2010.pdf](https://bmjopen.bmj.com/content/bmjopen/suppl/2013/06/10/bmjopen-2012-002330.DC1/bmjopen-2012-002330supp_PRISMA-2010.pdf)

Vallejo Ruiz, I. (2015). *Asistente virtual (chatbot) para la web de la Facultad de Informática* [Trabajo de fin de grado, Universidad Complutense de Madrid]. Repositorio Institucional de la UCM. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/33443/>

Zarabia Zúñiga, O. H. (2018). *Implementación de un chatbot con botframework: caso de estudio, servicios a clientes del área de fianzas de seguros Equinoccial* [Tesis de titulación, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19628>

## **DATOS DE LOS AUTORES**

---

#### MAURICIO ALONSO BEJARANO REYES

Bachiller en Ingeniería Mecatrónica con interés en telemática, aprendizaje automático y visión artificial. Ha trabajado como asesor en gestión y mantenimiento en una empresa de electromecánica y teleinformática. Se graduó en quinto superior en la Universidad Nacional de Trujillo en Ingeniería Mecatrónica.

#### EDGAR ANDRÉ MANZANO RAMOS

Magíster en Ingeniería Mecatrónica por la Pontificia Universidad Católica del Perú y bachiller en Ingeniería Electrónica por la Universidad Nacional del Altiplano. Desde el 2017 es profesor en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), donde realizó algunas investigaciones en identificación de sistemas, sistemas de control y procesamiento digital de señales. Actualmente es asesor de la rama estudiantil IEEE de la UNT.

#### DIANA VALERIA PAUCAR BERNARDO

Ingeniera de sistemas empresariales por la Universidad Científica del Sur. Ha participado en concursos de formulación de proyectos tecnológicos para el sector minero-energético y ambiental. Es cofundadora de la comunidad de gestión de proyectos de la misma institución y como tal ha liderado y desarrollado proyectos de impacto social. Es analista funcional en proyectos de desarrollo de *software* para el sector portuario, economía y finanzas, así mismo ha participado en proyectos de migración de base de datos y gestión de servicios de TI (enfocada en el seguimiento y control de la calidad de servicios).

#### PAULINA TESSALIA ACHO SANTILLAN

Ingeniera de Sistemas Empresariales por la Universidad Científica del Sur. Cofundadora de la Comunidad de Gestión de Proyectos y parte del equipo del Comité de Calidad como representante de la carrera de ingeniería de sistemas empresariales que busca mejoras en el plan curricular. Ha laborado en la División de Soporte y Operación de la Infraestructura Tecnológica de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT) y actualmente labora en la Universidad Científica del Sur del Grupo Educa D como asistente de servicios de TI. Es embajadora del programa de mentoría en línea Sisay, el cual está dirigido a estudiantes universitarios peruanos y expositora de diversos eventos que difunden la carrera de la universidad científica para estudiantes de quinto de secundaria.

#### CARLOS SALVADOR PERALTA DELGADO

Especialista en prospectiva y vigilancia tecnológica e inteligencia de negocios, ingeniero industrial por la Universidad de Lima y magíster en Administración de Empresas por la Universidad del Pacífico. Perito en evaluación de *software* y gestión de proyectos y consultor en formulación y desarrollo de proyectos de inversión. Con amplia experiencia en la gestión de diversos proyectos en empresas bancarias, financieras, tecnológicas y retail (estaciones de servicio y restaurantes), fue subgerente de operaciones, consultor en la optimización e implantación de los satélites Batch. Diseña estrategias para el desarrollo empresarial, así como en el manejo de operaciones bancarias, créditos institucionales, microcréditos rurales y en el diseño de procesos y sistemas. En la docencia ha dedicado más de 15 años a la educación en diversas instituciones públicas y privadas. Realiza estudios, brinda asesoraría técnica y metodológica en investigaciones de prospectiva y de vigilancia tecnológica.

#### MARLENY PERALTA ASCUE

Docente Asociada Ordinaria de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y de la Universidad Tecnológica de los Andes-Perú. Ingeniera de Sistemas egresada de la Universidad Privada de Tacna. Magíster en Investigación, Desarrollo e Informática de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Estudios Doctorales en Ingeniería de Sistemas en la Universidad Nacional Federico Villareal - Lima, Perú. Áreas de interés: inteligencia de negocio, minería de datos, gestión de calidad de datos y *machine learning*.

#### DAVID MAMANI PARI

Magíster en Ciencias en Ingeniería de Sistemas con mención en Gerencia en TI por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, ingeniero de sistemas por la Universidad Peruana Unión y con estudios doctorales en Ciencias de la Computación por

la Universidad Nacional del Altiplano; docente de pregrado e investigador en la línea de Ingeniería de *software* y procesamiento de imágenes; con experiencia en desarrollo web, móvil, pruebas de software y gestión de procesos.

#### RICHART SMITH ESCOBEDO QUISPE

Magíster en Ciencias en Ingeniería de Sistemas con mención en Gerencia en TI por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, ingeniero de sistemas por la Universidad Católica de Santa María (Arequipa) y promotor del *software* libre,. Docente de pregrado, postgrado e investigador en ingeniería de *software* con experiencia en el desarrollo web, comercio electrónico, inteligencia de negocios y gestión de procesos.

#### JISBAJ GAMARRA SALAS

Magíster en Desarrollo de *Software* por la Universidad de Granda, España, ingeniero informático y de sistemas por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Con más de siete años de experiencia profesional. Últimos cuatro con especialización e interés en marcos de desarrollo de *software* ágiles, gobierno de TI, gestión de procesos de negocio, HCI, Lean y mejora continua. Certificado como *Scrum Master* por Exin. Actualmente, profesor contratado a tiempo parcial en el Departamento Académico de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y coordinador de desarrollo de *software* en el Ministerio de Cultura en Cusco.

#### WILLIAM ALBERTO CHÁVEZ ESPINOZA

Magíster en Tecnologías Informáticas por la Universidad Pública de Navarra (España), ingeniero informático y de sistemas graduado de la Universidad de San Antonio Abad del Cusco. Ha publicado un artículo de investigación realizado en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco el 2017. Actualmente trabaja como docente contratado en la Universidad Andina del Cusco y en la Universidad de San Antonio Abad del Cusco impartiendo cursos propios de la escuela profesional de Ingeniería Informática y de Sistemas, compartiendo con trabajos propios de la especialidad.

#### LISETH URPY SEGUNDO CARPIO

Magíster en Sistemas de Información por la Universidad de São Paulo (Brasil). Ingeniera informática y de sistemas por de la Universidad de San Antonio Abad del Cusco. Actualmente cursa el doctorado en Sistemas de Información de la Universidad de Sao Paulo. Trabaja como docente contratada en la Universidad de San Antonio Abad del Cusco impartiendo cursos propios de la escuela profesional de Ingeniería Informática y de Sistemas, compartiendo con trabajos propios de la especialidad.



#### HARLEY VERA OLIVERA

Estudiante de doctorado del departamento de informática de la Universidad de Brasilia (Brasil). Su interés de investigación incluye bases de datos, modelado de datos, *big data*, GIS y algoritmos. Es magíster en Informática por la Universidade de Brasília (Brasil) e ingeniero informático y de sistemas por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.

#### ANA ROCÍO CÁRDENAS MAITA

Magíster de Ciencias en Sistemas de Información de la Universidade de São Paulo (Brasil). Actualmente es estudiante de doctorado en Sistemas de Información en la Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo (Brasil). Tiene el título de ingeniero informático y de sistemas por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (Perú).

#### MELUNI DANNEY PALOMINO FLORES

Magíster en Ingeniería de Computadoras por la Universidad Politécnica de Puerto Rico e ingeniero informático y de sistemas por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú. Su interés incluye bases de datos, análisis de datos, *big data*.

#### JONATHAN RICARDO VASQUEZ CHICATA

Ingeniero de Sistemas por la Universidad Andina del Cusco, Perú. Su interés de investigación incluye desarrollo de *software*, análisis de datos y recientemente desarrollo de aplicaciones sobre la red de *blockchain*.

#### ROSA VIRGINIA ENCINAS QUILLE

Estudiante de doctorado de Sistema de Información en la Universidad de São Paulo (Brasil). También es investigadora del Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IPT), São Paulo (Brasil). Su interés de investigación incluye bases de datos, *big data*, ciencia de datos, internet de las cosas y gestión de medidas atmosféricas.

#### GROVER ENRIQUE CASTRO GUZMÁN

Doctor en Ciencias de la Computación por la Universidad de São Paulo (Brasil) y magíster en Ciencias de la Computación por el Instituto de Matemática e Estatística de Universidad de São Paulo e ingeniero informático y de sistemas por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.

#### YANINA LEON USCAPI

Magíster en Neurociencia y Comportamiento por la Universidad de São Paulo. Licenciada en Enfermería por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Tiene experiencia en enfermería con énfasis en salud mental y neurociencias del aprendizaje, con interés EEG para diagnóstico de enfermedades mentales.

#### JHONY LUCIA HUALLPARIMACHI GARCÍA

Magíster en Ingeniería de Computadoras por la Universidad de Puerto Rico recinto de Mayaguez, Puerto Rico. Es ingeniero informático y de sistemas por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú. Sus intereses son bases de datos, análisis de datos, *bigdata* y automatización de procesos.

#### LUIS ANTONIO QUISPE CARTAGENA

Licenciado en Física-Matemáticas y en Ingeniería Electrónica por la Universidad Nacional del Altiplano (UNAP), Perú. Se ha especializado en diseño de circuitos integrados de señal mixta analógica en el Centro de Tecnología de la Información Renato Archer del Ministerio de Ciencia y Tecnología (CTI), Campinas, Brasil. Diploma de Posgrado convalidado en ingeniero eléctrico por la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG - Brasil). Minas Gerais, Brasil, 2015. Tiene una maestría en Ingeniería Eléctrica por la Universidade Federal do ABC (UFABC), Brasil. Actualmente, doctorando de Ingeniería Eléctrica en la Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. Sus intereses de investigación se encuentran en las áreas de transmisión inalámbrica, sensores inalámbricos, recolección de energía, antena de grafeno, sensor de temperatura, fotónica y plasmónica.

#### LAURO ENCISO RODAS

Doctor en Ingeniería de Sistemas por la Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú. Maestro en Ciencias en Ingeniería de Computadoras por la Universidad Central de Florida, Estados Unidos. Máster en Ciencias en Computer Science por la Universidad Western Illinois, Estados Unidos. Profesor de la Carrera de Ingeniería Informática y de Sistemas y también director del Departamento Académico de Ingeniería Informática en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

#### OSWALDO DANIEL CASAZOLA CRUZ

Es ingeniero de sistemas, magíster en Ingeniería de Sistemas por la Universidad Nacional del Callao, y doctorando en Ingeniería Eléctrica. Docente Investigador de universidades públicas y privadas. Tiene amplia experiencia en la gestión pública del Estado en temas relacionados con las tecnologías de información y comunicaciones, seguridad de la información, transformación digital, experiencia específica en actividades y proyectos de

implementación de gobierno electrónico y gobierno digital. Amplio dominio para gestionar proyectos de gobierno electrónico, gobierno digital y Transformación Digital. Director de Racionalización de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad Nacional del Callao UNAC.

#### ALEX MANUEL APAZA MENDOZA

Estudiante de Ingeniería de Sistemas en la Universidad Nacional del Callao (2015-2021). Actualmente trabaja como Mobile Developer de Android en Tismart. Posee conocimientos en distintos lenguajes de programación como son Java, PHP, Visual Basic, Python y R. Además, maneja las bases de datos SQL Server y MySQL.

#### MIXCEL FIORELLA JULCA PILLMAN

Estudiante de Ingeniería de Sistemas en la Universidad Nacional del Callao. Entre sus intereses esta la especialización en gestión de calidad. Interesada revisión sistemática de la literatura con fines de preparación la tesis.

#### CARLOS ROBERTO DELGADO LOPEZ

Estudiante de Ingeniería de Sistemas en la Universidad Nacional del Callao. Especializado en NTP y Sistemas de gestión de calidad. Interesada revisión sistemática de la literatura con fines de preparación la tesis.

#### GIANFRANCO ALFARO MARIÑO

Estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional del Callao. Entre sus intereses es investigar temas relacionados a la Ingeniería de Sistemas y para ello desarrolla habilidades en el uso de metodologías y procedimientos para realizar revisiones sistemáticas de la literatura.

#### JAIME BURGOS TEJADA

Estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional del Callao. Entre sus intereses está desarrollar habilidades en el uso de metodologías y procedimientos para realizar revisiones sistemáticas y proyectos de investigación científica.

#### OMAR AUGUSTO RAMOS MORE

Estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional del Callao. Es practicante pre-profesional de arquitectura y desarrollo TI en Centria - CSC Grupo Breca. Entre sus intereses esta la programación en Java y Sistemas de Gestión de Base de Datos en Microsoft SQL Server, Excel avanzado y Scrum Foundation Professional

**Implementación del prototipo de un sistema de monitoreo de signos vitales: pulso, temperatura y saturación de oxígeno para pacientes**

**Relación de la gestión de riesgos y calidad de *software* realizados por los profesionales del Colegio de Ingenieros del Perú del Consejo Departamental de Lima**

**Calidad de datos en sistemas de gestión académica universitaria basada en ISO/IEC 25012**

**EchartsTag para generación de *charts* usando Taglib**

**Evaluación de la usabilidad percibida de Google Classroom,**

**Drive y Meet en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco durante la pandemia del COVID-19**

**SaminBot: un asistente virtual para recolectar datos durante la pandemia del COVID-19**

**Comportamiento de enfermedades epidémicas a través del modelo matemático SIR: una revisión de la literatura**

**La usabilidad percibida de los chatbots sobre la atención al cliente en las organizaciones: una revisión de la literatura**