



# Universidad Católica de Santa María

**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**

**Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas**

**Optimización del proceso de gestión de trámites en una UGEL utilizando  
un chatbot basado en Machine Learning**

Tesis presentada por:

**Mamani Alfaro, Ferdinan Jhoquin**

**ORCID: 0009-0009-4906-3014**

para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas con especialidad en Sistemas de  
Información

Asesor:

**Dr. Sulla Torres, José Alfredo**

**ORCID: 0000-0001-5129-430X**

Arequipa – Perú

2026

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**INGENIERIA DE SISTEMAS**  
**CON ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE INFORMACION**  
**TITULACIÓN CON TESIS**  
**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 24 de Mayo del 2026

**Dictamen: 016231-C-EPIS-2026**

Visto el borrador del expediente 016231, presentado por:

**2015247501 - MAMANI ALFARO FERDINAN JHOAQUIN**

Titulado:

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE TRÁMITES EN UNA UGEL UTILIZANDO UN  
CHATBOT BASADO EN MACHINE LEARNING**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

**INGENIERO DE SISTEMAS CON ESPECIALIDAD EN  
SISTEMAS DE INFORMACION**

**29242520 - MARTINEZ MUÑOZ JORGE LUIS  
DICTAMINADOR**



**29643112 - GUEVARA PUENTE DE LA VEGA KARIM  
DICTAMINADOR**



**29687216 - RAMIREZ VALDEZ OSCAR ALBERTO  
DICTAMINADOR**



# OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE TRÁMITES EN UNA UGEL UTILIZANDO UN CHATBOT BASADO EN MACHINE LEARNING

## INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|   |                                                                                                             |      |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 | <a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                   | 1 %  |
| 2 | <a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 3 | Submitted to Universidad Católica de Santa María<br>Trabajo del estudiante                                  | <1 % |
| 4 | <a href="https://repositorio.ucsm.edu.pe">repositorio.ucsm.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                 | <1 % |
| 5 | <a href="https://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a><br>Fuente de Internet                           | <1 % |
| 6 | <a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a><br>Fuente de Internet                                   | <1 % |
| 7 | <a href="https://www.cacic2016.unsl.edu.ar">www.cacic2016.unsl.edu.ar</a><br>Fuente de Internet             | <1 % |
| 8 | <a href="https://repositorio.uct.edu.pe">repositorio.uct.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                   | <1 % |

## DEDICATORIA

*Dedico esta investigación a Dios, por darme la fortaleza necesaria para superar las dificultades que se presentaron a lo largo de mi vida y permitirme llegar a este momento.*

*A mis padres, Yheny y Joaquín, por su apoyo constante y por los valores inculcados desde mi formación personal hasta mi desarrollo profesional.*

*A mis hermanas, Saynet y Yheny, por su cariño y apoyo permanente.*

*A todas las personas que colaboraron directa o indirectamente en la realización de esta tesis.*



## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco en primer lugar a Dios por acompañarme en este proceso y darme salud y fortaleza para culminar esta etapa de mi vida.*

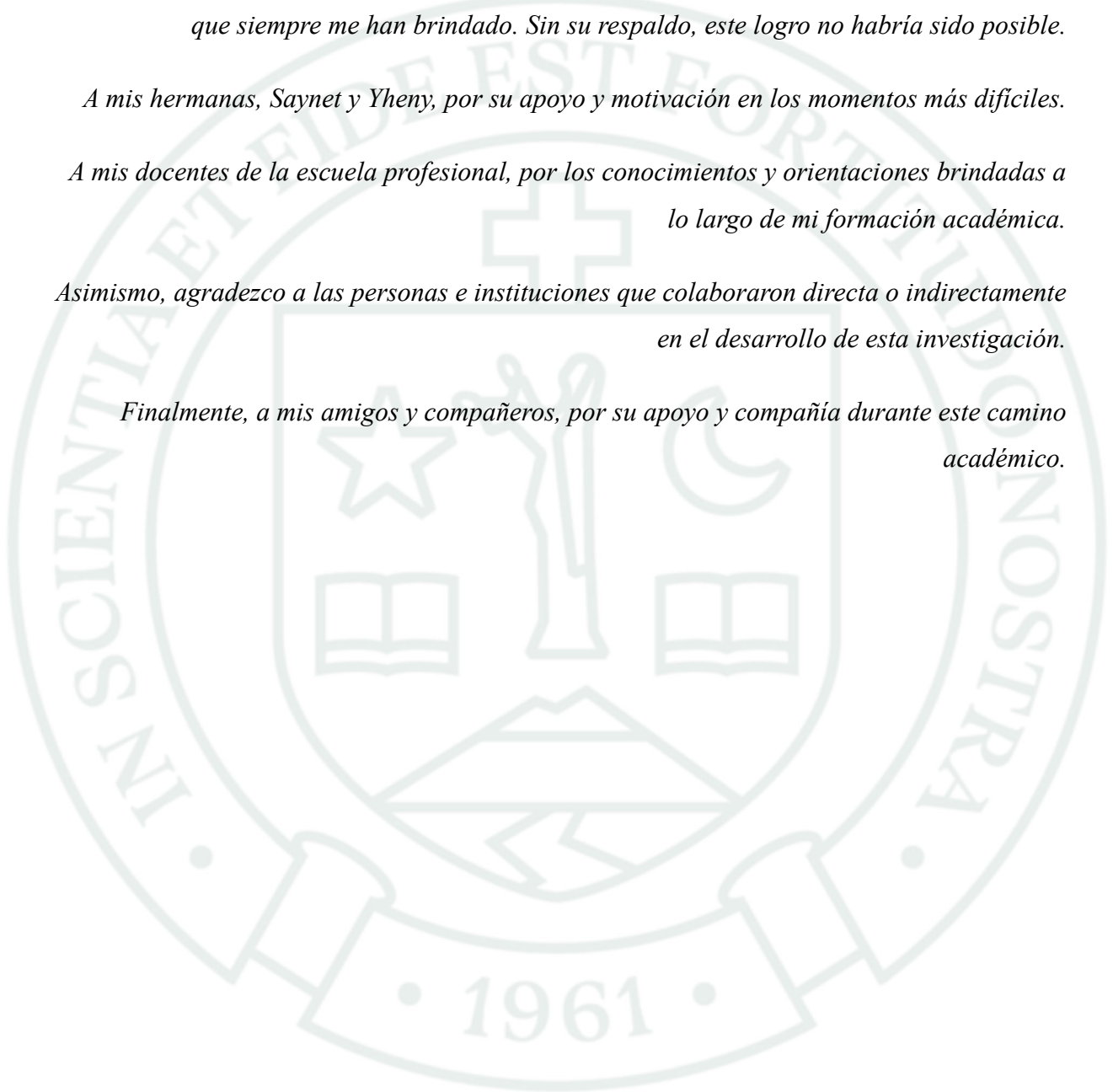
*A mis padres, Yheny y Joaquín, por su apoyo constante, sus consejos y el ejemplo de esfuerzo que siempre me han brindado. Sin su respaldo, este logro no habría sido posible.*

*A mis hermanas, Saynet y Yheny, por su apoyo y motivación en los momentos más difíciles.*

*A mis docentes de la escuela profesional, por los conocimientos y orientaciones brindadas a lo largo de mi formación académica.*

*Asimismo, agradezco a las personas e instituciones que colaboraron directa o indirectamente en el desarrollo de esta investigación.*

*Finalmente, a mis amigos y compañeros, por su apoyo y compañía durante este camino académico.*



## RESUMEN

Esta investigación tuvo el objetivo de desarrollar e implementar un chatbot orientado a optimizar la gestión de trámites administrativos en una Unidad de Gestión Educativa Local – (UGEL). Los problemas detectados se relacionan con las demoras en la atención, procesos obligatoriamente presenciales y una carga operativa del personal administrativo. Estos factores afectan la calidad del servicio que brinda la UGEL.

El estudio es de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y de nivel explicativo. El diseño es preexperimental con mediciones pretest y posttest en un grupo único de usuarios. La información se recolectó mediante encuestas y observación para evaluar indicadores como tiempo de respuesta, accesibilidad y satisfacción. Para el análisis de los datos se utilizaron herramientas estadísticas aplicando la prueba no paramétrica de Wilcoxon y de esa forma se logró comparar los resultados obtenidos antes y después de la implementación del sistema.

Para desarrollar el chatbot “TramiBOT” se utilizaron técnicas de machine learning (ML) y procesamiento de lenguaje natural (NLP), además de la integración de modelos de clasificación para reconocer intenciones y una arquitectura modular desplegada en un entorno virtual. Toda la gestión de desarrollo se basó en las prácticas ágiles basadas en Scrum para desarrollo individual.

Los resultados sugirieron mejoras significativas en la gestión de trámites que se reflejaron en tiempos de espera más cortos en la atención y el aumento de la percepción de satisfacción de los usuarios. En consecuencia, se concluye que la implementación del chatbot constituye una solución viable para modernizar los procesos administrativos y fortalecer el servicio de atención en la UGEL.

**Palabras clave:** Optimización, gestión de trámites, chatbot.

## ABSTRACT

This research aimed to develop and implement a chatbot designed to optimize the management of administrative procedures in a Local Educational Management Unit (UGEL). The problems identified were related to delays in service, processes that require in-person attendance, and an excessive workload for administrative staff. These factors negatively affect the quality of service provided by the UGEL.

The study employed a quantitative, applied, and explanatory approach. The design was pre-experimental, with pre-test and post-test measurements conducted on a single group of users. Data was collected through surveys and observation to evaluate indicators such as response time, accessibility, and user satisfaction. Statistical analysis was performed using the non-parametric Wilcoxon test to compare results before and after the system's implementation.

To develop the chatbot "TramiBOT", machine learning (ML) and natural language processing (NLP) techniques were used, along with the integration of classification models to recognize user intent and a modular architecture deployed in a virtual environment. All development management was based on agile practices based on Scrum for individual development.

The results showed significant improvements in process management, reflected in shorter waiting times and increased user satisfaction. Consequently, it is concluded that the implementation of the chatbot is a viable solution for modernizing administrative processes and strengthening customer service at the UGEL.

**Keywords:** Optimization, process management, chatbot.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN ..... 1

CAPÍTULO I..... 3

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN..... 3

1.1. Planteamiento del problema ..... 3

1.2. Objetivos de la Investigación ..... 5

1.3. Preguntas de Investigación..... 6

1.4. Hipótesis..... 7

1.5. Variables de investigación..... 7

1.6. Línea y Sub-línea de Investigación ..... 7

1.7. Palabras Clave ..... 7

1.8. Solución Propuesta..... 8

CAPÍTULO II ..... 11

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS ..... 11

2.1. Estado del Arte ..... 11

2.2. Bases Teóricas ..... 19

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| CAPÍTULO III .....                                                       | 25  |
| 3. MARCO METODOLÓGICO .....                                              | 25  |
| 3.1. Alcances y Limitaciones .....                                       | 25  |
| 3.2. Aporte.....                                                         | 28  |
| 3.3. Tipo y nivel de la Investigación .....                              | 28  |
| 3.4. Población, Muestra y Universo .....                                 | 29  |
| 3.5. Métodos, Técnicas e Instrumentos empleados .....                    | 30  |
| 3.6. Metodología .....                                                   | 33  |
| CAPÍTULO IV .....                                                        | 35  |
| 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....                                      | 35  |
| 4.1. Metodología de desarrollo ágil basado en prácticas Scrum .....      | 35  |
| 4.2. Descripción general de la solución propuesta .....                  | 47  |
| 4.3. Requerimientos de la propuesta tecnológica .....                    | 50  |
| 4.4. Arquitectura de la solución .....                                   | 55  |
| 4.5. Diseño de la solución .....                                         | 80  |
| 4.6. Diseño detallado de los algoritmos y procedimientos de IA/NLP ..... | 95  |
| 4.7. Implementación de la solución.....                                  | 119 |
| 4.8. Pruebas y validación del sistema.....                               | 125 |
| 4.9. Escenarios de uso .....                                             | 129 |
| CAPÍTULO V .....                                                         | 138 |

|                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....              | 138 |
| 5.1. Análisis de los resultados del pretest.....         | 138 |
| 5.2. Análisis de los resultados del postest .....        | 141 |
| 5.3. Comparación de resultados pretest y postest.....    | 144 |
| 5.4. Contrastación de hipótesis de la investigación..... | 148 |
| 5.5. Discusión de resultados .....                       | 152 |
| CONCLUSIONES .....                                       | 163 |
| RECOMENDACIONES .....                                    | 164 |
| TRABAJOS FUTUROS .....                                   | 165 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                         | 166 |
| ANEXOS.....                                              | 173 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 1</b> Trámites más gestionados dentro de la UGEL .....                              | 37  |
| <b>Tabla 2</b> Product Backlog del sistema chatbot “TramiBOT” .....                          | 38  |
| <b>Tabla 3</b> Sprint Backlog del primer Sprint .....                                        | 40  |
| <b>Tabla 4</b> Sprint Backlog del segundo Sprint .....                                       | 41  |
| <b>Tabla 5</b> Sprint Backlog del tercer Sprint .....                                        | 41  |
| <b>Tabla 6</b> Sprint Backlog del cuarto Sprint .....                                        | 42  |
| <b>Tabla 7</b> Matriz de trazabilidad entre objetivos específicos y requerimientos .....     | 54  |
| <b>Tabla 8</b> Especificaciones del servidor EC2 .....                                       | 67  |
| <b>Tabla 9</b> Ejemplo de registros del dataset .....                                        | 97  |
| <b>Tabla 10</b> Resumen de las características del dataset .....                             | 98  |
| <b>Tabla 11</b> Comparación de modelos de clasificación según criterios de selección .....   | 109 |
| <b>Tabla 12</b> Comparación de Confianza y Certeza en los Modelos de Clasificación .....     | 116 |
| <b>Tabla 13</b> Comparación de Confianza y Certeza de los Modelos en casos hipotéticos ..... | 117 |
| <b>Tabla 14</b> Comparación de las métricas de rendimiento para un escenario variado .....   | 127 |
| <b>Tabla 15</b> Estadísticas de pruebas de rendimiento del chatbot “TramiBOT” .....          | 128 |
| <b>Tabla 16</b> Resultados descriptivos generales del pretest .....                          | 139 |
| <b>Tabla 17</b> Resultados del pretest por dimensiones de la optimización del proceso .....  | 140 |
| <b>Tabla 18</b> Resultados generales de la evaluación postest .....                          | 142 |
| <b>Tabla 19</b> Resultados de la evaluación postest por dimensiones .....                    | 143 |
| <b>Tabla 20</b> Comparación de medias generales del pretest y postest .....                  | 146 |

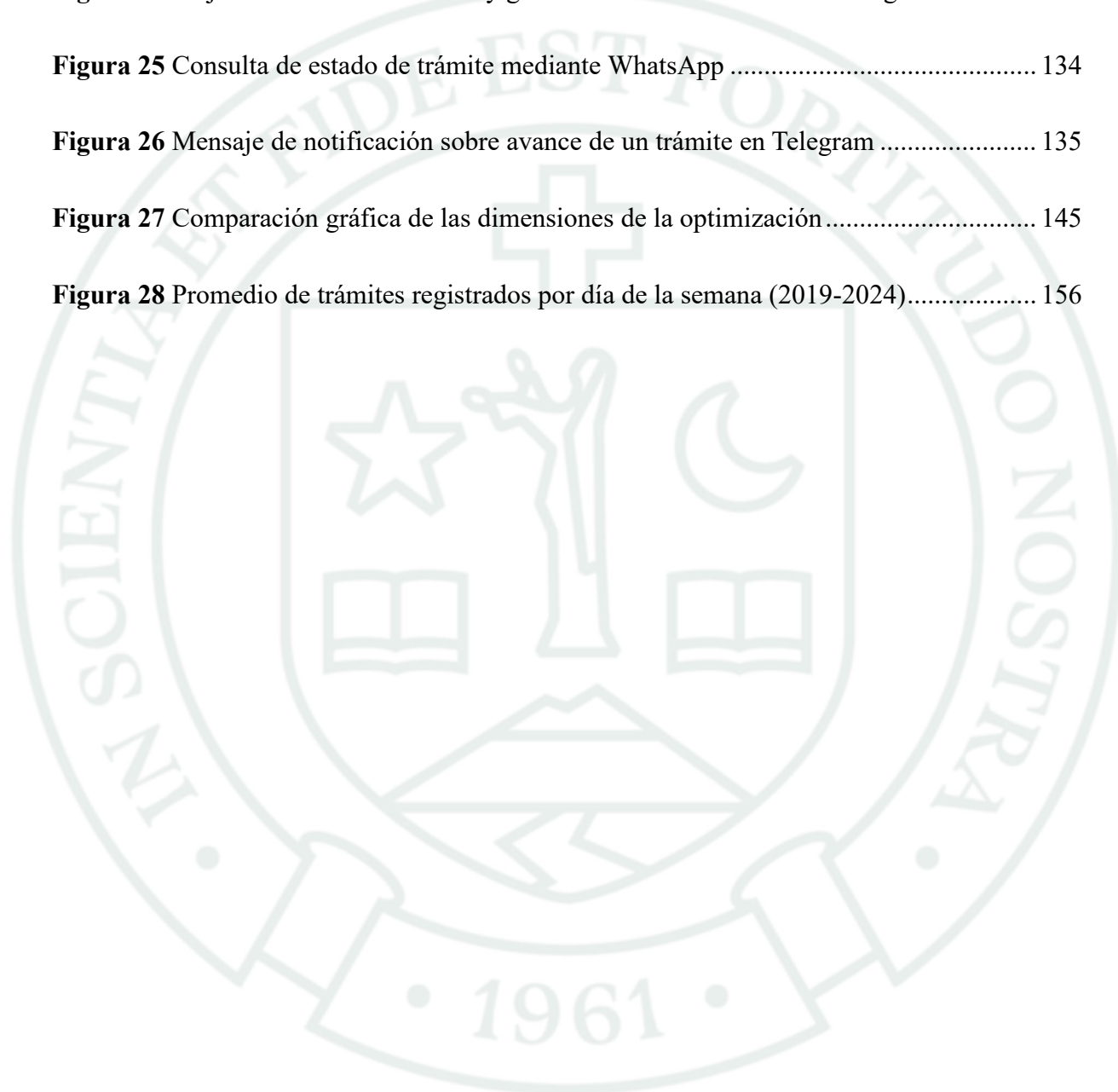
|                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 21</b> Comparación de medias por dimensiones en el pretest y posttest.....        | 147 |
| <b>Tabla 22</b> Pruebas de normalidad de los datos pretest, postest y diferencias .....    | 150 |
| <b>Tabla 23</b> Resultados de la prueba de Wilcoxon.....                                   | 151 |
| <b>Tabla 24</b> Análisis de disponibilidad de tiempo laboral y capacidad de atención ..... | 160 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 1</b> Esquema metodológico de desarrollo ágil basado en Sprints iterativos.....    | 39  |
| <b>Figura 2</b> Diagrama de Gantt del proyecto del chatbot “TramiBOT” .....                  | 46  |
| <b>Figura 3</b> Arquitectura lógica del chatbot “TramiBOT” .....                             | 55  |
| <b>Figura 4</b> Diagrama de pipeline NLP – Capa de Inteligencia Conversacional.....          | 59  |
| <b>Figura 5</b> Diagrama de bloques del chatbot “TramiBOT” .....                             | 74  |
| <b>Figura 6</b> Diagrama de secuencia de recepción de mensaje y gestión de estados.....      | 75  |
| <b>Figura 7</b> Diagrama de secuencia de clasificación de consultas con ML.....              | 76  |
| <b>Figura 8</b> Diagrama de secuencia de registro de nuevo trámite y generación de FUT ..... | 77  |
| <b>Figura 9</b> Diagrama de secuencia de consulta y seguimiento de trámite .....             | 78  |
| <b>Figura 10</b> Diagrama de secuencia del registro de interacciones y notificaciones.....   | 79  |
| <b>Figura 11</b> Diagrama de flujo del módulo orquestador del chatbot “TramiBOT” .....       | 80  |
| <b>Figura 12</b> Diagrama BPMN del proceso actual (AS-IS).....                               | 82  |
| <b>Figura 13</b> Identificación de Cuellos de Botella en el modelo AS-IS .....               | 84  |
| <b>Figura 14</b> Diagrama BPMN del proceso propuesto (TO-BE).....                            | 86  |
| <b>Figura 15</b> Diagrama de transición de estados del chatbot “TramiBOT”.....               | 89  |
| <b>Figura 16</b> Diagrama de flujo de modo trámites del chatbot “TramiBOT” .....             | 91  |
| <b>Figura 17</b> Modelo relacional de la base de datos del chatbot “TramiBOT” .....          | 93  |
| <b>Figura 18</b> Flujo de preparación del dataset para los modelos de clasificación .....    | 96  |
| <b>Figura 19</b> Distribución del conjunto de datos de entrenamiento y prueba.....           | 101 |
| <b>Figura 20</b> Representación gráfica de embeddings semánticos.....                        | 103 |

|                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 21</b> Diagrama de flujo del clasificador del chatbot “TramiBOT” .....           | 115 |
| <b>Figura 22</b> Diagrama de la estructura modular del chatbot “TramiBOT” .....            | 121 |
| <b>Figura 23</b> Clasificación de Intención en el chatbot “TramiBOT” en WhatsApp.....      | 132 |
| <b>Figura 24</b> Flujo de solicitud de trámite y generación del FUT mediante Telegram..... | 133 |
| <b>Figura 25</b> Consulta de estado de trámite mediante WhatsApp .....                     | 134 |
| <b>Figura 26</b> Mensaje de notificación sobre avance de un trámite en Telegram .....      | 135 |
| <b>Figura 27</b> Comparación gráfica de las dimensiones de la optimización.....            | 145 |
| <b>Figura 28</b> Promedio de trámites registrados por día de la semana (2019-2024).....    | 156 |



## INTRODUCCIÓN

En la estructura administrativa del Estado peruano, las Unidades de Gestión Educativa Local (UGEL) operan como el eslabón primario de soporte para miles de docentes y directivos. Esta cercanía con el administrado ha generado una sobrecarga en los canales de atención. La gestión de trámites, que incluye consultas sobre escalafón, planillas y el seguimiento de expedientes administrativos, se realiza en gran medida mediante procesos manuales y con una alta dependencia de la atención presencial. Como resultado, los tiempos de respuesta se prolongan y se genera una percepción de lentitud en los procedimientos administrativos, lo que repercute en el clima laboral y en el nivel de satisfacción del sector magisterial.

La presente investigación plantea una mejora al modelo tradicional de atención mediante la implementación de TramiBOT, un chatbot basado en técnicas de machine learning. Lo que diferencia este modelo de los sistemas tradicionales que utilizan árboles de decisión fijos, es el modelo híbrido para la clasificación y el procesamiento de lenguaje natural, para ello se integran los algoritmos Random Forest (RF), K-Vecinos más Cercanos (KNN) y Regresión Logística (RL) que permiten identificar las consultas de los usuarios. De esta manera, el sistema ofrece respuestas más acordes al contexto de cada solicitud y se adapta a las distintas formas de expresión del personal administrativo y docente.

El desarrollo del presente estudio se justifica por la necesidad de fortalecer los procesos de digitalización en la administración pública. La solución propuesta tiene como finalidad apoyar la atención de consultas frecuentes y mejorar el flujo de gestión documental, mediante la automatización de solicitudes repetitivas que actualmente demandan una parte considerable del tiempo del personal de la UGEL. Esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo y un diseño preexperimental con el objetivo de evaluar el impacto de la herramienta, específicamente en la reducción de tiempos y en la usabilidad percibida por los usuarios.

Para garantizar la viabilidad técnica y el rigor científico, la tesis se estructura de forma progresiva: comienza diagnosticando la problemática y avanza hacia el marco teórico que fundamenta la elección de los modelos de machine learning. Finalmente, se detalla la arquitectura del sistema, el proceso de entrenamiento del modelo con datos propios de la institución y, por último, la validación estadística de los resultados, los cuales confirman que la inteligencia artificial aplicada es un pilar fundamental para la modernización de la gestión pública.



## **CAPÍTULO I**

### **1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

En el contexto actual, se ha evidenciado la necesidad de incorporar tecnologías como los chatbots, capaces de brindar respuestas de forma rápida y con mayor eficiencia a las solicitudes de los interesados (Moya, 2022). Esta necesidad se evidencia en instituciones públicas donde la demanda de información es constante. Sin embargo, como advierte Urrutia (2023), la implementación de chatbots no debe ser un fin en sí mismo, sino que debe estar precedida por un análisis que identifique las necesidades específicas de los usuarios. Por ello, resulta necesario identificar las expectativas de los usuarios y los puntos críticos del proceso administrativo. Solo a partir de este diagnóstico es posible definir qué funciones debe tener el asistente para que no sea un simple adorno digital, sino una solución que resuelva necesidades concretas.

A nivel internacional, el panorama es contrastante. Mientras países como Singapur, Corea del Sur o Australia han integrado chatbots en sus sistemas públicos, otras naciones aún no han mostrado interés en su desarrollo. Sin embargo, según Moya (2022), basado en el Reporte Anual de Chatmize, 75 países no muestran interés real en el desarrollo de chatbots, a pesar de contar con la capacidad de integrarse a sus diversos canales de comunicación.

Muchas instituciones pierden la oportunidad de un medio de comunicación directa con el usuario, ya que los chatbots se despliegan en plataformas que los usuarios usan de manera cotidiana y constante. Esto ayudaría a reducir las brechas de atención existentes. Al no usar esas tecnologías, se limita la capacidad de ofrecer atención oportuna y personalizada para las necesidades de los usuarios. Los chatbots usan información histórica para ofrecer una experiencia personalizada.

Las entidades públicas como la UGEL se han visto obligadas a enfrentar retos orientados a la mejora de la calidad del servicio debido a las exigencias de los usuarios respecto a la calidad y rapidez del servicio. Esto exige que los responsables asuman un compromiso sostenido que les permita responder de manera constante a las demandas propias de un entorno digital.

Para fortalecer la satisfacción del usuario en entornos como la UGEL, el servicio debe orientarse hacia la confiabilidad, de modo que se mantenga la disposición del usuario para volver a la institución cuando lo necesite (Meléndez, 2022). En el sector público, la calidad del servicio cobró mayor relevancia en los últimos años debido a la existencia de diversos reclamos respecto a la atención ofrecida.

La Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL) enfrenta la necesidad de replantear la gestión de sus trámites, en especial en la atención a los usuarios. Como parte del sistema educativo, esta entidad atiende a estudiantes, docentes y padres de familia. En la práctica, los procedimientos administrativos presentan demoras y una limitada capacidad de adaptación.

Esta situación genera malestar entre los usuarios y afecta negativamente a la institución. En este escenario, se observa la falta de herramientas tecnológicas orientadas a optimizar los procesos administrativos y mejorar la atención al público, lo que dificulta la realización de los trámites (Peralta et al., 2023).

En la UGEL, la principal dificultad es la forma en que se gestiona la comunicación con los usuarios. Los procedimientos resultan burocráticos, los tiempos de espera se prolongan y gran parte del esfuerzo del personal administrativo se concentra en tareas que pueden ser automatizadas, debido al uso de procesos manuales y tradicionales de atención.

Para mejorar esta situación, se plantean alternativas para optimizar la atención a los usuarios y mejorar la gestión de los trámites. Por eso, la propuesta no es un chatbot básico con respuestas predefinidas, sino uno basado en machine learning, que emplea técnicas de procesamiento de lenguaje natural para orientar al usuario durante el desarrollo de su trámite.

El sistema propuesto se caracteriza por su naturaleza de cambio, ya que su desempeño mejora con las interacciones de los usuarios, incrementando progresivamente la precisión de sus respuestas y para su implementación es necesario analizar a fondo a la institución y sus capacidades operativas.

El éxito de este tipo de tecnologías no depende del algoritmo implementado, sino de su adecuada integración con la infraestructura administrativa de la UGEL. Esto implica la revisión y actualización de la información para asegurar que las respuestas se ajusten a la normativa vigente y a los procedimientos institucionales.

Bajo ese enfoque, el objetivo no es incorporar tecnología por simple innovación. Se busca consolidar un sistema capaz de procesar datos en tiempo real, optimizar la eficiencia y ofrecer un canal de atención que facilite los trámites, superando las limitaciones de trámites tradicionales. Lo expuesto justifica la necesidad de evaluar cómo esta tecnología impacta directamente en la calidad de atención y en la modernización de la gestión dentro de la UGEL.

## **1.2. Objetivos de la Investigación**

### **1.2.1. Objetivo General**

Optimizar el proceso de gestión de trámites en una UGEL utilizando un chatbot basado en machine learning.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- a. Diagnosticar el proceso actual de gestión de trámites en la UGEL, identificando las principales dificultades y tiempos de atención.
- b. Diseñar un modelo de chatbot basado en machine learning que permita asistir a los usuarios en la gestión de trámites administrativos.
- c. Implementar un chatbot en la plataforma de la UGEL con el fin de automatizar las solicitudes y consultas de los usuarios.
- d. Evaluar el impacto del chatbot comparando los tiempos de respuesta y resolución de trámites antes y después de su implementación.

### **1.3. Preguntas de Investigación**

#### **1.3.1. Pregunta General**

¿De qué manera la implementación de un chatbot basado en machine learning puede optimizar el proceso de gestión de trámites en una Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL)?

#### **1.3.2. Preguntas Específicas**

- a. ¿Cuáles son las principales dificultades y limitaciones presentes en el proceso actual de gestión de trámites en la UGEL?
- b. ¿Qué características técnicas y funcionales debe tener un chatbot basado en machine learning para asistir eficazmente a los usuarios en la gestión de trámites administrativos?
- c. ¿Cómo puede implementarse un chatbot en la plataforma digital de la UGEL para automatizar solicitudes y consultas de los usuarios?

- d. ¿En qué medida la implementación del chatbot mejora los tiempos de respuesta y la eficiencia del proceso de gestión de trámites en comparación con el sistema actual?

#### **1.4. Hipótesis**

Dado que la gestión de trámites administrativos en la UGEL se caracteriza por procedimientos burocráticos, tiempos de espera prolongados y una alta carga de tareas manuales, es posible que la implementación de un chatbot basado en machine learning optimice significativamente el proceso de gestión de trámites administrativos en una UGEL, mejorando la eficiencia del proceso y la satisfacción del usuario.

#### **1.5. Variables de investigación**

La variable independiente es la implementación de chatbot basado en machine learning, dentro de ella se tienen las dimensiones accesibilidad, interacción, tiempo de respuesta, fiabilidad, usabilidad y soporte.

La variable dependiente es la optimización del proceso de gestión de trámites administrativos, que comprende las dimensiones: eficiencia, satisfacción y pertinencia.

#### **1.6. Línea y Sub-línea de Investigación**

- Línea: Inteligencia Artificial
- Sub-línea: Aprendizaje Automático

#### **1.7. Palabras Clave**

Optimización, gestión de trámites, chatbot, machine learning, inteligencia artificial, UGEL.

## **1.8. Solución Propuesta**

### **1.8.1. Justificación e Importancia**

La necesidad de desarrollar un chatbot basado en inteligencia artificial y machine learning para la UGEL surge de las limitaciones de los canales de atención tradicionales. La UGEL enfrenta una carga constante de solicitudes debido a la diversidad y volumen de consultas realizadas por los usuarios, que van desde dudas generales hasta requisitos específicos para trámites de los docentes, también el estado actual de expedientes, factores que incrementan la carga operativa de las áreas de atención al cliente.

A ello, se suma la atención a los directores que solicitan orientación acerca de trámites de sus instituciones educativas. La falta de una herramienta que permita centralizar y automatizar este proceso genera una atención dividida y poco eficiente. Esta situación afecta la calidad del servicio brindado y en la percepción institucional de la UGEL.

La relevancia del proyecto radica en la implementación de un canal de atención que reduzca la dependencia de atención presencial. Actualmente, la mayoría de las consultas se realizan en las diversas oficinas de la UGEL, generando retrasos y tiempos de espera prolongados. Asimismo, existen dificultades para mantener información actualizada y uniforme.

Frente a ello, se propone la implementación de un chatbot orientado a mejorar la comunicación con los usuarios a través del uso de técnicas de inteligencia artificial. El sistema permite proporcionar respuestas acordes al tipo de consulta y atender de manera automatizada las solicitudes repetitivas que suelen concentrarse en los canales presenciales de la UGEL.

Gracias al apoyo de la tecnología, algunas funciones repetitivas se delegan y ello permite reducir la carga operativa del personal administrativo. Como resultado, el personal

puede destinar mayor tiempo a actividades que requieren análisis y apoyo directo a los procesos de gestión de la UGEL.

Este proyecto busca facilitar el acceso a la información en la UGEL, teniendo en cuenta que una parte de los usuarios desarrolla sus labores académicas en zonas rurales, donde el traslado a la sede administrativa se dificulta por las condiciones geográficas. Ante esta situación, el uso de canales de mensajería se presenta como una alternativa para brindar orientación de forma más cercana, incluso en escenarios con conectividad limitada.

El proyecto busca mejorar la forma en que la UGEL se comunica con su comunidad y fortalecer los procesos de atención, hacerlos más claros y accesibles para los usuarios, logrando la modernización del servicio y una atención ordenada y confiable.

### **1.8.2. Descripción de la Solución**

La propuesta considera la implementación de un chatbot basado en machine learning con el objetivo de mejorar la gestión de los trámites en la UGEL. Este chatbot permite realizar consultas sobre procedimientos administrativos conforme a la normativa institucional y mediante el uso de lenguaje natural, lo que facilita la interacción con los usuarios y el seguimiento de los expedientes.

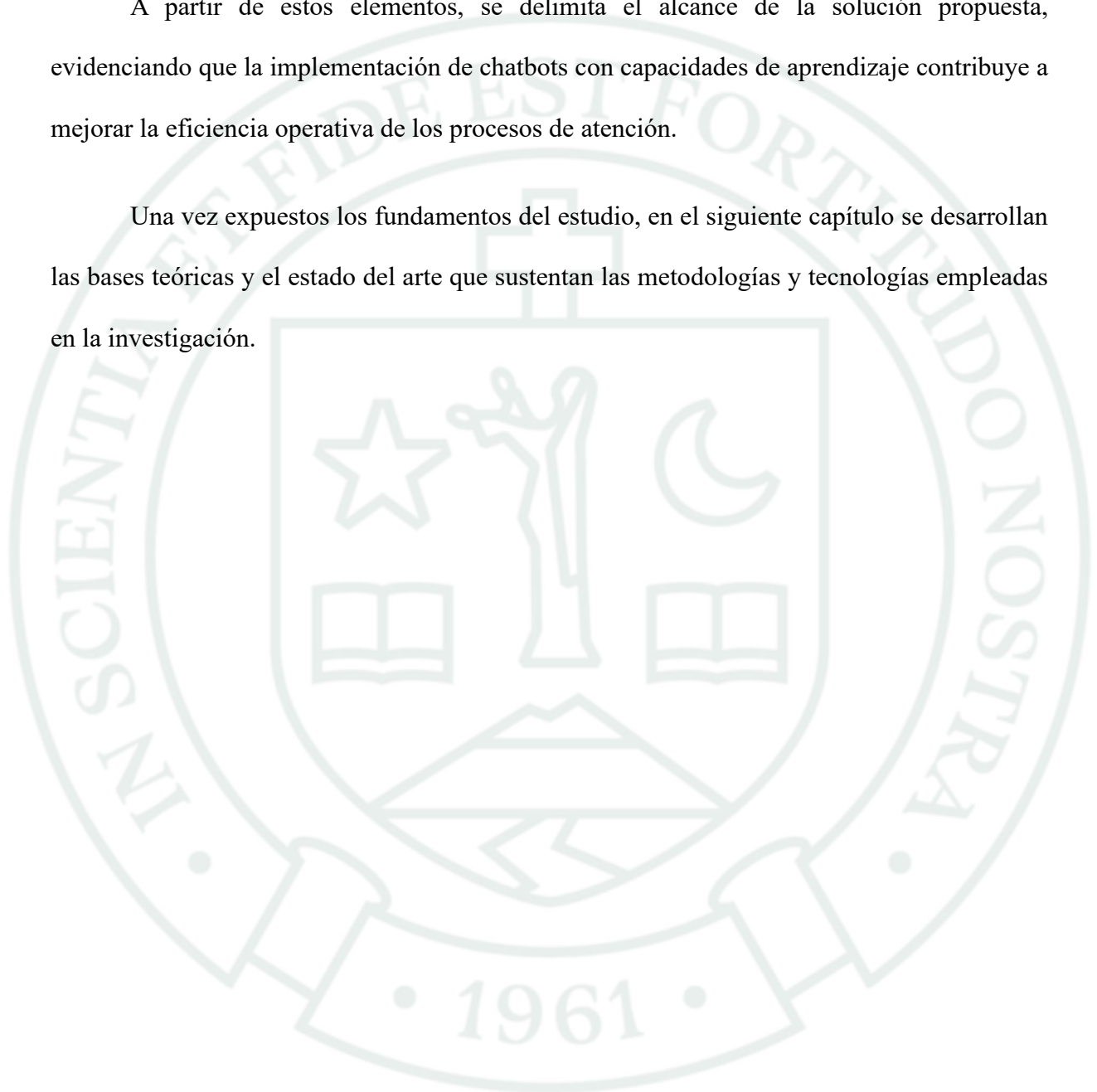
La disponibilidad permanente de “TramiBOT” permite mejorar las operaciones dentro de la UGEL al disminuir los tiempos de espera y facilitar el acceso a la información fuera del horario de atención presencial, contribuyendo con respuestas más oportunas y garantizando la continuidad del servicio de atención al usuario.

El proyecto considera el análisis de las interacciones registradas para identificar patrones de uso. Esta información contribuye tanto a la retroalimentación de la base de conocimientos como a la mejora de las respuestas brindadas por el sistema.

La propuesta representa un aporte al proceso de modernización institucional de la UGEL, al incorporar una herramienta para mejorar la atención al usuario. Su aplicación busca optimizar la experiencia de la comunidad educativa mediante el uso de tecnología.

A partir de estos elementos, se delimita el alcance de la solución propuesta, evidenciando que la implementación de chatbots con capacidades de aprendizaje contribuye a mejorar la eficiencia operativa de los procesos de atención.

Una vez expuestos los fundamentos del estudio, en el siguiente capítulo se desarrollan las bases teóricas y el estado del arte que sustentan las metodologías y tecnologías empleadas en la investigación.



## **CAPÍTULO II**

### **2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

Este capítulo presenta los fundamentos teóricos que respaldan la investigación titulada “Optimización del proceso de gestión de trámites en una UGEL utilizando un chatbot basado en machine learning”. En este apartado se desarrollan conceptos vinculados al uso de la inteligencia artificial y los chatbots como apoyo a los procesos de atención en las instituciones públicas.

Asimismo, se consideran antecedentes nacionales e internacionales relacionados con la aplicación de chatbots en distintos contextos organizacionales, junto con los principales conceptos asociados a la gestión administrativa, el procesamiento del lenguaje natural y la experiencia del usuario. Finalmente, se consideran aspectos éticos y de privacidad, con el fin de promover un uso responsable de la tecnología en beneficio de la comunidad educativa.

#### **2.1. Estado del Arte**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

A nivel mundial, la modernización de los servicios públicos mediante la tecnología se ha vuelto una prioridad para los gobiernos que buscan digitalizarse (Criado, 2024). En este escenario, los asistentes virtuales pasaron de ser soluciones básicas de automatización a herramientas estratégicas que contribuyen a mejorar la atención al usuario y optimizar los procesos administrativos.

Países con alto nivel de desarrollo tecnológico, como Singapur, Corea del Sur, Australia e India, han integrado exitosamente chatbots en sus servicios públicos (Filgueiras, 2023). Estas implementaciones no solo han incrementado la eficiencia operativa, sino que operan como

referentes críticos que validan la viabilidad y el impacto de la IA en la gestión pública actual (Moya, 2022).

En esta línea Arias et al. (2024) realizaron una revisión bibliográfica en la base de datos Scopus, específicamente sobre el uso de chatbots en educación, analizando 507 documentos hasta el 2023. Sus hallazgos mostraron una tasa de crecimiento anual del 21.23%, lo que demuestra que existe un creciente interés académico en esta tecnología. Los autores identificaron que los temas más recurrentes son el procesamiento de lenguaje natural, aprendizaje automático y los modelos de lenguaje de gran escala. También señalaron como líneas de investigación emergentes el aprendizaje colaborativo, agentes conversacionales y el procesamiento de lenguaje natural, todas estas áreas coinciden con los fundamentos de la presente tesis.

Por otra parte, Filgueiras (2023) analizó los diversos desafíos de gobernanza de la inteligencia artificial en América Latina, identificando que los gobiernos crean perspectivas para el desarrollo tecnológico. El autor también identifica que los países latinos enfrentan el riesgo de dependencia tecnológica, con problemas como acceso de datos, infraestructura para desarrollo de la IA. El estudio analiza las estrategias nacionales de IA de países como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Uruguay, encontrando que todas ellas se enfocan en el desarrollo técnico y ético de la IA, pero son ambiguas en cuanto a los mecanismos regulatorios que permitan un control soberano de la tecnología.

Así mismo, Criado (2024) realizó un estudio comparativo sobre la inteligencia artificial en el sector público en Latinoamérica y se basó en el análisis de la Carta Iberoamericana de Inteligencia Artificial en la Administración Pública (CIIAAP) y un cuestionario aplicado a los responsables de modernización administrativa de 15 países de la región. Ese estudio revela que existe una alta apertura a incorporar el uso de la inteligencia artificial (media 6.27 sobre 7), ya

que se asocia con conceptos como algoritmos y big data, mientras que aspectos como gobernanza y políticas públicas son menos consideradas. Los principales obstáculos identificados para la implementación de inteligencia artificial son la normativa (73.3%), la brecha digital (66.7%) y el presupuesto (60%); por el contrario, los principales facilitadores son la infraestructura tecnológica (73.3%) y la disponibilidad tecnológica (60%). Respecto a los beneficios esperados, resaltan la digitalización, productividad y la eficiencia.

En el ámbito de aplicaciones prácticas, Garibay (2020) realizó un estudio sobre el diseño e implementación de un asistente virtual para ofrecer atención a los clientes del Club Premier, el programa de recompensas de Aeroméxico. El proyecto se desarrolló con tecnología Aivo y se implementó en canales conversacionales de WhatsApp, Chat Web y Facebook Messenger, siguiendo un plan de seis etapas. Los resultados evidenciaron que el canal más utilizado fue WhatsApp. El feedback alcanzó un promedio de 4.67 estrellas, un índice de satisfacción del cliente del 93.3% y una efectividad del 50%. En consecuencia, el chatbot ayudó a reducir tiempos de atención de los agentes humanos de 30 a 15 minutos y automatizar el proceso de registros de nuevos socios.

Desde una perspectiva más amplia, Casazola et al. (2021) realizaron una revisión acerca de la usabilidad percibida de los chatbots específicamente en la atención al cliente, analizaron 38 artículos publicados entre los años 2015 y 2020 en la base de datos EBSCO y Google Académico. El análisis concluye que el uso de chatbots en organizaciones trae consigo mejorar para la atención al cliente, evidenciado en indicadores como la satisfacción, usabilidad, fiabilidad, efectividad y confiabilidad. También identificaron que a partir del año 2016 se produjo un punto de inflexión en el desarrollo de chatbots, impulsados por avances de inteligencia artificial, disponibilidad de big data, mayor conectividad de dispositivos y avances en el procesamiento natural.

En la misma perspectiva, Ramíres et al. (2023) realizaron una revisión de la literatura sobre chatbots basado en inteligencia artificial en la administración pública, utilizando la metodología PRISMA y analizando 30 artículos publicados entre 2015 y 2022. Lograron identificar que los chatbots implementados en el sector público tienen áreas de oportunidad o mejora, ya que la gran parte se basa en interacciones por menús, limitando la conversación natural con los ciudadanos. Los autores clasifican a los asistentes virtuales según el grado de interacción, pudiendo ser dirigidos o conversacionales, también por el grado expresivo, pudiendo ser texto, multimedia y voz, finalmente el grado de afectividad, como no emocionales o emocionales.

Finalmente, en el contexto latinoamericano, Brandan et al. (2023) desarrollaron un sistema inteligente conversacional para la Oficina de Empleo en Caleta Olivia, Argentina con el propósito de automatizar la asistencia pública. Los resultados mostraron una mejora significativa en la identificación de intenciones, que mejoró de 52% al 84% de aciertos, acercándose al nivel de entendimiento de Boti (95%), el chatbot del gobierno de Buenos Aires. El estudio implementó mejoras como markers para controlar la conversación, grafos acíclicos para optimizar la ejecución, reconocimiento de entidades, mensajes de bienvenida y fallback para mensajes no comprendidos.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Esta brecha tecnológica se manifiesta con claridad en el panorama latinoamericano, donde la integración de interfaces conversacionales progresa de manera asincrónica, con desafíos particulares en el escenario peruano. Si bien el despliegue de chatbots en el sector público nacional registra hitos en carteras ministeriales y municipalidades metropolitanas de Lima, estos avances responden a una concentración de presupuesto y recursos técnicos que no refleja la realidad del resto del país. No obstante, este enfoque resulta poco viable para

municipalidades provinciales y distritales, así como para otras instituciones públicas con recursos más restringidos. La limitación no es solo financiera, sino estructural: la carencia de infraestructura digital robusta y de capital humano especializado impide el desarrollo de sistemas inteligentes que puedan sostenerse en el tiempo (Huamán y Medina, 2022).

Esta problemática se agudiza con nitidez en el sector educativo, donde las instancias descentralizadas, específicamente las Unidades de Gestión Educativa Local (UGEL), replican estas deficiencias en sus canales de orientación y atención ciudadana. En esa misma línea, Meléndez (2022) encontró que la calidad de servicio en la Unidad de Gestión Educativa Local 07 de San Borja se ubicó en un nivel medio (46%), e influye de manera significativa en la atención que recibe el usuario, evidenciando que las deficiencias en dimensiones como fiabilidad, capacidad de respuesta y empatía del servicio administrativo repercuten concretamente en la experiencia del usuario dentro de las UGEL.

Por su parte, Huancapaza (2025) realizó un análisis del ecosistema de inteligencia artificial en el Estado Peruano, encontrando 22 aplicaciones implementadas en 17 entidades públicas. El estudio se basó en el Catálogo de Aplicaciones con Inteligencia Artificial en el Estado Peruano, revela que Perú es el único país de América Latina con leyes específicas de IA promulgadas (Ley 31814 y Ley 32082), pero las aplicaciones carecen de documentación técnica sobre la transparencia de sus algoritmos, auditoría de sesgos y evaluación de impacto. El autor identificó también que el 34% de las aplicaciones se enfocan en automatizaciones internas y el 23% impacta en servicios directos al ciudadano. Entre esas aplicaciones resaltan Curia (Poder Judicial), EleccIA (Jurado Nacional de Elecciones) y Gobi (Presidencia del Consejo de ministros).

En el ámbito de las implementaciones en el sector privado, Estrada (2018) implementó un chatbot basado en inteligencia artificial para la gestión de requerimientos e incidentes en el

área de mesa de ayuda en una empresa de seguros peruana. El estudio utilizó IBM Watson Conversation como plataforma de desarrollo y buscó optimizar los tiempos de atención y mejorar la calidad del servicio. La investigación empleó un diseño no experimental – transversal, con una muestra de 36 usuarios a quienes se aplicaron encuestas de satisfacción antes y después de la implementación. Los resultados mostraron una mejora significativa en la percepción del servicio. Después de la implementación, el 62% de los usuarios indicaron que el personal resuelve su solicitud en la primera llamada frente al 21% antes de la implementación y el 41% se declaró muy satisfecho frente al 22% anterior. Además, el 94% recomendó usar el chatbot.

De manera similar, Angulo y Fernandez (2023) desarrollaron e implementaron un chatbot para mejorar el proceso de atención al cliente en la empresa privada Neirsa AG S.A.C., ubicada en Trujillo. El estudio utilizó un enfoque cuantitativo y diseño preexperimental con pretest y posttest y trabajó con una muestra de 169 clientes. El chatbot fue desarrollado utilizando Dialogflow, integrado a WhatsApp y la página web de la empresa, siguiendo una metodología ágil SCRUM. Los resultados mostraron mejoras significativas en el proceso de atención al cliente, pasando de 2.1025 puntos (42.05%) en el pretest a 3.8275 puntos (76.55%) en el posttest. También se evidenció una reducción del tiempo de consulta de 184.24 segundos promedio a 72.53 segundos promedio, representando una reducción del 60.63%.

En el sector público, Moya (2022) desarrolló e implementó el chatbot “Kloe” para optimizar el servicio de atención tributaria en la Municipalidad Provincial de Jauja, utilizando inteligencia artificial, machine learning y procesamiento de lenguaje natural. El estudio tuvo un diseño preexperimental con pretest y posttest y una muestra de 207 contribuyentes, utilizó SCRUM como metodología ágil y tecnologías como Python, servidores en AWS y conexión a WhatsApp mediante la plataforma Ultrams. El chatbot implementó un clasificador de

intenciones basado en regresión logística, con diversas etapas como tokenización, procesamiento de texto, clasificación de entidades, clasificación de intenciones y generación de respuestas. Los resultados evidenciaron una reducción de tiempos de atención de 18.52 minutos a 11.55 minutos, teniendo una mejora del 37.6%. La disponibilidad del servicio mejoró de 49.41% a 97.60% con un incremento de 48.19 puntos porcentuales y respecto a la satisfacción de los usuarios, el 50% calificó el chatbot como muy satisfactorio y el 42.5% calificó la rapidez de respuesta como excelente y finalmente el 52.5% indicó que el chatbot beneficia al servicio de atención.

En el contexto educativo, Panduro et al. (2023) desarrollaron e implementaron un sistema para la gestión de trámites documentarios en una entidad educativa local peruano, con el propósito de mejorar los servicios, la trazabilidad de documentos y la satisfacción de los usuarios. El estudio de enfoque cuantitativo utilizó la metodología ágil SCRUM. La evaluación se realizó con una muestra de 50 usuarios como administradores, docentes y estudiantes. Los resultados mostraron una mejora significativa en los tiempos de atención, con una reducción del tiempo promedio de gestión de documentos de 7.50 minutos a 4.03 minutos, así como la trazabilidad que pasó de 7.22 minutos a 3.96 minutos. Así mismo, la satisfacción de los usuarios mejoró con una disminución de tiempo asociado a la percepción de satisfacción de 7.71 minutos a 4.08 minutos.

Finalmente, Huamán y Medina (2022) realizaron un análisis bibliográfico de la literatura técnica y científica sobre la transformación digital en la administración pública peruana, analizando fuentes de Scopus, Scielo, Proquest y Redalyc. El estudio identifica que la transformación digital en Perú se aceleró el año 2020 debido a la pandemia, con la creación del sistema peruano de transformación digital y la promulgación de normas como el Decreto Legislativo 1412 (Gobierno Digital), el Decreto de Urgencia 006-2020 (Transformación

Digital) y el Decreto de Urgencia 007 – 2020 (Confianza Digital). El estudio advierte que existen grandes brechas digitales significativas como que solamente el 28.7% de peruanos puede enviar correos con documentos adjuntos, solo el 21.11% puede transferir archivos entre dispositivos y solo el 15.47% puede instalar nuevos dispositivos. Por ello, los autores concluyen que la ciudadanía digital en el Perú está en proceso de construcción y que el principal desafío es la reducción de brechas en puntos como infraestructuras de comunicaciones y habilidades digitales.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

En el ámbito local, concretamente en la provincia de Azángaro, departamento de Puno, no se han identificado investigaciones previas que aborden la implementación de chatbots basados en machine learning para la optimización de trámites administrativos en la Unidad de Gestión Educativa Local. Esta ausencia de estudios evidencia una brecha de conocimiento que la presente investigación pretende cubrir, ofreciendo una solución tecnológica adaptada a las necesidades concretas de esta institución, que enfrenta desafíos similares diagnosticados por Meléndez (2022) en la UGEL 07 de San Borja – Lima, pero en un contexto con recursos más limitados y una población con características particulares.

### **2.1.4. Síntesis y análisis de brechas**

Con base en toda la literatura revisada, se puede concluir que existen estudios que evidencian el beneficio de los chatbots en los sectores públicos y privados, aún son escasas las investigaciones que aplican modelos de machine learning híbridos en el contexto de las Unidades de Gestión Educativa Local en el Perú. Melendez (2022) diagnosticó la problemática de la calidad de servicio en una UGEL, pero no implementó una solución tecnológica, se limitó a un análisis descriptivo y correlacional.

Así mismo, Moya (2022) implementó un chatbot en una municipalidad peruana utilizando regresión logística, logrando mejoras significativas en tiempo y disponibilidad, pero sin emplear un modelo híbrido. Por otra parte, Huancapaza (2025) indica que Perú es el único país de América Latina con leyes específicas de Inteligencia Artificial y que las aplicaciones existentes carecen de documentación técnica sobre transparencia algorítmica, del mismo modo, Criado (2024) confirma que el sector público de Latinoamérica se encuentra en una etapa emergente de adopción de IA, con diversos desafíos anteriormente mencionados.

La presente investigación llena la brecha identificada al implementar y evaluar un chatbot basado en un modelo híbrido de machine learning (Random Forest, Regresión Logística y K-Vecinos más Cercanos) con procesamiento de lenguaje natural (NLP), embeddings semánticos (MPNet) y reducción de dimensionalidad (PCA) en una UGEL peruana, generando evidencia empírica sobre su impacto en la optimización de trámites administrativos y ofreciendo un modelo replicable para instituciones públicas similares en el contexto de la modernización del Estado Peruano.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Eficiencia en el proceso de gestión de trámites**

La prestación de servicios de calidad en las entidades públicas depende de una gestión administrativa eficiente. En el caso de la UGEL, persisten problemas en la gestión de expedientes asociados a la dependencia de procesos manuales y a esquemas burocráticos poco estandarizados, lo que genera retrasos en la atención, inconsistencias documentales y una mayor carga laboral para el personal administrativo. Consecuentemente, este escenario reduce la confianza del usuario y degrada la percepción del servicio público (Secretaría de Gestión Pública, 2021).

Los métodos convencionales dependen de la verificación física que obstaculiza la trazabilidad y el seguimiento en tiempo real de los procesos. Ante esta problemática, la automatización surge como una estrategia para impulsar la gestión administrativa.

### **2.2.2. Chatbots**

Los chatbots son aplicaciones informáticas diseñadas para interactuar con las personas mediante lenguaje natural, pudiendo ser por texto o voz. Su finalidad es facilitar la atención y agilizar servicios y trámites administrativos. Para ello, se apoyan sobre modelos algorítmicos para interpretar el mensaje, obtener la intención y dar respuestas a cada consulta (IBM, 2023).

Últimamente, los asistentes virtuales han mejorado la atención en instituciones públicas y privadas, al brindar respuestas rápidas y disponibles a cualquier hora. Su integración en páginas web o aplicaciones de mensajería ayuda a mejorar la comunicación, haciendo que los usuarios se sientan más conformes con la atención que reciben.

En la práctica, el sistema gestiona tareas operativas, como la entrega y seguimiento de expedientes, mientras ofrece respuestas a las consultas frecuentes. Para la UGEL no es solo una mejora tecnológica, sino una forma de acercarse a quienes viven en zonas rurales o alejadas, logrando que la distancia ya no sea una barrera para recibir atención.

### **2.2.3. Inteligencia Artificial y Machine Learning**

La inteligencia artificial es el esfuerzo de diseñar sistemas capaces de realizar tareas que históricamente han sido consideradas exclusivamente humanas. Más allá de procesar datos, el objetivo es que las máquinas logren razonar, comprender su contexto y aprender de sus propios errores para tomar decisiones con autonomía. Principalmente, se trata de que la tecnología analice información extensa, identifique patrones que de otro modo resultarían invisibles y actúe de forma inteligente basándose en esa evidencia (Russell & Norvig, 2023).

El machine learning es fundamental porque libera a los sistemas de depender de una programación rígida para cada escenario, permitiéndoles aprender directamente de la experiencia. El modelo utiliza datos históricos para reconocer patrones y mejorar su precisión conforme recibe nuevos datos, permitiendo adaptarse a cambios del entorno de forma inteligente (Alpaydin, 2020).

#### **2.2.4. Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP)**

El procesamiento de lenguaje natural es una técnica que ayuda a las computadoras a entender, interpretar y responder al lenguaje humano. El objetivo es eliminar las barreras de comunicación, permitiendo que se entiendan usando el lenguaje mediante voz o audio. Ante el enorme flujo de consultas que manejan las instituciones, el NLP se ha vuelto una herramienta indispensable que interpreta la intención real del usuario, identifica el núcleo de su consulta y es capaz de detectar matices en el tono del texto (Beltrán y Rodríguez, 2021).

El funcionamiento del NLP empieza con tareas de limpieza, estructuración, modelamiento del texto ingresado por los usuarios. La primera etapa es la tokenización que consiste en fragmentar el mensaje en unidades mínimas llamadas tokens, seguido a ello se realiza la lematización, que consiste en transformar las palabras a su forma base, luego la eliminación de stopwords, que son palabras cuyo valor semántico no contribuye significativamente al análisis de la intención y finalmente la vectorización para representar numéricamente toda esa información.

#### **2.2.5. Algoritmos aplicados de Aprendizaje Supervisado**

El correcto funcionamiento de un chatbot basado en aprendizaje supervisado depende de la capacidad del modelo para identificar patrones en los datos de entrenamiento, clasificar intenciones y generar respuestas consistentes ante nuevas consultas.

En este proceso, el algoritmo Random Forest es una de las herramientas más confiables. Lo que hace es combinar el trabajo de muchos "árboles de decisión" para clasificar los datos y brindar predicciones con un margen de error muy bajo (Breiman, 2001).

Por otra parte, se encuentra el algoritmo K-Vecinos más Cercanos, que trabaja comparando: cuando recibe un dato nuevo, busca los ejemplos más parecidos o "cercanos" en la memoria de entrenamiento para decidir a qué categoría pertenece. A diferencia de los modelos anteriores, K-Vecinos más Cercanos no establece reglas durante el entrenamiento; en su lugar, determina la clasificación en el momento de la inferencia, comparando el dato nuevo con los ejemplos previamente almacenados (Kavlakoglu, 2021).

Complementariamente, la Regresión Logística funciona como una herramienta para clasificar datos en dos opciones (sí o no). Lo que hace este algoritmo es calcular qué tan probable es que algo pertenezca a una categoría específica. Para que sea fácil de entender, el sistema ajusta los resultados en un rango de 0 a 1, así, el valor final indica qué tan segura es la decisión antes de tomarla (Hilbe, 2015).

#### **2.2.6. Experiencia del usuario (UX)**

La experiencia del usuario (UX) es todo lo que una persona siente y piensa cuando usa una herramienta digital. No se trata solo de que el sistema funcione, sino de qué tan fácil es de usar y si realmente ayuda a resolver sus problemas. Especialmente, una buena experiencia ocurre cuando el usuario encuentra información clara y siente que la plataforma responde rápido a lo que busca (Borsci et al., 2022).

Por eso, mejorar este aspecto es clave para que el usuario se sienta cómodo y confíe en los trámites por internet. En el caso de las instituciones públicas, implementar un asistente

virtual hace que la comunicación sea mucho más ágil, así la entidad reduce la complejidad de los trámites y empieza a responder de forma directa a las necesidades de los ciudadanos.

Bajo esta premisa, la accesibilidad se convierte en el eje central del diseño, garantizando que la interacción sea intuitiva para un espectro poblacional heterogéneo. El sistema debe responder a las necesidades de una audiencia diversa, que incluye desde personal directivo y docente hasta padres de familia y alumnos, asegurando que las barreras técnicas no limiten el acceso a los servicios administrativos de la UGEL. Esto hace que el chatbot sea comprensible y amigable, y facilita su integración en plataformas accesibles como WhatsApp y Telegram.

### **2.2.7. Ética y privacidad en Sistemas Inteligentes**

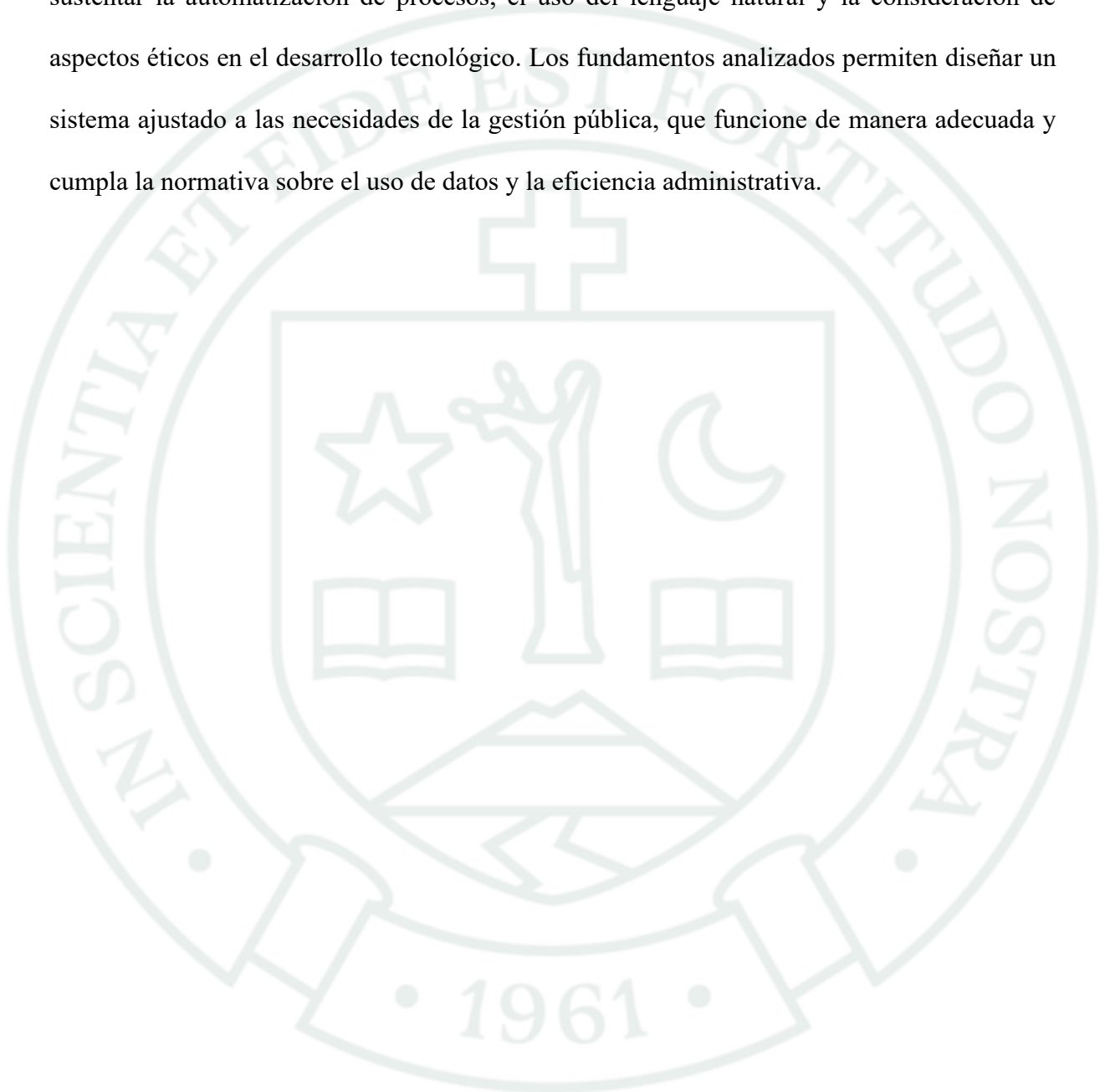
La implementación de inteligencia artificial conlleva desafíos críticos en privacidad, protección de datos y transparencia algorítmica. Dado que los chatbots procesan información sensible derivada de la interacción directa, la gestión responsable de estos activos es imperativa. Por ello, las instituciones públicas deben optar por protocolos que aseguren la integridad y confidencialidad de toda la información, especialmente en servicios orientados al ciudadano (Jorgensen et al., 2025).

El diseño e implementación de chatbots debe considerar principios de responsabilidad y transparencia. En este sentido, la integridad del sistema se relaciona con la generación de respuestas automáticas verificables y con el manejo de los datos personales conforme a la normativa vigente (Guaña & Chipuxi, 2023).

La Ley de Protección de Datos Personales indica que “tiene el objeto de garantizar el derecho fundamental a la protección de los datos personales, previsto en el artículo 2 numeral 6 de la Constitución Política del Perú” (Ley 29733, 2011, p. 2). En el contexto de la UGEL, su

cumplimiento resulta necesario, dado que el diseño del chatbot implica el tratamiento de información personal y debe cumplir los criterios de seguridad y confidencialidad.

Estas teorías sirven como base para la implementación del chatbot en la UGEL, al sustentar la automatización de procesos, el uso del lenguaje natural y la consideración de aspectos éticos en el desarrollo tecnológico. Los fundamentos analizados permiten diseñar un sistema ajustado a las necesidades de la gestión pública, que funcione de manera adecuada y cumpla la normativa sobre el uso de datos y la eficiencia administrativa.



## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se desarrolla el marco metodológico de la investigación titulada “Optimización del proceso de gestión de trámites en una UGEL utilizando un chatbot basado en machine learning”, se describen los métodos, herramientas y procedimientos técnicos aplicados para el desarrollo del estudio.

Asimismo, se define el tipo y diseño de investigación, la población, la muestra y los instrumentos empleados para la recolección de datos. Finalmente, se presentan las fases de desarrollo e implementación del sistema TramiBOT y los criterios de análisis utilizados para evaluar la optimización de la gestión administrativa.

De esta manera, la metodología establece las bases operativas que permiten analizar la viabilidad de integrar tecnologías inteligentes en la UGEL, vinculando los fundamentos teóricos con la aplicación práctica del proyecto.

#### 3.1. Alcances y Limitaciones

Se desarrolla la investigación considerando las limitaciones de la institución, para usar tecnologías y metodologías adecuadas. Por ello, se detallan los alcances que determinan el contexto, objetivos y componentes abordados en el desarrollo del chatbot “TramiBOT”, así como las limitaciones que podrían incidir en su implementación y evaluación dentro de la UGEL.

##### 3.1.1. Alcances

El alcance define los límites y la profundidad del estudio, estableciendo las fronteras geográficas, temporales, temáticas y poblacionales que delimitan su ejecución. En el marco del proyecto “Optimización del proceso de gestión de trámites en una UGEL utilizando un chatbot

basado en machine learning”, estos parámetros delimitan el desarrollo y la validación del sistema TramiBOT.

#### **3.1.1.1.   Ámbito Geográfico**

La investigación se realiza en la Unidad de Gestión Educativa Local de Azángaro (UGEL) de la provincia de Azángaro, en el departamento de Puno. Esta entidad es responsable de la gestión y supervisión de las instituciones educativas de su jurisdicción y desarrolla actividades administrativas relacionadas con la atención de trámites y servicios educativos.

#### **3.1.1.2.   Ámbito Temporal**

La investigación se desarrolló durante el año 2025. En este periodo se realizaron las actividades de diseño, desarrollo, implementación y evaluación del prototipo del chatbot TramiBOT. El estudio abarca desde el diagnóstico inicial hasta la validación del sistema en un entorno de pruebas.

#### **3.1.1.3.   Ámbito Tecnológico**

El proyecto considera la implementación del chatbot TramiBOT, basado en técnicas de machine learning y procesamiento de lenguaje natural. El sistema funciona como un canal de atención automatizado para la gestión de consultas, trámites y acceso a información documentaria de la UGEL.

#### **3.1.1.4.   Población o usuarios involucrados**

El sistema está orientado a la atención de consultas realizadas por docentes, estudiantes, padres de familia, apoderados, personal administrativo y público en general que interactúa con la UGEL en la gestión de trámites educativos. El chatbot es supervisado por el área de Trámite Documentario o Mesa de Partes.

### **3.1.1.5. Impacto esperado**

La investigación considera la mejora en la atención al administrado mediante el uso de canales digitales, con el fin de reducir la carga en los puntos de atención presencial. Con el despliegue de “TramiBOT”, se busca institucionalizar la innovación en los flujos administrativos de la UGEL, maximizando la capacidad operativa y elevando los índices de satisfacción a través de una gestión de recursos más inteligente y escalable.

### **3.1.2. Limitaciones**

Aunque se fijó el alcance para hacer la investigación, existen factores que limitan el proyecto. Estos límites se encuentran en lo técnico, en las reglas de la organización y en cómo se hizo el plan. Estas limitaciones no hacen inválido el estudio, pero sí definen el contexto operativo dentro del cual se implementó y evaluó el programa "TramiBOT".

#### **3.1.2.1. Limitaciones Técnicas**

La implementación del chatbot depende de la infraestructura que actualmente posee la UGEL, específicamente los servidores, conexión a internet y disponibilidad para el procesamiento de información. Por otra parte, el modelo de machine learning fue entrenado con un conjunto limitado de datos, lo que limita de cierto modo la precisión de las respuestas. La mejora del sistema requerirá la incorporación progresiva de nuevos datos y ajustes en los modelos de aprendizaje.

#### **3.1.2.2. Limitaciones Metodológicas**

La validación del chatbot se enfocó en un número reducido de usuarios seleccionados dentro del ámbito de atención de la UGEL, lo que limita la generalización de los resultados a otras unidades ejecutoras o instituciones similares. Las pruebas de usabilidad y satisfacción se realizaron en un entorno controlado, con un grupo de usuarios seleccionado durante un periodo

determinado. Futuras investigaciones podrían incorporar diseños cuasiexperimentales o experimentales con muestras más amplias para fortalecer la validez externa de los resultados.

### **3.1.2.3. Limitaciones Institucionales**

El proyecto se desarrolló en función de los recursos humanos y presupuestales existentes en la UGEL. La falta de personal especializado en inteligencia artificial o programación restringió la posibilidad de realizar pruebas más amplias o integraciones con otros sistemas administrativos. Los plazos establecidos por la institución influyeron en la duración de las fases de validación y retroalimentación del prototipo.

## **3.2. Aporte**

El estudio plantea la implementación de un chatbot sustentado en técnicas de machine learning como una alternativa para mitigar los cuellos de botella presentes en las instituciones públicas, particularmente en la UGEL, permitiendo una atención continua y una mayor disponibilidad del servicio informativo. Al implementar esta herramienta, no solo se busca que el usuario tenga atención inmediata, sino también dar un paso a la modernización de los procesos administrativos.

La investigación aplica un diseño preexperimental que mide el antes y después de su implementación para comprobar la eficacia del chatbot como recurso para la modernización de procesos administrativos.

## **3.3. Tipo y nivel de la Investigación**

La investigación es de tipo aplicada, pues busca resolver un problema real en la UGEL mediante la implementación de un chatbot basado en machine learning. La investigación se orienta al desarrollo y puesta en funcionamiento de una solución tecnológica que permita mejorar los flujos administrativos y la atención al administrado.

El estudio se ubica en un nivel explicativo, en la medida en que analiza el efecto de la implementación del asistente virtual sobre la eficiencia en la gestión de trámites. El análisis evalúa su incidencia en los tiempos de respuesta, el acceso a la información y la percepción de satisfacción de los usuarios, aportando evidencia empírica sobre el desempeño del sistema institucional (Hernández, 2018).

### **3.4. Población, Muestra y Universo**

El universo del estudio estuvo conformado por los usuarios que realizan trámites administrativos en la UGEL, entre ellos estudiantes, padres de familia, docentes y personal administrativo. Este grupo representa a quienes hacen uso directo de los servicios que brinda la institución y permitió analizar la situación real de la atención al usuario.

La delimitación de este universo respondió a la necesidad de trabajar con los actores que enfrentan de manera cotidiana los procesos administrativos. La diversidad de usuarios evidenció que los trámites no siempre se desarrollan de forma uniforme y que existen diferencias en el acceso a la información, especialmente en horarios de alta demanda.

La población estuvo constituida por todos los usuarios que realizan trámites administrativos en la UGEL durante el periodo de estudio, representando el conjunto total sobre el cual se pretende generalizar los resultados de la investigación.

La muestra estuvo conformada por 50 usuarios, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a las limitaciones de tiempo para la ejecución de la prueba piloto y a las coordinaciones realizadas con la UGEL durante el periodo de evaluación. La selección de esta muestra permitió obtener un diagnóstico del impacto generado por la solución tecnológica sobre los procesos administrativos reales de la institución.

### **3.5. Métodos, Técnicas e Instrumentos empleados**

El estudio se apoya en el método descriptivo para conocer la situación inicial de la gestión de trámites en la UGEL. Se analizaron aspectos como la accesibilidad al servicio, los tiempos de atención y la percepción que tienen los usuarios sobre el proceso administrativo.

Se empleó el método inferencial para comparar los resultados obtenidos antes y después de la implementación del chatbot mediante pruebas estadísticas que permitieron determinar si los cambios observados fueron relevantes. De este modo, fue posible analizar cómo la automatización incidió en la mejora de los procesos institucionales.

En relación con los conceptos de Tirso & Ma (2013) respecto a los instrumentos, se emplea un cuestionario en escala de Likert para cuantificar las diversas dimensiones de la investigación. También se utiliza un registro temporal para contrastar los tiempos de respuesta con los logs del sistema. Estos datos brindan información sobre la precisión del motor de NLP, la disponibilidad del servicio y los patrones de interacción, insumos fundamentales para el análisis posterior.

#### **3.5.1. Técnicas de recolección de datos**

La recolección de información se realizó mediante la aplicación de encuestas, empleadas como instrumento principal para obtener datos comparables en las fases de pretest y postest. Este procedimiento permitió medir las dimensiones definidas en el estudio y analizar las variaciones registradas tras la implementación del chatbot basado en machine learning.

De manera complementaria, se recurrió a la observación estructurada para registrar el desempeño del sistema durante su funcionamiento. Mediante esta técnica se recogieron datos vinculados al tiempo de respuesta del chatbot, la cantidad de trámites que fueron atendidos de

forma automatizada y la continuidad con la que se desarrollaron los procedimientos administrativos.

La aplicación conjunta de esta técnica con los instrumentos de medición permitió disponer de información para contrastar los resultados obtenidos y evaluar el impacto operativo del sistema en la UGEL a partir de su uso en situaciones reales de atención.

### **3.5.2. Instrumentos de recolección de datos**

La recolección de datos se llevó a cabo mediante un cuestionario estructurado con escala de Likert de cinco niveles (1 = Totalmente en desacuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo), compuesto por 13 ítems que evalúan las nueve dimensiones de la variable dependiente: accesibilidad, interacción, tiempo de respuesta, fiabilidad, usabilidad, soporte, eficiencia, satisfacción y pertinencia (ver Anexo D). Este instrumento fue aplicado a los usuarios antes y después de la implementación del chatbot. Este instrumento se utilizó para recoger la opinión de los participantes respecto al proceso de atención, la eficiencia del trámite, la claridad de la información brindada y el nivel de satisfacción percibido.

La aplicación del cuestionario en dos momentos distintos permitió comparar los resultados obtenidos y observar las variaciones que se produjeron tras el uso del sistema. A partir de esta comparación fue posible identificar cambios en la experiencia de los usuarios y analizar la influencia del chatbot en el proceso de gestión de trámites de la UGEL.

#### **3.5.2.1. Validez del instrumento**

La validez de contenido del instrumento se estableció mediante juicio de expertos con experiencia en ingeniería de sistemas y gestión administrativa, aplicando el coeficiente V de Aiken para medir el nivel de concordancia respecto a la relevancia y pertinencia de los ítems. El instrumento fue evaluado por tres especialistas con experiencia en ingeniería de sistemas y

gestión administrativa; estos expertos evaluaron los ítems bajo criterios de claridad, coherencia, pertinencia y objetividad (ver Anexo G).

El análisis arrojó un valor de V de Aiken de 0.92, lo que indica un nivel de validez muy alto, ya que superó el umbral aceptable de 0.80 recomendado para investigaciones. Por ello, se confirma que los ítems son adecuados para medir las variables. De esta manera, se garantiza la rigurosidad en la evaluación del chatbot y su impacto en la optimización de los trámites dentro de la UGEL (Merino, 2023).

Las fichas de los jueces, certificados y matrices de cálculos se presentan en los anexos, permitiendo la verificación de los criterios de evaluación aplicados en este estudio.

#### **3.5.2.2. Confiabilidad del instrumento**

La consistencia del cuestionario se validó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach; se utilizaron las métricas obtenidas durante la fase de postest. Esto permitió corroborar la uniformidad de los ítems en condiciones reales de interacción con el chatbot, asegurando que las dimensiones evaluadas mantuvieran una estructura coherente.

El análisis estadístico dio un valor de  $\alpha = 0.81$ , cifra que se sitúa en el rango de confiabilidad alta conforme a los criterios de Hair et al. (2019). Este resultado sugiere que el instrumento tiene la robustez necesaria para la recolección de datos, garantizando la fiabilidad de la evidencia utilizada en la comparación de hipótesis. La matriz de datos y cálculos se pueden apreciar en la sección de anexos.

#### **3.5.3. Herramientas para el procesamiento de datos**

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos en la investigación se utilizaron dos herramientas principales. El software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) que permitió organizar y analizar los datos provenientes de las encuestas mediante estadísticos

descriptivos e inferenciales. Esta herramienta facilitó la elaboración de tablas, gráficos y pruebas de significancia necesarias para comparar los resultados antes y después de la implementación del chatbot.

También se utilizó Python y algunas librerías para el análisis de datos como Pandas, NumPy y Matplotlib. Python permitió procesar información operativa generada por el chatbot, como registros de interacción, precisión de respuestas y volumen de consultas atendidas.

El software permitió visualizar y analizar los indicadores generados por los modelos de machine learning utilizados en el estudio, entre ellos Random Forest, Regresión Logística y K-Vecinos más Cercanos (KNN). Estos modelos fueron implementados en Python y el programa SPSS se empleó para el análisis estadístico de los resultados obtenidos a partir de las encuestas.

### **3.6. Metodología**

El estudio se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, orientado a la medición objetiva del impacto del chatbot en la gestión de trámites administrativos. La investigación es de tipo aplicada, ya que busca dar solución a un problema operativo específico mediante la implementación de una herramienta tecnológica. Asimismo, presenta un nivel explicativo, al analizar la relación causal entre el uso del asistente virtual basado en machine learning y la mejora de los indicadores administrativos.

Se adoptó un diseño preexperimental de tipo pretest–posttest con un solo grupo, lo que permitió comparar la situación inicial con los resultados obtenidos después de la intervención. Esto facilitó el análisis de los cambios en los tiempos de respuesta y en la eficiencia del servicio.

La recolección de información se realizó mediante encuestas y observación estructurada. Las encuestas permitieron cuantificar dimensiones como satisfacción del usuario,

accesibilidad y claridad de la información, mientras que la observación registró tiempos reales de atención, volumen de consultas automatizadas e indicadores operativos del proceso.

El procesamiento de los datos se efectuó utilizando el software SPSS para el análisis estadístico descriptivo e inferencial, con el fin de contrastar los resultados del pretest y postest. De manera complementaria, se empleó Python para el análisis de las métricas generadas por los modelos de machine learning y los registros de interacción del chatbot.

A partir de estos datos, se evaluaron indicadores como el tiempo de respuesta, la disponibilidad del servicio, la reducción de la carga operativa y el nivel de satisfacción del administrado.

## CAPÍTULO IV

### 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El chatbot “TramiBOT” fue desarrollado con una arquitectura que integra machine learning y procesamiento de lenguaje natural. Esto se utilizó para reconocer la intención de las consultas realizadas por los usuarios y generar respuestas acordes al tipo de solicitud presentada. El uso de este enfoque permitió facilitar la interacción con los administrados y reducir la atención manual de consultas repetitivas dentro de la UGEL (Bergmann, 2023).

El desarrollo del proyecto se realizó bajo el marco de trabajo Scrum, el cual permitió organizar las actividades en iteraciones cortas y realizar ajustes conforme se identificaban nuevas necesidades durante la implementación. Esto facilitó la adaptación del sistema a los objetivos planteados en la investigación, como la mejora del servicio de atención al usuario, la reducción de los tiempos de respuesta y la disponibilidad del sistema durante su uso (Reto & Ponce, 2022).

#### 4.1. Metodología de desarrollo ágil basado en prácticas Scrum

Para el desarrollo del proyecto se adoptó un enfoque ágil basado en Scrum para un desarrollador independiente. Cabe precisar que en el presente proyecto se adoptaron sus principios y artefactos Scrum de manera adaptada a un entorno unipersonal. Las funciones de Product Owner, Scrum Master y desarrollador fueron asumidas por el autor, priorizando la planificación iterativa y la entrega incremental, sin replicar formalmente la estructura de un equipo tradicional y fue posible por la naturaleza académica del proyecto (Hoda et al., 2018).

Esta adaptación permitió mantener el rigor técnico del marco de trabajo mediante sesiones de autoevaluación y gestión autónoma del backlog, garantizando la calidad en cada iteración (Schwaber & Sutherland, 2020).

#### **4.1.1. Fundamentación del uso de metodologías ágiles**

La implementación de una solución que integra inteligencia artificial exige un modelo de gestión que priorice la flexibilidad sobre la planificación fija y estricta. En el desarrollo del chatbot para la UGEL, la elección de Scrum se basa en la necesidad de disminuir los riesgos al entrenar modelos de clasificación e integrar los servicios en la nube.

El éxito de las metodologías ágiles en proyectos complejos radica en la capacidad para mejorar la calidad del producto final mediante ciclos iterativos de desarrollo. Al adoptar Scrum, se aseguró que el proyecto cumpliera con los plazos y mantuviera la trazabilidad técnica para evolucionar de un prototipo a una solución puesta en producción (Russo, 2021).

#### **4.1.2. Adaptación de Scrum al contexto del proyecto**

Se adaptó el uso de Scrum a las peculiaridades de la UGEL y a la gestión de sus trámites administrativos. Como parte de este proceso, se llevó a cabo un análisis de la demanda histórica que permitió identificar las consultas que la entidad atiende frecuentemente (Masood et al., 2018).

Los resultados de este análisis se utilizaron como base para la construcción y priorización del Product Backlog. De esta manera, se logró jerarquizar las historias de usuario asociadas a los procesos con mayor volumen de solicitudes, tales como consultas recurrentes, el inicio de trámites y el seguimiento de expedientes. Como se observa en la Tabla 1, se evidencian los trámites más gestionados; esta información ayudó como base para la priorización del Product Backlog y asimismo para la planificación de los Sprints.

**Tabla 1***Trámites más gestionados dentro de la UGEL*

| ID | Trámite                                           | # Trámites |
|----|---------------------------------------------------|------------|
| 1  | Cumplimiento de actuación administrativa          | 13289      |
| 2  | Informe de asistencia del personal docente        | 12965      |
| 3  | Informe de Asistencia de Docente y Administrativo | 4386       |
| 4  | Informe Escalafonario                             | 3203       |
| 5  | Posesión de cargo del personal docente            | 2699       |
| 6  | Actualización de legajo personal                  | 2502       |
| 7  | Informe de mantenimiento de local escolar         | 2380       |
| 8  | Informe de apertura del año escolar               | 1789       |
| 9  | Solicita constancia de EIB                        | 1640       |
| 10 | Pago de vacaciones trucas                         | 1378       |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

Se realizó un análisis descriptivo y exploratorio del registro histórico de atenciones que permitió reconocer la distribución de la demanda a partir de la frecuencia de los casos. Estos resultados sirvieron como base para priorizar el Product Backlog, considerando el valor institucional y la reducción de la carga operativa.

#### **4.1.3. Instrumentos de gestión y control de desarrollo**

Se describen los instrumentos usados para convertir los requerimientos de la UGEL en componentes de software funcionales. Esto facilitó la relación entre necesidades de los usuarios y la implementación de los modelos de clasificación.

##### **4.1.3.1. Gestión del Product Backlog (Priorización de requerimientos)**

El backlog se elaboró a partir del análisis de los trámites administrativos más solicitados y de las necesidades de información recurrentes de los usuarios. A partir de ello, se definieron

y se priorizaron las funcionalidades del sistema, describiendo de manera concreta las acciones que debía ejecutar el chatbot y su aporte al proceso de atención.

Para la priorización se tomaron en cuenta la frecuencia de uso de cada trámite, su impacto en la reducción de carga operativa, la dificultad técnica de implementación y las dependencias funcionales existentes. La definición y actualización del Product Backlog estuvo a cargo del autor del proyecto, quien realizó ajustes progresivos conforme avanzaba el desarrollo y se validaban los resultados obtenidos en cada iteración. En la Tabla 2 se presenta el Product Backlog con las funcionalidades priorizadas, alineadas con los procesos administrativos de la UGEL.

**Tabla 2**

*Product Backlog del sistema chatbot “TramiBOT”*

| ID    | Historia de usuario                                                                                                     | Prioridad    | Sprint | Criterios de aceptación                                                                                   |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PB-01 | Como usuario de la UGEL, requiero iniciar una conversación con el chatbot para obtener orientación sobre servicios.     | Alta         | 1      | El chatbot responde al iniciar la interacción y muestra el menú de opciones.                              |
| PB-02 | El usuario necesita realizar consultas administrativas frecuentes mediante el chatbot, evitando la atención presencial. | Alta         | 1      | El sistema identifica la intención del mensaje y genera una respuesta según el tipo de consulta.          |
| PB-03 | El sistema debe permitir al usuario elegir entre realizar una consulta o iniciar un trámite administrativo.             | Media - Alta | 1      | El modo de interacción se ajusta a la opción seleccionada por el usuario.                                 |
| PB-04 | El usuario debe poder iniciar un trámite administrativo a través del chatbot sin acudir a la oficina.                   | Alta         | 2      | El chatbot solicita el tipo de trámite e inicia su registro correctamente.                                |
| PB-05 | El sistema debe guiar al usuario para ingresar progresivamente la información requerida para completar un trámite.      | Alta         | 2      | Los datos ingresados se almacenan en la base de datos de forma segura.                                    |
| PB-06 | El usuario debe poder consultar el estado de un trámite previamente iniciado mediante el chatbot.                       | Media        | 3      | El sistema muestra el estado actual del trámite de manera clara.                                          |
| PB-07 | El sistema debe registrar las interacciones del usuario para análisis posterior.                                        | Media        | 3      | Todas las interacciones quedan registradas en la base de datos.                                           |
| PB-08 | El chatbot debe notificar al usuario cuando ocurra un evento relevante durante el trámite.                              | Media        | 4      | El usuario recibe notificaciones sobre el avance o cambios del trámite.                                   |
| PB-09 | El sistema debe gestionar correctamente los mensajes no comprendidos durante la interacción.                            | Baja         | 4      | Ante entradas inválidas, el chatbot proporciona un mensaje de orientación sin interrumpir la interacción. |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

Para facilitar la lectura del documento, esta sección presenta un resumen del Product Backlog. El detalle completo de las historias de usuario se encuentra en los anexos.

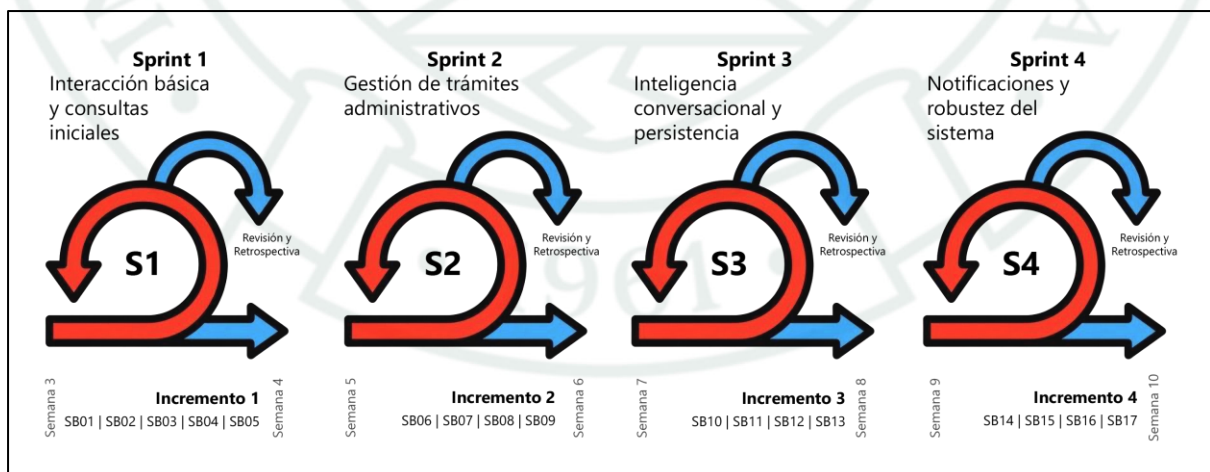
#### 4.1.3.2. Sprints realizados

En este apartado se presentan las funcionalidades priorizadas del Product Backlog desarrolladas en cada sprint, junto con las tareas requeridas para su implementación. La planificación de los sprints se realizó considerando la ejecución individual y la complejidad de cada componente. Cada ciclo tuvo como objetivo la entrega de un incremento funcional del chatbot, que fue verificado antes de iniciar el siguiente desarrollo.

El desarrollo del chatbot se organizó en cuatro sprints consecutivos de dos semanas cada uno, cada uno enfocado en un componente funcional distinto del sistema como se aprecia en la Figura 1. La secuencia partió de la interacción básica con los canales de mensajería, luego la gestión de trámites y la inteligencia conversacional y finalizó con la incorporación de notificaciones proactivas y la validación de estabilidad del sistema en producción.

**Figura 1**

*Esquema metodológico de desarrollo ágil basado en Sprints iterativos*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

#### 4.1.3.2.1. Sprint 1: Interacción básica y consultas iniciales

**Tabla 3**

*Sprint Backlog del primer Sprint*

| Ítem  | Historia asociada | Tareas técnicas                                                            | Descripción de la tarea                                                                                                                                                                                                                             |
|-------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SB-01 | PB-01             | Implementación del endpoint principal del chatbot mediante FastAPI         | El endpoint recibe los mensajes de los usuarios y genera respuestas automáticas según el flujo definido.                                                                                                                                            |
| SB-02 | PB-01             | Configuración del webhook para la integración con WhatsApp y Telegram      | El sistema permite la recepción de mensajes desde ambos canales, manteniendo comunicación bidireccional con el chatbot.                                                                                                                             |
| SB-03 | PB-02             | Desarrollo del preprocesamiento de texto para la normalización de mensajes | Los mensajes ingresados se limpian y normalizan antes de enviarse al módulo de clasificación.                                                                                                                                                       |
| SB-04 | PB-02             | Integración inicial del clasificador de intenciones                        | El sistema identifica intenciones básicas a partir del texto procesado y consulta una base de conocimientos inicial estructurada con información normativa y procedimental de los trámites más frecuentes, para responder las consultas frecuentes. |
| SB-05 | PB-03             | Implementación de la gestión de estado del usuario durante la interacción  | El chatbot conserva el estado del usuario y reconoce el modo de interacción seleccionado durante la conversación.                                                                                                                                   |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

#### 4.1.3.2.2. Sprint 2: Gestión de trámites administrativos

**Tabla 4**

*Sprint Backlog del segundo Sprint*

| Ítem  | Historia asociada | Tareas técnicas                                   | Descripción de la tarea                                                                                                                                                          |
|-------|-------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SB-06 | PB-04             | Diseño del flujo de trámites                      | Se establece la secuencia de pasos y los posibles estados de cada trámite, de acuerdo con los requerimientos.                                                                    |
| SB-07 | PB-05             | Implementación del módulo de gestión de trámites  | El chatbot solicita los datos necesarios al usuario de forma secuencial, siguiendo el flujo definido, y valida que cada información ingresada cumpla los criterios establecidos. |
| SB-08 | PB-05             | Validación y almacenamiento de datos del trámite  | Se asegura que la información registrada se almacene correctamente en la base de datos y que cumpla con las reglas de consistencia y formato definidas.                          |
| SB-09 | PB-03             | Transición controlada entre modos de conversación | El sistema gestiona cambios de modo entre consultas y trámites de manera fluida, manteniendo la continuidad del diálogo y evitando pérdida de información del usuario.           |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

#### 4.1.3.2.3. Sprint 3: Inteligencia conversacional y persistencia

**Tabla 5**

*Sprint Backlog del tercer Sprint*

| Ítem  | Historia asociada | Tareas técnicas                                                  | Descripción de la tarea                                                                                         |
|-------|-------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SB-10 | PB-02             | Integración de embeddings y PCA                                  | Representa mensajes de usuarios mediante embeddings y reduce dimensionalidad con PCA para analizar intenciones. |
| SB-11 | PB-02             | Clasificación híbrida (Random Forest, Regresión Logística y KNN) | Identifica intenciones de usuarios combinando tres modelos para mejorar la precisión.                           |
| SB-12 | PB-07             | Registro de interacciones (logs)                                 | Almacena el historial de conversaciones para análisis posterior.                                                |
| SB-13 | PB-06             | Consulta de estado de trámites                                   | Permite al usuario consultar el progreso de sus trámites de forma clara y actualizada.                          |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

#### 4.1.3.2.4. Sprint 4: Notificaciones y robustez del sistema

**Tabla 6**

*Sprint Backlog del cuarto Sprint*

| Ítem  | Historia asociada | Tareas técnicas                          | Descripción de la tarea                                                                  |
|-------|-------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| SB-14 | PB-08             | Notificaciones automáticas               | Envía avisos al usuario sobre cambios o avances en sus trámites.                         |
| SB-15 | PB-09             | Manejo de errores                        | Gestiona mensajes no comprendidos, ofreciendo respuestas claras ante entradas inválidas. |
| SB-16 | PB-07             | Optimización de registros y auditoría    | Mejora el almacenamiento y monitoreo de interacciones del sistema.                       |
| SB-17 | PB-06             | Ajustes finales del flujo de seguimiento | Garantiza que la información de estado sea clara y comprensible para el usuario.         |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

#### 4.1.3.3. Desarrollo de los Sprints

Para demostrar la aplicación práctica de la metodología Scrum, cada ciclo de desarrollo se estructuró conectando las tareas planificadas en los Sprints Backlogs, con su ejecución operativa y el incremento correspondiente.

#### 4.1.3.4. Incrementos funcionales y entregables

Los incrementos son las funcionalidades operativas del chatbot al finalizar cada sprint que fueron revisadas antes de iniciar el siguiente ciclo de desarrollo, esto permitió verificar el funcionamiento del sistema y la relación de los cambios incorporados.

El proyecto se desarrolló de manera individual y la evaluación de cada incremento fue necesaria para asegurar la estabilidad del sistema y reducir riesgos técnicos con el procesamiento del lenguaje natural y la gestión de trámites administrativos.

#### **4.1.3.4.1. Incremento del primer Sprint**

En esta iteración inicial se consolidó el núcleo operativo del sistema, estableciendo el puente de comunicación entre el servidor y las interfaces de Telegram y WhatsApp. El mayor reto técnico superado fue la gestión de sesiones concurrentes, garantizando la persistencia de estados para evitar la pérdida de contexto en diálogos simultáneos. Asimismo, se implementó una primera versión del clasificador de intenciones y se estructuró una base de conocimientos para su posterior mejora con sprints posteriores.

#### **4.1.3.4.2. Incremento del segundo Sprint**

El segundo incremento se centró en dotar al chatbot de capacidades funcionales para la administración de expedientes. Se diseñó una lógica de captura de datos progresiva y guiada, transformando el inicio de trámites en un proceso intuitivo para el usuario. Un hito relevante de esta fase fue la automatización en la generación de documentos.

#### **4.1.3.4.3. Incremento del tercer Sprint**

En esta etapa, el proyecto evolucionó hacia el procesamiento de lenguaje natural (NLP) y se integraron modelos de machine learning especializados en la clasificación de intenciones, permitiendo que el bot interprete consultas abiertas en lugar de depender únicamente de menús rígidos.

#### **4.1.3.4.4. Incremento del cuarto Sprint**

La iteración final trabajó el despliegue hacia un entorno de producción. Se implementó un motor de notificaciones proactivas que informa al usuario sobre actualizaciones en el estado de su trámite de manera autónoma, eliminando la necesidad de consultas manuales recurrentes. Finalmente, se realizaron pruebas de rendimiento y estrés que validaron la estabilidad del sistema bajo carga real.

La progresión a través de estos cuatro sprints evidencia una transformación desde un prototipo de interacción básica hasta una solución de inteligencia conversacional. Esta hoja de ruta no solo permitió cumplir con los objetivos funcionales, sino que garantizó que cada componente técnico se integrara de forma coherente, resultando en una herramienta capaz de modernizar sustancialmente la gestión administrativa dentro de la UGEL.

#### **4.1.4. Eventos de control y validación**

En el desarrollo del proyecto, los eventos tradicionales de Scrum se adaptaron como hitos de control técnico y validación de requerimientos, asegurando que cada incremento cumpliera las condiciones de calidad y mantuviera la integridad de la arquitectura y precisión del modelo de IA.

Considerando que el proyecto fue realizado de manera independiente, pero en coordinación con personal de la UGEL, estas actividades lograron mantener comunicación con los actores involucrados, asegurando que la solución respondiera a las necesidades reales de atención administrativa.

##### **4.1.4.1. Planificación de Sprints**

La planificación de sprints se realizó desde el análisis previo de los procesos administrativos dentro de la UGEL; gracias a toda esa información, se definieron los objetivos de cada sprint y se eligieron los elementos del Product Backlog a implementar, priorizando las funciones como la gestión de trámites frecuentes, atención de consultas y la automatización de notificaciones.

##### **4.1.4.2. Sesiones de seguimiento y control de progreso**

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron sesiones de seguimiento técnico. Estas se adaptaron al carácter unipersonal y académico del trabajo, y permitieron revisar el avance

de las actividades programadas en cada sprint. El seguimiento se efectuó de forma individual, con una frecuencia interdiaria ajustada a la complejidad de las tareas, revisando actividades completadas, pendientes y dificultades técnicas surgidas durante la implementación.

De manera complementaria, se realizaron consultas puntuales con personal de la UGEL durante el desarrollo del sistema. Estas consultas permitieron validar el funcionamiento del chatbot, aclarar algunos aspectos relacionados con los trámites administrativos y verificar la pertinencia de las respuestas generadas.

#### **4.1.4.3. Revisión de Sprints y validación técnica**

Al finalizar cada iteración se revisaron los incrementos desarrollados, con el objetivo de contrastar las historias de usuario con los criterios de aceptación y garantizar la consistencia funcional del chatbot antes de iniciar el siguiente ciclo.

La revisión se realizó mediante pruebas funcionales y simulación de escenarios reales de interacción, donde se evaluó la comprensión del lenguaje natural, la recuperación de información y la coherencia de las respuestas. Se validó el cumplimiento de la implementación del menú interactivo, seguimiento de expedientes, trazabilidad de los expedientes y la correcta operación entre la capa de procesamiento del lenguaje natural, la lógica de negocio y la persistencia de datos.

Adicionalmente, se realizaron revisiones puntuales con el personal de la UGEL para corroborar la pertinencia del contenido y la coherencia de los flujos de trámite; estas reuniones no formales permitieron realizar ajustes menores en la redacción de las respuestas del sistema.

#### **4.1.4.4. Análisis de retrospectiva técnica y mejora continua**

Al terminar cada iteración se hicieron análisis de retrospectiva técnica para evaluar el flujo de trabajo. Este permitió identificar cuellos de botella importantes para interpretar

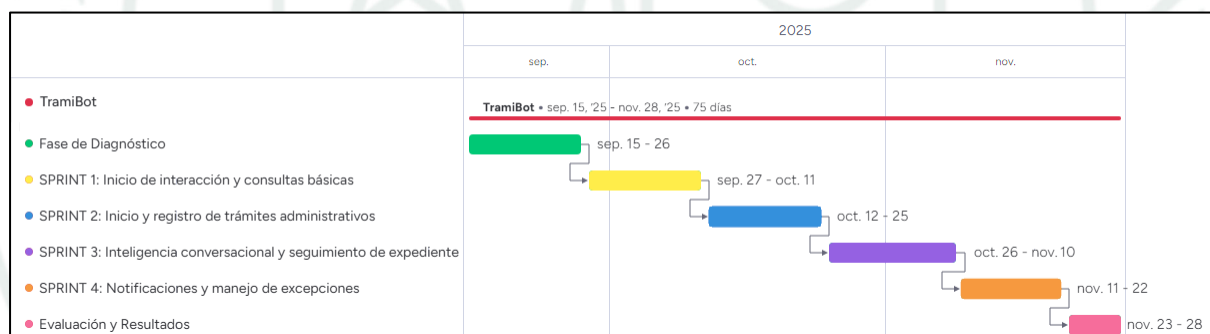
consultas ambiguas lo que determinó la urgencia de ajustar los umbrales de confianza del modelo y de reestructurar la gestión del contexto para evitar la pérdida de continuidad en la transición entre consultas informativas y procesos de trámite.

#### 4.1.5. Cronograma general del proyecto

El desarrollo del sistema se llevó a cabo por el periodo de once semanas, incluyendo todas las etapas de ciclo de vida del proyecto según la metodología Scrum establecida. La secuencia operativa se detalla en el diagrama de Gantt en la Figura 2, donde se visualiza la ruta crítica, el solapamiento de tareas y los hitos alcanzados en cada fase. Esta organización temporal permitió asegurar el cumplimiento de los objetivos dentro de los plazos establecidos.

**Figura 2**

*Diagrama de Gantt del proyecto del chatbot “TramiBOT”*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

La planificación temporal del proyecto se resume en la Figura 2, correspondiente al diagrama de Gantt de once semanas. Con el objetivo de no sobrecargar el contenido principal del documento, el detalle completo de las actividades, subtarefas y su distribución semanal se presenta en el apartado de Anexos (ver Anexo L), donde se incluyen la tabla de planificación detallada, que respalda el cronograma mostrado en este capítulo.

## 4.2. Descripción general de la solución propuesta

La presente propuesta reside en el diseño e implementación de un chatbot orientado a optimizar la gestión de trámites y consultas dentro de la UGEL. El chatbot se enfoca en técnicas de procesamiento del lenguaje natural (NLP), algoritmos de clasificación supervisados y a su vez una arquitectura modular que permite el despliegue en entornos de producción.

De forma general, el chatbot toma una consulta escrita en un lenguaje natural mediante un canal de comunicación, pudiendo ser WhatsApp y/o Telegram. La solicitud es procesada mediante el módulo NLP que incluye limpieza de texto, tokenización, lematización, eliminación de stopwords y vectorización mediante embeddings generados con modelos basados en *Sentence Transformers*.

Estas representaciones numéricas de las palabras, denominados vectores, nutren diferentes algoritmos de clasificación como Random Forest, Regresión Logística y K-Vecinos más Cercanos, que son los encargados de determinar la intención de cada consulta recibida mediante un modelo híbrido de los tres algoritmos ya mencionados, es decir, cada algoritmo determina una intención de consulta, seguido a ello, se comparan los tres algoritmos y se toma el de mayor nivel de confianza, que es distinta para cada caso, en el caso de Random Forest y Regresión Logística, se tiene una probabilidad y para el modelo K-Vecinos más Cercanos se tiene un grado de similitud. El modelo que demuestre un valor más elevado se convierte en el ganador.

Si estos valores superan el umbral mínimo definido, se toma su predicción como el “intent” final. De no superar el umbral, se retorna una respuesta indicando que no se entendió al usuario, indicando que tenga más claridad. Con esta mecánica, el sistema evita dar siempre una respuesta, aunque no sea la correcta, priorizando así la coherencia semántica.

#### **4.2.1. Visión general del sistema**

El sistema presentado permite a los usuarios acceder a información institucional o preguntas frecuentes de manera sencilla, rápida y disponible en cualquier momento. Su diseño integra técnicas y herramientas del procesamiento del lenguaje natural, un conjunto de modelos de clasificación y una arquitectura modular.

#### **4.2.2. Alcance funcional**

El sistema propuesto incorpora un conjunto de funcionalidades diseñadas para mejorar la interacción entre los usuarios y la información institucional. Dichas funcionalidades han sido definidas a partir del análisis de los procesos administrativos más recurrentes en la UGEL, así como de las necesidades identificadas durante la atención de consultas y trámites frecuentes.

El chatbot permite al usuario realizar consultas en lenguaje natural sobre trámites administrativos, requisitos, horarios de atención y documentación institucional. Cada solicitud es analizada para identificar la intención del usuario y determinar la respuesta correspondiente de acuerdo con los criterios del sistema. Asimismo, se habilita la consulta del estado de los trámites, siempre que el usuario proporcione la información necesaria para la identificación del expediente. Si la información es correcta, el sistema accede a los registros disponibles y responde con el estado, resultados u observaciones que correspondan a ese trámite.

El chatbot también posee el mecanismo de notificaciones automáticas, que permite comunicar a los usuarios algún cambio significativo dentro de su trámite. Esto trabaja de manera independiente al flujo conversacional y mejora la comunicación a través de notificaciones oportunas.

Finalmente, el sistema registra de forma interna las interacciones ejecutadas, lo que ayuda sustancialmente al control básico de uso, detectar oportunidades de mejora y de ser necesario ampliar el conjunto de intenciones y respuestas conforme las solicitudes nuevas.

#### **4.2.3. Limitaciones asumidas**

Primero, el desempeño y precisión del chatbot se encuentra ligado a la calidad y amplitud del dataset utilizado para entrenar los modelos de clasificación. Al ser una primera versión, el conjunto de ejemplos redactados puede no cubrir todas las maneras en las que los usuarios hacen sus consultas, lo que conlleva interpretaciones incorrectas o muy relacionadas, pero no resultan lo mismo, en casos muy poco frecuentes, así mismo, al tener una arquitectura híbrida se sacrifica la velocidad para tener niveles mayores de precisión.

Este chatbot no reemplaza en su totalidad a los procedimientos administrativos, ya que este tipo de trámites requiere, por su naturaleza, verificaciones manuales, validación documentaria física e interacción y comunicación con personal de la UGEL, por lo que el sistema se enfoca en la atención automatizada de consultas informativas y en el registro de trámites y/o procedimientos que pueden gestionarse de manera virtual.

#### **4.2.4. Beneficios esperados**

Este sistema busca beneficiar de manera directa a los usuarios desde una perspectiva de atención, así como en la gestión interna de los procesos institucionales. El primer beneficio es la disponibilidad permanente del servicio, que puede ser continua y no depende del horario del personal, permitiendo la absolución de dudas e interrogantes en cualquier momento.

Por otra parte, se espera una reducción de la carga operativa de las oficinas dentro de la UGEL. Al automatizar de cierta forma la resolución de preguntas frecuentes, el personal se enfoca en casos donde es necesaria la intervención humana.

Mejorar los tiempos de respuesta, al automatizar las interacciones con consultas a la base de datos permitiendo dar información con rapidez y reduciendo la necesidad de llamadas telefónicas y de visitas presenciales donde la situación no lo amerita.

Otro beneficio notable es la uniformidad respecto a la información brindada. Al almacenar respuestas en un sistema controlado y persistente se reduce la posibilidad de interpretaciones distintas e inconsistencias entre las distintas oficinas de la UGEL.

### **4.3. Requerimientos de la propuesta tecnológica**

#### **4.3.1. Requerimientos funcionales**

- **RF01 – Atención automatizada de consultas:**

El sistema deberá brindar atención automatizada y continua a consultas relacionadas con trámites, requisitos, formatos, cronogramas y servicios educativos brindados por la UGEL.

- **RF02 – Respuestas basadas en normativa:**

El sistema deberá brindar respuestas claras y pertinentes, basadas en la normativa vigente del sector educativo y las disposiciones internas de la UGEL.

- **RF03 – Clasificación automática de intenciones:**

El sistema deberá clasificar de forma automática las consultas de los usuarios mediante modelos de machine learning, empleando Random Forest, Regresión Logística y K-Vecinos más Cercanos, con la finalidad de identificar la intención de la consulta.

- **RF04 – Gestión de la base de conocimientos:**

El sistema deberá permitir la actualización de la base de conocimientos sin necesidad de modificar la estructura principal del sistema, de modo que pueda adaptarse a nuevas disposiciones administrativas.

- **RF05 – Orientación en procedimientos:**

El sistema deberá guiar al usuario en procedimientos específicos, proporcionando información sobre los pasos a seguir, los documentos necesarios y los canales de atención disponibles.

- **RF06 – Registro y almacenamiento de interacciones:**

El sistema deberá almacenar las interacciones relevantes de los usuarios para su posterior análisis, permitiendo identificar nuevos tipos de consultas y necesidades de información.

- **RF07 – Integración multicanal de mensajería:**

El sistema deberá integrarse con los canales de mensajería utilizados por la UGEL, como WhatsApp y Telegram, para facilitar el acceso a la información sin necesidad de realizar desplazamientos presenciales.

#### **4.3.2. Requerimientos no funcionales**

- **RNF01 – Usabilidad e interfaz intuitiva:**

El sistema deberá contar con una interfaz intuitiva que facilite la interacción de los usuarios, independientemente de su nivel de competencia digital o familiaridad con herramientas tecnológicas.

- **RNF02 – Rendimiento y tiempos de respuesta:**

El sistema deberá asegurar tiempos de respuestas adecuados durante la atención de consultas, manteniendo un rendimiento estable ante solicitudes simultáneas que no superen la capacidad prevista de la infraestructura.

- **RNF03 – Escalabilidad y arquitectura modular:**

El sistema deberá contar con una estructura modular que permita incorporar nuevas funcionalidades y atender incrementos en la carga de trabajo sin requerir una reestructuración profunda de la infraestructura base.

- **RNF04 – Disponibilidad de servicio:**

El sistema deberá estar disponible de manera continua, de modo que la atención solo se vea interrumpida durante ventanas de mantenimiento técnico estrictamente planificadas y comunicadas con anticipación.

- **RNF05 – Seguridad y confidencialidad de datos:**

El sistema deberá implementar mecanismos de seguridad informática que permitan preservar la confidencialidad e integridad de la información y prevenir accesos no autorizados a los registros.

#### **4.3.3. Requerimientos técnicos**

- **RT01 – Base de conocimientos normatizada:**

El sistema deberá utilizar una base de conocimientos que pueda actualizarse periódicamente ante modificaciones normativas, directivas del Ministerio de Educación o disposiciones administrativas de la UGEL.

- **RT02 – Compatibilidad de infraestructura:**

El sistema deberá operar de manera integrada con la infraestructura tecnológica de la UGEL, considerando sus capacidades de procesamiento, consulta y almacenamiento de datos.

- **RT03 – Integración con APIs de mensajería:**

El sistema deberá acoplarse a las políticas, restricciones y cuotas de servicio de las interfaces de programación de aplicaciones (API) de Telegram y WhatsApp, mediante Twilio, considerando sus límites de envío, formatos de mensajes y disponibilidad del servicio

- **RT04 – Cumplimiento de normativas TIC y protección de datos:**

El sistema deberá considerar las normativas vigentes relacionadas con la seguridad de la información, la protección de datos personales y las políticas de uso de tecnologías de la información y la comunicación del sector público.

#### **4.3.4. Matriz de trazabilidad entre objetivos específicos y requerimientos**

Para garantizar una consistencia y estrecha relación entre la fase de planificación y el desarrollo tecnológico, se presenta la trazabilidad entre los objetivos específicos (OE1 a OE4) de la presente investigación y los requerimientos funcionales (RF), requerimientos no funcionales (RNF) y requerimientos técnicos (RT) de la propuesta. Esto garantiza que cada especificación del sistema responda directamente a los objetivos del proyecto.

**Tabla 7**

*Matriz de trazabilidad entre objetivos específicos y requerimientos*

| ID | Objetivo Específico                                                                                                                   | Requerimientos Funcionales (RF)                                                                                                                                                                                                                                               | Requerimientos No Funcionales (RNF)                                                                                                                                | Requerimientos Técnicos (RT)                                                                                                 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Diagnosticar el proceso actual de gestión de trámites en la UGEL, identificando las principales dificultades y tiempos de atención.   | -                                                                                                                                                                                                                                                                             | -                                                                                                                                                                  | -                                                                                                                            |
| 2  | Diseñar un modelo de chatbot basado en machine learning que permita asistir a los usuarios en la gestión de trámites administrativos. | <b>RF01:</b><br>Atención automatizada de consultas.<br><b>RF02:</b><br>Respuestas basadas en normativa.<br><b>RF03:</b><br>Clasificación automática de intenciones.<br><b>RF04:</b><br>Gestión de la base de conocimientos.<br><b>RF05:</b><br>Orientación en procedimientos. | <b>RNF01:</b><br>Usabilidad e interfaz intuitiva<br><b>RNF02:</b><br>Rendimiento y tiempos de respuesta.<br><b>RNF03:</b><br>Escalabilidad y arquitectura modular. | <b>RT01:</b><br>Base de conocimientos normatizada.<br><b>RT02:</b><br>Compatibilidad de infraestructura.                     |
| 3  | Implementar un chatbot en la plataforma de la UGEL con el fin de automatizar las solicitudes y consultas de los usuarios.             | <b>RF06:</b><br>Registro y almacenamiento de interacciones.<br><b>RF07:</b><br>Integración multicanal de mensajería.                                                                                                                                                          | <b>RNF04:</b><br>Disponibilidad del servicio.<br><b>RNF05:</b><br>Seguridad y confidencialidad de datos.                                                           | <b>RT03:</b><br>Integración con APIs de mensajería.<br><b>RT04:</b><br>Cumplimiento de normativas TIC y protección de datos. |
| 4  | Evaluar el impacto del chatbot comparando los tiempos de respuesta y resolución de trámites antes y después de su implementación.     | <b>Verificación transversal:</b><br>RF01 a RF07                                                                                                                                                                                                                               | <b>RNF02:</b><br>Rendimiento y tiempos de respuesta.                                                                                                               | -                                                                                                                            |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia. El primer objetivo específico (Diagnosticar) no genera requerimientos del sistema. El cuarto objetivo específico (Evaluar) mide el impacto del sistema una vez implementado bajo estos requerimientos.

#### 4.4. Arquitectura de la solución

La arquitectura propuesta para el presente proyecto se organiza en capas para asegurar un diseño modular, escalable con el tiempo y fácil de mantener. Cada capa tiene funciones determinadas dentro del flujo general del sistema, partiendo de la interacción inicial del usuario hasta el procesamiento dentro de la aplicación, obtención de información y la generación de la respuesta.

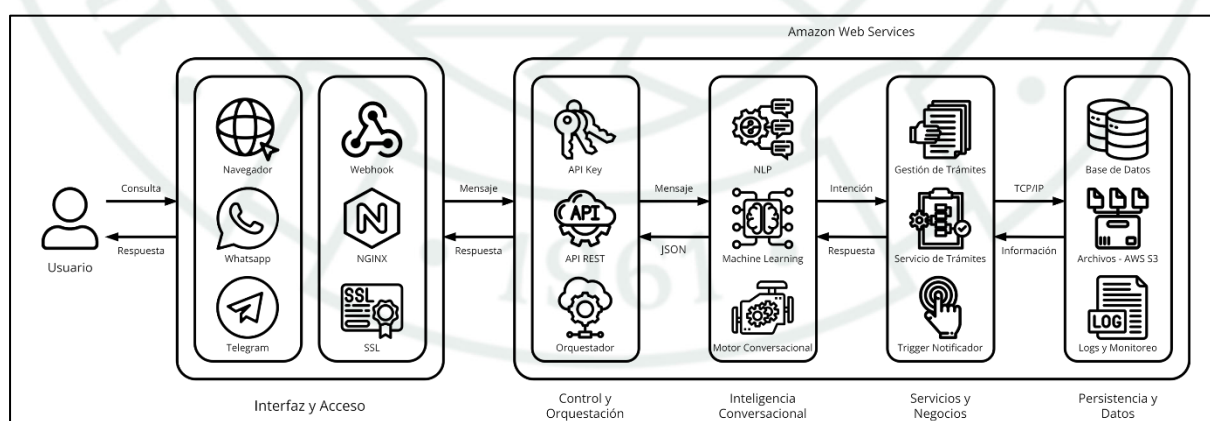
##### 4.4.1. Arquitectura Lógica

La arquitectura lógica describe la estructuración funcional del sistema y la forma en la que sus componentes se relacionan e interactúan entre sí. Se compone de cinco capas principales, cada una orientada a un conjunto definido de responsabilidades y funciones.

La arquitectura lógica del sistema propuesto se presenta en la Figura 3, donde se identifican las capas que ayudan a separar responsabilidades y funciones, asegurando así la mantenibilidad del sistema.

**Figura 3**

*Arquitectura lógica del chatbot “TramiBOT”*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

Como se observa en la Figura 3, la arquitectura separa claramente la capa de acceso, inteligencia conversacional y la lógica de negocio.

#### **4.4.1.1. Capa de interfaz y acceso**

Esta capa integra todos los puntos de entrada por los cuales los usuarios interactúan con el chatbot. Su función es recibir los mensajes enviados desde el canal de comunicación optado por el usuario, pudiendo ser el aplicativo de WhatsApp o Telegram, incluyendo sus versiones para ordenadores y entregar las respuestas generadas por el sistema de manera clara y precisa.

El punto de acceso primordial lo constituyen chatbots configurados en WhatsApp y Telegram, los cuales se comunican con el chatbot mediante un webhook, que actúa como un canal de comunicación en tiempo real, recibiendo cada mensaje enviado por el usuario y reenviando el mensaje al servidor para su procesamiento. Este mecanismo publica una ruta protegida, configurada para recibir solicitudes de las plataformas de mensajería.

La seguridad y estabilidad del acceso se refuerzan mediante un servidor Nginx, que cumple las funciones de un proxy inverso. Nginx se encarga de redirigir las solicitudes de entrada hacia los servicios del chatbot, administrar la carga y garantizar que el canal de comunicación esté disponible inclusive con picos altos de tráfico. Por otra parte, gestiona la terminación SSL, que hace que las comunicaciones sean cifradas mediante HTTPS.

El uso de certificados SSL asegura la protección de datos y evita que los mensajes intercambiados entre WhatsApp/Telegram y el servidor puedan ser interceptados o modificados. Cabe resaltar que las APIs de WhatsApp y Telegram solo permiten comunicaciones y conexiones con servidores seguros que posean certificados SSL, gracias a ello, la interacción entre los usuarios y el aplicativo es segura (Flores & Llerena, 2024).

#### **4.4.1.2. Capa de control y orquestación**

La capa de control y orquestación, componente base del proyecto, es la encargada de gestionar el flujo de información entre la plataforma de acceso, los mecanismos de inteligencia conversacional y los servicios internos del chatbot. Su función primordial es asegurar que cada solicitud sea procesada de una forma organizada, segura y eficiente, usando las reglas lógicas y también los mecanismos de integración que gobiernan la plataforma.

En esta capa se utilizó FastAPI como marco para la exposición de los servicios del sistema. Esto debido a su alto rendimiento, soporte nativo y la capacidad de gestionar concurrencia en grandes magnitudes a través de un ASGI (Asynchronous Server Gateway Interface). Este es el medio de acceso para todas las solicitudes que se realizan desde canales externos, todas las solicitudes son recibidas, validadas y estructuradas para ser enviadas a otros módulos dentro del chatbot.

Se maneja la gestión de credenciales mediante una API Key, esto permite la validación y garantiza que únicamente las interacciones autorizadas accedan a este recurso. De este modo, se refuerza la seguridad del sistema y se reduce el riesgo de accesos no permitidos a la información institucional.

En esta capa se incorporó un módulo orquestador encargado de coordinar el flujo de trabajo del sistema. Este componente gestiona la secuencia de operaciones necesarias para procesar cada solicitud, como la clasificación de intenciones, el enrutamiento hacia los modelos de procesamiento de lenguaje natural y la comunicación con los servicios internos.

Su función es asegurar que las interacciones tengan un flujo lógico y ordenado entre los componentes de la aplicación. Es decir, trabaja como un mediador inteligente que determina

las acciones que deben ejecutarse y el orden que deben seguir, favoreciendo así un diseño adaptable y expansible.

#### **4.4.1.3. Capa de inteligencia conversacional**

Esta capa integra todo el proceso que le permite al chatbot comprender lo que los usuarios tratan de decir y a través de ello, formular una respuesta eficiente. Esta capa combina diversas técnicas de procesamiento, como el lenguaje natural, modelos de machine learning y un motor conversacional que regula la interacción desde el inicio hasta el final. Gracias a esta integración, se pueden interpretar mensajes con diversas formas de escritura y con variaciones comunes del lenguaje.

El preprocesamiento de cada consulta empieza con pasos propios del procesamiento natural del lenguaje. Primero, el texto se normaliza al estándar Unicode (NFKD), puede que visualmente sean iguales pero su representación binaria es diferente, esto hace que el texto sea visualmente igual y tenga el mismo significado. Luego, se hace una limpieza de eliminación de espacios y demás caracteres que no ayudan a identificar una intención.

Seguido a ello, se realiza la tokenización del mensaje recibido que consiste en dividir en fragmentos básicos que ayudan a analizarlo con mayor precisión. Luego, cada palabra es transformada a su forma estándar, asimismo, una limpieza general que elimina palabras irrelevantes y términos innecesarios. Finalmente, el mensaje se transforma a un vector numérico que es la materia prima para los modelos de clasificación y la lógica conversacional del chatbot.

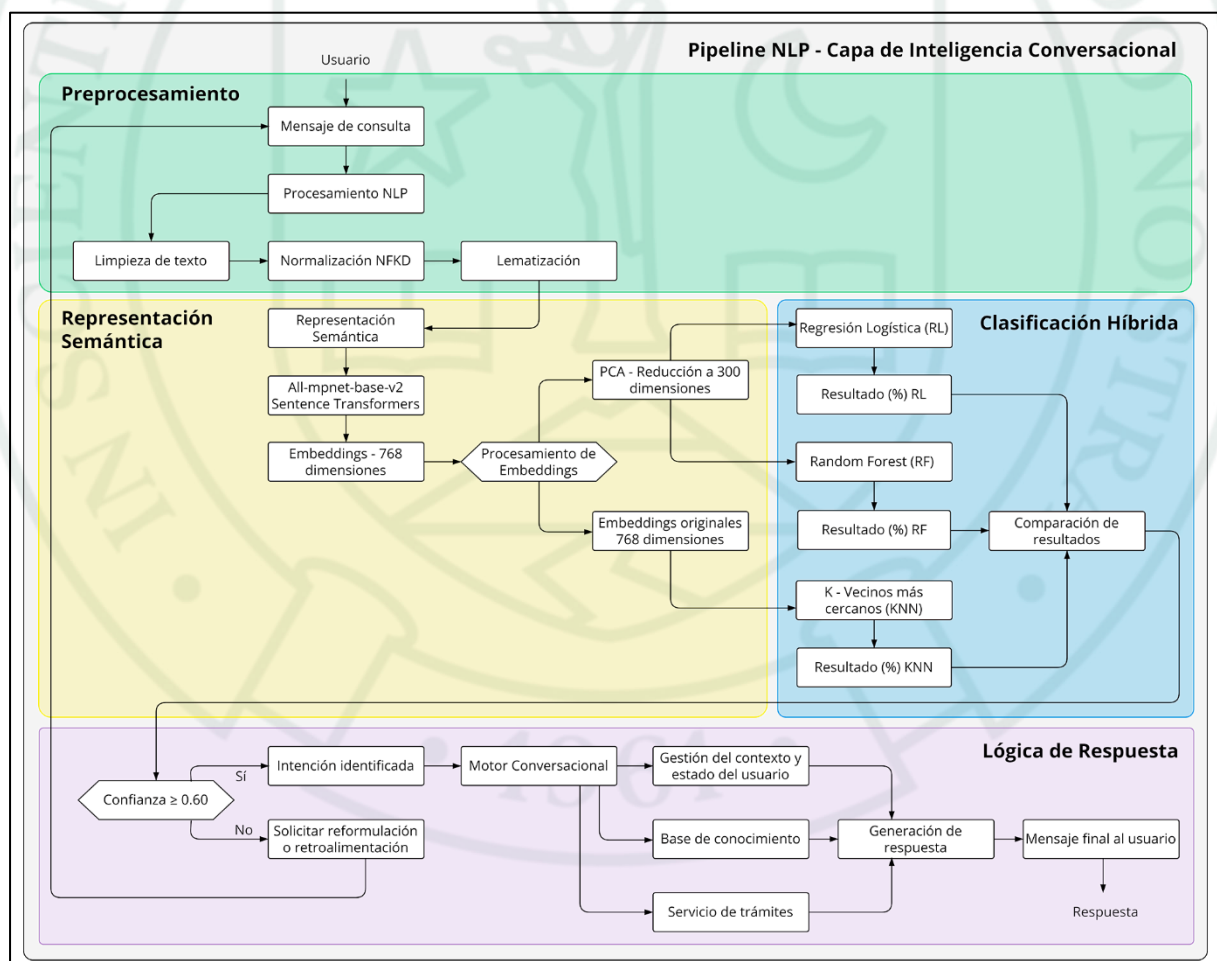
Después de la preparación del mensaje, intervienen los algoritmos de machine learning, aportando al modelo híbrido una perspectiva diferente. El modelo Random Forest ofrece solidez cuando el usuario escribe frases largas, ambiguas y poco estructuradas. La RL resalta

cuando la respuesta debe ser rápida, específicamente con elementos definidos brindando una probabilidad clara a cada clase. El modelo K-Vecinos más Cercanos, analiza la consulta con los ejemplos previos, identificando los más similares en contenido y estilo; esto es fundamental cuando el mensaje tiene un tono informal o diferente a los ejemplos del modelo entrenado.

El procesamiento de lenguaje natural de la capa de inteligencia conversacional se describe mediante un pipeline que transforma los mensajes del usuario en intenciones interpretables por el chatbot, como se representa en la Figura 4.

**Figura 4**

*Diagrama de pipeline NLP – Capa de Inteligencia Conversacional*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

La Figura 4, muestra el flujo de trabajo del Pipeline NLP correspondiente a la Capa de Inteligencia Conversacional. Este proceso permite transformar una consulta escrita por el usuario en una respuesta automatizada y acorde con el contexto de la conversación, mediante cuatro etapas principales que se encuentran relacionadas entre sí. El proceso se inicia con el Preprocesamiento, etapa en la que se recibe el mensaje ingresado por el usuario y se realizan diferentes tareas de tratamiento del texto.

Entre ellas se encuentran la limpieza, la normalización mediante la forma NFKD y la lematización. Con estas operaciones se busca reducir el ruido presente en la consulta y unificar la forma de los términos, facilitando su posterior procesamiento. Luego, en la etapa de Representación Semántica, el texto resultante del preprocesamiento es transformado en una representación numérica utilizando el modelo all-mpnet-base-v2 de Sentence Transformers. Como resultado, se obtiene un vector de 768 dimensiones que representa el significado semántico de la consulta. A partir de este vector se generan dos rutas de procesamiento.

La primera mantiene los embeddings originales de 768 dimensiones, mientras que la segunda aplica PCA para reducir su dimensionalidad a 300 componentes, con el propósito de adecuarlos al procesamiento de determinados algoritmos. En la etapa de Clasificación Híbrida, la información obtenida es analizada mediante tres modelos de aprendizaje automático. La Regresión Logística (RL) y Random Forest (RF) utilizan los vectores reducidos a 300 dimensiones mediante PCA.

En cambio, K-Vecinos Más Cercanos (KNN) trabaja directamente con los embeddings originales de 768 dimensiones para determinar la similitud semántica entre la consulta y los datos previamente registrados. Los resultados generados por los tres modelos son posteriormente comparados, considerando sus estimaciones de probabilidad, para determinar la intención que presenta el mejor resultado. Finalmente, en la Lógica de Respuesta, se verifica

el nivel de confianza obtenido durante la clasificación. Cuando este valor es igual o superior al umbral establecido de 0.60, se acepta la intención identificada y se continúa con el procesamiento de la respuesta. Si la confianza es inferior a dicho valor, el sistema solicita al usuario que reformule su consulta o proporcione retroalimentación, tras lo cual el mensaje vuelve a pasar por la etapa de preprocesamiento.

Cuando la intención ha sido validada, se activa el Motor Conversacional, encargado de coordinar las acciones necesarias para generar la respuesta. Para ello, gestiona el contexto y estado del usuario, consulta la información disponible en la base de conocimiento y se comunica con el servicio de trámites cuando es necesario. Con esta información se construye la respuesta correspondiente, que finalmente es enviada al usuario a través del canal de comunicación establecido.

En síntesis, la Figura 4 presenta el pipeline de procesamiento de lenguaje natural (NLP) que transforma el mensaje del usuario en una respuesta estructurada. Este pipeline se divide en cuatro etapas secuenciales:

#### **4.4.1.3.1. Etapa de preprocesamiento NLP**

La primera fase de la capa de inteligencia conversacional está resaltada de color verde en el Diagrama de pipeline NLP (ver Figura 4) y corresponde al preprocesamiento NLP. Inicia al recibir el mensaje de consulta ingresado por el usuario escrito en su lenguaje natural desde la interfaz de chat. En su estado original, el texto suele tener ruido sintáctico, variaciones o errores ortográficos, espacios sobrantes y caracteres irrelevantes que dificultan el análisis algorítmico. Esta etapa tiene el objetivo principal de transformar y estandarizar la cadena de caracteres de entrada, asegurando que el texto quede limpio, estructurado y preparado para nutrir los modelos de vectorización semántica.

Para cumplir este propósito, la consulta atraviesa una secuencia de varias operaciones. La primera etapa es la limpieza de texto, que remueve los caracteres especiales, símbolos y espacios redundantes que no aportan significado a la consulta, de este modo se reduce a información léxica relevante. La segunda etapa es la normalización Normalization Form Compatibility Decomposition (NFKD). Este proceso estandariza la codificación de los caracteres Unicode, descomponiendo las tildes y símbolos similares para una representación más uniforme de palabras y finalmente la lematización, esta es la etapa final de preprocesamiento, en la cual cada palabra del mensaje se reduce a su forma canónica, base o raíz morfológica. No es solamente un truncamiento sintáctico, sino que analiza el contexto gramatical para unificar las distintas flexiones verbales, conjugaciones en una única representación estándar.

Al finalizar estas tres transformaciones, la consulta original del usuario queda completamente libre de ruido e incongruencias sintácticas, convirtiéndose en una secuencia léxica uniforme lista para ser transferida al módulo de Representación Semántica.

#### **4.4.1.3.2. Etapa de representación semántica**

Una vez que la consulta enviada por el usuario ha sido procesada y lematizada en la fase previa, el sistema requiere convertir la cadena de texto en una representación matemática densa que capture su significado contextual. Para cumplir con este propósito, la etapa de Representación Semántica (ver Figura 4) emplea el modelo pre-entrenado *all-mpnet-base-v2* de la librería Sentence Transformers, transformando la secuencia léxica limpia en un vector numérico (embeddings) de 768 dimensiones.

A partir de la generación del vector base, el subproceso llamado Procesamiento de Embeddings distribuye la carga vectorial a través de dos rutas operativas paralelas dentro de la arquitectura. La primera ruta de 300 dimensiones aplica la técnica de Análisis de Componentes

Principales (PCA) sobre la representación original para proyectar el espacio semántico a 300 componentes principales. Esta reducción elimina dimensiones redundantes y reduce el ruido, alimentando de manera optimizada a los algoritmos Regresión Logística (RL) y Random Forest (RF). De este modo se logró agilizar la velocidad de cómputo y reducir el costo computacional sin que ello afecte la capacidad de los modelos.

La otra ruta, referida a la alta dimensionalidad (768 dimensiones) mantiene la estructura original de los embeddings semánticos, transfiriéndolos de forma completa al algoritmo K-Vecinos más cercanos (KNN). Al conservar la máxima cantidad de dimensiones en esta ruta, se preservan los matices y la riqueza semántica profunda necesarios para que el algoritmo KNN evalúe con precisión la cercanía métrica entre la consulta entrante y los patrones almacenados en la base de entrenamiento.

#### **4.4.1.3.3. Etapa de clasificación**

Esta fase está resaltada de color azul en el Diagrama de pipeline NLP (ver Figura 4), aquí se evalúan los vectores numéricos obtenidos para determinar a qué procedimiento o intención administrativa corresponde la consulta del usuario. Aquí entrar a tallar los tres clasificadores Random Forest (RF), Regresión Logística (RL) y K-Vecinos más cercanos (KNN) que se ejecutan en paralelo sobre los embeddings correspondientes. Embeddings semánticos completos (768) para el algoritmo K-Vecinos más cercanos (KNN) y embeddings reducidos (300) para los algoritmos Random Forest (RF) y Regresión Logística (RL).

Cada modelo devuelve una etiqueta de intención y un nivel de confianza. Random Forest (RF) y Regresión Logística (RL) devuelven una probabilidad asociada a la clase predicha o más cercana y K-Vecinos más cercanos (KNN) devuelve la similitud coseno entre el mensaje enviado por el usuario y el vecino más cercano dentro del modelo de entrenamiento.

Al tener los valores brindados por cada algoritmo, esta etapa selecciona la predicción de mayor confianza entre los tres modelos, con la condición de que se supere el umbral mínimo de 0.6. Si el umbral no es superado, se activa un protocolo de retroalimentación solicitando al usuario que vuelva a escribir el mensaje de manera más clara. La explicación se detalla de manera más amplia en la sección 4.6.7.

#### **4.4.1.3.4. Etapa de respuesta**

Esta última etapa, está resaltada de color morado (ver Figura 4), procesa la salida obtenida de la clasificación mediante un control estricto de la confianza bajo el motor lógico conversacional. La etapa de respuesta inicia con la evaluación del umbral de confianza predefinido en 60%. Si la intención lo supera, se considera válida y se deriva al motor conversacional para elaborar una respuesta lógica, caso contrario, se activa la etapa de retroalimentación, en donde se solicita al usuario que replantee su mensaje y con dicha reformulación se procesa como una nueva entrada del flujo de clasificación.

Después de tener confirmada la intención, el motor conversacional actual como orquestador con cuatro componentes clave, la gestión del contexto, el estado del usuario, la base de conocimiento y el servicio de trámites. La gestión del contexto se encarga de verificar y obtener el estado actual del usuario que envió el mensaje, a partir de esa información, el sistema se conecta a la base de conocimientos para ubicar y recupera la información institucional requerida para de eso modo generar la respuesta correspondiente para el usuario.

#### **4.4.1.4. Capa de servicios y negocios**

Esta capa se encarga de la gestión de trámites, incluyendo procedimientos, expedientes en curso, emisión de constancias y consultas sobre documentos presentados. El sistema solicita al usuario la información necesaria para continuar con cada trámite, como anexos, códigos, fechas y otros datos requeridos según el tipo de procedimiento. La lógica del sistema revisa la

información ingresada, detecta posibles inconsistencias y orienta al usuario de forma progresiva hasta completar el trámite correspondiente.

Asimismo, esta capa se encarga de atender consultas relacionadas con el estado de los expedientes y de realizar la actualización de los registros administrativos cuando corresponde. En este proceso, actúa como intermediaria entre el usuario y los sistemas internos de la UGEL, permitiendo el acceso a la información requerida sin exponer los datos institucionales.

Adicionalmente, se implementaron mecanismos de notificación automática asociados a los cambios de estado de los trámites. Cada transacción relevante genera un evento que activa el envío de un aviso al usuario a través de canales de mensajería como WhatsApp o Telegram. Este proceso no depende de la intervención del usuario, sino que se ejecuta en segundo plano cada vez que ocurre una actualización relevante. El sistema identifica al usuario correspondiente, recupera su medio de comunicación registrado y le envía un mensaje oportuno que informa el avance de su trámite.

#### **4.4.1.5. Capa de persistencia y datos**

Esta capa es la encargada de almacenar de forma segura y organizada los registros de los procesos del chatbot y la gestión administrativa. Es decir, garantiza que la información generada por los usuarios, los servicios internos puedan solicitarse, actualizarse y auditarse cuando la situación lo amerite.

Toda la persistencia de la capa recae en PostgreSQL. Esta base de datos centraliza la información de expedientes, trazabilidad de trámites y logs de interacción. Se modeló la estructura de datos de acuerdo con los procesos administrativos de la UGEL, lo cual garantiza la consistencia de la información y agiliza el acceso a los datos.

Paralelamente, se implementó el registro de eventos del chatbot. Este componente almacena datos sobre las interacciones y las excepciones del sistema. Dicha información resulta esencial para el mantenimiento correctivo y optimizar el funcionamiento general.

#### **4.4.2. Arquitectura Física**

La arquitectura física describe la disposición del hardware y los servicios de red que soportan el funcionamiento del chatbot, incluyendo mecanismos de seguridad y almacenamiento. Para este proyecto se utilizó un entorno en la nube basado en Amazon Web Services (AWS), que proporciona la infraestructura necesaria para atender la demanda.

Esta configuración facilita el mantenimiento y permite escalar el sistema según el volumen de consultas de la UGEL, sin afectar su rendimiento. La centralización de servicios en la nube contribuye a mantener la continuidad del servicio y la integridad de la información.

##### **4.4.2.1. Descripción general del entorno físico**

El sistema se despliega en una instancia EC2 con sistema operativo Ubuntu 24 que funciona como servidor del chatbot. En este entorno se integran los módulos de la aplicación como el acceso, motor conversacional, servicios internos y la API. Estos servicios son exclusivos de Amazon Web Services.

El uso de AWS permite el uso de recursos físicos gestionados por el proveedor, es decir, la gestión es realizada exclusivamente por el proveedor, manteniendo de ese modo un entorno estable, accesible y expansible.

##### **4.4.2.2. Componentes de infraestructura**

Este punto detalla los diversos componentes de la infraestructura tecnológica.

#### 4.4.2.2.1. Instancia EC2 – Servidor de aplicaciones

Es el equipo virtual donde corre la aplicación. Aloja el backend, los algoritmos y los servicios de negocio. Es una instancia EC2 tipo T3, que es de uso general, tiene costos bajos y procesamiento en ráfagas, teniendo la posibilidad de ampliar el uso de la CPU, ofreciendo un equilibrio entre procesamiento, memoria y redes.

**Tabla 8**

*Especificaciones del servidor EC2*

| Característica      | Valor                                        |
|---------------------|----------------------------------------------|
| Tipo de instancia   | t3.medium (AWS)                              |
| Arquitectura        | x86_64                                       |
| vCPU                | 2                                            |
| Memoria RAM         | 4 GiB                                        |
| Almacenamiento      | Elastic Block Store GP3 de 16 GiB            |
| Sistema operativo   | Ubuntu 24.04 LTS                             |
| Ubicación           | Región us-east-1                             |
| Red                 | VPC con subred pública                       |
| Puertos habilitados | 22 (SSH), 80 (HTTP), 443 (HTTPS), 8000 (API) |
| Seguridad           | Restringido, solo IPs autorizadas para SSH   |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

Las características y especificaciones del servidor EC2 se muestran en la Tabla 8, donde se detalla la instancia EC2 y lo relacionado a ella.

#### 4.4.2.2.2. Servidor de base de datos PostgreSQL

PostgreSQL es una solución robusta y de código abierto que tiene una ventaja muy importante, que es la capacidad de gestionar tanto datos relacionales y datos en formato JSON,

lo que constituye una característica de dualidad funcional. Es una base de datos relacional orientada a objetos, teniendo características como estabilidad y extensibilidad (Vellanki, 2025).

La información crítica de la lógica del negocio se almacena en tablas estructuradas y definidas, por otra parte, los registros y datos temporales hasta no estar completos o verificados en su totalidad, que son solicitados durante diversos procesos del chatbot, tales como datos personales, asuntos, números telefónicos, correos y demás, deben estar persistentes en la base de datos mientras no se finaliza el trámite.

Desde el punto de vista del despliegue físico, el servidor PostgreSQL no reside en la capa pública de la red. Se implementa estrictamente en una subred privada y aislada, accesible únicamente por los servidores de aplicación (Instancias EC2) a través del puerto 5432, teniendo de ese modo un estricto control perimetral asegurando o denegando conexiones directas.

#### **4.4.2.2.3. Nginx como reverse proxy y gestor de tráfico**

Todo el tráfico entrante de diversos servicios no es dirigido directamente al servidor de aplicaciones, se antepone un servidor Nginx, que es denominado proxy inverso. Nginx tiene buen rendimiento en el manejo de conexiones concurrentes y resalta su eficiencia con recursos limitados, características esenciales a un servicio de chatbot (Fernandez et al., 2023).

Nginx es el componente expuesto a la red pública; gestiona el cifrado y descifrado de las comunicaciones HTTPS, centraliza los certificados SSL y libera al servidor de la aplicación de la tarea de cifrado.

#### **4.4.2.2.4. Certificado SSL (Lets Encrypt)**

El certificado SSL (Secure Sockets Layer) no es un componente de hardware en sí mismo, pero es un elemento criptográfico indispensable que define la infraestructura física de acceso. Su implementación es obligatoria, ya que los servicios de mensajería solo hacen

solicitudes a servidores con certificado SSL. El certificado se instala y administra directamente en la capa Nginx, lo que evita conexiones sin el protocolo HTTPS e impide ataques de intercepción de datos. La automatización de la renovación periódica del certificado es clave para la continuidad del servicio (Cruz et al., 2022).

#### **4.4.2.2.5. Servicios externos de mensajería (WhatsApp y Telegram)**

La conexión se da mediante una API, teniendo endpoints dedicados también denominados Webhooks, y gracias a ello, el servidor es capaz de enviar solicitudes de respuestas a las APIs de estas plataformas.

Para acceder al servicio de mensajería de WhatsApp se hace mediante un intermediario llamado Twilio, que es una API de comunicaciones que permite integrar la mensajería de WhatsApp al aplicativo chatbot, es decir, un puente entre la plataforma y el chatbot.

Por otra parte, la API de Telegram es más accesible, amigable y directa en comparación con WhatsApp, sólo se requiere un token generado dentro de la aplicación, permitiendo así la comunicación bidireccional de forma rápida y sencilla.

#### **4.4.2.2.6. Servicio de notificaciones**

Este servicio se implementa de forma asíncrona dentro de la arquitectura física, mediante un listener que escucha cambios en campos determinados de una tabla transaccional, teniendo como función principal, la gestión de comunicación no iniciado por el usuario, es decir, a eventos que se dan en la base de datos. Por ejemplo, cuando un trámite actualiza algún campo dentro de la base de datos, se envía una notificación al usuario comunicando el cambio.

Primero se identifica al usuario, que pudo conectarse por Telegram o WhatsApp, en el caso de Telegram, no existen problemas, se envía directamente un mensaje con la información actualizada sobre su trámite, por el contrario, si es WhatsApp, se dispone un intervalo de 24

horas para seguir el flujo de conversación, siendo algo no factible para las notificaciones respecto a su trámite. Para ese tipo de mensajes, existe un mecanismo denominado “plantilla”, que son mensajes iniciados por el chatbot, deben ser aprobados por la plataforma de WhatsApp antes de ser enviados, siendo algo muy inflexible por políticas de privacidad y posible spam.

#### **4.4.2.3. Seguridad de infraestructura y acceso**

Un sistema conversacional que opera de manera constante y que maneja información sensible de los usuarios requiere niveles de seguridad altos. En esta sección se describen las medidas para proteger las capas internas del chatbot.

##### **4.4.2.3.1. Cifrado y filtrado de tráfico**

Para proteger el tráfico, se utiliza el protocolo HTTPS, que cifra la comunicación entre el navegador y la aplicación web mediante protocolos como TLS, transformando la información en texto ilegible para terceros y evitando interceptaciones (Flórez et al., 2021).

El uso de este protocolo garantiza la confidencialidad e integridad de los datos y es obligatorio según las políticas de los servicios de mensajería, que exigen que los endpoints de webhook sean accesibles únicamente mediante HTTPS.

##### **4.4.2.3.2. Configuración de Seguridad de Red**

La seguridad del sistema se implementa mediante la segmentación y el filtrado del tráfico, usando los firewalls virtuales gestionados por AWS. Se aplicó una política de mínimo privilegio a nivel de cada instancia, garantizando que cada componente solo se comuniquen con los elementos estrictamente necesarios, de acuerdo con la lógica del negocio y del servicio.

#### **4.4.2.3.3. Restricciones de Acceso y Aislamiento**

El servidor consta de un entorno de red (VPC), este entorno debe ser seguro y aislado, logrando así tener una sección privatizada y controlada. Por una parte, existe un aislamiento de la base de datos, el servidor PostgreSQL no tiene acceso físico desde el exterior, es decir, para acceder a la base de datos, se tiene que ingresar primero a la instancia EC2 del servidor.

Las reglas de seguridad verifican que se acepten conexiones solamente desde la instancia EC2, específicamente de la capa de Servicios y Negocios, como se muestra en la Figura 3, sólo esas capas tienen permitido el acceso a la base de datos PostgreSQL. Gracias a ello, se garantiza que la persistencia y la integridad de la información permanezcan seguras.

#### **4.4.2.3.4. Gestión de credenciales y API Keys**

Aquí se abordan dos puntos críticos, la protección de datos privados del sistema y la autenticación del tráfico externo legítimo. Primero, la protección de credenciales internas, tales como credenciales para la base de datos, servicios externos, credenciales de la nube y demás valores, teniendo prohibido el almacenamiento directo en el código fuente. En su lugar se optó el uso de variables de entorno para la información de las credenciales. Se puede rotar periódicamente los valores sin requerir cambios o despliegues en el código de la aplicación.

Por otra parte, existe la autenticación de clientes externos, e implementó una estricta política de autenticación por API Key. Aunque la conexión ya está cifrada vía HTTPS, la API Key añade una capa de identificación y autorización para los clientes que consumen el servicio.

Si se accede al API sin la clave, se deniega el acceso inmediatamente con un código de error HTTP 401, previniendo así peticiones maliciosas o no autenticadas consuman recursos del backend o interactúen con la lógica de negocio.

#### **4.4.2.4. Disponibilidad y escalabilidad**

Este punto describe la capacidad de disponibilidad y escalabilidad que posee el chatbot para que de ese modo escale y esté disponible respecto al tiempo.

##### **4.4.2.4.1. Estrategia de alta disponibilidad**

La alta disponibilidad es un requisito fundamental para que el servicio del chatbot opere de manera continua, al tener un servidor EC2, Amazon proporciona una disponibilidad aproximada del 99.9% en la región, garantizando que las instancias se puedan reemplazar cuando tengan fallas. El proveedor se encarga de administrar la disponibilidad (Amazon, 2024).

##### **4.4.2.4.2. Estrategia de escalado**

El tráfico generado por el chatbot puede crecer de manera rápida o del mismo modo, tener picos de tráfico inesperados, para este tipo de circunstancias, se basó en el principio de la escalabilidad horizontal. Es decir, en un futuro donde las peticiones aumenten su tráfico sustancialmente, no se dependa en mejorar las capacidades del servidor a uno más potente, por el contrario, tener la capacidad de agregar diversos servidores idénticos cuando sea necesario.

Para esta integración es fundamental un balanceador de cargas, pues su función principal es distribuir equitativamente las peticiones entre todas las instancias EC2 activas. Este diseño permite que el sistema crezca de manera elástica para optimizar el rendimiento y costo.

#### **4.4.3. Flujo de interacción usuario–sistema**

Esta parte sirve para describir la dinámica operativa del aplicativo, siendo el punto de conexión entre los requisitos de la aplicación y la arquitectura. Se enfoca en la secuencia de eventos y decisiones desde que el usuario envía un mensaje hasta obtener una respuesta.

#### 4.4.3.1. Vista general del canal

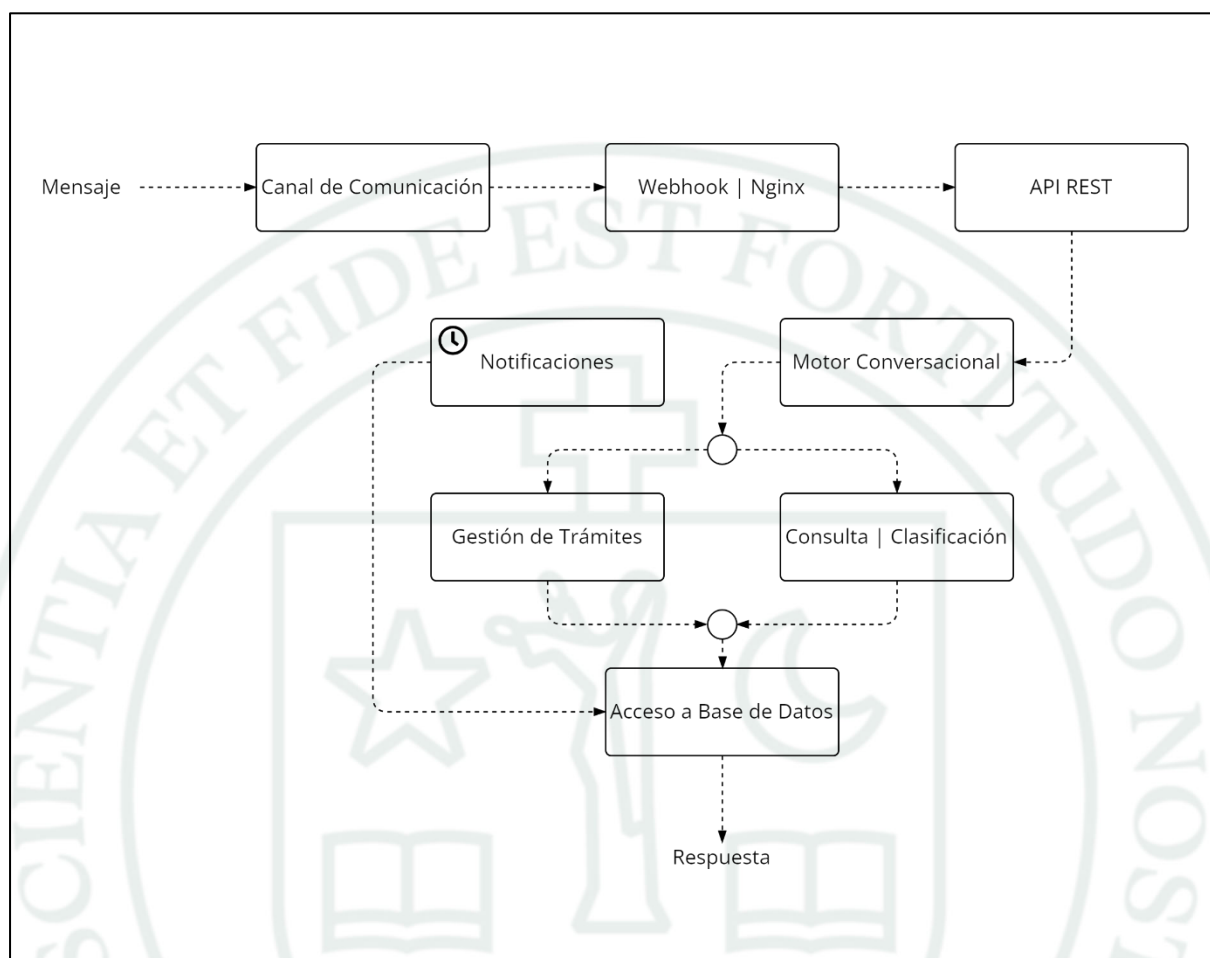
La comunicación entre el usuario y el sistema comienza en el perímetro externo de la arquitectura, específicamente en el canal de comunicación. No es una aplicación móvil o un sistema web, sino que opera como un backend que interactúa mediante interfaces de programación (APIs) de los servicios externos de mensajería como WhatsApp y Telegram.

La comunicación se establece mediante Webhooks, específicamente cuando un usuario envía un mensaje no esperando una respuesta, sino como un emisor de eventos que realiza una llamada HTTPS POST a un endpoint de la infraestructura de la aplicación, garantizando así que el servidor no esté consultando el canal constantemente.

Todo el tráfico es dirigido al balanceador de carga, seguido del reverse proxy, siendo estos los únicos puntos de contacto con la red pública. Seguido a ello, se descifra la comunicación bajo el protocolo HTTPS y verifica la fuente mediante una API Key, si se verifica que el tráfico es válido y genuino, se transforma el payload a un estándar interno (JSON) para posterior a ello, son reenviadas a las diversas instancias de la aplicación. Para ilustrar la vista general de la estructura, se muestra el diagrama de la Figura 5.

**Figura 5**

*Diagrama de bloques del chatbot “TramiBOT”*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

#### **4.4.3.2. Flujo de eventos y orquestación**

Cuando el mensaje del usuario llega al orquestador principal, el sistema recupera el estado de la sesión mediante la capa de persistencia (CRUD), inicializándolo en modo Menú si es nulo y verifica si corresponde a un comando de navegación explícito.

De no ser así, la solicitud se delega según el estado de la sesión a dos caminos, el primer camino es la ruta inteligente, es decir el modo consultas, dónde se clasifica la intención del mensaje mediante el modelo híbrido de machine learning, el segundo camino es la ruta

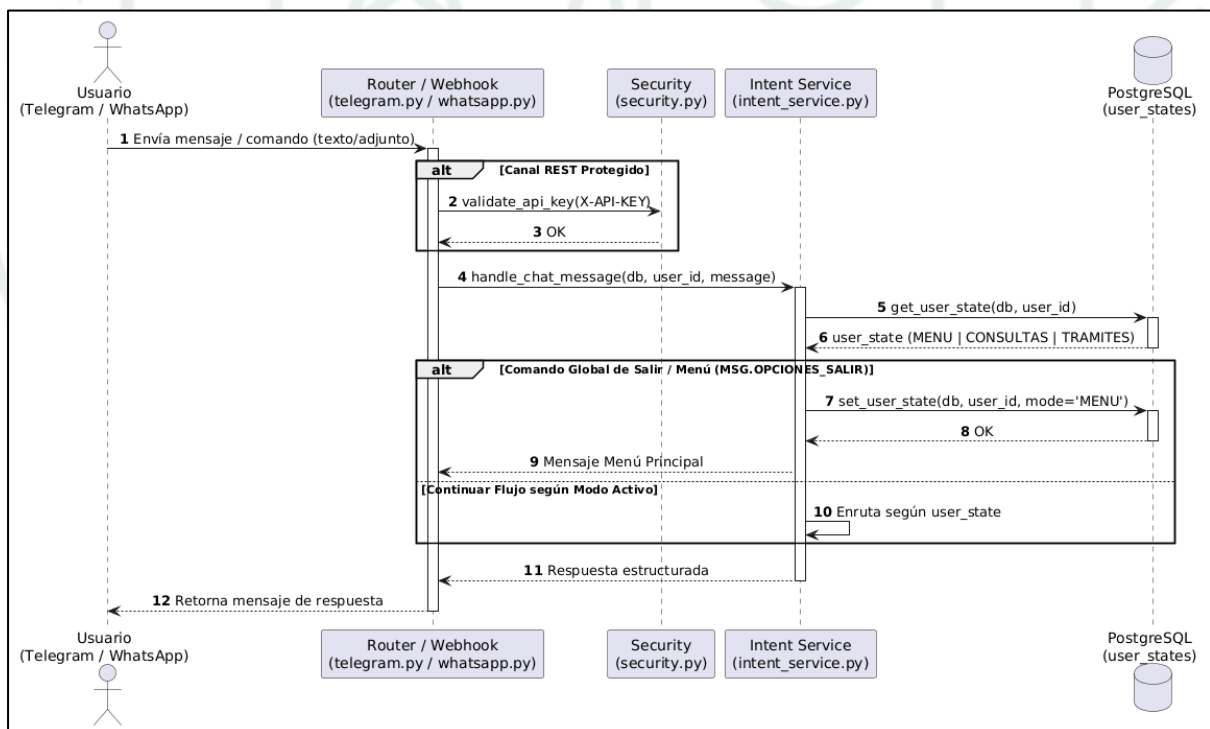
transaccional, en modo *trámites*, que gestiona la recolección de datos necesarios para completar un procedimiento administrativo.

#### 4.4.3.3. Cronología de interacción y secuencias del sistema

Todo comienza cuando el usuario envía un mensaje desde la aplicación de mensajería (WhatsApp o Telegram) hacia el webhook correspondiente. El mensaje supera un filtro de control, el router delega la solicitud al módulo orquestador, consultando el modo actual en la que se encuentra el usuario (menú, consulta o trámite). Si corresponde a un comando de salida, el comando fuerza a modo *menú*, de lo contrario, el flujo continúa con el modo activo que se encuentre (ver Figura 6).

**Figura 6**

*Diagrama de secuencia de recepción de mensaje y gestión de estados*

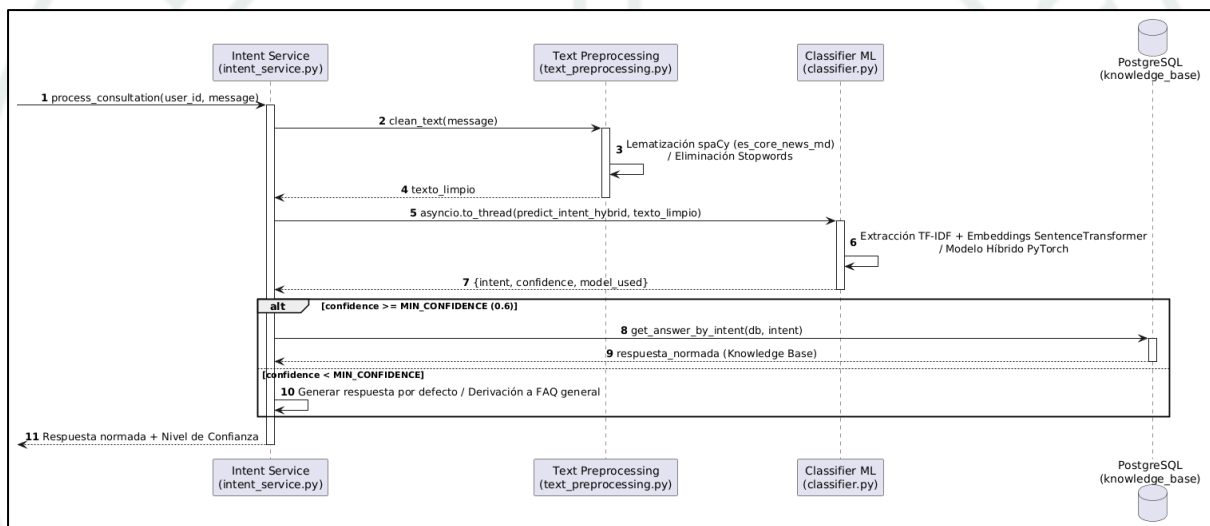


*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

Cuando el usuario envíe una consulta redactada en lenguaje natural, el orquestador toma el mensaje y lo envía al módulo de preprocesamiento, en ese módulo se realiza una limpieza, lematización, se descartan los stopwords. Luego este mensaje es enviado al clasificador híbrido y retorna una intención con su respectivo porcentaje de confianza. Si supera el umbral, se consulta la base de conocimientos para obtener una respuesta normada, si la confianza no es suficiente, se recupera una respuesta por defecto para pedir retroalimentación (ver Figura 7).

**Figura 7**

*Diagrama de secuencia de clasificación de consultas con ML*

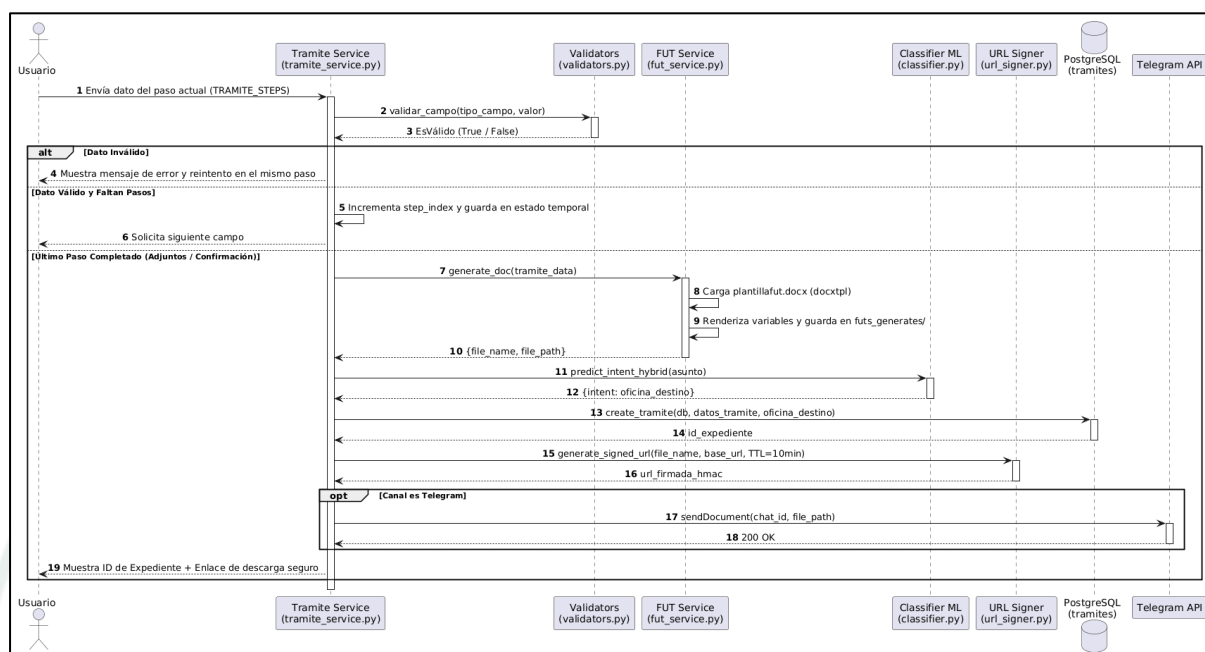


*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

Si un usuario quiere realizar un procedimiento administrativo para generar su Formulario Único de Trámite (FUT), se activa un recorrido de recolección de datos paso a paso, realizando la validación de cada dato, si no pidiendo nuevamente el ingreso correcto del dato específico. Al completar los pasos se genera un FUT con toda la información, se registra el expediente con un código único, se crea un enlace de descarga limitado y se envía el documento final con un mensaje de finalización (ver Figura 8).

**Figura 8**

*Diagrama de secuencia de registro de nuevo trámite y generación de FUT*

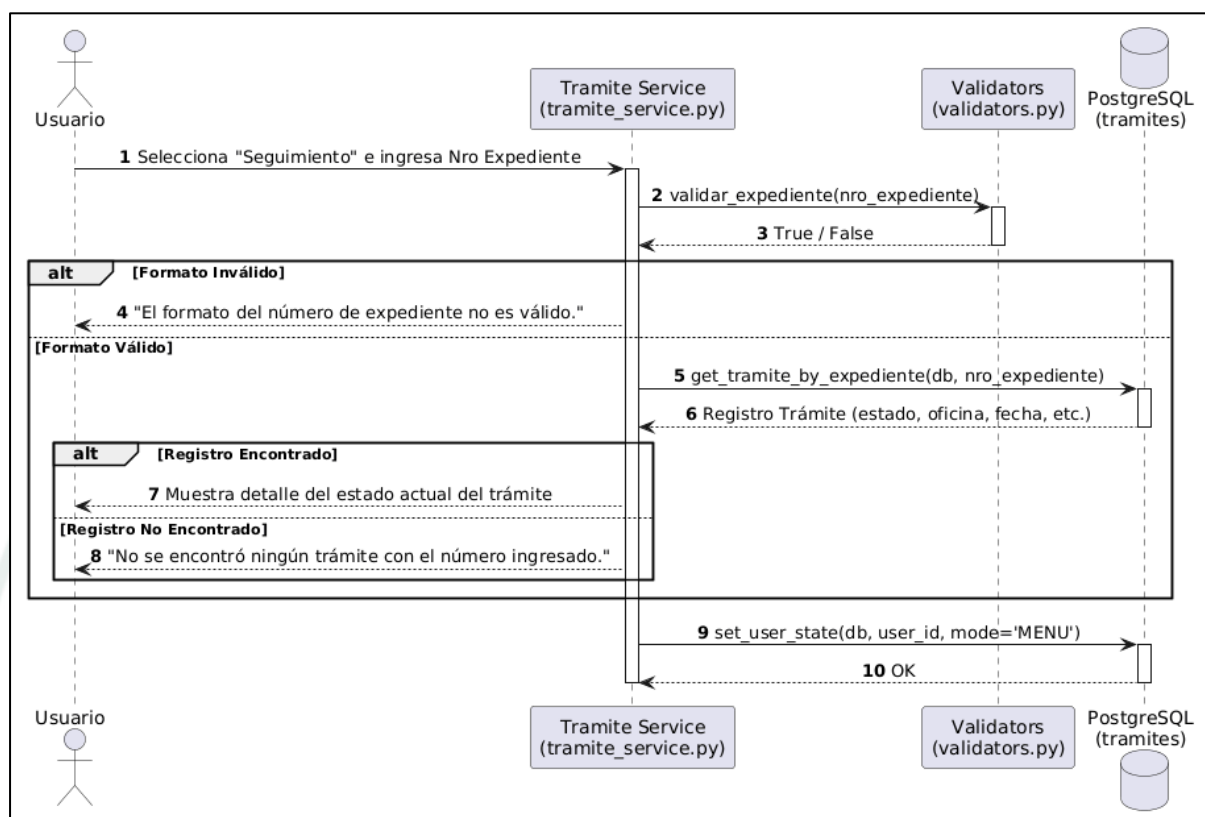


*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

Los usuarios pueden verificar en qué situación se encuentra su expediente activo. Al seleccionar la opción de seguimiento, el sistema le solicita el número de expediente, si es correcto, se notifica al usuario el estado actual del trámite con toda la información necesaria. Al concluir esta consulta informativa, el motor conversacional restablece automáticamente el estado del usuario devolviéndolo al menú principal de opciones (ver Figura 9).

**Figura 9**

*Diagrama de secuencia de consulta y seguimiento de trámite*

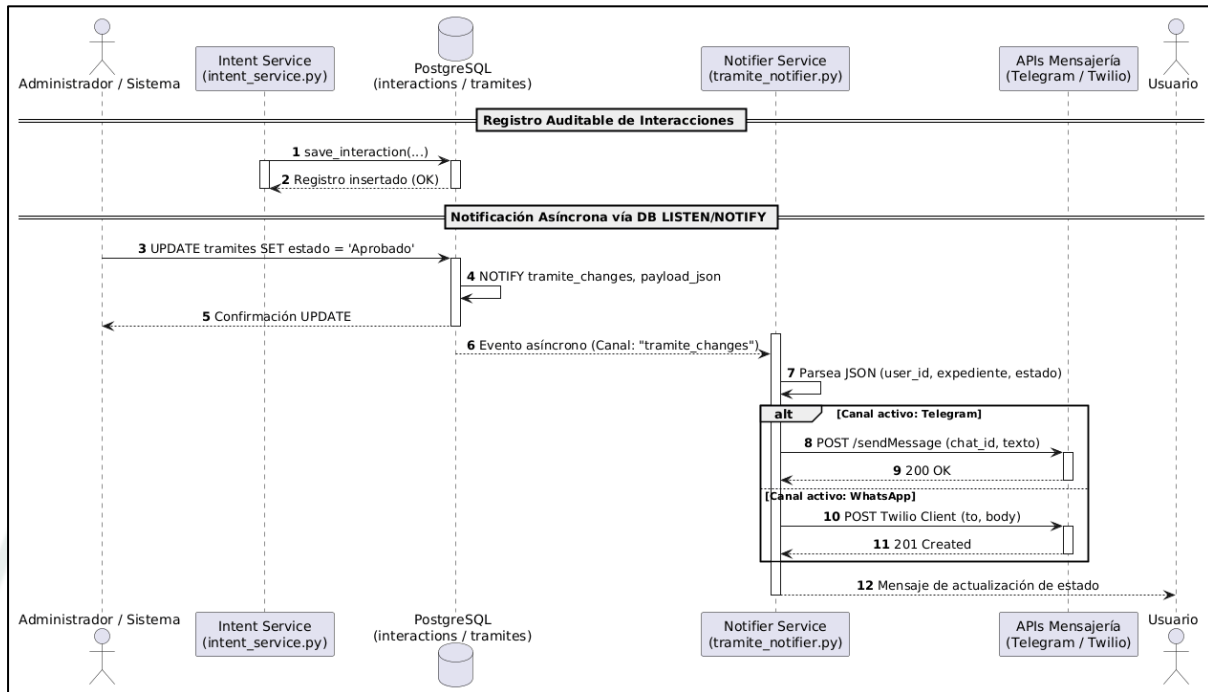


*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

El ciclo finaliza con la trazabilidad interna y la comunicación proactiva con los usuarios a través de mecanismos independientes. Por un lado, cada interacción se registra en una tabla de auditoría para su posterior análisis. También se incorpora un canal de notificaciones en tiempo real con arquitectura asíncrona LISTEN/NOTIFY de PostgreSQL, cuando ocurre un cambio, la base de datos emite una notificación al instante, ya sea por WhatsApp y Telegram informándole al usuario el avance de su trámite sin necesidad de que sea consultado manualmente (ver Figura 10).

**Figura 10**

*Diagrama de secuencia del registro de interacciones y notificaciones*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

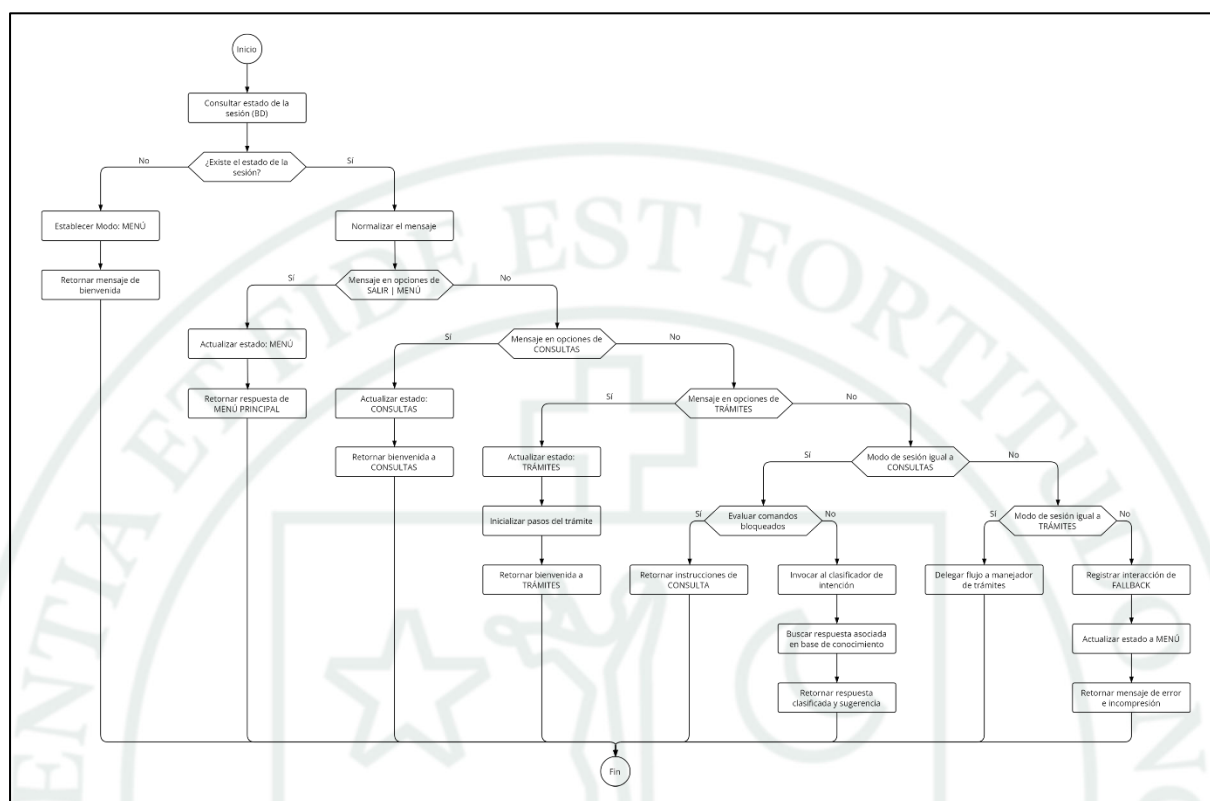
#### 4.4.3.4. Algoritmo de decisión del módulo orquestador

El orquestador implementa un algoritmo de decisión basado en prioridades jerárquicas, primero verifica si corresponde a un comando de navegación, si es el caso, se actualiza el estado de navegación. Segundo, revisa si el usuario se encuentra dentro de un trámite, se deriva la solicitud a la Capa de Servicios y Negocios. Solo cuando ninguna de estas dos condiciones se cumple, el flujo se dirige a la clasificación de intención mediante el modelo híbrido. De este modo se evita invocar el motor de IA cuando no es necesario.

Siguiendo el orden ya descrito, el sistema aplica una validación final basada en el umbral de confianza de 0.60. Por encima de este valor se emite la respuesta asociada a la intención identificada, por debajo, se activa un mecanismo de retroalimentación. La Figura 11 sintetiza esta jerarquía de decisiones en un diagrama de flujo.

**Figura 11**

*Diagrama de flujo del módulo orquestador del chatbot “TramiBOT”*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

La Figura 11 permite identificar los puntos de decisión entre consultas administrativas y gestión de trámites.

#### 4.5. Diseño de la solución

El diseño de la solución define de manera estructurada cómo la propuesta tecnológica satisface los objetivos planteados, mediante la traducción de los requerimientos en modelos que orientan la implementación. En este apartado se describe el diseño funcional del sistema, con énfasis en la transformación del proceso administrativo actual hacia un modelo optimizado mediante el chatbot TramiBOT.

#### **4.5.1. Diseño funcional**

Este apartado describe el funcionamiento del sistema desde la perspectiva del usuario y la lógica de los procesos, sin abordar los componentes técnicos de la arquitectura. El análisis representa la operatividad administrativa de la UGEL y compara el flujo tradicional de atención y la dinámica generada tras la incorporación del chatbot .

##### **4.5.1.1. Modelo del proceso actual (AS-IS)**

El proceso actual de gestión de trámites en la UGEL se sustenta principalmente en una atención presencial y en procedimientos manuales, lo que conlleva a demoras recurrentes, reprocesos y una dependencia al personal administrativo.

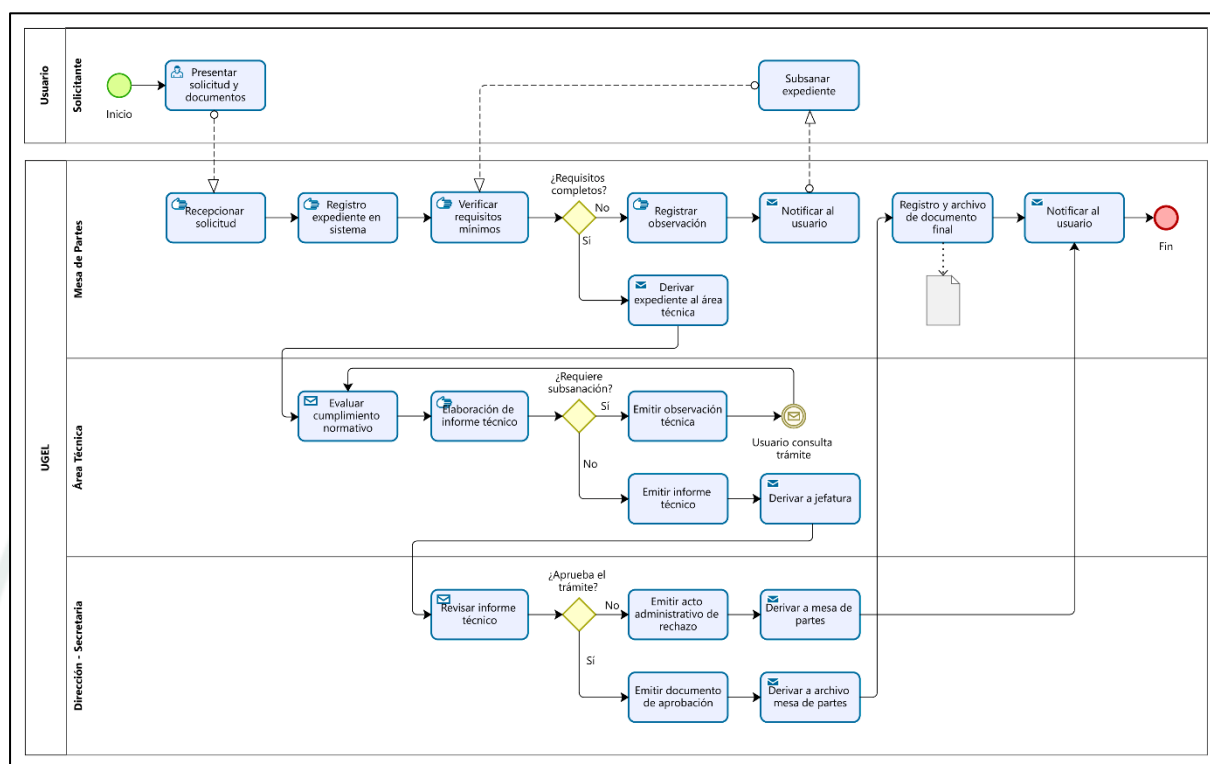
En este escenario, el usuario debe acudir presencialmente a la UGEL para gestionar sus consultas o iniciar un nuevo trámite. Ello implica la entrega de documentación en formato físico y su validación manual que dependen de la carga laboral en las áreas correspondientes.

La representación del modelo AS-IS describe de manera detallada la secuencia de actividades que ejecutan los diversos actores del proceso, desde el ingreso de la solicitud hasta la fase final de notificación o respuesta. Mediante el uso del estándar BPMN, se han diagramado las interacciones, tareas sucesivas y procesos, permitiendo ver los puntos críticos de decisión y, sobre todo, los tiempos de espera que actualmente ralentizan el servicio.

En la Figura 12 se presenta el diagrama BPMN del proceso actual (AS-IS) que representa el flujo tradicional del sistema de atención de trámites.

**Figura 12**

*Diagrama BPMN del proceso actual (AS-IS)*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

#### 4.5.1.2. Análisis del proceso actual

Se evidencian diversas limitaciones relacionadas con la eficiencia y calidad de servicio. La atención presencial genera cuellos de botella en las oficinas de atención especialmente durante periodos de alta demanda. La ausencia de canales automatizados obliga a la reiteración de consultas que incrementa la carga operativa del personal.

Se identificó que la falta de trazabilidad en tiempo real de los expedientes constituye un factor crítico, ya que genera incertidumbre en los usuarios. Se suma la dependencia de la disponibilidad del personal que limita las operaciones de gestión a horarios de oficina, dejando sin atención la demanda fuera de este periodo.

Ante esta situación, se justifica el desarrollo de una solución tecnológica destinada a automatizar consultas frecuentes y sistematizar el inicio de los trámites, con el fin de establecer un canal de comunicación más ágil y directo con los usuarios.

#### **4.5.1.2.1. Cuellos de botella detectados en el modelo (AS-IS)**

Frente al análisis del modelo AS-IS que se aprecia en la Figura 12, se identificaron los siguientes cuellos de botella:

##### **a. Concentración de la atención en un único punto**

Como se aprecia en la Figura 12, el proceso obliga a que toda solicitud converja en un único punto de ingreso, Mesa de Partes, antes de derivarse al Área Técnica y, posteriormente, a la Dirección – Secretaría. Esta secuencia lineal, sin validaciones tempranas ni pasos en paralelo, concentra un cuello de botella del proceso.

##### **b. Gestión ineficiente de observaciones y devoluciones**

Un expediente puede recorrer las diversas áreas y ser rechazado en la última etapa, sin que el usuario haya recibido algún tipo de alertas previas. A esto se suma que, ante requisitos incompletos, el expediente debe subsanarse de forma presencial, representando un ciclo de retorno al usuario, reiniciando el proceso en Mesa de Partes, en lugar de corregirse dónde se realiza la observación, incrementando los tiempos de espera.

##### **c. Falta de trazabilidad y saturación de consultas**

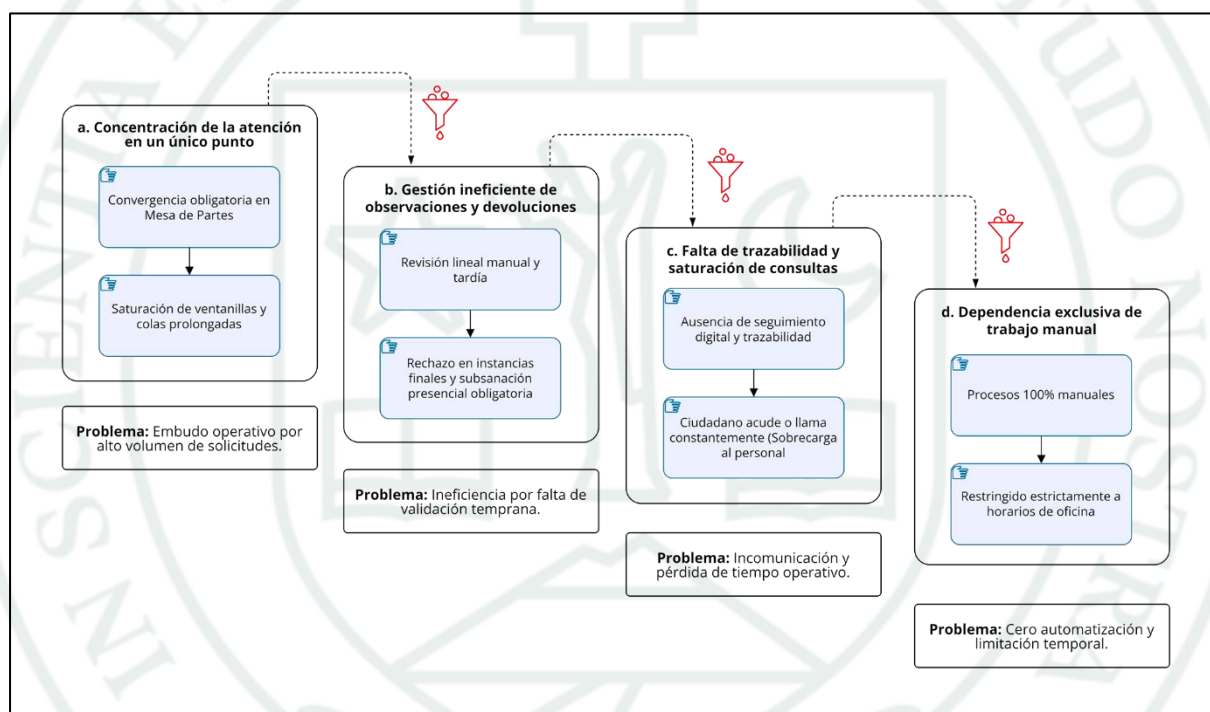
Tal como se observa en la actividad "Usuario consulta trámite", el ciudadano queda incomunicado tras entregar sus documentos. Al no contar con un medio digital para verificar el estado de su trámite, los usuarios se ven en la necesidad de acudir a la oficina o llamar repetidamente, lo que satura al personal y le quita tiempo para revisar los expedientes.

#### d. Dependencia exclusiva de trabajo manual

Finalmente, todas las actividades dependen por completo de la ejecución manual del personal de la UGEL, sin ningún tipo de automatización. Debido a esto, la atención queda limitada a la disponibilidad de personal y al horario de atención de las oficinas, dejando al ciudadano sin canales de atención.

**Figura 13**

*Identificación de Cuellos de Botella en el modelo AS-IS*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

#### 4.5.1.3. Modelo del proceso propuesto (TO-BE)

Ante las limitaciones del proceso actual, se planteó un modelo optimizado (TO-BE) que incorpora el chatbot TramiBOT como canal digital de atención mediante plataformas de mensajería. Este modelo centraliza las consultas y la gestión de trámites, funcionando como el punto inicial para la interacción entre los usuarios y la UGEL.

La propuesta del modelo TO-BE se fundamenta en la redefinición del flujo de atención, transformando la interacción pasiva en un sistema dinámico de autogestión. Bajo este esquema, el usuario final asume un rol activo, pudiendo dar apertura a expedientes administrativos y consultar el estado real de sus trámites sin intermediarios. La arquitectura del flujo garantiza que cada hito del proceso dispare notificaciones automáticas, manteniendo la trazabilidad informativa en todo momento.

Un aspecto crítico de esta redefinición es la capa de validación previa al almacenamiento. Antes de que cualquier registro impacte en la base de datos, el sistema somete los inputs a reglas de consistencia técnica y administrativa, lo cual no solo mitiga el error humano en el ingreso de datos, sino que reduce significativamente la carga de revisión manual en las etapas posteriores.

En la Figura 14 se esquematiza el acoplamiento entre la interfaz del chatbot (canales digitales) y el backend operativo de la UGEL. El modelo visual permite identificar cómo los procedimientos internos se sincronizan con las solicitudes externas para lograr una gestión documental eficiente y moderna.

*Diagrama BPMN del proceso propuesto (TO-BE)*



#### 4.5.1.4. Beneficios del modelo propuesto TO-BE

Frente a la propuesta del modelo TO-BE que se aprecia en la Figura 14, se identificaron los siguientes beneficios:

### a. Descentralización y atención omnicanal

A diferencia del modelo AS-IS que obligaba a la convergencia física en Mesa de Partes, el nuevo modelo permite que el usuario inicie su gestión desde cualquier ubicación a través de plataformas digitales, eliminando de ese modo las colas y cuellos de botella espaciales.

#### **b. Reducción de errores y validación**

Mediante la capa de validación y consulta incorporada en el chatbot, se garantiza que los expedientes cumplan en su gran mayoría con todos los requisitos técnicos y administrativos antes del ingreso formal al proceso, evitando ciclos de rechazos y devoluciones.

#### **c. Trazabilidad total y eliminación de incertidumbre**

El chatbot proporciona notificaciones automáticas en cada hito del proceso, permitiendo al usuario conocer el estado de su trámite en tiempo real. Esto elimina la necesidad de realizar consultas recurrentes presenciales, liberando al personal de la UGEL de tareas administrativas repetitivas.

#### **d. Disponibilidad 24/7 y automatización de flujo**

Al tratarse de una solución tecnológica, la atención no está limitada a horarios de oficina preestablecidos, ni a la disponibilidad manual del personal administrativo, garantizando de ese modo un servicio continuo y una gestión documental sistematizada.

#### **4.5.1.5. Relación del proceso TO-BE con las funcionalidades del chatbot**

El modelo TO-BE se refleja en las funcionalidades del chatbot TramiBOT. Las actividades definidas en el proceso propuesto se traducen en capacidades del sistema, como: atención de consultas, gestión guiada de trámites, validación de datos de entrada y generación de documentos según los requisitos de cada procedimiento.

El sistema incorpora funcionalidades para el seguimiento del estado de los expedientes, así como el envío de notificaciones automáticas. Esta integración garantiza la relación entre el diseño del proceso de negocio y el despliegue tecnológico, asegurando que la solución

responda de manera efectiva a las necesidades identificadas durante el diagnóstico del proceso actual.

#### 4.5.1.6. Flujo de navegación y control de modos

El diseño funcional de la navegación dentro del sistema está basado en el paradigma de un autómata de estados finitos (FSM). El chatbot debe consultar de forma persistente el estado de la sesión de cada usuario para garantizar la coherencia en el diálogo, siendo ello, fundamental para el flujo de eventos y orquestación.

El sistema define tres modos operativos, almacenados dentro de la capa de persistencia. El primer estado es el *menú*, que ofrece opciones generales o de bienvenida al usuario. El segundo estado es *consultas*, está enfocado en el procesamiento de lenguaje natural, es decir, consulta el modelo híbrido de machine learning y finalmente el estado de *trámites*, es un estado secuencial que contiene dos subestados, *seguimiento* y *nuevo trámite*, estos estados interactúan mediante el módulo de trámites (lógica de negocio), dirigiendo la conversación paso a paso con las validaciones correspondientes.

Las transiciones entre estados están diseñadas prioritariamente, es decir, los comandos explícitos (*menú*, *trámites*, *consultas*, *salir*), tienen la prioridad más alta. Si algún usuario está actualmente dentro del modo *consultas*, escribe el comando *trámites*, el cambio de estado y actualización en la capa de persistencia se realiza de manera inmediata.

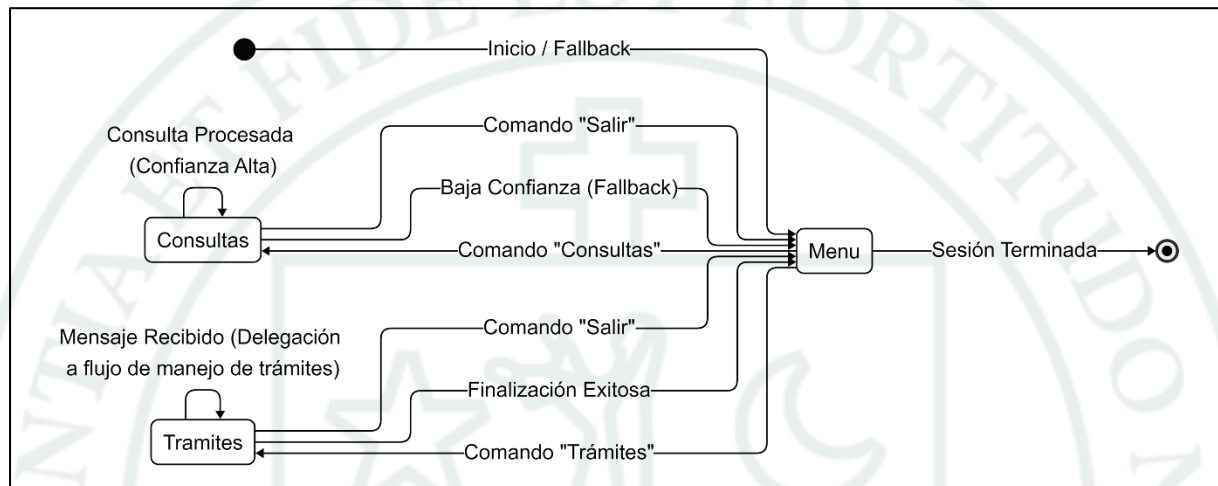
Por otra parte, existen transiciones de finalización, que son estimuladas por la finalización de un flujo de trámite cuando un trámite finaliza de manera exitosa, el sistema fuerza la transición de *trámites* a *menú*.

Existe la posibilidad, que un mensaje no sea comprendido o que el nivel de confianza obtenido por el modelo de IA sea muy bajo, cuando esto sucede se ejecuta una transición de

retroalimentación, es decir, se retorna al estado *menú*, restableciendo la cronología de la conversación. Esta gestión de estados garantiza estabilidad y navegabilidad dentro del aplicativo. La lógica de transición de estados del chatbot se representa en la Figura 15.

**Figura 15**

*Diagrama de transición de estados del chatbot “TramiBOT”*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

#### 4.5.1.7. Diseño del diálogo para consultas (Ruta IA)

El diseño de este diálogo está enfocado en la experiencia conversacional con el usuario. El flujo de este diálogo debe ser flexible y que soporte ambigüedades. El flujo se activa cuando el Orquestador determina que la intención del usuario requiere una respuesta informativa y no un cambio de estado transaccional. La secuencia diseñada corresponde a una cadena simple, con un punto de validación crítico.

El mensaje es clasificado por el algoritmo híbrido y si se supera el umbral de confianza, se accede a la base de conocimiento para buscar una respuesta de las tantas que existen. Después de ello, se envía el mensaje de forma clara y concisa a la conversación. Una vez entregada la información, el chatbot realiza una pregunta de seguimiento. Esto es fundamental,

ya que insta al usuario a seguir preguntando continuamente y no terminando abruptamente la conversación.

La clave del chatbot es no dar respuestas si no se superó el umbral de confianza, ya que los algoritmos siempre retornan un *intent* clasificado, aunque su confianza sea muy baja, se genera una respuesta de incompreensión, diciendo que reformule su pregunta, asegurando de ese modo el camino adecuado en la conversación y evitando ambigüedades.

#### **4.5.1.8. Diseño del diálogo para trámites (Flujo secuencial)**

El modo de trámites representa el motor transaccional del sistema. A diferencia del modo consultas, este flujo opera bajo una estructura secuencial, es decir, guiar al usuario mediante un proceso de negocio complejo, un trámite en el caso de una UGEL, asegurando una recopilación completa y correcta de los datos.

El flujo inicia con la ruta a seguir, la primera acción es la elección entre un *nuevo* trámite o *seguimiento*, si el usuario escoge *seguimiento*, se solicita identificar su trámite y se retorna toda la información de su trámite.

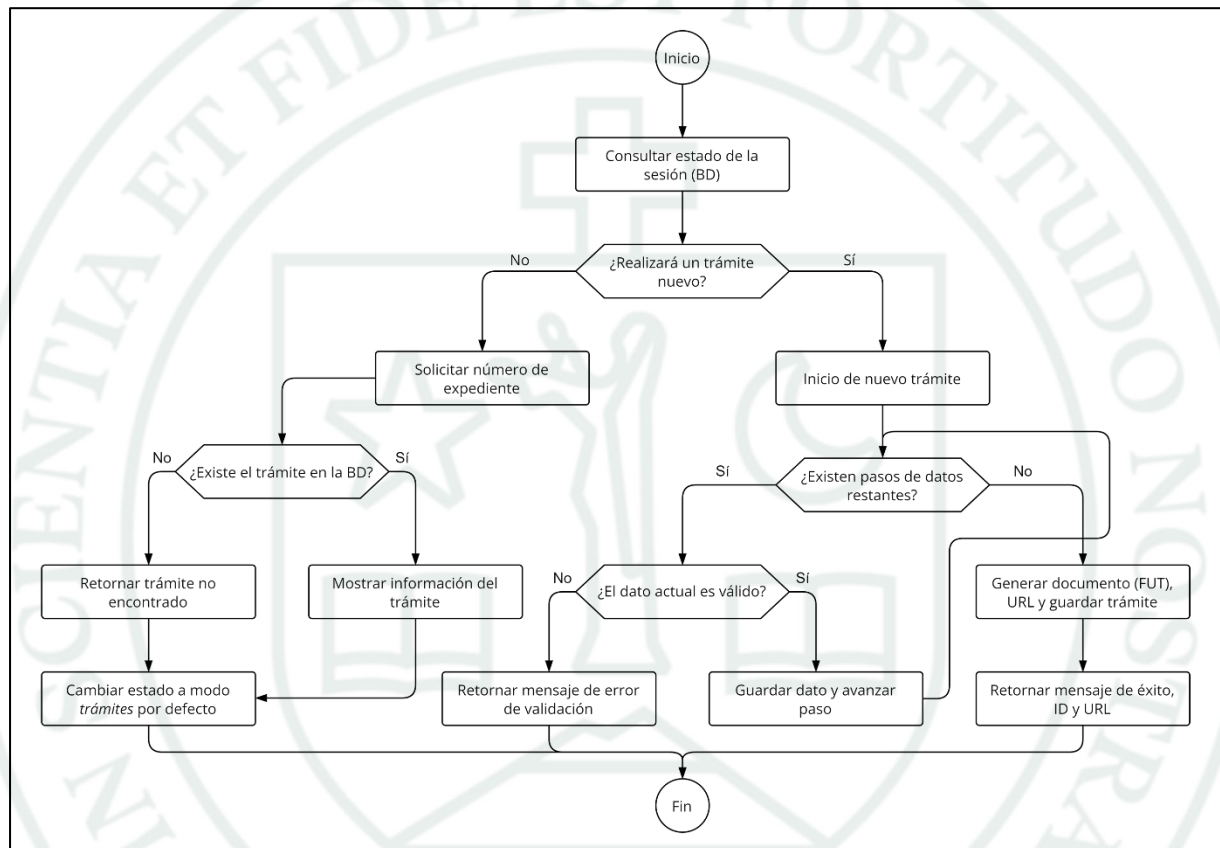
Por el contrario, si escoge *nuevo*, se inicia un trámite, primero se inicializa el paso del trámite a cero y simultáneamente se genera un diccionario que almacena toda la información del trámite. Posterior a ello, se hace una iteración de recolección de datos, es decir, se utiliza un bucle secuencial por el índice de secuencia de paso del trámite, validando los datos antes de seguir al siguiente paso, si existe un error, se envía un mensaje de retroalimentación con el error, si no existe algún error, el índice avanza al siguiente paso, enviando la pregunta correspondiente.

Una vez que índice sea igual al número de pasos el sistema genera un documento de solicitud, persiste el trámite en la base de datos y almacena el documento generado, retornando

un enlace seguro para la descarga del documento por un tiempo limitado y restableciendo el estado del usuario al modo *menú*. Se evidencia el diagrama de flujo del modo trámites (ver Figura 16).

**Figura 16**

*Diagrama de flujo de modo trámites del chatbot “TramiBOT”*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

#### 4.5.2. Diseño técnico

Este diseño está enfocado en representar las funcionalidades definidas anteriormente, en componentes de software tangibles, interfaces y estructuras de datos persistentes en el tiempo. Al basarse en capas independientes, la lógica de negocio está aislada de la capa de persistencia, motor conversacional y demás capas de la arquitectura.

#### 4.5.2.1. Modelo de datos

La capa de persistencia está diseñada con un enfoque relacional modular, para soportar las diferentes funciones de un chatbot, control de estado, auditorías, análisis y la gestión de trámites. La estructura se implementó utilizando SQLAlchemy, permitiendo una clara distinción entre la lógica del *chatbot* y el acceso a la base de datos.

La entidad *UserState*, es la encargada de la información de los estados de cada usuario, es decir, es la memoria a corto plazo del chatbot, almacena estados e información pasada para ser usadas en solicitudes futuras. Su diseño permite continuar el flujo de la conversación, aún si el usuario responde después de un tiempo prolongado. Los campos fundamentales de esta entidad son *user\_id*, que es el identificador del usuario en la plataforma de mensajería, *mode*, atributo donde se almacena el modo actual (*menú*, *consultas*, *trámites*), *tramite\_step*, atributo donde se almacena el número de paso o índice del dato solicitado y *tramite\_data*, que es el contenedor de la información recopilada y validada para realizar el trámite.

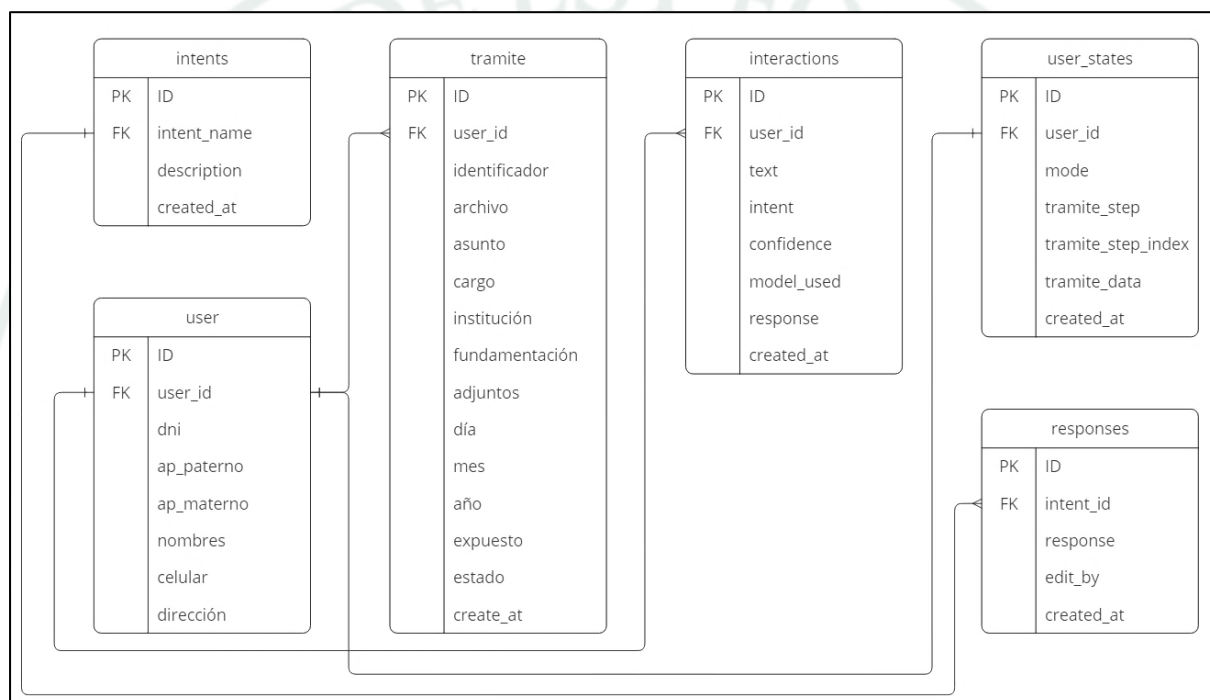
La Entidad *Interaction* sirve para registrar las interacciones de los usuarios y de ese modo nutrir un dataset de entrenamiento y también como registro de auditoría. Asegurando así la mejora continua del modelo de IA. Almacena el historial completo del mensaje del usuario y la respuesta generada (*response*), almacenando también el modelo utilizado (Random Forest, Regresión Logística o K-Vecinos más Cercanos) y la confianza principalmente.

La entidad trámite es la capa de persistencia del módulo de negocio. Almacena la solicitud generada (FUT) al completar el flujo secuencial de un trámite, garantizando que la información de cada trámite sea persistente y consultable.

La entidad base de conocimiento es para las respuestas clasificadas y administradas por usuarios relacionados con la UGEL, para el modelo de machine learning. Existe una relación de uno a muchos, es decir, un *intent*, puede tener muchas respuestas asociadas.

**Figura 17**

*Modelo relacional de la base de datos del chatbot “TramiBOT”*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

Cómo se aprecia en la Figura 17, se presenta el modelo relacional de la base de datos, incluyendo las relaciones y dependencias existentes entre las entidades.

#### 4.5.2.2. Definición de interfaz de servicios (API)

El diseño de la Interfaz de Programación de Aplicaciones (API) se construye bajo el principio de una API REST, que está orientada a gestionar dos flujos de comunicación primordiales, el primero la recepción de mensajes en tiempo real y el segundo la entrega segura de recursos generados por el aplicativo, con el fin de garantizar el enfoque en una lógica conversacional.

Los dos *endpoints* primordiales para la comunicación actúan como puntos de entrada de la conversación, diseñados para recibir el tráfico proveniente de las plataformas de mensajería WhatsApp y Telegram.

El cuerpo de la solicitud (*request*) debe cumplir la estructura de datos de la plataforma de mensajería, incluyendo un ID de usuario y el contenido del mensaje a un formato interno estándar. El endpoint actúa como enlace entre la capa de interfaz y acceso con la capa de orquestación, controlando que los flujos se inicien desde una fuente controlada.

Finalmente, la gestión de un trámite acaba con la generación de un documento (FUT), luego se brinda un enlace de descarga seguro. Esta interfaz evita exponer los archivos del servidor.

#### **4.5.2.3. Configuración del Entorno de Desarrollo y Despliegue**

La selección de las tecnologías y el diseño del entorno de ejecución se enfocan en la reproducibilidad, eficiencia y disponibilidad en los modelos de machine learning.

##### **4.5.2.3.1. Tecnologías de backend y frameworks**

El núcleo del sistema está construido sobre Python 3.12.0, elegido por su alta compatibilidad con ecosistemas de inteligencia artificial y facilidad de integración de librerías para procesamiento de datos científicos.

El framework elegido para el desarrollo del backend fue FastAPI, por su rendimiento, facilitando la documentación, acelerando el desarrollo y la integración con servicios externos.

Las librerías científicas para la gestión de los modelos fueron diversas, pero las más importantes son scipy (1.16.3), joblib (1.5.2), numpy (2.3.5), scikit-learn (1.7.2), Transformers

(4.57.3), safetensors (0.7.0), tokenizers (0.22.1), spacy (3.8.11) y es\_core\_news\_md, que son esenciales para cargar, procesar y ejecutar modelos de machine learning.

#### **4.5.2.3.2. Despliegue y base de datos**

El despliegue final se realizó sobre un servidor Linux (Ubuntu), utilizando tecnologías de código abierto, fundamentales para la implementación y despliegue de la aplicación. El servidor de aplicaciones es Uvicorn para la aplicación de FastAPI en un entorno de producción, por su compatibilidad y rendimiento asíncrono.

Por la parte de base de datos, se utilizó PostgreSQL, elegido por su robustez e integridad transaccional, teniendo soporte nativo para datos tipo JSONB.

### **4.6. Diseño detallado de los algoritmos y procedimientos de IA/NLP**

Este apartado, describe de forma técnica el procesamiento del lenguaje natural (NLP) implementado para nutrir el chatbot en su capacidad de entendimiento del lenguaje natural. Todo parte en la creación de un clasificador híbrido, maximizando así la precisión en la identificación de las *intenciones*, manteniendo el tiempo de respuesta bajo.

#### **4.6.1. Preprocesamiento y preparación de datos (dataset)**

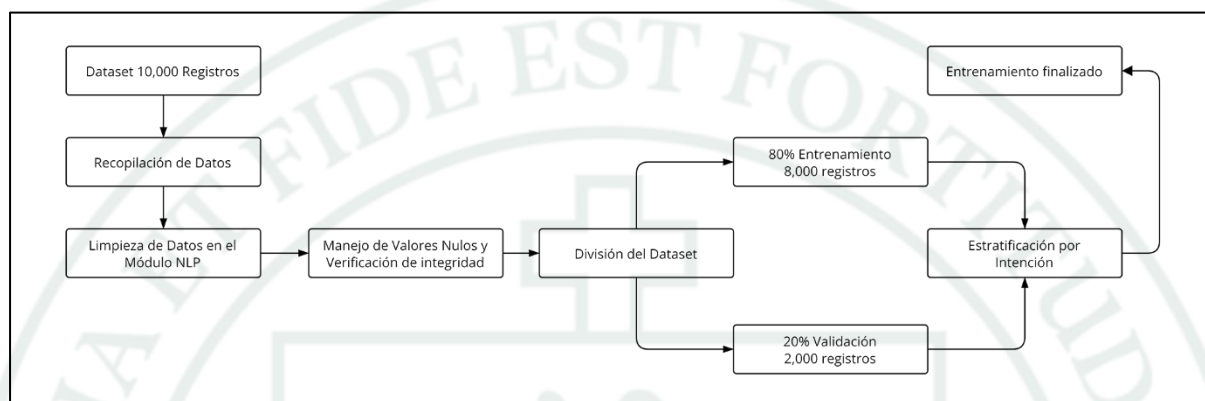
El rendimiento del clasificador está estrictamente ligado a la calidad y representatividad del conjunto de datos (Alpaydın, 2020). Primero se identificaron los asuntos de los trámites más recurrentes en un período de tiempo predefinido (2019-2024), luego se puso énfasis en los trámites identificados.

Para la elaboración del dataset, se prepararon diez mil registros para el entrenamiento y evaluación de los modelos, dentro de ello, se clasificaron cien intenciones predefinidas con cien variaciones diferentes de acuerdo con el lenguaje natural, asegurando así la representatividad de las intenciones asumiendo que existen diversas maneras de expresar un

mismo mensaje. El dataset está ligado a un archivo csv con 10000 filas con toda la información correspondiente. El proceso se explica a continuación.

**Figura 18**

*Flujo de preparación del dataset para los modelos de clasificación*



*Nota.* El gráfico es de elaboración propia

#### 4.6.1.1. Estructura del dataset

El dataset se organizó en un archivo CSV que contenía 10000 registros debidamente organizados (id, text, intent). El identificador id es el número identificador de cada fila, posterior a ello, la columna text contiene información o una consulta alineada a las consultas más frecuentes, finalmente eso se asocia a un intent predefinido, ligado a diversas variaciones de lenguaje natural de un texto. A continuación, se presenta una tabla con una muestra del archivo csv (ver Tabla 9).

**Tabla 9***Ejemplo de registros del dataset*

| id | text                                                 | intent       |
|----|------------------------------------------------------|--------------|
| 1  | ¿Cuál es el horario de atención?                     | info_horario |
| 2  | ¿Podrían indicarme sus horas de atención, por favor? | info_horario |
| 3  | Me gustaría saber su horario de funcionamiento.      | info_horario |
| 4  | ¿Cuál es su esquema de atención al público?          | info_horario |
| 5  | ¿Cuáles son sus horas de servicio?                   | info_horario |
| 6  | Quisiera consultar su horario de apertura y cierre.  | info_horario |
| 7  | ¿A qué hora abren y a qué hora cierran?              | info_horario |
| 8  | ¿Cuál es el tiempo de servicio establecido?          | info_horario |
| 9  | ¿Cuál es la disponibilidad de atención?              | info_horario |
| 10 | ¿Qué horarios manejan en la UGEL?                    | info_horario |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia

Cada fila fue validada correctamente para asegurar que la etiqueta corresponda correctamente con el texto de la consulta, evitando errores de etiquetado que pudieran afectar la tapa de entrenamiento y corresponde a una variación del lenguaje natural, conservando la misma etiqueta de intención para las distintas formas en que el usuario puede formular la misma consulta.

Este patrón se repite en las 100 variaciones de cada una de las 100 intenciones: mismo intent, distinta redacción de text. Esto permite que los modelos de clasificación aprendan a reconocer una misma intención independientemente de cómo el usuario formule su consulta, en lugar de memorizar frases exactas.

**Tabla 10***Resumen de las características del dataset*

| ID | Característica              | Valor                                     |
|----|-----------------------------|-------------------------------------------|
| 1  | Cantidad total de registros | 10000                                     |
| 2  | Número de intenciones       | 100                                       |
| 3  | Variaciones por intención   | 100                                       |
| 4  | Columnas                    | Id, Text, Intent                          |
| 5  | Entrenamiento               | 8000 (80%)                                |
| 6  | Prueba                      | 2000 (20%)                                |
| 7  | Estratificación             | Por intención                             |
| 8  | Semilla aleatoria           | 42                                        |
| 9  | Validación de integridad    | Valores nulos y consistencia de etiquetas |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia

La Tabla 10 detalla el dataset de la investigación, compuesto por 10 000 registros distribuidos equitativamente en 100 intenciones, con 100 variaciones sintácticas por clase. Esta distribución equilibrada reduce el riesgo de que determinadas clases tengan mayor influencia sobre el aprendizaje del modelo debido a una representación desigual. La base de datos contiene tres columnas (Id, Text e Intent) y fue sometida a una validación de integridad para eliminar valores nulos y estandarizar las etiquetas. Para la evaluación del modelo, los datos se dividieron mediante una proporción 80/20, asignando 8 000 muestras a entrenamiento y 2 000 a prueba. Se aplicó estratificación por intención para garantizar que cada clase conserve exactamente 80 muestras en entrenamiento y 20 en prueba. Asimismo, se fijó la semilla aleatoria en 42 para asegurar la reproducibilidad de los resultados.

#### **4.6.1.2. Recopilación de datos**

La recopilación de datos consistió en la identificación de los trámites administrativos más recurrentes dentro de la UGEL como se aprecia en la Tabla 1, a partir de los cuales se

estructuro un dataset de 10000 registros distribuidos en 100 intenciones, apilados en un archivo csv, cada una representada mediante múltiples variaciones de lenguaje natural que evidencia las distintas maneras en la que un usuario puede plantear la misma consulta.

#### **4.6.1.3. Construcción de dataset**

La construcción del dataset se realizó a partir de las intenciones identificadas previamente, tomando como referencia los trámites administrativos más recurrentes de la UGEL durante el período 2019-2024. Como resultado de este análisis, se establecieron 100 intenciones, las cuales representan los principales tipos de consultas que los usuarios pueden realizar sobre los trámites y servicios de la institución.

Para cada intención se elaboraron 100 consultas diferentes en lenguaje natural, alcanzando un total de 10 000 registros. Estas consultas fueron planteadas de distintas maneras, considerando cambios en la estructura de las oraciones, el orden de las palabras y el uso de expresiones equivalentes. El propósito fue representar las distintas formas en que un usuario puede expresar una misma necesidad de información.

Por ejemplo, para la intención “info\_horario” se consideraron consultas como: “¿Cuál es el horario de atención?”, “¿Podrían indicarme sus horas de atención, por favor?”, “Me gustaría saber su horario de funcionamiento” y “¿A qué hora abren y a qué hora cierran?”. A pesar de las diferencias en su redacción, todas las consultas hacen referencia al mismo tema, por lo que fueron asociadas a la intención “info\_horario”.

Cada registro del dataset contiene tres campos: “id”, utilizado para identificar cada registro; “text”, donde se almacena la consulta formulada por el usuario; e “intent”, que indica la intención correspondiente. Esta estructura permite relacionar cada consulta con la categoría que representa su propósito dentro del sistema.

La cantidad de registros se distribuyó de manera uniforme entre las intenciones definidas. Así, cada una cuenta con 100 consultas diferentes, lo que permitió conformar un dataset de 10 000 registros y representar distintas formas de expresar una misma solicitud dentro del contexto de los trámites de la UGEL.

Finalmente, las consultas fueron revisadas de forma individual para verificar que el texto correspondiera con la intención asignada. Con esta revisión se consolidó el dataset que posteriormente fue utilizado para entrenar y evaluar los modelos de clasificación de intenciones.

#### **4.6.1.4. Limpieza de datos**

La limpieza de datos se hizo aplicando el módulo de preprocesamiento de lenguaje descrito en el apartado 4.6.2, sobre cada una de las 10000 consultas del dataset, generando una versión normalizada del texto que fue utilizada como entrada para la generación de embeddings semánticos.

#### **4.6.1.5. Manejo de valores nulos**

Se verificó la integridad del dataset mediante un análisis de valores nulos en sus tres columnas (id, text, intent), posterior a ello, no se encontraron registros incompletos, por ello, no fue necesario aplicar procedimientos de eliminación de datos.

#### **4.6.1.6. División del dataset (Entrenamiento/Prueba) o (data/test)**

La división del dataset se realizó mediante la función *train\_test\_split* de la librería scikit-learn, configurada con los parámetros *test\_size=0.2*, *stratify=y* y *random\_state=42* que significa que está reservando el 80% de los registros (8000) para el entrenamiento y el 20% (2000) para la validación de los modelos, con una semilla aleatoria fija (42) que garantiza la

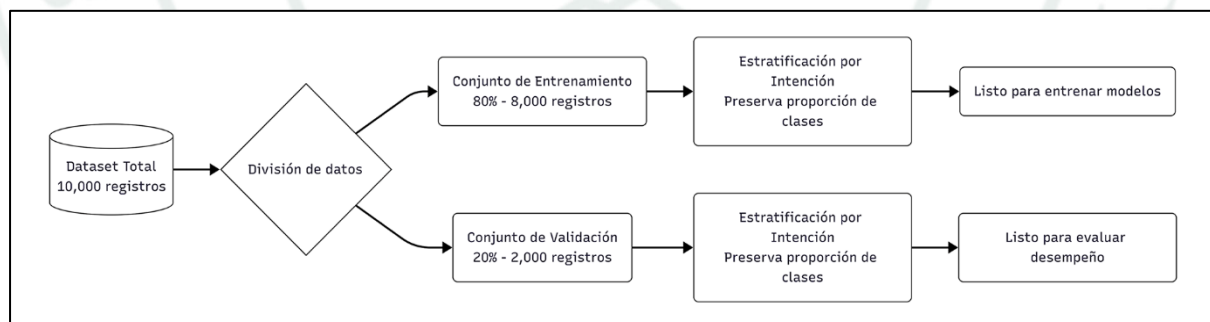
reproducción del proceso, del mismo modo, se aplicó la estratificación por intención para preservar la proporción de cada clase de ambos subconjuntos.

La semilla aleatoria fija (*random\_state=42*) garantiza que la partición sea exactamente reproducible en cualquier ejecución posterior del proceso, lo cual es indispensable para comparar resultados entre distintas versiones del modelo sin que las diferencias de desempeño se deban a una división distinta de los datos.

Adicionalmente, se aplicó estratificación por intención (*parámetro stratify*), lo que asegura que la proporción original de cada una de las 100 clases se conserve en ambos subconjuntos, cada intención aporta 80 de sus 100 variaciones al entrenamiento y los 20 restantes a la prueba. Sin esta estratificación, una división completamente aleatoria podría, por azar, dejar a alguna intención con muy pocos o ningún ejemplo en uno de los dos subconjuntos, sesgando la evaluación hacia las clases mejor representadas.

**Figura 19**

*Distribución del conjunto de datos de entrenamiento y prueba*



*Nota.* El gráfico es de elaboración propia

Como se aprecia en la Figura 19, el dataset total de 10,000 registros se divide en los dos subconjuntos descritos, cada uno pasando por la etapa de estratificación: el conjunto de entrenamiento queda listo para el ajuste de los tres modelos, y el conjunto de prueba, para medir su desempeño, tal como se detalla en la comparación de modelos del apartado 4.6.8

#### **4.6.2. Preprocesamiento del lenguaje**

Esta etapa es la encargada de realizar una limpieza del mensaje recibido para el entrenamiento o el modelo de clasificación.

##### **4.6.2.1. Limpieza de texto**

Se encarga de una limpieza básica del texto, tales como espacios adicionales, sin importancia semántica, eliminación de caracteres no reconocidos, reemplazo de tildes o similares a un texto más limpio y entendible para el modelo de machine learning.

##### **4.6.2.2. Normalización NFKD**

Esta normalización se encarga de normalizar texto Unicode con caracteres especiales en sus equivalentes más básicos, eliminando diferencias de forma, ancho y presentación.

Para identificar este método, recibe la frase *“Revisión de inscripción N.º 123 – período 2024-I”* transformando la frase en *“Revisión de inscripción No 123 periodo 2024-I*, ayudando en la eliminación de tildes inconsistentes, símbolos administrativos, variantes de escritura y demás elementos para tener un texto uniforme.

##### **4.6.2.3. Lematización**

La lematización se realiza mediante spaCy, que se encarga de procesar el texto, extraer el lema de cada token, devolviendo una cadena lematizada. Es un proceso de NLP que ayuda a reducir las palabras de un mensaje a su forma base, ayudando de esa manera a realizar un análisis más consistente.

#### **4.6.3. Representación vectorial del texto (embeddings)**

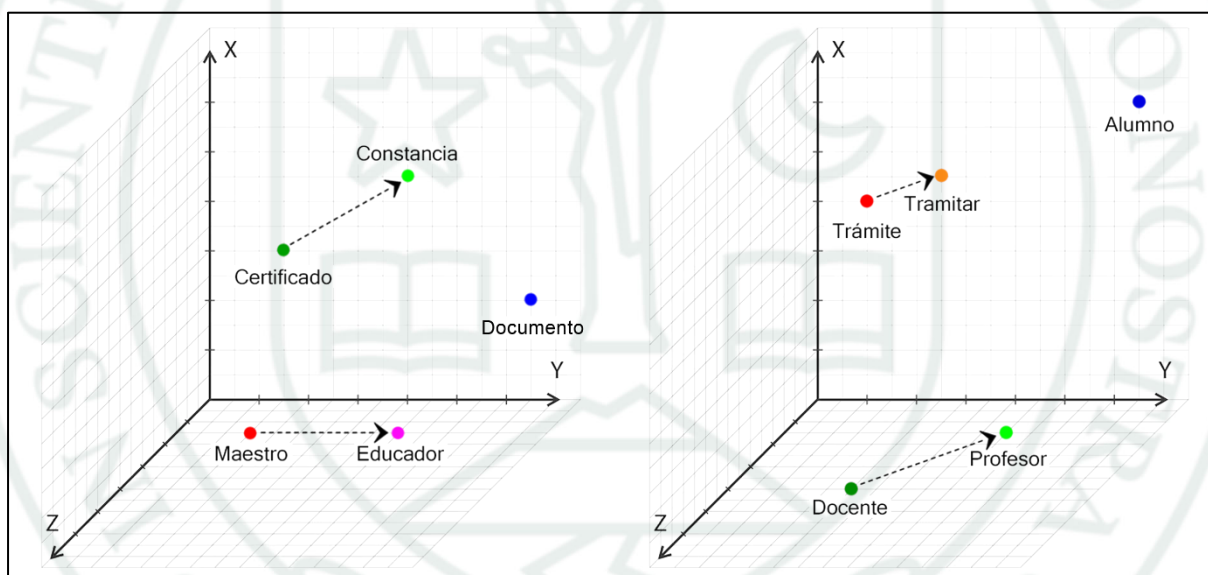
En la etapa de diseño, resaltaron algunas dudas acerca de cómo transformar el lenguaje natural de las personas a un formato numérico que los algoritmos pudieran entender y procesar.

Se tomó un enfoque de vectorización semántica, para que el chatbot entendiera el contexto y significado de los mensajes, en lugar de buscar simplemente coincidencias de palabras clave.

Para entender esta representación se muestra el siguiente gráfico (ver Figura 20), las palabras con significados parecidos están más cercanas entre ellas mismas que palabras con significados diferentes. Es importante resaltar que las coordenadas utilizadas para esta visualización son una proyección estilizada y ajustada de los vectores originales a un espacio 3D para fines de claridad y comprensión conceptual.

**Figura 20**

*Representación gráfica de embeddings semánticos.*



*Nota.* El gráfico es de elaboración propia y no representa valores reales exactos.

#### 4.6.3.1. Modelo de embeddings MPNet

En este punto se utilizó la librería *SentenceTransformer* con el modelo pre-entrenado *all-mpnet-base-v2*. Este modelo generó vectores de embeddings densos para las oraciones complejas, específicamente generó setecientos sesenta y ocho dimensiones. Por ejemplo, si un usuario escribe “*Quiero los requisitos de nuevo tramite*” y otro usuario escribe “*Necesito saber*

*cuáles son los requisitos de un nuevo trámite”, ambos mensajes se mapearán a regiones cercanas en el espacio vectorial, lo que favorece una clasificación más precisa.*

#### **4.6.3.2. Optimización de Dimensionalidad (PCA)**

Los embeddings generados en el punto anterior son realmente muy amplios, pero a su vez, son muy complejos para su procesamiento. Para evitar sobrecargar el servidor en producción, se aplica el análisis de componentes principales (PCA), es decir, se reduce a trescientos el número de dimensiones, evitando de esa forma sobrecargar de procesamiento el servidor y reducir el ruido de los embeddings.

#### **4.6.4. Algoritmos de clasificación**

En el diseño del chatbot, la selección y comportamiento de los algoritmos de clasificación no se planteó como una tarea aislada, sino como el componente crítico que define la inteligencia del sistema. Para abordar esta necesidad, se optó por una estrategia de clasificación híbrida, buscando que la decisión final no dependiera de un solo modelo, sino de la convergencia de distintas arquitecturas.

##### **4.6.4.1. Random Forest (RF)**

Este algoritmo fue elegido por su resistencia al sobreajuste y su capacidad para modelar relaciones no lineales, funciona como un detector de patrones complejos dentro del espacio semántico. Este algoritmo se basa en la construcción de múltiples árboles de decisión, donde la clasificación final se determina mediante una votación mayoritaria entre las predicciones individuales de cada árbol. Cabe resaltar que el algoritmo fue ajustado a 150 niveles de árboles, una profundidad máxima de 15 niveles, y el parámetro de peso de clases balanceadas. Finalmente fue entrenado con valores semánticos reducidos por PCA.

#### **4.6.4.2. Regresión Logística (RL)**

Este modelo es un clasificador de base rápida. Su sencillez desde una perspectiva matemática permite que su predicción sea casi inmediata, es un modelo primordial para asegurar una búsqueda de bajo tiempo de respuesta.

Fue entrenado sobre vectores reducidos por PCA, el atributo principal de este modelo es el número máximo de iteraciones, que se estableció en cinco mil iteraciones máximas para asegurar una convergencia del modelo. Por otra parte, también se utiliza el parámetro de peso de clases balanceadas, esto permite que las intenciones menos frecuentes sean ignoradas de cierto modo.

#### **4.6.4.3. K-Vecino más Cercano (KNN)**

La implementación de este algoritmo fue una decisión estratégica dentro del modelo híbrido, funciona como un validador y retroalimentador de alta fidelidad. No es un predictor probabilístico, este algoritmo por el contrario es un detector de similitud semántico, sirviendo de este modo para un modo de retroalimentación.

El algoritmo fue entrenado con los embeddings completos, lo que lo convierte en el juez para las consultas semánticamente similares a los ejemplos del conjunto de entrenamiento. Si un mensaje cae perfectamente cerca de un punto de entrenamiento, K-Vecinos más Cercanos proporciona una señal de certeza absoluta.

#### **4.6.5. Justificación de la selección de algoritmos de clasificación**

El desarrollo del modelo de clasificación requiere una evaluación para seleccionar las técnicas que ayuden según las necesidades del proyecto. A continuación, se detallan los criterios de evaluación establecidos, alternativas, comparación y la justificación de la selección.

#### **4.6.5.1. Criterios de selección**

Para garantizar una elección alineada con los requerimientos técnicos y funcionales del proyecto, se tomaron en cuenta cuatro criterios principales.

##### **a. Adecuación a datos y complejidad**

Capacidad teórica del algoritmo para manejar relaciones no lineales, patrones en el lenguaje natural o estructuras de datos complejas sin requerir una fase excesiva de ingeniería de características.

##### **b. Costo computacional**

Evaluación teórica del volumen de memoria activa y capacidad de procesamiento multinúcleo que exige el modelo durante la inferencia, asegurando que no sobrepase los límites de la instancia AWS EC2 asignada.

##### **c. Tiempos de respuesta y latencia**

Tolerancia teórica del algoritmo respecto a la velocidad de ejecución por petición, garantizando una respuesta ágil a las solicitudes de los usuarios finales.

##### **d. Facilidad de despliegue e integración**

Compatibilidad de las librerías del algoritmo con el entorno de producción proyectado y la complejidad de mantenimiento o reentrenamiento futuro del modelo.

#### **4.6.5.2. Revisión de algoritmos de clasificación**

Se analizaron teóricamente cuatro familias de algoritmos con características y demandas computacionales diferenciadas:

#### **4.6.5.2.1. Modelos lineales y probabilísticos paramétricos**

Estos modelos matemáticos están basados en combinaciones lineales o probabilidades condicionales independientes. Su consumo de recursos es relativamente bajo en comparación con otros tipos de modelos. Sin embargo, su mayor limitación es su rigidez matemática, la cual le impide capturar relaciones complejas o patrones no lineales entre las características de entrada, afectando la precisión teórica del sistema.

Entre las alternativas representativas de este tipo de algoritmos se encuentran la Regresión Logística, Naive Bayes (Gaussian, Multinomial y Bernoulli) y Perceptrón Simple.

#### **4.6.5.2.2. Modelos basados en instancias o aprendizaje cauteloso**

Esta categoría no genera una función durante el entrenamiento, por el contrario, almacena las representaciones del conjunto de datos y omite el procesamiento hasta el momento de realizar la consulta en tiempo real, clasificando las métricas de distancia en un espacio de características.

En esta categoría se incluye el algoritmo K-Vecinos más cercanos (KNN) y Learning Vector Quantization (LVQ).

#### **4.6.5.2.3. Modelos de ensamble y estructura de árboles**

Estos algoritmos se basan en la combinación de múltiples árboles de decisión para construir un modelo robusto. Teóricamente, este enfoque destaca por su capacidad para capturar patrones no lineales complejos y por su resistencia al sobreajuste. En términos de infraestructura, demanda un nivel moderado de recursos de CPU y memoria RAM, permitiendo una ejecución fluida en arquitecturas multinúcleo estándar sin requerir componentes de hardware dedicados.

Entre las alternativas representativas de este tipo de algoritmos destacan Random Forest, Extreme Gradient Boosting (XGBoost), LightGBM, CatBoost y AdaBoost.

#### **4.6.5.2.4. Modelos complejos de aprendizaje profundo**

Estos modelos ofrecen mayor capacidad, permitiendo aprender representaciones complejas y abstracciones de alto nivel con una elevada precisión. No obstante, su implementación requiere alto procesamiento computacional, ya que exige un consumo elevado de memoria RAM para la carga del modelo y depende idealmente de unidades de procesamiento gráfico (GPU) para mantener latencias de inferencia reducidas en el servidor.

Entre las alternativas representativas de este tipo de algoritmos se incluyen las Redes Neuronales Multicapa (Feedforward Neural Networks), Redes Neuronales Convolucionales (CNN), Redes Neuronales Recurrentes (RNN, LSTM y GRU) y modelos basados en arquitectura Transformer como BERT o RoBERTa.

#### **4.6.5.3. Comparación de alternativas**

Se analizaron los algoritmos y se representó una evaluación comparativa de las alternativas analizadas, confrontando las propiedades teóricas y requerimientos de hardware con las especificaciones del servidor configurado para el sistema.

**Tabla 11***Comparación de modelos de clasificación según criterios de selección*

| ID | Criterio de Evaluación    | Modelos lineales y probabilísticos paramétricos | Modelos basadas en instancias o aprendizaje cauteloso | Modelos de ensamble y estructura de árboles  | Modelos complejos de aprendizaje profundo       |
|----|---------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1  | Estrategia de Aprendizaje | Construcción previa de parámetros.              | Almacenamiento en memoria sin modelo previo.          | Agregación de múltiples árboles de decisión. | Ajuste iterativo de pesos en capas jerárquicas. |
| 2  | Uso de Memoria RAM        | Mínimo                                          | Controlado                                            | Moderado                                     | Alto                                            |
| 3  | Carga en vCpu             | Mínima                                          | Moderada                                              | Moderada                                     | Excesiva                                        |
| 4  | Latencia de Inferencia    | Instantánea ( $\approx 20$ ms)                  | Baja ( $\approx 35$ ms)                               | Baja ( $\approx 45$ ms)                      | Alta sin GPU ( $>200$ ms)                       |
| 5  | Decisión                  | Selección Parcial (RL)                          | Selección Parcial (KNN)                               | Selección Parcial (RF)                       | Categoría descartada                            |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

Se descarta la categoría de Redes Neuronales y Deep Learning, debido a su incompatibilidad con el perfil de costos e infraestructura de la instancia. El servidor no posee una GPU dedicada, su procesamiento se basa exclusivamente en CPU, elevando de ese modo en gran medida la latencia de respuesta.

Del mismo modo, se descartaron algoritmos como Naive Bayes debido a su supuesto de independencia entre las variables, mientras que XGBoost fue descartado por requerir un mayor ajuste de parámetros y presentar un nivel de complejidad superior al necesario para las características de la infraestructura utilizada.

El análisis comparativo revela que ninguna familia de algoritmos satisface de manera óptima todos los criterios simultáneamente. Los modelos lineales (RL) destacan por su baja

latencia y mínimo consumo de recursos, pero su rigidez matemática limita su capacidad para capturar relaciones no lineales en consultas complejas.

Por su parte, los modelos basados en instancias (KNN) ofrecen alta fidelidad semántica al trabajar con embeddings completos, aunque su latencia es ligeramente superior y su costo computacional crece con el tamaño del dataset.

Los modelos de ensamble (RF) presentan un equilibrio entre precisión y eficiencia, con una latencia moderada y buena capacidad de generalización. Finalmente, los modelos de deep learning fueron descartados por su alta demanda de recursos y su incompatibilidad con la infraestructura disponible.

#### **4.6.5.4. Justificación de selección de los algoritmos**

Teniendo como base la evaluación y análisis comparativo respecto a la infraestructura del servidor, se determina la selección de Random Forest, K-Vecinos más cercanos y Regresión Logística. Esta decisión se debe a la adopción de un esquema de clasificación diverso y complementario que aprovecha distintas fortalezas de aprendizaje, logrando de ese modo estabilidad del sistema dentro de los límites computacionales del entorno de producción.

En primer lugar, Random Forest es seleccionado como un clasificador debido a su capacidad de reconocer patrones no lineales mediante la combinación de distintos árboles de decisión, garantizando una alta resistencia al sobreajuste. La estructura del servidor permite una ejecución eficiente al aprovechar el procesamiento de la CPU y mantener el consumo de memoria RAM moderado que se traduce en tiempos estables y baja latencia.

En segundo lugar, la Regresión Logística se incorpora como modelo probabilístico de línea base, caracterizado por su cálculo lineal y capacidad de respuesta instantánea. Su inferencia se reduce a un producto escalar algebraico, su impacto en el uso de CPU y RAM es

mínimo, ofreciendo tiempos de respuesta rápidos que sirven como punto de contraste para evaluar el modelo frente a modelos más complejos.

En tercer lugar, K-Vecinos más cercanos se incorpora como un validador semántico de alta fidelidad. Al trabajar con embeddings completos (768 dimensiones) y calcular la similitud coseno, KNN es utilizado para consultas informales con errores informáticos, ya que identifica el espacio más cercano en el espacio vectorial. Su capacidad para captar similitudes semánticas, incluso cuando la consulta no sigue una estructura gramatical correcta o adecuada, es decir, posee posibles errores de escritura, justificando su inclusión a pesar de su latencia ligeramente superior.

La selección de los algoritmos Random Forest (RF), Regresión Logística (RL) y K-Vecinos más Cercanos (KNN) no fue arbitraria, sino que respondió a un análisis comparativo basado en cuatro criterios, adecuación a los datos, costo computacional, latencia de inferencia y facilidad de despliegue, considerando las limitaciones de la infraestructura disponible.

En conclusión, evitar deliberadamente arquitecturas de aprendizaje profundo garantiza que la instancia mantenga una operatividad continua sin riesgos de falla por agotamiento de memoria o tiempos de respuesta muy altos. La combinación de Random Forest, K-Vecinos más Cercanos y Regresión Logística logran un equilibrio óptimo exigido por el proyecto.

#### **4.6.6. Procedimiento de entrenamiento de modelos**

Tras definir los algoritmos y realizar la limpieza de datos, la etapa de entrenamiento se llevó a cabo de manera sistemática para asegurar la optimización y reproducibilidad de los tres modelos. Este procedimiento garantiza que los modelos sean precisos y puedan cargarse de forma inmediata. El proceso se desarrolla en tres etapas, que se describen a continuación.

#### **4.6.6.1. Preparación del entorno**

El proceso está implementado en un script de Python que se ejecuta en el entorno del servidor, tomando como punto de partida un archivo csv para realizar el entrenamiento. El proceso se realiza de manera automatizada, abarcando desde la generación de los embeddings hasta la serialización de los modelos. La complejidad de entrenamiento de varios modelos requiere mucho tiempo de procesamiento, por ello, este proceso se realiza solamente si es necesario.

Comienza con la generación de embeddings, es decir se lee el texto del archivo csv y se envía esta información al modelo MPNet para generar un dataset vectorial, este paso es crítico y fundamental ya que requiere buena cantidad de memoria RAM. Posterior a ello, se realizan ajustes de PCA, al conjunto de entrenamiento, evitando así pérdida de información.

#### **4.6.6.2. Entrenamiento y validación**

Se realiza un entrenamiento secuencial para cada clasificador (Random Forest, Regresión Logística y K-Vecinos más Cercanos), donde se optimizan los parámetros clave para cada modelo de forma independiente. Para el modelo Random Forest, se utiliza un N de 150 árboles. Este valor no fue elegido arbitrariamente, sino como resultado de un proceso de validación cruzada: se probaron diferentes valores, generando modelos pesados para cargar en servidor, siendo el valor más equilibrado ciento cincuenta niveles de árboles.

El dataset fue dividido en conjuntos independientes de entrenamiento y prueba. La selección de hiperparámetros se realizó de manera iterativa, evaluando el rendimiento sobre el conjunto de prueba y priorizando configuraciones que equilibraran precisión y eficiencia computacional.

Para el caso de RL, se aseguró la convergencia estableciendo el máximo número de iteraciones en cinco mil, por otra parte, el modelo K-Vecinos más Cercanos, sólo se configuró el número de vecinos en uno, para buscar el más parecido semánticamente.

#### **4.6.6.3. Persistencia y serialización**

Esta fase es la conexión entre el entorno de entrenamiento y producción. Los modelos generados necesitaban ser persistentes y almacenados de alguna forma, para ello, se utilizó la librería *joblib*, que permite “guardar” modelos de aprendizaje para ser utilizados cuando se requiera, sin la necesidad de volver a realizar el entrenamiento. Se utiliza la serialización de esta librería para manejar de forma eficiente arreglos grandes de NumPy.

#### **4.6.7. Modelo Híbrido de Clasificación - Algoritmo principal del chatbot**

Este modo opera bajo un clasificador híbrido que busca incrementar la robustez de la predicción minimizando las respuestas erróneas y ambiguas. Este diseño se centra en el algoritmo que utiliza un esquema de selección por mayor nivel de confianza y la gestión del umbral de decisión.

Todo comienza con el procesamiento, primero se hace una limpieza de texto para normalizar el texto, dentro de ello se realiza la tokenización, lematización, eliminación de stopwords, posterior a ello se realiza la generación de embeddings, que es una representación vectorial semántica, permitiendo representar relaciones semánticas del mensaje.

Para optimizar la velocidad de procesamiento, se realiza la reducción de dimensionalidad mediante (PCA), reduciendo de esa forma la dimensión de los vectores representativos de los mensajes.

El sistema no confía solamente en un algoritmo, por el contrario, ejecuta tres clasificadores distintos, es decir, utiliza diversas técnicas para garantizar la confianza en la

predicción y clasificación de intenciones. Los tres algoritmos son: Random Forest, Regresión Logística y K-Vecinos Cercanos, utilizando vectores reducidos en Random Forest y Regresión Logística, y vectores completos en K-Vecinos más Cercanos. El sistema utiliza la máxima confianza de los tres modelos para su predicción final, reduciendo la probabilidad de clasificación errónea.

Primero se identifica el modelo con mayor probabilidad estimada, es decir, cada modelo retorna una predicción y su nivel de confianza, tomando el modelo de mayor confianza, posterior a ello, se verifica el umbral de decisión ( $>0.6$ ), si el modelo no supera el nivel de confianza, se anula la predicción, retornando un mensaje de incompreensión. Por el contrario, si se supera el umbral predefinido ( $>0.6$ ) se retorna la intención clasificada, el valor de confianza y nombre del modelo ganador, el valor 0.6 fue determinado empíricamente durante la fase de validación del modelo.

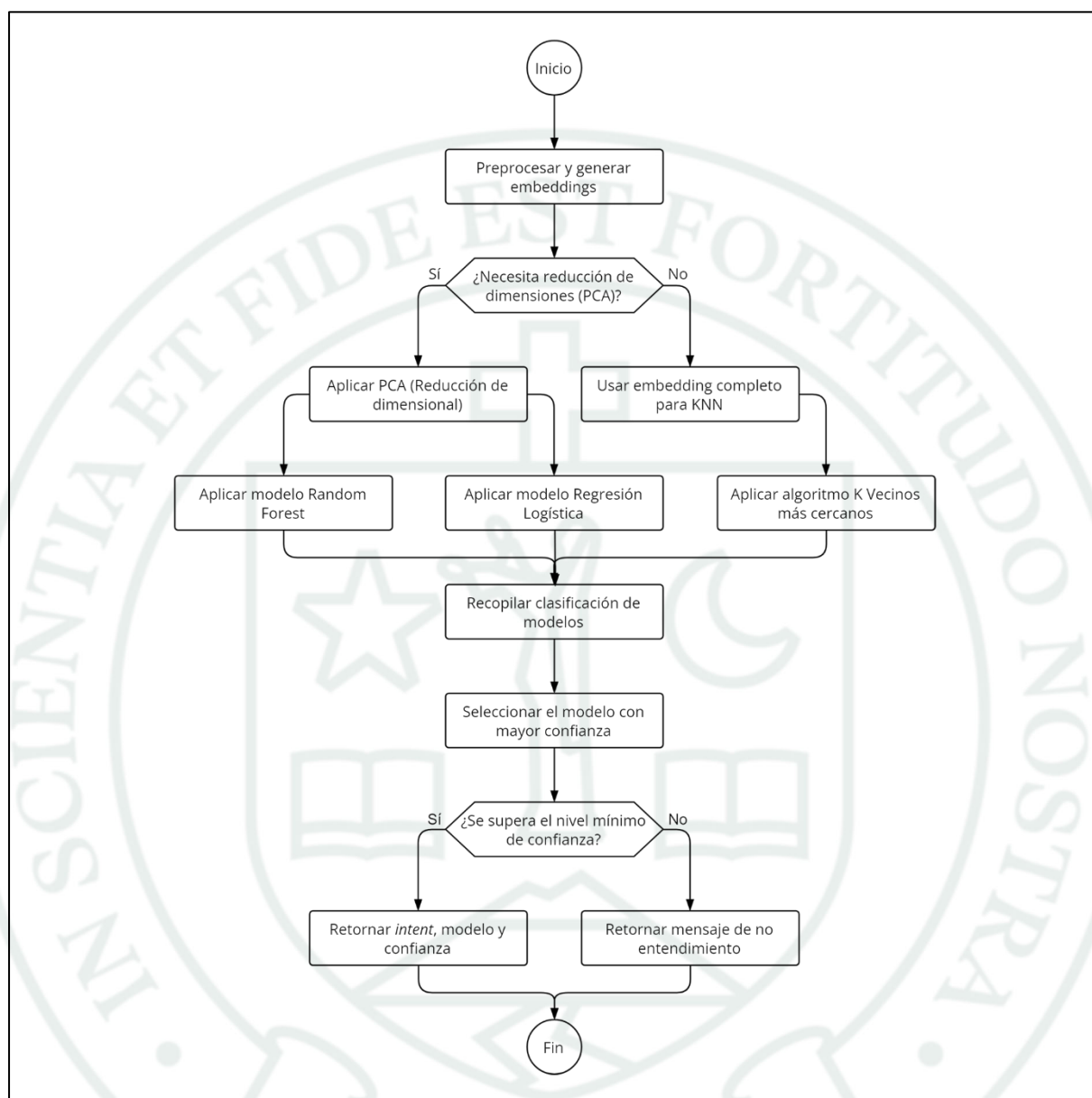
Con el objetivo de garantizar consistencia matemática en la selección del modelo ganador, se estableció un mecanismo de homogeneización de las salidas de los clasificadores. Los modelos Random Forest y Regresión Logística generan una probabilidad asociada a la clase predicha. En el caso de K-Vecinos más Cercanos, que no es un clasificador probabilístico, la confianza se estimó mediante la similitud coseno entre el embedding del mensaje y del vecino más cercano, normalizando el valor entre 0 y 1. De esta manera, las tres salidas quedan representadas como valores comparables.

Este mecanismo garantiza un comportamiento determinístico, reproducible y matemáticamente consistente en cada inferencia realizada por el sistema.

Para ilustrar este proceso se muestra el diagrama de flujo de clasificación para la solución tecnológica (ver Figura 21).

**Figura 21**

*Diagrama de flujo del clasificador del chatbot “TramiBOT”*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

#### **4.6.8. Comparación de modelos**

La decisión de implementar el clasificador híbrido no fue arbitraria, fue el resultado de una comparación empírica y rigurosa de los modelos individuales durante la fase de validación. Con el objetivo de justificar que la arquitectura de conjunto ofrecía un rendimiento más fiable

que cualquiera de sus componentes por separado, se realizó una comparación sistemática entre los modelos individuales y el modelo híbrido.

#### 4.6.8.1. Metodología de validación

Para medir el rendimiento se utilizó un conjunto de datos de prueba, la métrica principal fue la confianza, es decir, se evaluaron los datos de prueba independientemente en cada modelo y gracias a ese modelo se obtuvieron dos valores, el primero es la confianza, que es el promedio de todas las confianzas obtenidas.

Adicional a la precisión, se evaluó la cantidad de predicciones exitosas. La siguiente tabla resume los resultados con una muestra de quinientos datos, obtenidos en el conjunto de datos de prueba.

**Tabla 12**

*Comparación de Confianza y Certeza en los Modelos de Clasificación*

| ID | Modelo                       | Confianza Promedio (%) | Predicciones Exitosas | Predicciones Fallidas |
|----|------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1  | Random Forest (RF)           | 24,44                  | 439                   | 61                    |
| 2  | Regresión Logística (RL)     | 57,17                  | 474                   | 26                    |
| 3  | K-Vecinos más Cercanos (KNN) | 85,76                  | 493                   | 7                     |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

Los datos de esta muestra tienen evidentemente ortografía y semántica adecuadas para la simulación, por ello se dan los resultados mostrados en la tabla anterior. Cabe resaltar que las predicciones certeras para el modelo de Random Forest es el 87.8%, para el modelo de Regresión Logística es de 94.8% y para el modelo de K-Vecinos más Cercanos es de 98.6%, puede parecer que el último modelo es el más confiable, pero este modelo está enfocado en

buscar una similitud semántica, es decir, busca si la frase es igual o similar a una de las existentes del modelo entrenado.

Aunque los otros modelos bajan su porcentaje de predicciones y confianza promedio, la decisión de realizar un modelo híbrido se fundamenta en el aprovechamiento de la velocidad de inferencia en los modelos de Regresión Logística y Random Forest, sólo si su predicción tiene una probabilidad suficientemente alta y que supere el valor mínimo de confianza, posterior a ello, las predicciones con confianzas bajas son derivadas para la retroalimentación.

También se analizó un escenario donde los mensajes pueden tener errores de ortografía, cohesión y claridad. Del mismo modo se trabajaron quinientos mensajes simulados con ese tipo de fallas para ver la confianza del modelo híbrido como en el anterior punto. Para ello, la siguiente tabla resume los resultados.

**Tabla 13**

*Comparación de Confianza y Certeza de los Modelos en casos hipotéticos*

| ID | Modelo                       | Confianza Promedio (%) | Predicciones Exitosas | Predicciones Fallidas |
|----|------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1  | Random Forest (RF)           | 12.83                  | 254                   | 246                   |
| 2  | Regresión Logística (RL)     | 32.60                  | 334                   | 166                   |
| 3  | K-Vecinos más Cercanos (KNN) | 73.72                  | 326                   | 174                   |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

Los datos de esta muestra tienen evidentemente errores de ortografía y semántica para la simulación, por ello se dan los resultados mostrados en la tabla anterior. Cabe resaltar que las predicciones certeras para el modelo de Random Forest es el 50.8%, para el modelo de Regresión Logística es de 66.8% y para el modelo de K-Vecinos más Cercanos es de 65.2%,

puede parecer que el segundo modelo es el más confiable, pero este modelo tiene una confianza de promedio relativamente baja, fortaleciendo de ese modo el modelo híbrido.

#### **4.6.8.2. Justificación del modelo híbrido**

La implementación de una arquitectura de clasificación híbrida, combinando la Regresión Logística, Random Forest y K-Vecinos más Cercanos, no es una elección de complejidad innecesaria, sino una decisión para minimizar errores, riesgos operativos y aumentar el nivel de confianza.

El análisis comparativo demostró que el modelo K-Vecinos más Cercanos posee mayor precisión, y más alta confianza en promedio, la consulta es costosa y lenta, los otros modelos, Random Forest y Regresión Logística ofrecen velocidades mejores, aunque con menos certeza intrínseca.

El modelo híbrido, recae en robustez y seguridad, no sólo en la obtención de la precisión más alta, sino la confianza supere un umbral predefinido, si no se supera el nivel mínimo, el chatbot se redirige al usuario a modificar su consulta y retroalimentar la consulta.

Los algoritmos de cierto modo representan complementariedad, es decir, cada uno tiene una fortaleza que los demás no poseen, el modelo K-Vecinos más Cercanos, es un validador semántico que busca igualdad entre los datos de todo el modelo, por otro lado, los modelos Random Forest y Regresión Logística, trabajan sobre embeddings reducidos, logrando de ese modo mayor eficiencia, pero sacrificando certeza.

Si bien K-Vecinos más Cercanos mostró el mayor porcentaje de predicciones exitosas en escenarios con redacción estructurada, su complejidad computacional crece proporcionalmente con el tamaño del dataset, lo que impacta directamente en el tiempo de inferencia. Por el contrario, los modelos Random Forest y Regresión Logística presentan

tiempos de respuesta constantes tras el entrenamiento. Esta arquitectura evita depender exclusivamente de un modelo costoso, manteniendo eficiencia operativa y robustez semántica.

#### **4.6.8.3. Estrategia de orquestación y criterio de decisión**

El modelo híbrido implementado opera bajo un esquema competitivo de selección por máxima confianza. Para cada consulta del usuario, se ejecutan de forma paralela los modelos de Regresión Logística, Random Forest y K-Vecinos más Cercanos. Cada modelo devuelve una predicción acompañada de un valor de confianza probabilística o similitud.

Posteriormente, el sistema selecciona el modelo cuya confianza sea mayor entre todos los evaluados, si la confianza máxima obtenida es inferior al umbral mínimo definido, el sistema clasifica la consulta como desconocida y solicita reformulación. En caso contrario, se adopta la intención asociada al modelo con mayor confianza.

Este enfoque no corresponde a votación por mayoría, sino a una estrategia determinística de competencia por confianza máxima, priorizando la robustez en la clasificación frente a entradas ambiguas.

### **4.7. Implementación de la solución**

En esta fase se implementó la solución de la arquitectura y el diseño funcional. Teniendo como referencia un enfoque modular, asegurando que cada componente trabaje de manera independiente, facilitando la metodología ágil del proyecto.

#### **4.7.1. Configuración del entorno**

El desarrollo inicial se ejecutó sobre Windows 10, con Python 3.12.0 en un entorno virtual para la gestión de librerías. El principal reto fue asegurar que las librerías y las dependencias funcionen de manera similar al entorno de desarrollo, es decir, se hizo una migración de Windows a Linux.

El servidor Linux (Ubuntu), viene por defecto con una versión de Python actual, que no es madura para modelos de machine learning, se buscó asegurar la máxima compatibilidad con las librerías y dependencias para inteligencia artificial.

Al pasar al entorno de producción, AWS EC2 que corre Ubuntu, se realizó el despliegue final de los modelos, librerías, archivos y demás recursos para inicializar el servicio, otro punto crítico es la alta disponibilidad del sistema, que se hizo con la creación de un proceso de supervisión a nivel del sistema operativo que asegura que el backend siempre esté operativo, mediante un proceso en la instancia de Ubuntu, supervisando de ese modo el estado del proceso del server, teniendo la posibilidad de hacer una recuperación automática, como errores de código, consumo elevado de RAM, si el servicio cae, el proceso supervisor reinicia el servicio.

#### **4.7.2. Implementación del backend**

El backend constituye el núcleo de control de toda la solución, diseñado para procesar grandes volúmenes de peticiones concurrentes y en tiempo real. La elección de Python 3.12.0 se dio para maximizar el rendimiento y la ejecución asíncrona.

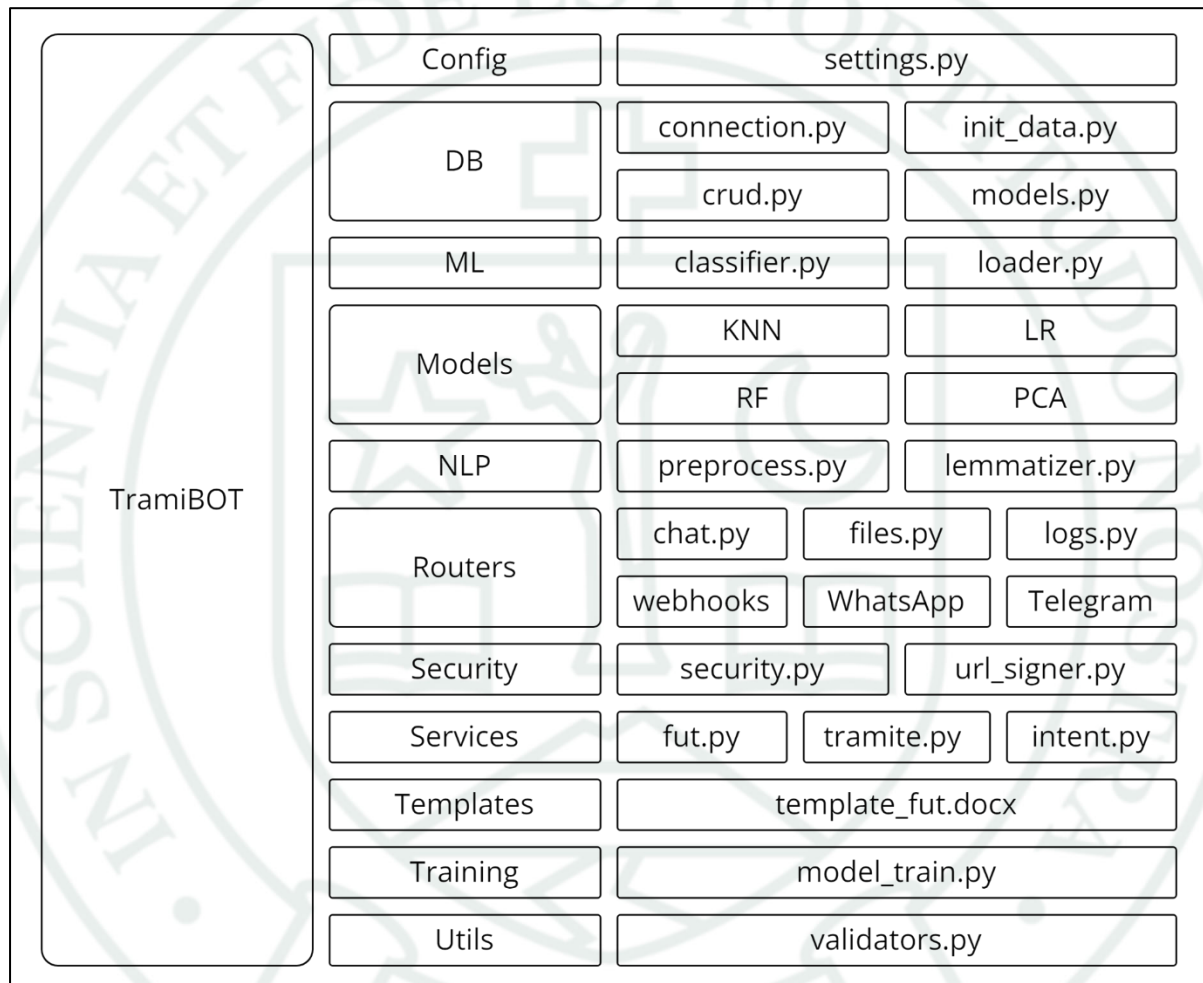
El uso de FastAPI, que se basa en el manejo nativo de operaciones de entrada y salida concurrentes, del mismo modo el uso de *Webhooks* de mensajería, para responder rápidamente solicitudes simultáneas de WhatsApp y Telegram, sin bloquear el hilo principal de la API.

La persistencia de datos se da gracias a PostgreSQL, que aloja toda la información persistente, para acceder a esa información se utiliza una biblioteca ORM asíncrona (SQLAlchemy), a través de *asyncpg*, para garantizar que las consultas a la base de datos no bloqueen la cronología de eventos del servidor. Manteniendo la arquitectura de forma asíncrona

El backend se estructuró de manera modular para garantizar el crecimiento con el tiempo, la mantenibilidad, reflejando diferentes capas lógicas. En el siguiente diagrama (ver Figura 22), se visualiza los módulos del chatbot.

**Figura 22**

*Diagrama de la estructura modular del chatbot “TramiBOT”*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

#### 4.7.3. Implementación del modelo NLP

El módulo NLP fue diseñado desde una perspectiva de alta concurrencia, debiendo tener tiempo de respuestas cortas, que es fundamental para un chatbot. El punto primordial de

este modelo es la precarga de los componentes en la memoria del servidor y la estandarización del flujo de procesamiento.

La calidad de la clasificación depende de la consistencia entre el preprocesamiento de entrenamiento y el preprocesamiento en producción. El mensaje recibido en producción se tiene que procesar, comienza con la limpieza, normalización y lematización del texto, igual que el proceso de entrenamiento, es decir, se utilizan las mismas funciones para el entrenamiento dentro del preprocesamiento en tiempo real, la carga del módulo de lematización se realiza sólo una vez al iniciar el servicio, no en cada consulta, garantizando que el proceso no sea lento.

El motor de clasificación híbrida ejecuta diversos pasos al iniciar el servicio, es decir, primero, se utiliza *joblib* para cargar los modelos serializados (Random Forest, Regresión Logística y K-Vecinos más Cercanos), también el objeto PCA, por otra parte, el modelo de embeddings MPNet también se carga a memoria, para realizar la vectorización de texto, de esa forma se asegura que la alta demanda computacional de los embeddings se realice de una manera rápida.

Sigue un bucle de inferencia, este módulo recibe el texto preprocesado, posterior a ello, se vectoriza con MPNet con los embeddings completos y a su vez también se reduce los embeddings PCA, se envía los embeddings a cada modelo y se verifica si el resultado supera el umbral de confianza.

#### **4.7.4. Integración con WhatsApp**

La integración con WhatsApp se da mediante un socio estratégico llamado Twilio, es la forma de garantizar una conexión estable, reduciendo el tiempo de implementación con la plataforma web. Cabe resaltar que Twilio espera respuestas en formato XML, eso se traduce a que se debió adaptar el modelo, para integrar a la mensajería de WhatsApp, la respuesta

generada por el chatbot debe ser envuelta en una estructura XML, cerrando el ciclo de comunicación de manera exitosa.

Así mismo, se implementó el protocolo de verificación de *tokens* de WhatsApp para autenticar la fuente de las peticiones, asegurando que solo los mensajes legítimos de la plataforma fueran procesados por el backend.

#### **4.7.5. Integración con Telegram**

La integración con Telegram se dio de manera directa con el API proporcionada directamente por el aplicativo. La comunicación es un poco más sencilla, se proporciona una clave para acceder al servicio de Telegram. Se notifica mediante una petición POST cada vez que un usuario interactúa con el chatbot. El proceso es simple, se realiza la recepción del mensaje, posterior a ello, se realiza la extracción de datos e información, se delega la lógica correspondiente y se retorna una respuesta asíncrona.

Se utiliza un hilo de ejecución para atender las diversas peticiones mientras se espera que la API de Telegram confirme que la respuesta enviada llegue a su destino. Todo ello se resume en recibir, delegar y responder de forma asíncrona, manteniendo el estado de la conexión siempre bajo control de la arquitectura.

#### **4.7.6. Implementación de notificaciones automáticas**

La implementación de notificaciones automáticas está relacionada a la modificación de un trámite, es decir, cada usuario que realizó un trámite espera información acerca de cómo se encuentra su trámite, por ello, se implementaron notificaciones automáticas.

Se implementó mediante un motor de detección denominado Listen de PostgreSQL, transformando la base de datos a una fuente de eventos en tiempo real. Primero, se creó una función que se encarga de enviar la información de un trámite a través de un JSON a un canal

denominado “*tramite\_changes*” mediante el comando *pg\_notify*, esa función hace que sólo la información necesaria del trámite viaje por ese canal.

Seguido a ello, se creó un trigger reactivo, que está configurado para cuando exista un evento de actualización en un trámite se ejecute la función anterior, garantizando de ese modo que el evento se dispare frente a un cambio de estado significativo.

Para integrar estos cambios a notificaciones mediante WhatsApp y Telegram, se implementó un servicio dedicado en Python, aislado de la API principal del backend, es decir, el notificador está desacoplado de todo el chatbot. Se establece una conexión continua con la base de datos, y queda en espera de algún posible cambio, cuando un evento llega, se recupera toda la información del trámite, se construye el mensaje con toda la información del trámite.

Finalmente, para enviar el mensaje se determina el camino a tomar según el identificador de usuario dentro del trámite, es decir, si el usuario se comunicó por Telegram o WhatsApp, se envía la notificación por el mismo canal.

#### **4.7.7. Despliegue en servidor (Ubuntu / AWS)**

El despliegue fue la culminación de todo el trabajo, pasando de un entorno local de desarrollo a un entorno real de producción. Se eligió una instancia Amazon EC2 con sistema operativo de Ubuntu, creando la infraestructura lógica de todo el chatbot.

Primero, se configuró el entorno Linux para alojar todos los servicios, Nginx como puerta de enlace, logrando de ese modo terminar la conexión SSL (HTTPS), necesaria para los *webhooks*, garantizando que el tráfico siempre sea cifrado.

Se configuraron los grupos de seguridad para abrir solamente los puertos necesarios para operar de manera óptima (22 para SSH, 80 para HTTP, 443 para HTTPS y 8000 para el API), así mismo, la base de datos puede ser accedida solamente desde la misma instancia.

El servidor de la aplicación fue Uvicorn y se automatizó con un supervisor para asegurar la disponibilidad total del backend. Si existe un error, el servidor se reinicia automáticamente, teniendo de ese modo una capacidad de recuperación.

El servicio de notificaciones no es gestionado por Uvicorn al ser un proceso externo, eso hace que corriera de manera independiente y persistente, para ello, se creó un servicio dentro del administrador de servicios de Ubuntu, en pocas palabras, el sistema operativo ejecuta un script Python, esto permite que las notificaciones corrieran de manera independiente.

#### **4.8. Pruebas y validación del sistema**

##### **4.8.1. Pruebas funcionales**

El objetivo de estas pruebas es asegurar que la orquestación entre las diversas capas se ejecute sin errores. Para ello, se empleó la herramienta *pytest* para realizar simulaciones de webhooks en memoria, esto permitió probar la lógica del router sin la necesidad de un servidor.

Posterior a ello, se realizaron peticiones POST con formato XML, ese formato es para integrarlo con Twilio, confirmando la generación de la respuesta por parte conversacional.

Para probar la integración con Telegram, se realizaron solicitudes con el formato JSON, se validó que devolvieran un estado válido y posterior a ello llamando al modelo sin errores.

También se realizaron pruebas de persistencia, se realizó la simulación de conversaciones, verificando la persistencia de los estados del usuario, así mismo de las interacciones realizadas durante la conversación.

#### 4.8.2. Pruebas del modelo IA

Para verificar la fiabilidad del chatbot, se midió la capacidad del modelo híbrido de clasificación para identificar las intenciones. La evaluación se dio sobre un dataset de quinientos datos de prueba que el modelo nunca había visto, garantizando de ese modo que las métricas reflejen el rendimiento en escenarios reales. Se utilizaron dos métricas, la primera F1-Score, que es el valor principal para validar la precisión y clasificación.

Para F1-Score se debe conocer ciertas abreviaturas importantes como VP que son los verdaderos positivos, FP que son los falsos positivos, FN que son los falsos negativos, seguido a ello, el cálculo de la precisión es  $VP / (VP + FP)$ , la exhaustividad es  $VP / (VP + FN)$  y el cálculo del F1-Score =  $2 \times (\text{Precisión} \times \text{Exhaustividad}) / (\text{Precisión} + \text{Exhaustividad})$ .

En modelos híbridos, se aplican los valores para cada elemento de prueba, posterior a ello, se calcula el F1-Score Global, todo este proceso matemático puede ser realizado gracias a la librería *sklearn.metrics* que contiene la función de *classification\_report*. Al utilizar esa función se obtuvo el F1-Score Promedio Ponderado de 0.8153, con eso se concluye que el modelo híbrido logró identificar la intención de los usuarios en 81.53% de los casos. Cabe aclarar que este valor se da en un entorno controlado, conformado por consultas redactadas correctamente y con una estructura gramatical adecuada.

Este resultado valida la arquitectura del modelo híbrido, declarando apto el modelo para la fase de producción, dejando la posibilidad latente de mejorar el modelo para asegurar una clasificación superior con los datos de las interacciones en producción.

##### 4.8.2.1. Evaluación del modelo de machine learning

Con el propósito de validar la eficacia del chatbot en la gestión de trámites, se realizó una evaluación comparativa del rendimiento entre los algoritmos de machine learning. El

objetivo de esta fase fue evaluar si la arquitectura híbrida propuesta ofrece una mayor precisión en la identificación de intenciones en comparación con modelos individuales.

Para ello, se utilizaron métricas de desempeño como precisión (precision), exhaustividad (recall) y valor F1 (F1-score), lo que permitió cuantificar la capacidad del sistema para interpretar correctamente las solicitudes de los usuarios.

**Tabla 14**

*Comparación de las métricas de rendimiento para un escenario variado*

| ID | Modelo                          | Accuracy<br>(Exactitud) | Precisión<br>(Precision) | Exhaustividad<br>(Recall) | F1-Score |
|----|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|----------|
| 1  | Random Forest (RF)              | 0.55                    | 0.62                     | 0.55                      | 0.53     |
| 2  | Regresión Logística (RL)        | 0.68                    | 0.71                     | 0.68                      | 0.66     |
| 3  | K-Vecinos más Cercanos<br>(KNN) | 0.66                    | 0.70                     | 0.66                      | 0.65     |
| 4  | Modelo Híbrido                  | 0.69                    | 0.73                     | 0.68                      | 0.69     |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia y se basa en un conjunto de datos de 500 interacciones.

En la Tabla 14 se reconocen variaciones en el rendimiento de los algoritmos evaluados, Random Forest obtuvo el desempeño más discreto, registrando un F1-Score de 0.53.

En contraste, la Regresión Logística destacó como el clasificador más sólido para el manejo de frases con estructura definida, alcanzando un F1-Score de 0.66. Por su parte, el algoritmo K-Vecinos más Cercanos presentó un rendimiento de 0.65. Esto sugiere que una parte de las interacciones de los usuarios en la UGEL tienen patrones semánticos recurrentes.

La validación técnica de la investigación se consolidó con el Modelo Híbrido, el cual alcanzó el mayor F1-Score (0.69) y la mayor precisión (0.73). Su relevancia se centra en la estabilidad operativa mediante un algoritmo de selección por confianza máxima, el modelo funciona como un mecanismo de respaldo. En situaciones donde la Regresión Logística

presenta baja precisión y/o confianza, el sistema se respalda por el algoritmo K-Vecinos más Cercanos.

Cabe resaltar que debido a que los usuarios reales suelen cometer errores ortográficos, gramaticales y de redacción, se realizó esta evaluación utilizando un conjunto de pruebas con consultas que simulan dichas condiciones. El objetivo fue analizar la robustez de los algoritmos frente a entradas menos estructuradas y más cercanas a un entorno real de uso.

#### 4.8.3. Pruebas de rendimiento

Las pruebas de rendimiento se hicieron con Locust, que es una herramienta para realizar pruebas de rendimiento y carga para HTTP, permite definir pruebas en código Python, las pruebas se realizan desde la línea de comandos, posterior a ello mediante su interfaz web. Los datos relevantes se pueden ver en tiempo real y exportar para su análisis (Byström et al., 2025).

Cabe resaltar que las pruebas de rendimiento se dieron en un entorno de desarrollo, ya que las APIs de Telegram y WhatsApp prohíben rigurosamente los mensajes no deseados, automáticos o masivos, esto limita de cierto modo las pruebas de rendimiento a los *webhooks*. Estas fallas se deben principalmente a las restricciones de las APIs de mensajería para entornos de prueba y no reflejan el comportamiento esperado en producción. En consecuencia, se simuló un tráfico real en los *webhooks*, descritos en la siguiente tabla.

**Tabla 15**

*Estadísticas de pruebas de rendimiento del chatbot “TramiBOT”*

| # | Nombre   | # Solicitudes | # Falladas | Mediana (ms) | 80%ile (ms) | 90%ile (ms) | Promedio (ms) | Min (ms) | Max (ms) |
|---|----------|---------------|------------|--------------|-------------|-------------|---------------|----------|----------|
| 1 | WhatsApp | 13163         | 1382       | 14           | 120         | 1150        | 369.05        | 7        | 6100     |
| 2 | Telegram | 8689          | 1087       | 14           | 110         | 950         | 357.14        | 7        | 5700     |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

## 4.9. Escenarios de uso

Esta sección detalla cómo el usuario final interactúa con el chatbot mediante los diversos canales de comunicación (WhatsApp, Telegram y Plataformas Web de Telegram y WhatsApp) y se mostrarán ejemplos concretos y reales de las funcionalidades implementadas.

### 4.9.1. Canales de acceso al chatbot

El sistema de chatbot está diseñado para ser accedido mediante plataformas de mensajería, asegurando de ese modo una amplia flexibilidad de comunicación con los usuarios.

Está integrada con WhatsApp, mediante la API de Twilio, por otra parte, Telegram, en este caso, la comunicación se da mediante el *webhook* oficial de la aplicación, es importante resaltar que estos servicios de mensajería tienen diversas plataformas de uso, desde el aplicativo móvil, ya sea en Android, IOS, versiones web en navegadores y también en aplicaciones nativas para Windows, macOS y Linux.

### 4.9.2. Flujos de interacción

El flujo inicia con la recepción de un mensaje de parte del usuario, que normalmente es un saludo informal, posterior a ello, el chatbot responde con una bienvenida al usuario y se le dan dos modos para continuar la conversación, modo *consultas* y el modo *trámite*, seguido a ello el usuario responde con un mensaje, pudiendo ser números o una frase.

#### 4.9.2.1. Modo consultas

Si el usuario escoge el modo *consultas*, se da una bienvenida al modo *consultas*, este modo se encarga de brindar información al usuario respecto a cualquier tipo de información relacionada a la UGEL y/o trámites, el usuario responde con un mensaje solicitando la información deseada, por ejemplo “*Quiero información acerca de licencia de maternidad*”, el chatbot recibe el mensaje, lo envía al modelo híbrido de clasificación y le retorna la respuesta,

si el mensaje recibido tiene similitud o está relacionado a uno existente dentro del modelo de machine learning, se envía la información extraída de la base de conocimiento, sí no se encuentra una relación, retorna un mensaje indicando que no se entendió su mensaje.

#### **4.9.2.2. Modo trámites**

Por otra parte, si el usuario escoge el modo *trámites*, el chatbot le responde que tiene dos modos posibles, el primero modo es *nuevo*, que se encarga de solicitar toda la información de un trámite y terminar el flujo de conversación con un enlace seguro del archivo generado, el segundo modo es *seguimiento*, el chatbot solicita la información correspondiente para validar que el trámite exista y retorna un mensaje con toda la información correspondiente de ese caso.

##### **4.9.2.2.1. Nuevo Trámite**

En este modo *nuevo*, el chatbot inicia el servicio de trámite, que se encarga de solicitar la información correspondiente para un trámite con datos como DNI, nombres y apellidos, celular, correo, institución educativa, dirección, cargo, asunto, justificación, adjuntos y demás. Cabe resaltar que se realizarán las validaciones correspondientes como tamaño del número de DNI, un celular y correo válido.

Finalizando todo el proceso con la generación de un archivo FUT con la información generada, se retorna el mensaje de éxito con el enlace seguro temporal para acceder al recurso.

##### **4.9.2.2.2. Seguimiento**

Este modo, es simple, los usuarios que generaron un trámite en algún momento pueden consultar el estado de su trámite, es decir, hacer el seguimiento. El chatbot, solicita el identificador del trámite, verifica que exista el trámite en la base de datos y retorna un mensaje con toda la información del trámite. Finalizando la interacción, muestra instrucciones para retornar a un punto anterior, ya sea modo *consultas*, *trámites* o *menú*.

#### **4.9.2.3. Notificaciones**

Este flujo de interacción no es como los otros modos, este en un servicio externo al chatbot, que notifica cambios o modificaciones realizadas respecto a un trámite determinado, es decir, si un trámite se actualiza, el módulo notificador envía mensajes a los usuarios que realizaron el trámite.

El propio chatbot inicia la conversación directamente con el usuario, si la gestión del trámite se realizó por Telegram se notifica por el mismo medio, siendo igual para WhatsApp, cabe aclarar que WhatsApp tiene políticas de spam, más estrictas y hace que algunas notificaciones no lleguen a destino, ya que el usuario debería empezar una conversación.

#### **4.9.3. Escenarios de uso**

Los siguientes escenarios evidencian tres capacidades primordiales del aplicativo, manejo de consultas frecuentes, registro de trámites, consulta de estado de expediente, todos estos escenarios son procesados por la arquitectura del chatbot.

##### **4.9.3.1. Escenario 1: Consultas generales**

Este escenario ilustra el uso de consultas basadas en conocimiento, es decir, los usuarios consultan por temas y trámites en un contexto educativo relacionado con la UGEL, el mensaje pasa por la función de predicción y muestra la interacción de manera rápida y precisa.

**Figura 23**

*Clasificación de Intención en el chatbot “TramiBOT” en WhatsApp*



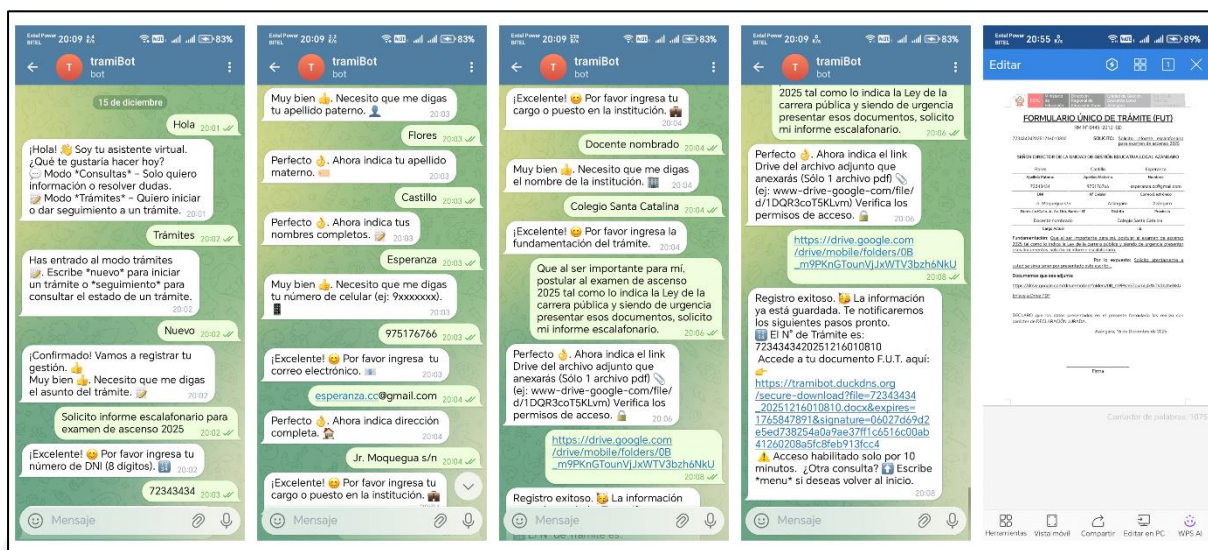
*Nota.* Interacción propia generada por el sistema implementado.

#### **4.9.3.2. Escenario 2: Solicitud de trámite y generación de FUT**

Este escenario representa el flujo de la gestión de un nuevo trámite, el usuario inicia la conversación, posterior a ello se inicia un flujo secuencial donde el chatbot solicita la información necesaria para su trámite, haciendo las validaciones respectivas, después que toda la información esté completa, se finaliza el flujo del trámite generando un documento oficial (FUT) y respondiendo con un mensaje de éxito y un enlace seguro para que el usuario acceda a su documento generado por un tiempo determinado.

**Figura 24**

*Flujo de solicitud de trámite y generación del FUT mediante Telegram*



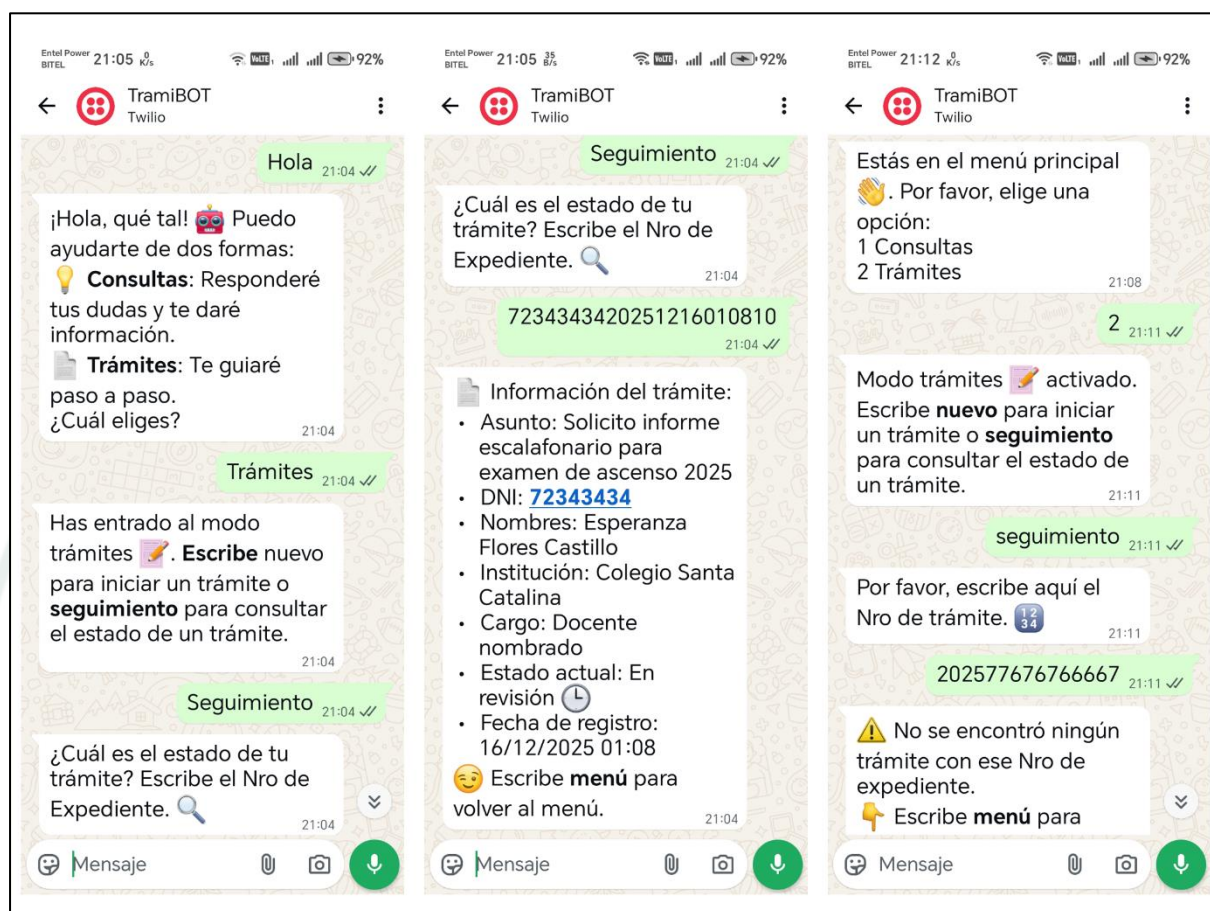
*Nota.* Interacción propia generada por el sistema implementado.

#### 4.9.3.3. Escenario 3: Consulta de estado de trámite

En este escenario se describe la interacción del usuario con el módulo de seguimiento de trámites. El proceso inicia cuando el sistema consulta el motor de base de datos PostgreSQL para recuperar el estado de una solicitud específica. Para ejecutar esta consulta, es indispensable que el usuario proporcione el identificador único del trámite, en caso de que este código sea validado correctamente, el sistema retorna el detalle completo de la gestión. Por el contrario, de no hallarse una coincidencia en los registros, se emite una notificación informando sobre la inexistencia del dato ingresado, garantizando así una respuesta clara y directa ante cada requerimiento.

**Figura 25**

*Consulta de estado de trámite mediante WhatsApp*



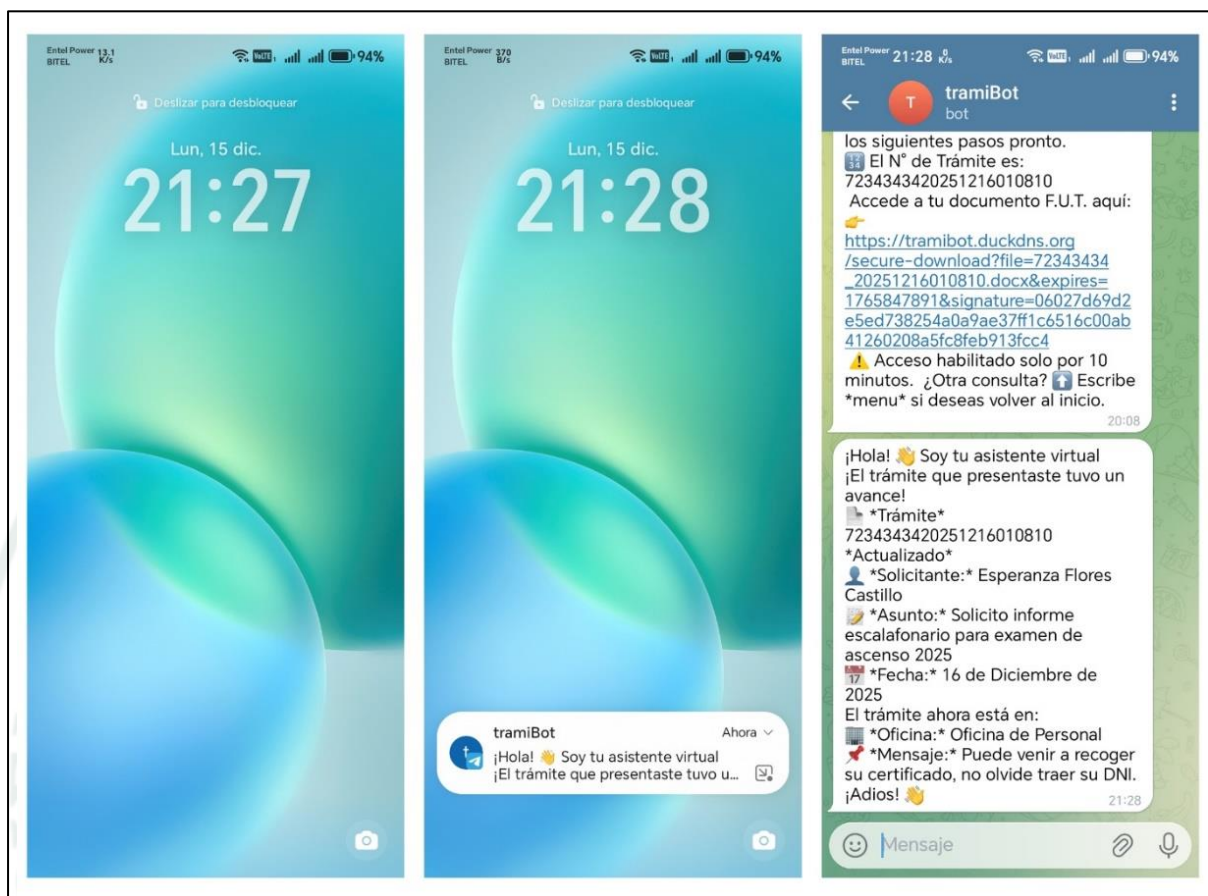
*Nota.* Interacción propia generada por el sistema implementado.

#### **4.9.3.4. Escenario 4: Notificación asíncrona**

Este escenario no muestra interacción del usuario con el chatbot, por el contrario, es una notificación asíncrona, el propio chatbot inicia la conversación con el usuario, esto sucede cuando ocurre un avance dentro de un trámite determinado, es un servicio externo al backend, se notifica con toda la información correspondiente al trámite, teniendo la posibilidad de que se envíe un mensaje a través de la notificación.

**Figura 26**

*Mensaje de notificación sobre avance de un trámite en Telegram*



*Nota.* Interacción propia generada por el sistema implementado.

#### **4.9.4. Recomendaciones de uso**

Para garantizar una experiencia adecuada y correcta dentro del chatbot, se recomienda a los diferentes usuarios las siguientes recomendaciones.

##### **4.9.4.1. Priorizar mensajes directos y claros**

Se recomienda en la medida de lo posible enviar mensajes de manera directa, utilizando el lenguaje natural evitando el uso de símbolos extraños, emojis y demás distractores dentro del texto, así mismo, evitar mensajes ambiguos o múltiples consultas en un solo mensaje.

Un mensaje de ejemplo directo y claro sería *“Quiero información acerca de licencia de maternidad”*, y la manera ineficaz sería *“Hola, qué tal, estoy embarazada y pienso que necesito saber cómo sería tramitar o gestionar una posible licencia de maternidad o por salud, gracias”*, asegurando de ese modo la eficiencia del chatbot.

#### **4.9.4.2. Uso de palabras clave**

Tratar en lo posible incluir términos clave relacionados con cada trámite, estos términos deben estar relacionados con lo que necesita (certificado, constancia, diploma, solicitud). Esto ayuda al chatbot a mejorar la precisión y acelerar la respuesta.

#### **4.9.4.3. Respuestas a solicitudes de datos**

Cuando el chatbot solicite un dato específico (DNI, celular, nombre, etc.), ingrese directamente solo el dato requerido sin texto adicional, por ejemplo, el chatbot envía el mensaje *“Ingresa tu número de DNI”*, la respuesta adecuada sería *“72353744”* y no *“Mi número de DNI es 72353744, gracias”*, esto ayudará a procesar los datos de manera óptima.

#### **4.9.4.4. Canales de acceso**

Utilice solamente los canales oficiales designados (WhatsApp, Telegram, o sus versiones Web o de escritorio) para garantizar la seguridad y la correcta integración con el backend y revisar los documentos generados para confirmar que todo sea correcto.

Cualquier otro canal digital de comunicación podría ser no oficial y de ese modo podría comprometer la seguridad de los datos del dispositivo desde donde se accede a esos canales de comunicación.

#### 4.9.4.5. Gestión de fallos de comunicación

Existe la posibilidad de que el chatbot no logre entender algún mensaje o consulta, devolviendo una respuesta predeterminada *“Lo siento, no entendí bien tu consulta. ¿Podrías reformularla?”*, para esos casos se recomienda simplificar la frase o ser más concreto. Si el error persiste solicitar ser transferido con una persona o enviar mensajes de retroalimentación como *“El mensaje tiene un error”*, *“No es la respuesta que esperaba”* para un análisis posterior y mejorar el modelo híbrido de machine learning. Se recomienda que futuras versiones incluyan la transferencia automática a un agente humano.

## CAPÍTULO V

### 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se procesan y analizan los hallazgos obtenidos tras las evaluaciones de pretest y postest. El enfoque central es determinar el grado de impacto que tuvo el chatbot con machine learning sobre la gestión de trámites en la UGEL, comparando el estado inicial con los resultados postest.

Los resultados obtenidos son interpretables en el contexto específico de esta investigación. El estudio fue realizado con 50 usuarios pertenecientes a una UGEL específica, bajo un diseño preexperimental con un solo grupo y debería validarse en otros entornos administrativos antes de generalizarse.

Para dar respaldo a estos datos, se aplicaron técnicas de estadística descriptiva e inferencial, trabajando sobre un instrumento que fue previamente validado mediante juicio de expertos y cuyos niveles de confiabilidad aseguran la consistencia de la información, estos hallazgos corresponden al entorno institucional analizado y no debe aplicarse de manera directa a otras entidades del sector público sin estudios adicionales.

#### 5.1. Análisis de los resultados del pretest

Esta sección detalla los hallazgos obtenidos durante el pretest, etapa que sirvió para diagnosticar el desempeño de la gestión administrativa en la UGEL previo a la entrada en funcionamiento del chatbot. Esta evaluación inicial se ejecutó durante el mes de septiembre sobre una muestra de 50 usuarios, con el fin de consolidar una línea base que reflejara las limitaciones y capacidades del flujo de trabajo tradicional.

Dicho diagnóstico no fue una medición aislada, sino el punto de comparación directo para medir el impacto real del proyecto frente al postest realizado entre los meses de noviembre

y diciembre. Para recolectar la información, se utilizó un cuestionario estructurado bajo una escala de Likert de cinco niveles, desde "Totalmente en desacuerdo" hasta "Totalmente de acuerdo" (ver ANEXOS). Esta metodología facilitó la obtención de métricas cuantificables sobre la percepción del servicio, permitiendo una interpretación estadística objetiva de la satisfacción del usuario antes y después de la intervención tecnológica.

### 5.1.1. Análisis descriptivo general del pretest

En el presente apartado se examina el comportamiento de la variable "Optimización del proceso de gestión de trámites administrativos", centrándose en la percepción inicial del usuario. Más que una simple estadística, este análisis de la etapa de pretest ofrece una impresión del estado de eficiencia institucional antes de la intervención. Al promediar estas métricas, es posible cuantificar las carencias del sistema tradicional, lo que resulta fundamental para establecer el punto de partida de la investigación.

**Tabla 16**

*Resultados descriptivos generales del pretest*

| ID | Estadístico           | Valor |
|----|-----------------------|-------|
| 1  | Media general         | 3.13  |
| 2  | Desviación estándar   | 0.78  |
| 3  | Valor mínimo          | 2     |
| 4  | Valor máximo          | 5     |
| 5  | Número de encuestados | 50    |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

Según los datos de la Tabla 16, el pretest arrojó una media de 3.13, que se considera de un nivel moderado. Esto confirma que el proceso actual cumple parcialmente con las

expectativas de los usuarios, pero existen deficiencias que limitan la eficiencia, rapidez y calidad de la atención brindada.

### 5.1.2. Resultados del pretest por dimensiones

Con el propósito de localizar los puntos críticos en el flujo administrativo actual, se analizan los resultados del pretest desglosado por las dimensiones de la variable dependiente.

**Tabla 17**

*Resultados del pretest por dimensiones de la optimización del proceso*

| ID | Dimensión           | Media |
|----|---------------------|-------|
| 1  | Accesibilidad       | 3.02  |
| 2  | Interacción         | 3.08  |
| 3  | Tiempo de respuesta | 3.11  |
| 4  | Fiabilidad          | 3.08  |
| 5  | Usabilidad          | 3.14  |
| 6  | Soporte             | 3.16  |
| 7  | Eficiencia          | 3.24  |
| 8  | Satisfacción        | 3.14  |
| 9  | Pertinencia         | 3.22  |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

Como se aprecia en la Tabla 17, se hacen evidentes las disparidades críticas entre las dimensiones evaluadas. Lo más preocupante no es solo la diferencia numérica, sino la concentración de los puntajes más deficientes en áreas clave como accesibilidad, interacción y tiempos de respuesta.

### **5.1.3. Análisis de las dimensiones del proceso en el pretest**

Los hallazgos del pretest revelan que la interacción dentro del sistema tradicional no solo es deficiente, sino que carece de una secuencia lógica que guíe al usuario. Esta desorientación estructural actúa como un factor disuasivo, forzando a los administrados a desplazarse físicamente a las oficinas de la UGEL para subsanar dudas que podrían resolverse mediante canales remotos. Esta saturación de la vía presencial se ve agravada por los tiempos de respuesta: los datos muestran una dilación innecesaria en la entrega de información, lo que convierte a la espera en una barrera crítica para la fluidez del trámite.

En lo que respecta al soporte y la eficiencia, se evidencia un vacío operativo ante consultas de mayor complejidad. El modelo actual, al carecer de asistencia automatizada o mecanismos de respuesta inmediata, genera una redundancia de consultas que consume recursos institucionales y tiempo del usuario de forma ineficiente. Esta falta de soporte preventivo no solo causa retrasos evitables, sino que compromete la fiabilidad del proceso.

Finalmente, el análisis de dimensiones transversales como la usabilidad, accesibilidad y pertinencia pone de manifiesto una brecha tecnológica profunda. Estos indicadores no deben verse como métricas aisladas, sino como oportunidades de mejora que justifican la transición hacia un modelo digital. La implementación de una solución robusta no solo optimizaría la gestión administrativa, sino que elevaría la satisfacción del usuario al ofrecer un servicio más coherente con las demandas tecnológicas actuales.

### **5.2. Análisis de los resultados del postest**

El análisis de los resultados del postest pone de manifiesto una mejora en las dimensiones del proceso, evidenciando cómo la intervención tecnológica alteró la dinámica de gestión previa. Para asegurar el rigor científico y la comparabilidad de los datos, se utilizó el mismo instrumento validado mediante juicio de expertos ( $V$  de Aiken = 0.92) y con una

consistencia interna verificada (Alfa de Cronbach = 0.81). El mantenimiento de la escala Likert de cinco niveles garantiza que los cambios observados respondan directamente al efecto de la tecnología aplicada a través del chatbot y no a variaciones en la metodología de recolección.

### 5.2.1. Análisis descriptivo general del postest

Los datos presentados a continuación sirven como evidencia del rendimiento del sistema en un entorno real controlado, permitiendo contrastar la eficacia de la solución frente a la situación inicial previamente diagnosticada.

**Tabla 18**

*Resultados generales de la evaluación postest*

| ID | Estadístico           | Valor |
|----|-----------------------|-------|
| 1  | Media general         | 3.67  |
| 2  | Desviación estándar   | 1.00  |
| 3  | Valor mínimo          | 2     |
| 4  | Valor máximo          | 5     |
| 5  | Número de encuestados | 50    |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

Tal como se detalla en la Tabla 18, la media general obtenida en el postest fue de 3.67, lo que refleja un incremento notable respecto a la medición inicial. Este resultado indica que la implementación del chatbot contribuyó de manera positiva a la optimización del proceso de gestión de trámites administrativos, mejorando la percepción de eficiencia del servicio entre los usuarios de la UGEL.

### 5.2.2. Resultados del postest por dimensiones de la optimización

Con el propósito de dimensionar el impacto real de la herramienta, el análisis del postest se desglosó minuciosamente a través de las nueve dimensiones que conforman la variable

dependiente. Este examen detallado evalúa cómo evolucionaron la accesibilidad, la fiabilidad y la usabilidad, permitiendo una evaluación segmentada del impacto de la solución tecnológica. Dicho nivel de detalle resulta imperativo no solo para verificar si el chatbot logró subsanar las vulnerabilidades detectadas en la fase de diagnóstico, sino también para desgranar su aporte específico en la transformación y modernización de la estructura administrativa de la institución.

**Tabla 19**

*Resultados de la evaluación posttest por dimensiones*

| ID | Dimensión           | Media |
|----|---------------------|-------|
| 1  | Accesibilidad       | 3.96  |
| 2  | Interacción         | 3.57  |
| 3  | Tiempo de respuesta | 3.74  |
| 4  | Fiabilidad          | 3.53  |
| 5  | Usabilidad          | 3.64  |
| 6  | Soporte             | 3.56  |
| 7  | Eficiencia          | 3.72  |
| 8  | Satisfacción        | 3.54  |
| 9  | Pertinencia         | 3.78  |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

Como se muestra en la Tabla 19, se evidencia una mejora en todas las dimensiones evaluadas tras la fase de posttest. Dicho fortalecimiento se presenta con mayor intensidad en la accesibilidad, celeridad de respuesta y soporte operativo a través del uso del chatbot. Específicamente, la dimensión Accesibilidad pasó de 3.02 en el pretest a 3.96 en el posttest, lo cual se relaciona con la eliminación de la restricción horaria del modelo presencial, dado que la herramienta se encuentra disponible de manera continua (24/7). Antes de la implementación, las consultas estaban sujetas a atención presencial o telefónica en horario de oficina;

posteriormente, los usuarios pudieron realizar consultas en cualquier momento, eliminando barreras temporales y reduciendo la necesidad de desplazamiento físico. Este cambio explica la mejora sustancial en la percepción de accesibilidad y constituye el principal indicador de optimización logrado por la solución tecnológica.

### **5.2.3. Análisis de las dimensiones del proceso con el chatbot**

Los hallazgos del posttest demuestran una mejora en la experiencia del usuario, impulsada por la disponibilidad permanente del chatbot. Al eliminar las barreras temporales que restringían la atención al horario de oficina, se logró una valoración positiva que vincula la accesibilidad con una reducción percibida en los tiempos de espera, así como la eliminación de la necesidad de apersonarse a la UGEL para consultas sobre trámites y no estar limitado.

En términos de soporte y eficiencia, el sistema se valoró como una herramienta de apoyo ante consultas complejas, optimizando la navegación y permitiendo la obtención de datos precisos de forma inmediata. Este conjunto de mejoras no solo agilizó la gestión documental, sino que impactó en las dimensiones de usabilidad y fiabilidad.

### **5.3. Comparación de resultados pretest y posttest**

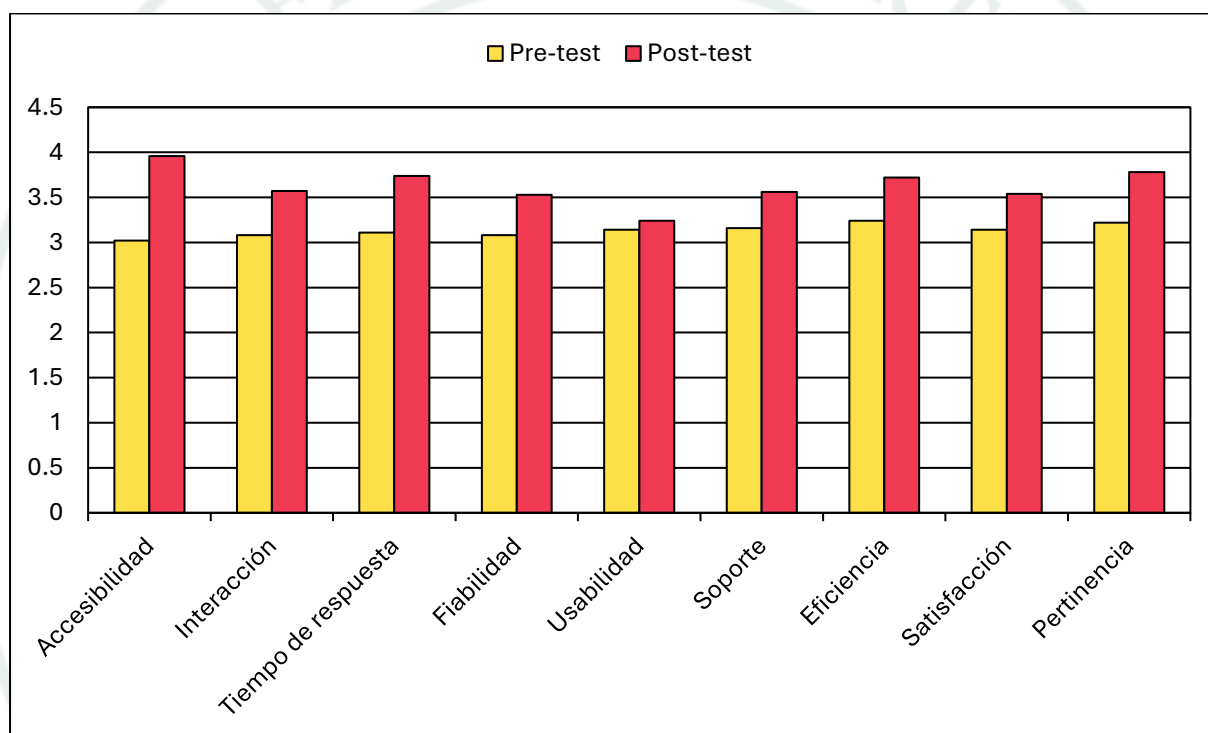
El análisis aquí desarrollado se centra en la comparación descriptiva entre las métricas del pretest y el posttest, un ejercicio fundamental para medir el impacto real derivado de la integración del chatbot. Esta fase no solo busca cuantificar las variaciones en la optimización operativa, sino establecer un contraste crítico que evidencie la brecha entre la gestión tradicional de la UGEL y las capacidades de la solución basada en machine learning.

### 5.3.1. Comparación gráfica de las dimensiones de la optimización

Para demostrar el impacto de la solución tecnológica, se presenta un diagrama de barras comparativo que resume las medias obtenidas en el pretest (amarillo) y el postest (rojo), esta comparación permite observar la mejora en cada una de las nueve dimensiones de la variable.

**Figura 27**

*Comparación gráfica de las dimensiones de la optimización*



*Nota.* El diagrama es de elaboración propia.

### 5.3.2. Comparación de medias generales pretest – postest

A nivel general, se compararon las medias generales obtenidas en el pretest y el postest para la variable dependiente Optimización del proceso de gestión de trámites administrativos.

**Tabla 20***Comparación de medias generales del pretest y postest*

| ID | Medición | Media |
|----|----------|-------|
| 1  | Pretest  | 3.13  |
| 2  | Postest  | 3.67  |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

De acuerdo con los datos de la Tabla 20, se observa que la media general aumentó de 3.13 en el pretest a 3.67 en el postest. Este crecimiento numérico refleja una evolución positiva en la opinión de los usuarios, confirmando que el proceso de gestión de trámites administrativos experimentó una mejora tras la puesta en marcha del chatbot basado en machine learning.

### **5.3.3. Comparación de medias por dimensiones**

La comparación de las medias conseguidas entre el pretest y el postest para las nueve dimensiones de la variable dependiente permite cuantificar el aumento específico en accesibilidad, interacción, tiempo de respuesta, fiabilidad, usabilidad, soporte, eficiencia, satisfacción y pertinencia, evidenciando el impacto directo del chatbot

**Tabla 21***Comparación de medias por dimensiones en el pretest y posttest*

| ID | Dimensión           | Pretest | Posttest | Diferencia |
|----|---------------------|---------|----------|------------|
| 1  | Accesibilidad       | 3.02    | 3.96     | + 0.94     |
| 2  | Interacción         | 3.08    | 3.57     | + 0.49     |
| 3  | Tiempo de respuesta | 3.11    | 3.74     | + 0.63     |
| 4  | Fiabilidad          | 3.08    | 3.53     | + 0.45     |
| 5  | Usabilidad          | 3.14    | 3.64     | + 0.50     |
| 6  | Soporte             | 3.16    | 3.56     | + 0.40     |
| 7  | Eficiencia          | 3.24    | 3.72     | + 0.48     |
| 8  | Satisfacción        | 3.14    | 3.54     | + 0.40     |
| 9  | Pertinencia         | 3.22    | 3.78     | + 0.56     |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

Los resultados evidencian incrementos positivos en todas las dimensiones evaluadas, resaltando la accesibilidad como el indicador de mayor crecimiento, este hallazgo se relaciona estrechamente con la disponibilidad ininterrumpida del chatbot y la eliminación de las restricciones del horario de atención presencial.

#### **5.3.4. Resumen comparativo pretest-posttest**

El contraste entre los resultados del pretest y el posttest permite concluir que la implementación del chatbot basado en machine learning generó mejoras consistentes en todas las dimensiones de la variable dependiente. Los incrementos observados, tanto a nivel global como dimensional, respaldan la eficacia de la solución tecnológica y justifican la aplicación de pruebas de estadística inferencial. Dichos análisis, desarrollados en la siguiente sección, permitirán confirmar la significancia de estas mejoras y validar formalmente la hipótesis.

## **5.4. Contrastación de hipótesis de la investigación**

Este punto compara la estadística de la hipótesis general, con la finalidad de determinar la significancia de las diferencias observadas entre el pretest y el posttest. Se emplearon pruebas de estadística inferencial para una investigación preexperimental y a la naturaleza de los datos recolectados. Este análisis permitirá validar si la mejora en la optimización del proceso de gestión de trámites administrativos responde a la eficacia del chatbot basado en machine learning o a variaciones aleatorias, con el nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  establecido.

### **5.4.1. Planteamiento de la hipótesis de investigación**

En la presente investigación, se formuló la hipótesis general planteando que la implementación del chatbot basado en machine learning influye en la optimización del proceso de gestión de trámites administrativos en la UGEL. Eso permitió valorar estadísticamente si la implementación de un chatbot generó mejoras significativas respecto al estado inicial.

Las hipótesis de la presente investigación se precisan de la siguiente manera.:

Hipótesis de investigación ( $H_1$ ): Dado que la gestión de trámites administrativos en la UGEL se caracteriza por procedimientos burocráticos, tiempos de espera prolongados y una alta carga de tareas manuales, es posible que la implementación de un chatbot basado en machine learning optimice significativamente el proceso de gestión de trámites administrativos en una UGEL, mejorando la eficiencia del proceso y la satisfacción del usuario.

Hipótesis nula ( $H_0$ ): La implementación de un chatbot basado en machine learning no optimiza significativamente el proceso de gestión de trámites administrativos en una UGEL.

Estas hipótesis fueron contrastadas a partir de los resultados obtenidos en el pretest y posttest aplicados a los usuarios de la UGEL, considerando un diseño preexperimental con mediciones emparejadas.

#### **5.4.2. Nivel de significancia estadística**

El nivel de significancia definido es de  $\alpha = 0.05$ . Esta elección responde a los estándares de los estudios aplicados, permitiendo trabajar con un 95% de confianza al momento de validar los hallazgos (Di & Sardanelli, 2020).

Bajo este criterio, la regla de decisión establece que la hipótesis nula se descarta únicamente si el valor p resultante es inferior al umbral de 0.05. De alcanzarse este resultado, se tendrá el sustento necesario para afirmar que el chatbot con machine learning generó cambios reales entre el pretest y el posttest, ratificando así que la herramienta cumplió con su objetivo de optimizar los trámites administrativos en la UGEL.

#### **5.4.3. Selección de la prueba estadística**

La contrastación de la hipótesis se basó en un diseño de medias repetidas, contrastando los resultados de un mismo grupo de usuarios antes y después de la implementación de un chatbot basado en machine learning.

Para establecer la prueba de estadística más conveniente, se evaluó el supuesto de normalidad de la distribución de las diferencias pretest-posttest, dado que esta es la condición primordial en comparaciones emparejadas. En consecuencia, se aplicaron las pruebas de Shapiro-Wilk, cuyos resultados se aprecian en la Tabla 22 (Flores & Flores, 2021).

**Tabla 22**

*Pruebas de normalidad de los datos pretest, posttest y diferencias*

| ID | Variable   | Prueba       | Estadístico | gl | Sig.  |
|----|------------|--------------|-------------|----|-------|
| 1  | Pretest    | Shapiro-Wilk | 0.945       | 50 | 0.021 |
| 2  | Posttest   | Shapiro-Wilk | 0.977       | 50 | 0.424 |
| 3  | Diferencia | Shapiro-Wilk | 0.962       | 50 | 0.107 |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

Si bien la prueba de Shapiro-Wilk indicó que las diferencias entre el pretest y el posttest presentan una distribución cercana a la normalidad ( $p > 0.05$ ), la selección de la prueba estadística no se fundamentó únicamente en este supuesto.

La prueba t de Student para muestras relacionadas exige que las variables analizadas posean propiedades métricas, de modo que las diferencias entre sus valores representen magnitudes equivalentes (Ramírez & Polack, 2020). Es decir, la diferencia entre los valores 1 y 2 debe ser equivalente a la diferencia entre 4 y 5.

En esta investigación, los datos fueron obtenidos mediante una escala Likert de cinco puntos, la cual corresponde a una medición de carácter ordinal y no garantiza que la distancia entre sus categorías sea uniforme.

Por esta razón, se optó por la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon, al ser metodológicamente coherente con la naturaleza de los datos y adecuada para comparar dos mediciones relacionadas en un diseño preexperimental con un solo grupo (Benítez & Peña, 2024). Esta elección permite realizar una contrastación estadística técnicamente consistente respecto a la optimización del proceso de gestión de trámites administrativos en la UGEL.

#### 5.4.4. Resultados de la prueba de Wilcoxon para muestras emparejadas

Con la finalidad de validar la hipótesis de investigación, se recurrió a la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras emparejadas. Esta prueba permitió comparar los resultados del pretest y del posttest correspondientes a la variable dependiente Optimización del proceso de gestión de trámites administrativos (Tapio, 2025).

La elección de esta prueba fue crítica para identificar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas, considerando que los datos provienen del mismo grupo de usuarios, si bien la distribución de las diferencias se aproxima a la normalidad, se optó por una prueba no paramétrica. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 23, donde se muestran el estadístico de prueba y el valor p resultante.

**Tabla 23**

*Resultados de la prueba de Wilcoxon*

| ID | Estadístico                         | Valor  |
|----|-------------------------------------|--------|
| 1  | Estadístico Z                       | -4.221 |
| 2  | Valor p                             | 0.003  |
| 3  | Nivel de significancia ( $\alpha$ ) | 0.05   |
| 4  | Tamaño del efecto (r)               | 0.597  |
| 5  | Número de pares (N)                 | 50     |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia.

Tras el análisis de los datos, se obtuvo un valor p menor a 0.05, lo que indica que existe una diferencia significativa entre los resultados del pretest y el posttest. El tamaño del efecto evidencia que la mejora en los tiempos de tramitación en la UGEL tiene relevancia práctica. Estos hallazgos permiten afirmar que la reducción de la carga administrativa no se debe al azar, sino que es consecuencia directa de la implementación del chatbot.

#### **5.4.5. Decisión estadística**

El análisis mediante la prueba de Wilcoxon arrojó un valor  $p$  de 0.003, inferior al nivel de significancia de 0.05. Esto permite rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptar la hipótesis de investigación ( $H_1$ ). El tamaño del efecto obtenido ( $r = 0.597$ ) se ubica entre moderado y alto, lo que indica que la implementación del chatbot no solo generó un cambio estadísticamente significativo, sino que también tuvo un impacto práctico y relevante en la optimización de los procesos administrativos de la UGEL.

#### **5.4.6. Interpretación de los resultados de la contrastación**

Los resultados derivados de la prueba de Wilcoxon confirman el impacto determinante del chatbot en la dinámica administrativa de la UGEL. Al obtener un  $p$ -valor de 0.003, el cual se sitúa por debajo del umbral de significancia establecido, se cuenta con evidencia estadística suficiente para descartar la hipótesis nula en favor de la propuesta de investigación.

El cálculo del tamaño del efecto revela una magnitud moderada con una clara inclinación hacia un nivel moderado-alto, este hallazgo valida que la optimización alcanzada no es un simple evento aleatorio, sino una mejora con relevancia práctica que fortalece la eficiencia operativa dentro de la institución.

### **5.5. Discusión de resultados**

La presente sección se dedica a la discusión integral de los hallazgos, vinculando la evidencia recolectada con los objetivos planteados al inicio del estudio.

#### **5.5.1. Discusión de los resultados respecto al objetivo general**

El objetivo principal de esta investigación fue transformar la gestión de trámites en la UGEL mediante la integración de un chatbot, una meta que se alcanzó al contrastar las fases

de diagnóstico y cierre. El incremento en la media pasó de 3.13 a 3.67; esto es el reflejo de una percepción de los usuarios que hoy valoran la celeridad y la operatividad del servicio.

Resulta relevante destacar que la dimensión con mayor incremento fue Accesibilidad, lo que constituye un indicador directo de optimización del servicio. La ampliación de la disponibilidad del sistema mediante un canal digital permanente representa una mejora funcional concreta frente al modelo presencial tradicional.

La prueba de Wilcoxon arrojó un valor  $p$  menor a 0.05, lo que indica que los cambios observados son estadísticamente significativos. Además, el tamaño del efecto moderado confirma que la mejora tiene relevancia práctica y no se debe al azar.

En conjunto, estos resultados evidencian que el chatbot contribuyó a modernizar la gestión administrativa de la UGEL, optimizando los procesos de atención y fortaleciendo la percepción de eficiencia por parte de los usuarios. Además, las investigaciones ratifican que el diseño preexperimental y el uso de estadística no paramétrica fueron las decisiones correctas para medir el éxito de una innovación tecnológica en un entorno como el de la UGEL.

#### **5.5.2. Discusión de los resultados respecto a los objetivos específicos**

Con respecto al primer objetivo específico, que consistía en diagnosticar el proceso actual, los resultados evidenciaron deficiencias en accesibilidad, tiempo de respuesta y soporte.

Respecto al segundo objetivo específico referido al diseño del chatbot, el aumento de valores en las dimensiones de interacción y usabilidad en el posttest demuestran que el modelo conversacional es intuitivo y coherente.

Sobre el tercer objetivo específico, que está centrado en la implementación del chatbot, las mejoras en accesibilidad y soporte reflejan una integración exitosa del sistema de la UGEL.

Finalmente, el cuarto objetivo, referido a la evaluación del impacto comparativo, queda plenamente respaldado por la prueba de Wilcoxon.

### **5.5.3. Discusión de los resultados por dimensiones de la variable**

La accesibilidad registró el incremento más notable, atribuyéndose a la disponibilidad permanente y continua del chatbot, lo que eliminó las barreras de tiempo del modelo clásico.

Otra mejora es el tiempo de respuesta, gracias a la automatización de consultas y la recuperación inmediata de información que reduce drásticamente los tiempos de espera, reduciendo uno de los puntos críticos detectados en el diagnóstico inicial. Asimismo, el aumento en la eficiencia evidencia una optimización en el uso de los recursos al disminuir la carga de atención presencial y la repetición de consultas.

### **5.5.4. Discusión de los resultados en relación con el estado del arte**

Los resultados obtenidos guardan una estrecha convergencia con los antecedentes revisados, dado que la que resaltan que la integración de chatbots optimiza la automatización de procesos y la eficiencia en los servicios públicos (Estrada, 2018; Moya, 2022).

De igual forma, la optimización en la gestión de consultas y la comunicación institucional se alinea con el estudio de Rivas (2021) y Garibay (2020), ratificando que la inteligencia artificial en entornos educativos potencia la experiencia del usuario.

En el entorno nacional, esta investigación fortifica los hallazgos de Meléndez (2022) y Huamán y Medina (2022), aportando evidencia empírica que demuestra que la implementación de chatbots basados en machine learning constituye una alternativa factible para modernizar la atención en las UGEL, incluso en escenarios con restricciones presupuestales.

#### **5.5.5. Implicancias prácticas de los resultados**

Desde el enfoque de la investigación aplicada, los resultados obtenidos validan la viabilidad técnica y operativa del chatbot como un eje transformador en la gestión de la UGEL. La transición hacia este modelo no solo es una mejora de la accesibilidad, sino que impulsó una reducción en los tiempos de respuesta, optimizando la capacidad de atención institucional dentro de esta UGEL.

Este fenómeno evidencia que el sistema actúa como un mecanismo de descompresión de los canales presenciales, logrando que la automatización de consultas recurrentes libere la carga administrativa y ofrezca al usuario un servicio ágil, continuo y libre de las limitaciones físicas del esquema tradicional. La investigación puede considerarse un estudio piloto y la aplicación en otras UGEL o instituciones públicas requerirá procesos de adaptación, validación contextual y ampliación muestral.

#### **5.5.6. Validación de la mejora del proceso de gestión de trámites**

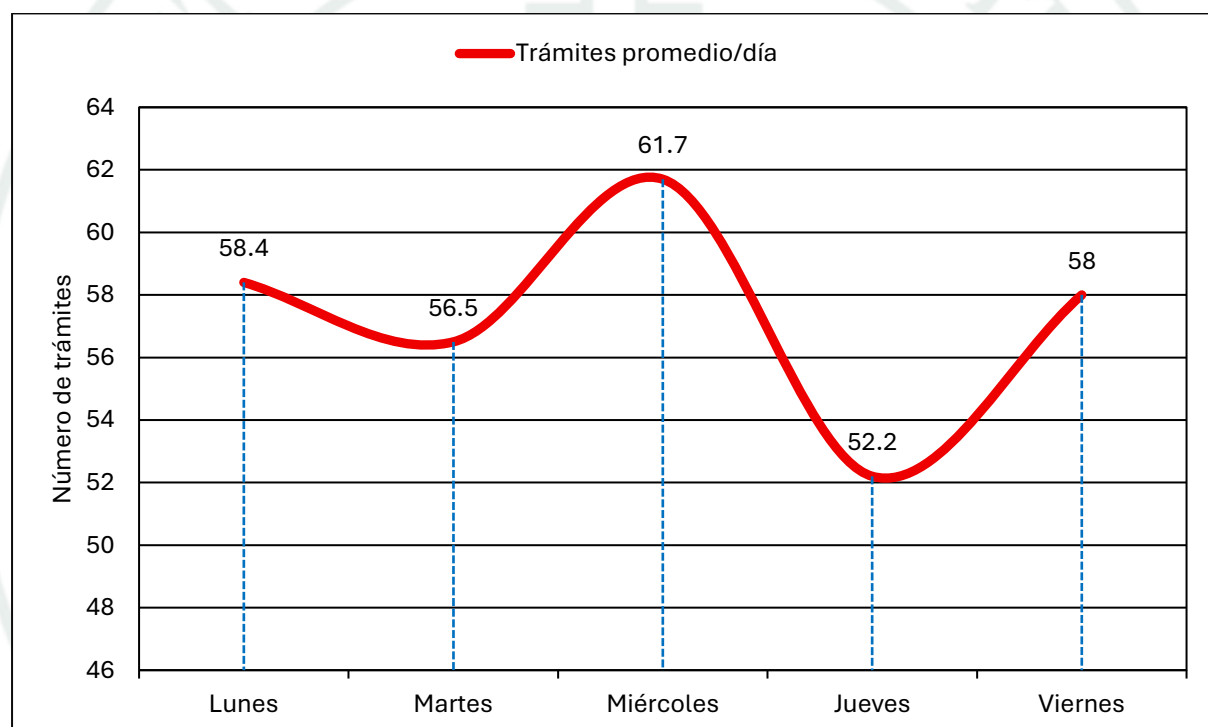
Muy aparte de la evidencia estadística presentada en los puntos anteriores, la optimización del proceso de gestión de trámites se sustenta también en la comparación estructural entre los modelos AS-IS y TO-BE desarrollados en el apartado 814.5.1. Los cuellos de botella identificados en el proceso actual, la ausencia de trazabilidad en tiempo real, la secuencia lineal entre las diversas áreas involucradas, el rechazo posible únicamente al final del recorrido y la subsanación exclusivamente presencial, se atienden de manera directa en el modelo propuesto mediante notificaciones automáticas, atención omnicanal y disponibilidad continua del servicio.

Esta optimización estructural puede dimensionarse en términos de volumen real de atención de la UGEL. Entre los años 2019 y 2024 se registraron 91 950 trámites en el sistema con un promedio de 57.4 trámites por día hábil. Esta demanda no se distribuye de manera

uniforme. El miércoles concentra el mayor promedio de registros (61.7 trámites), mientras que el jueves presenta el menor (52.2 trámites), todo ello se muestra en la Figura 28 *Promedio de trámites registrados por día de la semana (2019-2024)*, evidenciando picos de carga operativa que, bajo un modelo presencial tradicional, dependen enteramente de la disponibilidad del personal administrativo en estos días específicos.

**Figura 28**

*Promedio de trámites registrados por día de la semana (2019-2024)*



*Nota.* El gráfico es de elaboración propia.

Teniendo en cuenta que el modelo de clasificación alcanzó un F1-Score promedio ponderado de 0.8153 (apartado 4.8.2), se proyecta que el sistema tenga la capacidad de resolver de manera autónoma una proporción significativa de este volumen, incluyendo los picos de mitad de semana. Esta capacidad de resolución automatizada de consultas es el mecanismo concreto para la descompresión de canales presenciales, no una mejora genérica, por el contrario, una liberación de la capacidad operativa.

Partiendo de la información del gráfico, el pico máximo de trámites por día es 61.7, para análisis estadísticos se redondeará a 62. El administrador público tiene una jornada diaria de 8 horas, lo que equivale a 480 minutos. Si dividimos los minutos entre todos los trámites se tendría disponible aproximadamente 7 minutos y 44.5 segundos para cada trámite. Este cálculo hipotético asume una dedicación ininterrumpida, por lo que el tiempo real disponible resulta aún menor al descontar reuniones, descansos e incidencias operativas

Frente a esto, el chatbot busca reducir la carga del administrador público, ya que no sólo tiene la función de recepcionar nuevos trámites, también tiene la función de distribuir físicamente los expedientes necesarios, comunicar a sus jefes inmediatos sobre recepción de expedientes con prioridad alta, presentado por instituciones como el Ministerio Público, Fiscalía, Contraloría General de la República, Municipios Distritales o Municipales y demás entidades, según lo observado durante las consultas con el personal de la UGEL a lo largo del desarrollo del proyecto.

En conjunto, la evidencia estructural, cuantitativa y operativa presentada en este apartado permite sustentar que la optimización del proceso de gestión de trámites de la UGEL, no constituye una afirmación genérica, sino una mejora verificable en por lo menos tres dimensiones, como la eliminación directa de cuellos de botella identificados en el modelo AS-IS, la capacidad proyectada del sistema para resolver de forma autónoma una parte significativa del volumen real de atención registrado entre los años 2019 y 2024.

Por otra parte, la reducción de carga operativa para el personal administrativo que, bajo un modelo tradicional, dispone de menos de 8 minutos por trámite en los días de mayor demanda. Estos hallazgos, considerados en conjunto con la evidencia estadística presentada en los puntos 5.5.1 y 5.5.2, confirman que la implementación del chatbot establece una respuesta

fundamentada frente a los problemas identificados en el punto 1.1 y un aporte concreto a la optimización del proceso de gestión de trámites administrativos de la UGEL.

#### **5.5.7. Sustentación cuantitativa de la optimización**

Para sustentar la optimización del proceso de gestión de trámites en la UGEL, se presentan tres líneas de evidencia que, en conjunto, confirman la mejora objetiva del servicio.

##### **5.5.7.1. Incremento en la percepción de los usuarios**

El análisis comparativo entre el pretest y el posttest mostró un aumento de la media general de 3.13 a 3.67 en la escala Likert de 1 a 5, lo que representa una mejora del 17.2% en la percepción de los usuarios sobre el proceso de gestión de trámites. Asimismo, la prueba de Wilcoxon mostró que la diferencia entre ambas mediciones es estadísticamente significativa ( $Z = -4.221$ ,  $p = 0.003$ ,  $r = 0.597$ ).

El incremento observado en la percepción de los usuarios se relaciona con las funcionalidades incorporadas en el chatbot, entre ellas la disponibilidad durante las 24 horas, la rapidez de respuesta y la claridad de la orientación proporcionada. Estas características contribuyeron a reducir algunas de las limitaciones presentes en la atención tradicional, como la dependencia del horario de atención y la necesidad de acudir presencialmente para realizar consultas.

En este sentido, los resultados obtenidos muestran una mejora significativa entre el pretest y el posttest. Por ello, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, evidenciando que, después de la implementación de TramiBOT, la percepción de los usuarios sobre el proceso de gestión de trámites presentó una mejora estadísticamente significativa.

#### **5.5.7.2. Reducción de los tiempos de atención**

La dimensión tiempo de respuesta aumentó de 3.11 a 3.74, con una mejora de 0.63 puntos, lo que indica una percepción favorable respecto a la rapidez para obtener información. Por su parte, la dimensión eficiencia pasó de 3.24 a 3.72, con un incremento de 0.48 puntos. Este resultado sugiere un mejor aprovechamiento de los recursos administrativos, debido a la reducción de consultas que requieren atención presencial y de preguntas repetitivas.

En el modelo presencial, una consulta simple requería un promedio de 5 a 10 minutos de interacción con el personal, sumado al tiempo de traslado y espera. Con TramiBOT, el tiempo de procesamiento de la consulta es relativamente menor.

#### **5.5.7.3. Mejora en la accesibilidad y disponibilidad del servicio**

La dimensión accesibilidad presentó el mayor incremento, pasando de 3.02 a 3.96, lo que representa una mejora de 0.94 puntos. Este resultado se relaciona con la disponibilidad del chatbot durante las 24 horas, ya que permite a los usuarios realizar consultas fuera del horario de atención habitual y sin necesidad de acudir presencialmente a la UGEL.

La disponibilidad del chatbot 24/7 amplía el acceso al servicio de 8 horas diarias a 24 horas, incrementando la ventana de atención en un 200%. Este cambio estructural no solo mejora la accesibilidad, sino que descongestiona la atención, permitiendo a los usuarios de zonas rurales y alejadas resolver sus consultas sin necesidad de desplazarse a la sede de la UGEL.

#### **5.5.7.4. Validación operativa**

Como se observa en la Figura 28, durante los días de mayor demanda se registró un máximo de 62 trámites diarios. En el modelo tradicional, el personal administrativo contaba con menos de 8 minutos para atender cada trámite, lo que dificultaba brindar una atención

presencial adecuada. Con la implementación del chatbot, una parte de las consultas puede ser atendida de manera automatizada, reduciendo la carga de trabajo del personal y los tiempos de espera de los usuarios.

#### 5.5.7.5. Tiempo laboral y reducción de costo Horas-Hombre

La optimización del proceso de gestión de trámites también se sustenta cuantitativamente en la liberación de carga laboral del personal administrativo de la UGEL Azángaro.

**Tabla 24**

*Análisis de disponibilidad de tiempo laboral y capacidad de atención*

| ID | Indicador Operativo                   | Modelo Tradicional (AS – IS) | Modelo Optimizado (TO – BE)   | Impacto o Mejora Operativa                 |
|----|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|
| 1  | Pico diario de trámites registrados   | 62 trámites                  | 62 trámites                   | Misma demanda evaluada                     |
| 2  | Jornada laboral administrativa        | 8 horas (480 min)            | 8 horas (480 min)             | Capacidad laboral constante                |
| 3  | Tiempo teórico disponible por trámite | 7 min 45 s                   | > 7 min 45 s (incrementado)   | Mayor margen por expediente presencial     |
| 4  | Disponibilidad del canal de atención  | 8 horas diarias              | 24 horas continuas            | Ampliación del 200% en la ventana temporal |
| 5  | Canal de orientación y seguimiento    | Presencial (Ventanilla)      | Omnicanal (WhatsApp/Telegram) | Descongestionamiento del canal físico      |

*Nota.* La tabla es de elaboración propia

En el modelo tradicional (AS-IS), considerando el pico registrado de 62 trámites diarios (Figura 28), el personal administrativo disponía teóricamente de un tiempo máximo de 7.74 minutos (7 minutos y 45 segundos) por cada solicitud dentro de una jornada de 8 horas (480 minutos). En la práctica operativa, este margen resulta crítico e insuficiente al restar reuniones, coordinaciones internas, descansos y la atención prioritaria de documentación emitida por entidades externas como la Fiscalía o la Contraloría General de la República.

Con la implementación de TramiBOT (TO-BE), la absorción remota de consultas de orientación general, requisitos y seguimiento de expedientes a través de canales digitales (disponibles 24/7) desvía el flujo de consultas repetitivas fuera de la ventanilla.

Esta descongestión genera una liberación efectiva de tiempo operativo en el canal presencial. Desde la perspectiva de la gestión pública, esta optimización no implica una sustitución de personal, sino una reasignación estratégica de la capacidad laboral: el tiempo recuperado en ventanilla permite al personal de la UGEL concentrarse en la revisión minuciosa de expedientes complejos, la fiscalización posterior y la reducción del diferimiento en los plazos legales de respuesta, incrementando la productividad global de la institución.

#### **5.5.7.6. Reducción de reprocesos y errores**

La optimización del proceso de gestión de trámites en la UGEL Azángaro se refleja en los cambios realizados al flujo de atención, representados en los diagramas BPMN AS-IS y TO-BE (Sección 4.5.1). En el modelo tradicional (AS-IS), se identificaron dificultades principalmente en la validación presencial de las solicitudes y en la consulta manual del estado de los expedientes.

Con la implementación de TramiBOT (TO-BE), parte de estas actividades fueron automatizadas, permitiendo orientar al usuario sobre los requisitos, generar el Formulario

Único de Trámite (FUT) y consultar el estado de su trámite mediante un canal conversacional. Los resultados obtenidos también respaldan estos cambios, ya que la prueba de Rangos con Signo de Wilcoxon mostró una diferencia estadísticamente significativa entre el pretest y el posttest ( $p < 0.05$ ), evidenciando mejoras en los tiempos de atención, la accesibilidad y la satisfacción de los administrados.

En conjunto, los resultados estadísticos y la mejora observada en las dimensiones evaluadas, especialmente en la accesibilidad, muestran que el chatbot contribuyó a optimizar el proceso de gestión de trámites en la UGEL. Esta mejora se refleja tanto en la percepción de los usuarios como en la eficiencia del servicio y su disponibilidad.

## CONCLUSIONES

**Primero:** Se optimizó el proceso de gestión de trámites en la UGEL utilizando un chatbot basado en Machine Learning.

**Segundo:** Se diagnosticó el proceso actual de gestión de trámites en la UGEL, en donde se identificó las principales dificultades y tiempos de atención.

**Tercero:** Se diseñó un modelo de chatbot basado en Machine Learning que permite asistir a los usuarios en la gestión de trámites administrativos.

**Cuarto:** Se implementó un chatbot en la plataforma de la UGEL con el fin de automatizar las solicitudes y consultas de los usuarios.

**Quinto:** Se evaluó el impacto del chatbot comparando los tiempos de respuesta y resolución de trámites antes y después de su implementación, encontrándose un incremento de la media general de 3.13 a 3.67.

## RECOMENDACIONES

**Primero:** Designar un responsable institucional para la revisión y actualización periódica de la base de conocimiento del chatbot.

**Segundo:** Capacitar al personal administrativo y a usuarios del chatbot en la gestión de incidencias y uso del chatbot.

**Tercero:** Integrar el chatbot con la mesa de partes virtual, el sistema de gestión documentaria y el portal web institucional de la UGEL.

**Cuarto:** Implementar reportes periódicos de gestión que consoliden los indicadores operativos del chatbot.

**Quinto:** Extender la cobertura del chatbot a otros procesos y trámites administrativos de la UGEL.

## TRABAJOS FUTUROS

**Primero:** Incorporar modelos avanzados de procesamiento de lenguaje natural y modelos de aprendizaje profundo para mejorar la comprensión semántica de las consultas de los usuarios.

**Segundo:** Implementar mecanismos de aprendizaje continuo que adapten automáticamente los modelos de clasificación a nuevos patrones de consulta sin requerir reentrenamientos manuales.

**Tercero:** Replicar la arquitectura del chatbot en otras UGEL e instituciones públicas para evaluar su estabilidad y portabilidad en diferentes entornos institucionales analizando siempre el contexto específico.

**Cuarto:** Ampliar la evaluación del chatbot incorporando métricas de calidad de respuesta, percepción de usuario y complejidad de uso, con el fin de medir el impacto del sistema desde dimensiones adicionales.

**Quinto:** Implementar protocolos avanzados de seguridad de la información y protección de datos personales en cumplimiento de la normativa vigente para instituciones del sector público.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alpaydm, E. (2020). Introducción al aprendizaje automático. *MIT Press, Cambridge*.  
<https://doi.org/10.7551/mitpress/13811.001.0001>
- Amazon. (2024). *Amazon Web Services*. Arquitecturas de alta disponibilidad:  
<https://aws.amazon.com/es/developer/application-security-performance/articles/high-availability-architectures/>
- Angulo, C., & Fernandez, J. (2023). *Chatbot para mejorar el proceso de atención al cliente en una empresa privada. [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/114385>
- Arias, D., Ramos, T., & Cangalaya, L. (2024). Análisis y tendencias en el uso de chatbots y agentes conversacionales en el campo de la educación: una revisión bibliométrica. *Innovaciones Educativas*, 26(41), 242-260.  
<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/innovaciones/es/article/view/5135>
- Beltrán, N., & Rodríguez, E. (2021). Procesamiento del lenguaje natural (PLN) - GPT-3.: Aplicación en la Ingeniería de Software. *Tecnología Investigación y Academia*, 1(8), 18-37. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/17323>
- Benítez, L., & Peña, J. (2024). Aplicación de la prueba de rangos con signo Wilcoxon en la gamificación. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 5257-5283.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i3.11735](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11735)
- Bergmann, D. (2023). *¿What is machine learning?* IBM:  
<https://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning>

- Borsci, S., Malizia, A., Schmettow, M., Tariverdiyeva, G., Balaji, D., Chamberlain, A., & Van Der Velde, F. (2022). The Chatbot Usability Scale: the Design and Pilot of a Usability Scale for Interaction with AI-Based Conversational Agents. *Personal and Ubiquitous Computing*, 23, 95-119. <https://doi.org/10.1007/s00779-021-01582-9>
- Brandan, F., Villagra, A., & Pandolfi, D. (2023). Sistema inteligente conversacional aplicado a la gobernanza local: Automatización de asistencia pública. *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, 15(3), 46-69. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v15.n3.983>
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45, 5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Byström, C., Heyman, J., & Holmberg, L. (2025). *Locust*. Locust Documentation: <https://docs.locust.io/>
- Casazola, O., Alfaro, G., Burgos, J., & Ramos, O. (2021). La usabilidad percibida de los chatbots sobre la atención al cliente en las organizaciones: una revisión de la literatura. *Interfases*, 14(014), 184-204. <https://doi.org/10.26439/interfases2021.n014.5401>
- Criado, I. (2024). Inteligencia Artificial en el Sector Público latinoamericano. Estudio Comparado a partir de la Carta Iberoamericana de Inteligencia Artificial en la Administración Pública. *Revista del CLAD Reforma y Democracia*(88), 116-143. <https://doi.org/10.69733/clad.ryd.n88.a387>
- Cruz, G., Galarza, R., Delgado, R., & Marcillo, M. (2022). Aplicación de protocolos SSL y TLS para el envío de información. *Journal TechInnovation*, 1(2), 4-9. <https://doi.org/10.47230/Journal.TechInnovation.v1.n2.2022.4-9>

- Di, G., & Sardanelli, F. (2020). Statistical significance: p value, 0.05 threshold, and applications to radiomics - reasons for a conservative approach. *European Radiology Experimental*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s41747-020-0145-y>
- Estrada, L. (2018). *Implementar chatbot basado en inteligencia artificial para la gestión de requerimientos e incidentes en una empresa de seguros. [Tesis de Licenciatura, Universidad San Ignacio de Loyola]*. Repositorio Institucional de la Universidad San Ignacio de Loyola. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/8844>
- Fernandez, A., Merlo, V., Jordan, M., & Zalazar, R. (2023). Análisis de balanceo de carga con Nginx. *52 Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO)*, 9(6), 208-217. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/165890>
- Filgueiras, F. (2023). Desafíos de gobernanza de inteligencia artificial en América Latina. Infraestructura, descolonización y nueva dependencia. *Revista del CLAD Reforma y Democracia*(87), 44-70. <https://doi.org/10.69733/clad.ryd.n87.a3>
- Flores, A., & Llerena, M. (2024). Análisis de Protocolos Transport Layer Security y Secure Socket Layer como mecanismos de seguridad y competitividad en las organizaciones digitales. *Technological Innovations Journal*, 3(4), 25-37. <https://doi.org/10.35622/j.ti.2024.04.002>
- Flores, C., & Flores, K. (2021). Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov. *Societas*, 23(2), 83-106. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/societas/article/view/2302>
- Flórez, A., Chacón, J., Chía, R., Flórez, A., & Rodríguez, J. (2021). Política De Seguridad Hsts O Seguridad De Transporte Http Estricta Y Su Implementación En Entornos Web. *Ingeniería e Innovación*. <https://doi.org/10.21897/23460466.2643>

- Garibay, F. (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*. INFOTEC Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación. <https://infotec.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1027/402>
- Guaña, J., & Chipuxi, L. (2023). Impacto de la inteligencia artificial en la ética y la privacidad de los datos. *RECIAMUC*, 7(1), 923-930. <https://www.reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1135>
- Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson, R. (2019). *Multivariate Data Analysis* (8th ed.). Cengage Learning.
- Hernández, J. (2018). Tipos de Investigación. *Boletín Científico De La Escuela Superior Atotonilco De Tula*, 5(9). <https://doi.org/10.29057/esat.v5i9.2885>
- Hilbe, J. (2015). *Practical Guide to Logistic Regression* (1ra ed.). New York: Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/b18678>
- Hoda, R., Salleh, N., & Grundy, J. (2018). The Rise and Evolution of Agile Software Development. *IEEE Software*, 35(55), 58-63. <https://doi.org/10.1109/MS.2018.290111318>
- Huamán, P., & Medina, C. (2022). Transformación digital en la administración pública: desafíos para una gobernanza activa en el Perú. *Comuni@cción: Revista De Investigación En Comunicación Y Desarrollo*, 13(2), 93-105. <https://doi.org/10.33595/2226-1478.13.2.594>

- Huancapaza, J. (2025). Implementación de inteligencia artificial en el Estado peruano: catálogo analítico de aplicaciones (2025). *Interfases*(022), 143-158.  
<https://doi.org/10.26439/interfases2025.n022.8263>
- IBM. (2023). *¿Qué es un chatbot?* <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/chatbots>
- Jorgensen, W., Bjornsen, M., & Carlsen, R. (2025). Ethical Considerations for Using Artificial Intelligence in Digital Technologies. *Int. J. Ethics Soc*, 7(1), 10-17.  
<https://library.kab.ac.ug/Record/doaj-art-f3fbe85c1ff74c2aac4d00cccc8d4aca>
- Kavlakoglu, E. (2021). IBM: <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/knn>
- Ley 29733. (2011). Ley de Protección de Datos Personales, Congreso de la República del Perú.  
<https://www.gob.pe/es/l/243470>
- Masood, Z., Hoda, R., & Blincoe, K. (2018). Adapting agile practices in university contexts. *Journal of Systems and Software*, 144, 501-510.  
<https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.07.011>
- Meléndez, J. (2022). *Calidad de servicio en la atención al usuario de la Unidad de Gestión Educativa Local 07, San Borja 2021. [Tesis de Maestría, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/83015>
- Merino, C. (2023). Coeficientes V de Aiken: diferencias en los juicios de validez de contenido. *MHSalud*, 20(1), 1-14. <https://doi.org/10.15359/mhs.20-1.3>
- Moya, M. (2022). *Optimización del servicio de atención tributario de la Municipalidad Provincial de Jauja mediante la aplicación de chatbot con inteligencia artificial. [Tesis*

- de Licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú*]. Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/9018>
- Panduro, G., Cjuno, J., Ulloa, N., y Isuiza, D. (2023). Desarrollo de un sistema web para la gestión de trámites documentarios en una entidad educativa local peruana. *Revista Amazonía Digital*, 3(2). <https://doi.org/10.55873/rad.v3i2.290>
- Peralta, M., Horna, E., Horna, E., & Heredia, F. (2023). Gestión administrativa en unidades de gestión educativa: una revisión literaria. *Revista Educación*, 47(1), 634-645. <https://doi.org/10.15517/revedu.v47i1.49904>
- Ramírez, P., Valle, D., & Mendoza, R. (2023). Revisión de los chatbots basados en inteligencia artificial en la administración pública: Hacia una arquitectura para el gobierno. *Espacios Públicos*, 24(60). <https://doi.org/10.36677/espaciospublicos.v23i60.21317>
- Ramírez, A., & Polack, A. (2020). Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizonte De La Ciencia*, 10(19), 191-208. <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2020.19.597>
- Reto, D., & Ponce, J. (2022). *Bot conversacional para la atención de consultas en la empresa Aficlae.SAC*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Perú]. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.13067/2000>
- Rivas, L. (2021). *Propuesta de mejora en la gestión de la atención al cliente por medio de un asistente virtual tipo chatbot para fortalecer el desempeño del servicio del proyecto de educación continua en la Sede Caribe de la Universidad de Costa Rica*. [Tesis de Maestría]. Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/10669/84442>

- Russell, S., & Norvig, P. (2023). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson.
- Russo, D. (2021). The Agile Success Model: A Mixed-methods Study of a Large-scale Agile Transformation. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM)*, 30(4), 1-46. <https://doi.org/10.1145/3464938>
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). La guía definitiva de Scrum: las reglas del juego. <https://repositorio.uvm.edu.ve/handle/123456789/59>
- Secretaría de Gestión Pública. (2021). *Simplificación Administrativa en el Perú: Avances y Agenda Futura*. <https://www.gob.pe/es/i/1994173>
- Tapio, R. (2025). The Role of Data Assumptions in Selecting Between Parametric and Nonparametric Tests. *Asian Journal of Probability and Statistics*, 27(11), 127-135. <https://doi.org/10.9734/ajpas/2025/v27i11830>
- Tirso, H., & Ma., G. (2013). Metodología de la investigación. *Boletín Científico De Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA*, 2(3). <https://doi.org/10.29057/icea.v2i3.61>
- Urrutia, J. (2023). *Análisis para el desarrollo de un chatbot, para la mejora de los servicios de los usuarios de la dirección del talento humano de la Universidad Técnica de Babahoyo. [Examen Complexivo de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]*. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/15073>
- Vellanki, R. (2025). PostgreSQL Configuration: Best Practices for Performance and Security. *European Journal of Computer Science and Information Technology*, 13(47), 172-182. <https://doi.org/10.37745/ejcsit.2013/vol13n47172182>

## ANEXOS

### Anexo A. Glosario de Términos

- **API (Interfaz de Programación de Aplicaciones):** Permite la comunicación e intercambio de información entre diferentes componentes de software.
- **BPMN (Business Process Model and Notation):** Notación estandarizada para el modelado gráfico de procesos de negocio.
- **IA (Inteligencia Artificial):** Área informática orientada al desarrollo de sistemas capaces de realizar tareas que requieren capacidades asociadas con la inteligencia humana.
- **KNN (K-Vecinos más Cercanos):** Algoritmo de aprendizaje supervisado que clasifica una consulta en función de la proximidad o similitud vectorial respecto a los datos de entrenamiento.
- **ML (Machine Learning):** Área de la Inteligencia Artificial que permite a los sistemas aprender patrones a partir de datos para realizar tareas de clasificación, predicción o reconocimiento.
- **NLP (Procesamiento de Lenguaje Natural):** Rama de la Inteligencia Artificial orientada al análisis y comprensión computacional del lenguaje humano.
- **PCA (Análisis de Componentes Principales):** Técnica de reducción de dimensionalidad empleada para simplificar la representación vectorial de textos.
- **RF (Random Forest):** Algoritmo de aprendizaje supervisado basado en un conjunto de árboles de decisión para clasificación de intenciones.
- **RL (Regresión Logística):** Modelo estadístico utilizado para estimar la probabilidad de clasificación de una consulta en una categoría determinada.
- **UGEL (Unidad de Gestión Educativa Local):** Órgano descentralizado del Ministerio de Educación del Perú que administra, supervisa y apoya a las instituciones educativas de educación básica y técnico-productiva dentro de su territorio.

## Anexo B. Matriz de consistencia

| PROBLEMAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | HIPÓTESIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | VARIABLES E INDICADORES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | METODOLOGÍA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Problema Principal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿De qué manera la implementación de un chatbot basado en machine learning optimiza el proceso de gestión de trámites administrativos en una UGEL durante el año 2025?</li> </ul> <p><b>Problemas Secundarios</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo es el proceso actual de gestión de trámites administrativos en la UGEL antes de la implementación del chatbot?</li> <li>¿De qué manera la implementación de un chatbot basado en machine learning influye en el tiempo de atención y la eficiencia del proceso de gestión de trámites administrativos en la UGEL?</li> <li>¿En qué medida el uso del chatbot basado en machine learning mejora la atención de consultas y trámites administrativos en la UGEL?</li> <li>¿Cuál es el impacto del uso del chatbot basado en machine learning en la optimización del proceso de gestión de trámites administrativos en la UGEL?</li> </ul> | <p><b>Objetivo General</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Optimizar el proceso de gestión de trámites en una UGEL utilizando un chatbot basado en machine learning.</li> </ul> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diagnosticar el proceso actual de gestión de trámites en la UGEL, identificando las principales dificultades y tiempos de atención.</li> <li>Diseñar un modelo de chatbot basado en machine learning que permita asistir a los usuarios en la gestión de trámites administrativos.</li> <li>Implementar un chatbot en la plataforma de la UGEL con el fin de automatizar las solicitudes y consultas de los usuarios.</li> <li>Evaluar el impacto del chatbot comparando los tiempos de respuesta y resolución de trámites antes y después de su implementación.</li> </ul> | <p>Dado que la gestión de trámites administrativos en la UGEL se caracteriza por procedimientos burocráticos, tiempos de espera prolongados y una alta carga de tareas manuales, es posible que la implementación de un chatbot basado en machine learning optimice significativamente el proceso de gestión de trámites administrativos en una UGEL, mejorando la eficiencia del proceso y la satisfacción del usuario.</p> | <p><b>Variable Independiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementación de chatbot basado en Machine Learning</li> </ul> <p><b>Dimensión e indicadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Accesibilidad:</b> Disponibilidad del servicio</li> <li><b>Interacción:</b> Comprensión del lenguaje y Fluidez de interacción</li> <li><b>Tiempo de respuesta:</b> Rapidez de respuestas y consultas</li> <li><b>Fiabilidad:</b> Tasa de error</li> <li><b>Consistencia:</b> Consistencia de la información</li> <li><b>Usabilidad:</b> Facilidad de uso y Claridad de lenguaje</li> </ul> <p><b>Soporte:</b> Ayuda ante solicitudes no comprendidas</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Optimización del proceso de gestión de trámites administrativos</li> </ul> <p><b>Dimensión e indicadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Eficiencia:</b> Reducción del tiempo del trámite</li> <li><b>Satisfacción:</b> Nivel de satisfacción del usuario</li> <li><b>Pertinencia:</b> Adecuación tecnológica</li> </ul> | <p><b>Tipo de Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicada</li> </ul> <p><b>Nivel de Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Explicativo</li> </ul> <p><b>Método de Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Científico, experimental y analítico-sintético.</li> </ul> <p><b>Diseño</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preexperimental</li> </ul> <p><b>Técnica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Encuesta</li> </ul> <p><b>Instrumento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cuestionario validado por juicio de expertos</li> </ul> <p><b>Escala</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Likert (1–5)</li> </ul> |

## Anexo C. Matriz de operacionalización de variables

| VARIABLE                                                                               | DIMENSIÓN           | INDICADOR                              | INSTRUMENTO             |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------|-------------------------|
| <b>Independiente:</b> Chatbot basado en Machine Learning                               | Accesibilidad       | Disponibilidad del servicio            | Encuesta   Cuestionario |
|                                                                                        | Interacción         | Opciones de interacción                | Encuesta   Cuestionario |
|                                                                                        | Interacción         | Fluidez de interacción                 | Encuesta   Cuestionario |
|                                                                                        | Tiempo de respuesta | Latencia                               | Encuesta   Cuestionario |
|                                                                                        | Tiempo de respuesta | Resolución                             | Encuesta   Cuestionario |
|                                                                                        | Fiabilidad          | Comprensión del mensaje                | Encuesta   Cuestionario |
|                                                                                        | Fiabilidad          | Precisión de la información brindada   | Encuesta   Cuestionario |
|                                                                                        | Usabilidad          | Facilidad de uso                       | Encuesta   Cuestionario |
|                                                                                        | Usabilidad          | Claridad del lenguaje utilizado        | Encuesta   Cuestionario |
|                                                                                        | Soporte             | Ayuda ante solicitudes no comprendidas | Encuesta   Cuestionario |
| <b>Dependiente:</b><br>Optimización del proceso de gestión de trámites administrativos | Eficiencia          | Reducción del tiempo de trámite        | Encuesta   Cuestionario |
|                                                                                        | Satisfacción        | Nivel de satisfacción del usuario      | Encuesta   Cuestionario |
|                                                                                        | Pertinencia         | Adecuación                             | Encuesta   Cuestionario |

## Anexo D. Ficha técnica del instrumento de recolección de datos postest

### ENCUESTA SOBRE LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE TRÁMITES EN UNA UGEL UTILIZANDO UN CHATBOT BASADO EN MACHINE LEARNING

**INSTRUCCIONES:** Estimado colaborador, la presente encuesta tiene el propósito de recopilar información sobre el impacto de la implementación de un chatbot impulsado por machine learning para optimizar el proceso de gestión de trámites en una UGEL. Se le solicita leer atentamente antes de contestar a la pregunta y marcar con un (X) el casillero correspondiente. Su procesamiento es reservado, por lo que le pedimos sinceridad en su respuesta, en beneficio de la mejora continua. Se agradece su participación.

#### Indicaciones Previas;

1. La encuesta es anónima, por favor no escriba su nombre en este cuestionario.
2. El procesamiento de sus respuestas es reservado y confidencial.
3. Es importante que responda a todas las preguntas.
4. Debe marcar una única respuesta por fila.
5. La escala de valoración es la siguiente:

| ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN              |               |                                |            |                       |
|----------------|--------------------------|---------------|--------------------------------|------------|-----------------------|
| Puntaje        | 1                        | 2             | 3                              | 4          | 5                     |
| Descripción    | Totalmente en desacuerdo | En desacuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | De acuerdo | Totalmente de acuerdo |

#### Datos generales del usuario:

Puesto de trabajo y/o trámite a realizar:

.....

| CUESTIONARIO                                                                                                            |                             |                                                                                               |            |   |   |   |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---|---|---|---|
| OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE TRÁMITES ADMINISTRATIVOS Y FUNCIONAMIENTO DEL CHATBOT BASADO EN MACHINE LEARNING |                             |                                                                                               |            |   |   |   |   |
| DIMENSIÓN                                                                                                               | INDICADOR                   | PREGUNTA                                                                                      | VALORACIÓN |   |   |   |   |
|                                                                                                                         |                             |                                                                                               | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Accesibilidad                                                                                                           | Disponibilidad del servicio | ¿Considera que el chatbot permite realizar consultas fuera del horario de oficina de la UGEL? |            |   |   |   |   |
| Interacción                                                                                                             | Opciones de interacción     | ¿Las opciones presentadas por el chatbot son fáciles de identificar para iniciar un trámite?  |            |   |   |   |   |

|                     |                                        |                                                                                                                |  |  |  |  |  |
|---------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Interacción         | Fluidez de interacción                 | ¿La interacción con el chatbot sigue una secuencia lógica y fluida hasta finalizar la consulta?                |  |  |  |  |  |
| Tiempo de respuesta | Latencia                               | ¿El tiempo de respuesta del chatbot tras enviar un mensaje es adecuado para la atención de consultas?          |  |  |  |  |  |
| Tiempo de respuesta | Resolución                             | ¿El chatbot resuelve la mayoría de sus consultas sin necesidad de contactar a un agente humano?                |  |  |  |  |  |
| Fiabilidad          | Comprensión del mensaje                | ¿El chatbot interpreta correctamente sus mensajes incluso si comete errores ortográficos?                      |  |  |  |  |  |
| Fiabilidad          | Precisión de la información brindada   | ¿La información proporcionada por el chatbot es precisa y coincide con los requisitos reales?                  |  |  |  |  |  |
| Usabilidad          | Facilidad de uso                       | ¿El manejo del chatbot es intuitivo y no requiere capacitación previa?                                         |  |  |  |  |  |
| Usabilidad          | Claridad del lenguaje utilizado        | ¿El lenguaje y la interfaz del chatbot resultan agradables y claros para el usuario?                           |  |  |  |  |  |
| Soporte             | Ayuda ante solicitudes no comprendidas | ¿El chatbot ofrece alternativas o guía clara cuando no entiende una solicitud específica?                      |  |  |  |  |  |
| Eficiencia          | Reducción del tiempo de atención       | ¿El uso del chatbot reduce el tiempo total que antes tomaba obtener información de un trámite?                 |  |  |  |  |  |
| Satisfacción        | Nivel de satisfacción del usuario      | Me siento satisfecho con la interacción con el chatbot en la gestión de trámites.                              |  |  |  |  |  |
| Pertinencia         | Adecuación                             | ¿El uso del chatbot contribuye a la optimización de la atención de la UGEL frente a los métodos tradicionales? |  |  |  |  |  |

## Anexo E. Cuestionario de evaluación pretest

### ENCUESTA SOBRE LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE TRÁMITES EN UNA UGEL

Estimado colaborador, la presente encuesta tiene el propósito de recopilar información sobre el impacto de la implementación de un chatbot impulsado por machine learning para optimizar el proceso de gestión de trámites en una UGEL. Se le solicita leer atentamente antes de contestar a la pregunta y marcar el casillero correspondiente. Su procesamiento es reservado, por lo que le pedimos sinceridad en su respuesta, en beneficio de la mejora continua. Se agradece su participación.

[Iniciar sesión en Google](#) para guardar lo que llevas hecho. [Más información](#)

\* Indica que la pregunta es obligatoria

1.- ¿Puede realizar consultas sobre trámites fuera del horario de atención de la UGEL? \*

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

2.- ¿Le resulta fácil encontrar cómo iniciar un trámite o realizar una consulta? \*

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

3.- ¿La atención que recibe es ordenada y fácil de seguir hasta terminar su consulta? \*

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

4.- ¿Recibe respuesta a sus consultas en un tiempo adecuado? \*

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

5.- ¿Generalmente obtiene respuesta sin necesidad de insistir varias veces? \*

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

6.- ¿La persona que lo atiende entiende correctamente lo que usted consulta? \*

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

7.- ¿La información que recibe es correcta y coincide con los requisitos reales del trámite? \*

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

8.- ¿Le resulta sencillo usar los medios actuales para realizar consultas? \*

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

9.- ¿El lenguaje utilizado para atenderlo es claro y fácil de entender? \*

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

10.- ¿Recibe ayuda cuando su consulta no es entendida? \*

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

11.- ¿El proceso actual le permite ahorrar tiempo al obtener información de un trámite? \*

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

12.- Me siento satisfecho con la atención actual para la gestión de trámites. \*

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

13.- ¿Considera adecuados los métodos actuales de atención para la gestión de trámites en la UGEL? \*

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

Enviar

Página 1 de 1

Borrar formulario

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Términos del Servicio](#) [Política de Privacidad](#)

¿Parece sospechoso este formulario? [Informe](#)

Google Formularios

## Anexo F. Cuestionario de evaluación posttest

### ENCUESTA SOBRE LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE TRÁMITES EN UNA UGEL UTILIZANDO UN CHATBOT BASADO EN MACHINE LEARNING

Estimado colaborador, la presente encuesta tiene el propósito de recopilar información sobre el impacto de la implementación de un chatbot impulsado por machine learning para optimizar el proceso de gestión de trámites en una UGEL. Se le solicita leer atentamente antes de contestar a la pregunta y marcar el casillero correspondiente. Su procesamiento es reservado, por lo que le pedimos sinceridad en su respuesta, en beneficio de la mejora continua. Se agradece su participación.

[Iniciar sesión en Google](#) para guardar lo que llevas hecho. [Más información](#)

\* Indica que la pregunta es obligatoria

**1.- ¿Considera que el chatbot permite realizar consultas fuera del horario de oficina de la UGEL?**

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

**2.- ¿Las opciones presentadas por el chatbot son fáciles de identificar para iniciar un trámite?**

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

**3.- ¿La interacción con el chatbot sigue una secuencia lógica y fluida hasta finalizar la consulta?**

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

**4.- ¿El tiempo de respuesta del chatbot tras enviar un mensaje es adecuado para la atención de consultas?**

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

**5.- ¿El chatbot resuelve la mayoría de sus consultas sin necesidad de contactar a un agente humano?**

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

**6.- ¿El chatbot interpreta correctamente sus mensajes incluso si comete errores ortográficos?**

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

**7.- ¿La información proporcionada por el chatbot es precisa y coincide con los requisitos reales?**

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

**8.- ¿El manejo del chatbot es intuitivo y no requiere capacitación previa?**

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

**9.- ¿El lenguaje y la interfaz del chatbot resultan agradables y claros para el usuario?**

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

**10.- ¿El chatbot ofrece alternativas o guía clara cuando no entiende una solicitud específica?**

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

**11.- ¿El uso del chatbot reduce el tiempo total que antes tomaba obtener información de un trámite?**

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

**12.- Me siento satisfecho con la interacción con el chatbot en la gestión de trámites.**

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

**13.- ¿El uso del chatbot contribuye a la optimización de la atención de la UGEL frente a los métodos tradicionales?**

☐ 1 - Totalmente en desacuerdo

☐ 2 - En desacuerdo

☐ 3 - Ni en acuerdo ni en desacuerdo

☐ 4 - De acuerdo

☐ 5 - Totalmente de acuerdo

Enviar

Página 1 de 1

Borrar formulario

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

¿Parece sospechoso este formulario? [Informe](#)

Google Formularios

## Anexo G. Validación de contenido por juicio de expertos

### VALIDEZ DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

#### I. DATOS GENERALES

|                             |                                                                                                                |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| INVESTIGADOR:               | Ferdinan Jhoakin Mamani Alfaro                                                                                 |
| TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: | "Optimización del proceso de gestión de trámites en una UGEL utilizando un chatbot basado en machine learning" |
| INSTRUMENTO:                | Cuestionario sobre la Eficiencia Administrativa y Uso del chatbot.                                             |
| VARIABLES EVALUADAS:        | Funcionamiento del chatbot basado en machine learning y optimización de la gestión de trámites.                |

#### II. DATOS DEL EXPERTO

|                           |                                  |
|---------------------------|----------------------------------|
| NOMBRE DEL EXPERTO:       | Néstor Villasante Paredes        |
| GRADO ACADÉMICO:          | Magister Economía                |
| INSTITUCIÓN DONDE LABORA: | UGEL Azuango                     |
| ESPECIALIDAD:             | Gerencia de Proyectos Educativos |

#### III. INSTRUCCIONES PARA EL JUEZ

Se presenta la encuesta que tiene el objetivo de evaluar el impacto de un sistema de respuesta automatizada (chatbot) basado en modelos de Machine Learning sobre la gestión de trámites y la percepción de servicio en la UGEL, realizado por el investigador.

De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda:

| CATEGORÍA                                                                                                 | CALIFICACIÓN |            | INDICADOR                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|---------------------------------------------------------------|
| CLARIDAD<br>El ítem es comprensible en sintaxis y semántica, su lenguaje es apropiado para el encuestado. | 1            | Deficiente | Incomprensible. Sintaxis o vocabulario totalmente inadecuado. |
|                                                                                                           | 2            | Bajo       | Muy confuso. Requiere múltiples lecturas para entenderse.     |
|                                                                                                           | 3            | Regular    | Ambiguo. Se entiende la idea, pero la redacción es mejorable. |
|                                                                                                           | 4            | Bueno      | Comprensible. Solo requiere correcciones menores de estilo.   |

|                                                                                                            |   |            |                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------|-----------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                            | 5 | Excelente  | Directo y preciso. Se entiende perfectamente en una sola lectura.     |
| <b>OBJETIVIDAD</b><br>El ítem es neutral, no induce respuestas ni contiene juicios de valor sesgados.      | 1 | Deficiente | Totalmente sesgado. Induce la respuesta de forma evidente.            |
|                                                                                                            | 2 | Bajo       | Contiene adjetivos o frases que condicionan fuertemente la respuesta. |
|                                                                                                            | 3 | Regular    | Presenta algún sesgo leve o interpretación subjetiva.                 |
|                                                                                                            | 4 | Bueno      | Adecuadamente neutral, aunque perfectible en su tono.                 |
|                                                                                                            | 5 | Excelente  | Totalmente imparcial. Permite la libre expresión del encuestado.      |
| <b>COHERENCIA</b><br>El ítem tiene relación lógica directa con el indicador y la dimensión de la variable. | 1 | Deficiente | No tiene relación lógica con el indicador ni la dimensión.            |
|                                                                                                            | 2 | Bajo       | Relación muy débil o forzada con el indicador propuesto.              |
|                                                                                                            | 3 | Regular    | Relación difusa. Parece pertenecer a otra dimensión o indicador.      |
|                                                                                                            | 4 | Bueno      | Coherente con el indicador, aunque su enfoque podría ser más directo. |
|                                                                                                            | 5 | Excelente  | Relación lógica exacta con el indicador y dimensión medidos.          |
| <b>PERTINENCIA</b><br>El ítem es esencial para lograr los objetivos de la investigación                    | 1 | Deficiente | Ítem innecesario. No aporta valor a la investigación.                 |
|                                                                                                            | 2 | Bajo       | Aporte mínimo. Podría eliminarse sin afectar el estudio.              |
|                                                                                                            | 3 | Regular    | Útil, pero redundante con otros ítems del cuestionario.               |
|                                                                                                            | 4 | Bueno      | Importante. Aporta información necesaria para el análisis.            |
|                                                                                                            | 5 | Excelente  | Esencial. Su eliminación afectaría los resultados del estudio.        |

Lee con detenimiento los ítems y califique en una escala de 1 a 5 su valoración, de ser el caso puede brindar una recomendación.

| Puntaje | Interpretación | Criterio de Decisión                                                               |
|---------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | Deficiente     | El ítem no cumple con el criterio. Debe ser eliminado o reescrito totalmente.      |
| 2       | Bajo           | El cumplimiento es mínimo. Requiere cambios estructurales profundos.               |
| 3       | Regular        | Cumple parcialmente. Requiere ajustes de forma o precisión (correcciones menores). |
| 4       | Bueno          | Cumple con el criterio de manera aceptable. Puede mejorarse mínimamente.           |
| 5       | Excelente      | El ítem cumple plenamente con el criterio. Está listo para aplicarse.              |

IV. INSTRUMENTO QUE SE SOMETE A JUICIO DE EXPERTOS: CUESTIONARIO SOBRE LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE TRÁMITES MEDIANTE CHATBOT.

| #                                       | ÍTEM                                 | PREGUNTA                                                                                                       | CLARIDAD | OBJETIVIDAD | COHERENCIA | PERTINENCIA | SUGERENCIA |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------|-------------|------------|
| <b>Dimensión 1: Accesibilidad</b>       |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 1                                       | Disponibilidad del servicio          | ¿Considera que el chatbot permite realizar consultas fuera del horario de oficina de la UGEL?                  | 5        | 4           | 5          | 5           | —          |
| <b>Dimensión 2: Interacción</b>         |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 2                                       | Opciones de interacción              | ¿Las opciones presentadas por el chatbot son fáciles de identificar para iniciar un trámite?                   | 4        | 5           | 5          | 4           | —          |
| 3                                       | Fluidez de interacción               | ¿La interacción con el chatbot sigue una secuencia lógica y fluida hasta finalizar la consulta?                | 4        | 5           | 5          | 5           | —          |
| <b>Dimensión 3: Tiempo de respuesta</b> |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 4                                       | Latencia                             | ¿El tiempo de respuesta del chatbot tras enviar un mensaje es adecuado para la atención de consultas?          | 4        | 5           | 5          | 5           | —          |
| 5                                       | Resolución                           | ¿El chatbot resuelve la mayoría de sus consultas sin necesidad de contactar a un agente humano?                | 5        | 4           | 5          | 5           | —          |
| <b>Dimensión 5: Fiabilidad</b>          |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 6                                       | Comprensión del mensaje              | ¿El chatbot interpreta correctamente sus mensajes incluso si comete errores ortográficos?                      | 5        | 5           | 4          | 4           | —          |
| 7                                       | Precisión de la información brindada | ¿La información proporcionada por el chatbot es precisa y coincide con los requisitos reales?                  | 4        | 4           | 4          | 5           | —          |
| <b>Dimensión 6: Usabilidad</b>          |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 8                                       | Facilidad de uso                     | ¿El manejo del chatbot es intuitivo y no requiere capacitación previa?                                         | 5        | 4           | 5          | 4           | —          |
| 9                                       | Claridad del lenguaje utilizado      | ¿El lenguaje y la interfaz del chatbot resultan agradables y claros para el usuario?                           | 4        | 5           | 4          | 5           | —          |
| <b>Dimensión 7: Soporte</b>             |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 10                                      | Ayuda                                | ¿El chatbot ofrece alternativas o guía clara cuando no entiende una solicitud específica?                      | 5        | 4           | 4          | 4           | —          |
| <b>Dimensión 4: Eficiencia</b>          |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 11                                      | Reducción del tiempo de atención     | ¿El uso del chatbot reduce el tiempo total que antes tomaba obtener información de un trámite?                 | 5        | 5           | 5          | 5           | —          |
| <b>Dimensión 8: Satisfacción</b>        |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 12                                      | Nivel de satisfacción del usuario    | Me siento satisfecho con la interacción con el chatbot en la gestión de trámites.                              | 5        | 5           | 5          | 4           | —          |
| <b>Dimensión 9: Pertinencia</b>         |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 13                                      | Adecuación                           | ¿El uso del chatbot contribuye a la optimización de la atención de la UGEL frente a los métodos tradicionales? | 4        | 5           | 5          | 5           | —          |

Página 3 de 4

**V. OPINIÓN DE LA APLICABILIDAD**

Mi opinión es la siguiente:

|                                     |                                       |                                                                            |
|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <b>APLICABLE</b>                      | El instrumento reúne los requisitos de claridad, pertinencia y relevancia. |
| <input type="checkbox"/>            | <b>APLICABLE PRE VIA MODIFICACIÓN</b> | Se sugieren ajustes en los ítems señalados en la ficha adjunta             |
| <input type="checkbox"/>            | <b>NO APLICABLE</b>                   | El instrumento no guarda relación con los objetivos del estudio.           |

**VI. COMENTARIOS Y/O RECOMENDACIONES**

Si tiene algún comentario extra o consejo final que me ayude a mejorar el instrumento o la investigación en general, será recibido con mucha gratitud y atención.

---

---

---

---

**VII. AGRADECIMIENTO**

Estimado experto, le agradezco su valiosa colaboración al haber evaluado el instrumento.

  
  
Firma: .....  
Prof. Néstor Villasante Paredes  
DIRECTOR  
UGEL AZÁNGARO

Nombres y Apellidos: Néstor Villasante Paredes

DNI: 02374412

### VALIDEZ DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

#### I. DATOS GENERALES

|                             |                                                                                                                |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| INVESTIGADOR:               | Ferdinan Jhoquin Mamani Alfaro                                                                                 |
| TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: | "Optimización del proceso de gestión de trámites en una UGEL utilizando un chatbot basado en machine learning" |
| INSTRUMENTO:                | Cuestionario sobre la Eficiencia Administrativa y Uso del chatbot.                                             |
| VARIABLES EVALUADAS:        | Funcionamiento del chatbot basado en machine learning y optimización de la gestión de trámites.                |

#### II. DATOS DEL EXPERTO

|                           |                                          |
|---------------------------|------------------------------------------|
| NOMBRE DEL EXPERTO:       | <i>Gudy Jacqueline Salluca Amamuro</i>   |
| GRADO ACADÉMICO:          | <i>Maestro en docencia universitaria</i> |
| INSTITUCIÓN DONDE LABORA: | <i>Universidad Peruana Union</i>         |
| ESPECIALIDAD:             | <i>Ingeniería de Sistemas</i>            |

#### III. INSTRUCCIONES PARA EL JUEZ

Se presenta la encuesta que tiene el objetivo de evaluar el impacto de un sistema de respuesta automatizada (chatbot) basado en modelos de Machine Learning sobre la gestión de trámites y la percepción de servicio en la UGEL, realizado por el investigador.

De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda:

| CATEGORÍA                                                                                                 | CALIFICACIÓN |            | INDICADOR                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|---------------------------------------------------------------|
| CLARIDAD<br>El ítem es comprensible en sintaxis y semántica, su lenguaje es apropiado para el encuestado. | 1            | Deficiente | Incomprensible. Sintaxis o vocabulario totalmente inadecuado. |
|                                                                                                           | 2            | Bajo       | Muy confuso. Requiere múltiples lecturas para entenderse.     |
|                                                                                                           | 3            | Regular    | Ambiguo. Se entiende la idea, pero la redacción es mejorable. |
|                                                                                                           | 4            | Bueno      | Comprensible. Solo requiere correcciones menores de estilo.   |

|                                                                                                            |   |            |                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------|-----------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                            | 5 | Excelente  | Directo y preciso. Se entiende perfectamente en una sola lectura.     |
| <b>OBJETIVIDAD</b><br>El ítem es neutral, no induce respuestas ni contiene juicios de valor sesgados.      | 1 | Deficiente | Totalmente sesgado. Induce la respuesta de forma evidente.            |
|                                                                                                            | 2 | Bajo       | Contiene adjetivos o frases que condicionan fuertemente la respuesta. |
|                                                                                                            | 3 | Regular    | Presenta algún sesgo leve o interpretación subjetiva.                 |
|                                                                                                            | 4 | Bueno      | Adecuadamente neutral, aunque perfectible en su tono.                 |
|                                                                                                            | 5 | Excelente  | Totalmente imparcial. Permite la libre expresión del encuestado.      |
| <b>COHERENCIA</b><br>El ítem tiene relación lógica directa con el indicador y la dimensión de la variable. | 1 | Deficiente | No tiene relación lógica con el indicador ni la dimensión.            |
|                                                                                                            | 2 | Bajo       | Relación muy débil o forzada con el indicador propuesto.              |
|                                                                                                            | 3 | Regular    | Relación difusa. Parece pertenecer a otra dimensión o indicador.      |
|                                                                                                            | 4 | Bueno      | Coherente con el indicador, aunque su enfoque podría ser más directo. |
|                                                                                                            | 5 | Excelente  | Relación lógica exacta con el indicador y dimensión medidos.          |
| <b>PERTINENCIA</b><br>El ítem es esencial para lograr los objetivos de la investigación                    | 1 | Deficiente | Ítem innecesario. No aporta valor a la investigación.                 |
|                                                                                                            | 2 | Bajo       | Aporte mínimo. Podría eliminarse sin afectar el estudio.              |
|                                                                                                            | 3 | Regular    | Útil, pero redundante con otros ítems del cuestionario.               |
|                                                                                                            | 4 | Bueno      | Importante. Aporta información necesaria para el análisis.            |
|                                                                                                            | 5 | Excelente  | Esencial. Su eliminación afectaría los resultados del estudio.        |

Lee con detenimiento los ítems y califique en una escala de 1 a 5 su valoración, de ser el caso puede brindar una recomendación.

| Puntaje | Interpretación | Criterio de Decisión                                                               |
|---------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | Deficiente     | El ítem no cumple con el criterio. Debe ser eliminado o reescrito totalmente.      |
| 2       | Bajo           | El cumplimiento es mínimo. Requiere cambios estructurales profundos.               |
| 3       | Regular        | Cumple parcialmente. Requiere ajustes de forma o precisión (correcciones menores). |
| 4       | Bueno          | Cumple con el criterio de manera aceptable. Puede mejorarse mínimamente.           |
| 5       | Excelente      | El ítem cumple plenamente con el criterio. Está listo para aplicarse.              |

IV. INSTRUMENTO QUE SE SOMETE A JUICIO DE EXPERTOS: CUESTIONARIO SOBRE LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE TRÁMITES MEDIANTE CHATBOT.

| #                                       | ÍTEM                                 | PREGUNTA                                                                                                       | CLARIDAD | OBJETIVIDAD | COHERENCIA | PERTINENCIA | SUGERENCIA |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------|-------------|------------|
| <b>Dimensión 1: Accesibilidad</b>       |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 1                                       | Disponibilidad del servicio          | ¿Considera que el chatbot permite realizar consultas fuera del horario de oficina de la UGEL?                  | 4        | 4           | 5          | 5           |            |
| <b>Dimensión 2: Interacción</b>         |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 2                                       | Opciones de interacción              | ¿Las opciones presentadas por el chatbot son fáciles de identificar para iniciar un trámite?                   | 5        | 5           | 5          | 4           |            |
| 3                                       | Fluidez de interacción               | ¿La interacción con el chatbot sigue una secuencia lógica y fluida hasta finalizar la consulta?                | 5        | 4           | 4          | 5           |            |
| <b>Dimensión 3: Tiempo de respuesta</b> |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 4                                       | Latencia                             | ¿El tiempo de respuesta del chatbot tras enviar un mensaje es adecuado para la atención de consultas?          | 5        | 5           | 5          | 5           |            |
| 5                                       | Resolución                           | ¿El chatbot resuelve la mayoría de sus consultas sin necesidad de contactar a un agente humano?                | 5        | 4           | 5          | 5           |            |
| <b>Dimensión 5: Fiabilidad</b>          |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 6                                       | Comprensión del mensaje              | ¿El chatbot interpreta correctamente sus mensajes incluso si comete errores ortográficos?                      | 4        | 5           | 5          | 5           |            |
| 7                                       | Precisión de la información brindada | ¿La información proporcionada por el chatbot es precisa y coincide con los requisitos reales?                  | 5        | 5           | 4          | 5           |            |
| <b>Dimensión 6: Usabilidad</b>          |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 8                                       | Facilidad de uso                     | ¿El manejo del chatbot es intuitivo y no requiere capacitación previa?                                         | 5        | 5           | 5          | 4           |            |
| 9                                       | Claridad del lenguaje utilizado      | ¿El lenguaje y la interfaz del chatbot resultan agradables y claros para el usuario?                           | 5        | 5           | 5          | 5           |            |
| <b>Dimensión 7: Soporte</b>             |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 10                                      | Ayuda                                | ¿El chatbot ofrece alternativas o guía clara cuando no entiende una solicitud específica?                      | 4        | 5           | 5          | 5           |            |
| <b>Dimensión 4: Eficiencia</b>          |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 11                                      | Reducción del tiempo de atención     | ¿El uso del chatbot reduce el tiempo total que antes tomaba obtener información de un trámite?                 | 5        | 4           | 4          | 5           |            |
| <b>Dimensión 8: Satisfacción</b>        |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 12                                      | Nivel de satisfacción del usuario    | Me siento satisfecho con la interacción con el chatbot en la gestión de trámites.                              | 5        | 5           | 5          | 4           |            |
| <b>Dimensión 9: Pertinencia</b>         |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 13                                      | Adecuación                           | ¿El uso del chatbot contribuye a la optimización de la atención de la UGEL frente a los métodos tradicionales? | 4        | 5           | 5          | 5           |            |

Página 3 de 4

**V. OPINIÓN DE LA APLICABILIDAD**

Mi opinión es la siguiente:

|     |                               |                                                                            |
|-----|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| (X) | APLICABLE                     | El instrumento reúne los requisitos de claridad, pertinencia y relevancia. |
| ( ) | APLICABLE PREVIA MODIFICACIÓN | Se sugieren ajustes en los ítems señalados en la ficha adjunta             |
| ( ) | NO APLICABLE                  | El instrumento no guarda relación con los objetivos del estudio.           |

**VI. COMENTARIOS Y/O RECOMENDACIONES**

Si tiene algún comentario extra o consejo final que me ayude a mejorar el instrumento o la investigación en general, será recibido con mucha gratitud y atención.

*El instrumento es aplicable*

---

---

---

**VII. AGRADECIMIENTO**

Estimado experto, le agradezco su valiosa colaboración al haber evaluado el instrumento.

  
Firma

Nombres y Apellidos: *Giuly Jacqueline Sallica Amamuro*

DNI: *44227708*

### VALIDEZ DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

#### I. DATOS GENERALES

|                             |                                                                                                                |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| INVESTIGADOR:               | Ferdinan Jhoquin Mamani Alfaro                                                                                 |
| TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: | "Optimización del proceso de gestión de trámites en una UGEL utilizando un chatbot basado en machine learning" |
| INSTRUMENTO:                | Cuestionario sobre la Eficiencia Administrativa y Uso del chatbot.                                             |
| VARIABLES EVALUADAS:        | Funcionamiento del chatbot basado en machine learning y optimización de la gestión de trámites.                |

#### II. DATOS DEL EXPERTO

|                           |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| NOMBRE DEL EXPERTO:       | EDER GUTIERREZ QUISPE             |
| GRADO ACADÉMICO:          | MAESTRO EN DOCENCIA UNIVERSITARIA |
| INSTITUCIÓN DONDE LABORA: | UNIVERSIDAD PERUANA UNION         |
| ESPECIALIDAD:             | INGENIERIA DE SISTEMAS            |

#### III. INSTRUCCIONES PARA EL JUEZ

Se presenta la encuesta que tiene el objetivo de evaluar el impacto de un sistema de respuesta automatizada (chatbot) basado en modelos de Machine Learning sobre la gestión de trámites y la percepción de servicio en la UGEL, realizado por el investigador.

De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda:

| CATEGORÍA                                                                                                 | CALIFICACIÓN |            | INDICADOR                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|---------------------------------------------------------------|
| CLARIDAD<br>El ítem es comprensible en sintaxis y semántica, su lenguaje es apropiado para el encuestado. | 1            | Deficiente | Incomprensible. Sintaxis o vocabulario totalmente inadecuado. |
|                                                                                                           | 2            | Bajo       | Muy confuso. Requiere múltiples lecturas para entenderse.     |
|                                                                                                           | 3            | Regular    | Ambiguo. Se entiende la idea, pero la redacción es mejorable. |
|                                                                                                           | 4            | Bueno      | Comprensible. Solo requiere correcciones menores de estilo.   |

|                                                                                                            |   |            |                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------|-----------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                            | 5 | Excelente  | Directo y preciso. Se entiende perfectamente en una sola lectura.     |
| <b>OBJETIVIDAD</b><br>El ítem es neutral, no induce respuestas ni contiene juicios de valor sesgados.      | 1 | Deficiente | Totalmente sesgado. Induce la respuesta de forma evidente.            |
|                                                                                                            | 2 | Bajo       | Contiene adjetivos o frases que condicionan fuertemente la respuesta. |
|                                                                                                            | 3 | Regular    | Presenta algún sesgo leve o interpretación subjetiva.                 |
|                                                                                                            | 4 | Bueno      | Adecuadamente neutral, aunque perfectible en su tono.                 |
|                                                                                                            | 5 | Excelente  | Totalmente imparcial. Permite la libre expresión del encuestado.      |
| <b>COHERENCIA</b><br>El ítem tiene relación lógica directa con el indicador y la dimensión de la variable. | 1 | Deficiente | No tiene relación lógica con el indicador ni la dimensión.            |
|                                                                                                            | 2 | Bajo       | Relación muy débil o forzada con el indicador propuesto.              |
|                                                                                                            | 3 | Regular    | Relación difusa. Parece pertenecer a otra dimensión o indicador.      |
|                                                                                                            | 4 | Bueno      | Coherente con el indicador, aunque su enfoque podría ser más directo. |
|                                                                                                            | 5 | Excelente  | Relación lógica exacta con el indicador y dimensión medidos.          |
| <b>PERTINENCIA</b><br>El ítem es esencial para lograr los objetivos de la investigación                    | 1 | Deficiente | Ítem innecesario. No aporta valor a la investigación.                 |
|                                                                                                            | 2 | Bajo       | Aporte mínimo. Podría eliminarse sin afectar el estudio.              |
|                                                                                                            | 3 | Regular    | Útil, pero redundante con otros ítems del cuestionario.               |
|                                                                                                            | 4 | Bueno      | Importante. Aporta información necesaria para el análisis.            |
|                                                                                                            | 5 | Excelente  | Esencial. Su eliminación afectaría los resultados del estudio.        |

Lee con detenimiento los ítems y califique en una escala de 1 a 5 su valoración, de ser el caso puede brindar una recomendación.

| Puntaje | Interpretación | Criterio de Decisión                                                               |
|---------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | Deficiente     | El ítem no cumple con el criterio. Debe ser eliminado o reescrito totalmente.      |
| 2       | Bajo           | El cumplimiento es mínimo. Requiere cambios estructurales profundos.               |
| 3       | Regular        | Cumple parcialmente. Requiere ajustes de forma o precisión (correcciones menores). |
| 4       | Bueno          | Cumple con el criterio de manera aceptable. Puede mejorarse mínimamente.           |
| 5       | Excelente      | El ítem cumple plenamente con el criterio. Está listo para aplicarse.              |

IV. INSTRUMENTO QUE SE SOMETE A JUICIO DE EXPERTOS: CUESTIONARIO SOBRE LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE TRÁMITES MEDIANTE CHATBOT.

| #                                       | ÍTEM                                 | PREGUNTA                                                                                                       | CLARIDAD | OBJETIVIDAD | COHERENCIA | PERTINENCIA | SUGERENCIA |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------|-------------|------------|
| <b>Dimensión 1: Accesibilidad</b>       |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 1                                       | Disponibilidad del servicio          | ¿Considera que el chatbot permite realizar consultas fuera del horario de oficina de la UGEL?                  | 4        | 5           | 5          | 5           | /          |
| <b>Dimensión 2: Interacción</b>         |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 2                                       | Opciones de interacción              | ¿Las opciones presentadas por el chatbot son fáciles de identificar para iniciar un trámite?                   | 5        | 4           | 5          | 5           | /          |
| 3                                       | Fluidez de interacción               | ¿La interacción con el chatbot sigue una secuencia lógica y fluida hasta finalizar la consulta?                | 5        | 5           | 4          | 5           | /          |
| <b>Dimensión 3: Tiempo de respuesta</b> |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 4                                       | Latencia                             | ¿El tiempo de respuesta del chatbot tras enviar un mensaje es adecuado para la atención de consultas?          | 5        | 4           | 5          | 5           | /          |
| 5                                       | Resolución                           | ¿El chatbot resuelve la mayoría de sus consultas sin necesidad de contactar a un agente humano?                | 5        | 4           | 5          | 5           | /          |
| <b>Dimensión 5: Fiabilidad</b>          |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 6                                       | Comprensión del mensaje              | ¿El chatbot interpreta correctamente sus mensajes incluso si comete errores ortográficos?                      | 5        | 5           | 4          | 5           | /          |
| 7                                       | Precisión de la información brindada | ¿La información proporcionada por el chatbot es precisa y coincide con los requisitos reales?                  | 4        | 5           | 5          | 5           | /          |
| <b>Dimensión 6: Usabilidad</b>          |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 8                                       | Facilidad de uso                     | ¿El manejo del chatbot es intuitivo y no requiere capacitación previa?                                         | 5        | 5           | 4          | 5           | /          |
| 9                                       | Claridad del lenguaje utilizado      | ¿El lenguaje y la interfaz del chatbot resultan agradables y claros para el usuario?                           | 4        | 5           | 5          | 5           | /          |
| <b>Dimensión 7: Soporte</b>             |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 10                                      | Ayuda                                | ¿El chatbot ofrece alternativas o guía clara cuando no entiende una solicitud específica?                      | 5        | 5           | 4          | 5           | /          |
| <b>Dimensión 4: Eficiencia</b>          |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 11                                      | Reducción del tiempo de atención     | ¿El uso del chatbot reduce el tiempo total que antes tomaba obtener información de un trámite?                 | 5        | 4           | 5          | 5           | /          |
| <b>Dimensión 8: Satisfacción</b>        |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 12                                      | Nivel de satisfacción del usuario    | Me siento satisfecho con la interacción con el chatbot en la gestión de trámites.                              | 5        | 5           | 4          | 5           | /          |
| <b>Dimensión 9: Pertinencia</b>         |                                      |                                                                                                                |          |             |            |             |            |
| 13                                      | Adecuación                           | ¿El uso del chatbot contribuye a la optimización de la atención de la UGEL frente a los métodos tradicionales? | 5        | 4           | 5          | 5           | /          |

Página 3 de 4

**V. OPINIÓN DE LA APLICABILIDAD**

Mi opinión es la siguiente:

|                                     |                                      |                                                                            |
|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <b>APLICABLE</b>                     | El instrumento reúne los requisitos de claridad, pertinencia y relevancia. |
| <input type="checkbox"/>            | <b>APLICABLE PREVIA MODIFICACIÓN</b> | Se sugieren ajustes en los ítems señalados en la ficha adjunta             |
| <input type="checkbox"/>            | <b>NO APLICABLE</b>                  | El instrumento no guarda relación con los objetivos del estudio.           |

**VI. COMENTARIOS Y/O RECOMENDACIONES**

Si tiene algún comentario extra o consejo final que me ayude a mejorar el instrumento o la investigación en general, será recibido con mucha gratitud y atención.

---

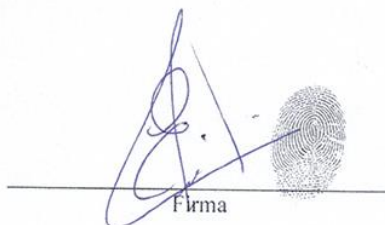
---

---

---

**VII. AGRADECIMIENTO**

Estimado experto, le agradezco su valiosa colaboración al haber evaluado el instrumento.

  
Firma

Nombres y Apellidos: EDER GUTIERREZ QUIROE

DNI: 43974466

## Anexo H. Matriz de validación de contenido mediante el coeficiente V de Aiken

| ID | ÍTEM                                                                                                           | Claridad |    |    | Objetividad |    |    | Coherencia |    |    | Pertinencia |    |    | Total        | Validez     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----|----|-------------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|--------------|-------------|
|    |                                                                                                                | J1       | J2 | J3 | J1          | J2 | J3 | J1         | J2 | J3 | J1          | J2 | J3 | Prom.        | V Aiken     |
| 1  | ¿Considera que el chatbot permite realizar consultas fuera del horario de oficina de la UGEL?                  | 5        | 4  | 4  | 4           | 4  | 5  | 5          | 5  | 5  | 5           | 5  | 5  | 4.67         | 0.92        |
| 2  | ¿Las opciones presentadas por el chatbot son fáciles de identificar para iniciar un trámite?                   | 4        | 5  | 5  | 5           | 5  | 4  | 5          | 5  | 5  | 4           | 4  | 5  | 4.67         | 0.92        |
| 3  | ¿La interacción con el chatbot sigue una secuencia lógica y fluida hasta finalizar la consulta?                | 4        | 5  | 5  | 5           | 4  | 5  | 5          | 4  | 4  | 5           | 5  | 5  | 4.67         | 0.92        |
| 4  | ¿El tiempo de respuesta del chatbot tras enviar un mensaje es adecuado para la atención de consultas?          | 4        | 5  | 5  | 5           | 5  | 4  | 5          | 5  | 5  | 5           | 5  | 5  | 4.83         | 0.96        |
| 5  | ¿El chatbot resuelve la mayoría de sus consultas sin necesidad de contactar a un agente humano?                | 5        | 5  | 5  | 4           | 4  | 4  | 5          | 5  | 5  | 5           | 5  | 5  | 4.75         | 0.94        |
| 6  | ¿El chatbot interpreta correctamente sus mensajes incluso si comete errores ortográficos?                      | 5        | 4  | 5  | 5           | 5  | 5  | 4          | 5  | 4  | 4           | 5  | 5  | 4.67         | 0.92        |
| 7  | ¿La información proporcionada por el chatbot es precisa y coincide con los requisitos reales?                  | 4        | 5  | 4  | 4           | 5  | 5  | 4          | 4  | 5  | 5           | 5  | 5  | 4.58         | 0.90        |
| 8  | ¿El manejo del chatbot es intuitivo y no requiere capacitación previa?                                         | 5        | 5  | 5  | 4           | 5  | 5  | 5          | 5  | 4  | 4           | 4  | 5  | 4.67         | 0.92        |
| 9  | ¿El lenguaje y la interfaz del chatbot resultan agradables y claros para el usuario?                           | 4        | 5  | 4  | 5           | 5  | 5  | 4          | 5  | 5  | 5           | 5  | 5  | 4.75         | 0.94        |
| 10 | ¿El chatbot ofrece alternativas o guía clara cuando no entiende una solicitud específica?                      | 5        | 4  | 5  | 4           | 5  | 5  | 4          | 5  | 4  | 4           | 5  | 5  | 4.58         | 0.90        |
| 11 | ¿El uso del chatbot reduce el tiempo total que antes tomaba obtener información de un trámite?                 | 5        | 5  | 5  | 5           | 4  | 4  | 5          | 4  | 5  | 5           | 5  | 5  | 4.75         | 0.94        |
| 12 | Me siento satisfecho con la interacción con el chatbot en la gestión de trámites.                              | 5        | 5  | 5  | 5           | 5  | 5  | 5          | 5  | 4  | 4           | 4  | 5  | 4.75         | 0.94        |
| 13 | ¿El uso del chatbot contribuye a la optimización de la atención de la UGEL frente a los métodos tradicionales? | 4        | 4  | 5  | 5           | 5  | 4  | 5          | 5  | 5  | 5           | 5  | 5  | 4.75         | 0.94        |
|    |                                                                                                                |          |    |    |             |    |    |            |    |    |             |    |    | <b>Total</b> | <b>0.92</b> |

## Anexo I. Matriz de resultados de pretest

| ID | Marca Temporal   | Correo Electrónico | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 |
|----|------------------|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 1  | 01/09/2025 08:25 | yh*****@gmail.com  | 2  | 3  | 4  | 2  | 3  | 3  | 4  | 2  | 3  | 3   | 4   | 3   | 3   |
| 2  | 01/09/2025 08:38 | ma*****@gmail.com  | 3  | 3  | 2  | 3  | 4  | 3  | 2  | 4  | 3  | 4   | 2   | 4   | 3   |
| 3  | 01/09/2025 10:57 | na*****@gmail.com  | 3  | 2  | 4  | 3  | 2  | 3  | 4  | 3  | 4  | 2   | 4   | 3   | 4   |
| 4  | 01/09/2025 11:42 | gh*****@gmail.com  | 2  | 3  | 3  | 2  | 3  | 4  | 2  | 2  | 3  | 3   | 3   | 2   | 3   |
| 5  | 01/09/2025 13:07 | yo*****@gmail.com  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3   | 2   | 3   | 3   |
| 6  | 01/09/2025 14:17 | mi*****@gmail.com  | 4  | 4  | 2  | 4  | 2  | 3  | 2  | 4  | 4  | 4   | 4   | 4   | 3   |
| 7  | 01/09/2025 15:32 | vi*****@gmail.com  | 3  | 2  | 4  | 2  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 2   | 3   | 3   | 2   |
| 8  | 01/09/2025 18:48 | be*****@gmail.com  | 4  | 3  | 2  | 4  | 3  | 4  | 2  | 4  | 3  | 4   | 2   | 4   | 4   |
| 9  | 01/09/2025 22:54 | ro*****@gmail.com  | 2  | 3  | 4  | 3  | 3  | 2  | 4  | 2  | 2  | 3   | 4   | 2   | 3   |
| 10 | 02/09/2025 10:31 | he*****@gmail.com  | 3  | 4  | 2  | 3  | 2  | 3  | 2  | 3  | 4  | 4   | 3   | 3   | 4   |
| 11 | 02/09/2025 14:11 | al*****@gmail.com  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3   | 2   | 3   | 3   |
| 12 | 02/09/2025 15:04 | ro*****@gmail.com  | 4  | 3  | 2  | 4  | 3  | 4  | 2  | 4  | 4  | 3   | 4   | 4   | 4   |
| 13 | 02/09/2025 15:11 | be*****@gmail.com  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 2  | 4  | 2  | 3  | 2   | 4   | 2   | 2   |
| 14 | 02/09/2025 15:24 | ne*****@gmail.com  | 3  | 4  | 2  | 4  | 3  | 3  | 2  | 3  | 3  | 4   | 3   | 3   | 3   |
| 15 | 02/09/2025 15:29 | ca*****@gmail.com  | 4  | 3  | 3  | 3  | 2  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3   | 4   | 4   | 4   |
| 16 | 02/09/2025 16:33 | ta*****@gmail.com  | 3  | 2  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 2   | 3   | 3   | 3   |
| 17 | 02/09/2025 18:47 | gr*****@gmail.com  | 2  | 3  | 2  | 2  | 3  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3   | 4   | 2   | 2   |
| 18 | 02/09/2025 19:27 | va*****@gmail.com  | 3  | 4  | 4  | 3  | 2  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4   | 3   | 3   | 4   |
| 19 | 03/09/2025 07:46 | uy*****@gmail.com  | 4  | 3  | 2  | 4  | 4  | 4  | 2  | 4  | 3  | 3   | 4   | 4   | 3   |
| 20 | 03/09/2025 11:53 | es*****@gmail.com  | 5  | 4  | 2  | 5  | 3  | 4  | 2  | 4  | 4  | 4   | 3   | 4   | 4   |
| 21 | 03/09/2025 17:57 | ba*****@gmail.com  | 2  | 3  | 4  | 2  | 4  | 3  | 4  | 2  | 3  | 3   | 2   | 3   | 3   |
| 22 | 03/09/2025 19:15 | va*****@gmail.com  | 3  | 4  | 2  | 3  | 3  | 3  | 2  | 3  | 2  | 4   | 3   | 3   | 2   |
| 23 | 03/09/2025 22:02 | na*****@gmail.com  | 4  | 3  | 4  | 4  | 2  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3   | 4   | 4   | 4   |
| 24 | 04/09/2025 14:19 | jh*****@gmail.com  | 2  | 2  | 3  | 2  | 3  | 2  | 3  | 2  | 3  | 2   | 4   | 2   | 3   |
| 25 | 04/09/2025 19:55 | fa*****@gmail.com  | 4  | 4  | 2  | 4  | 4  | 4  | 2  | 4  | 4  | 4   | 3   | 4   | 4   |

|    |                  |                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|------------------|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 05/09/2025 06:57 | ao*****@gmail.com | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| 27 | 05/09/2025 09:19 | so*****@gmail.com | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 |
| 28 | 05/09/2025 09:55 | an*****@gmail.com | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 |
| 29 | 05/09/2025 12:13 | no*****@gmail.com | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 30 | 05/09/2025 14:18 | pa*****@gmail.com | 4 | 4 | 2 | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 |
| 31 | 05/09/2025 16:44 | he*****@gmail.com | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 32 | 05/09/2025 20:37 | ag*****@gmail.com | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 |
| 33 | 05/09/2025 21:31 | yo****@gmail.com  | 3 | 2 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 34 | 06/09/2025 06:54 | el*****@gmail.com | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 |
| 35 | 06/09/2025 10:39 | ge*****@gmail.com | 3 | 5 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 36 | 06/09/2025 13:16 | be*****@gmail.com | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 37 | 06/09/2025 17:02 | rg*****@gmail.com | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 38 | 06/09/2025 22:37 | av*****@gmail.com | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 39 | 07/09/2025 16:44 | da*****@gmail.com | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 40 | 07/09/2025 18:29 | so*****@gmail.com | 3 | 2 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 41 | 08/09/2025 08:18 | da*****@gmail.com | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| 42 | 08/09/2025 17:23 | co*****@gmail.com | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 43 | 09/09/2025 06:50 | me*****@gmail.com | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 44 | 09/09/2025 14:34 | ka*****@gmail.com | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 45 | 09/09/2025 15:17 | na*****@gmail.com | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 46 | 09/09/2025 18:57 | fl*****@gmail.com | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 47 | 09/09/2025 19:01 | go*****@gmail.com | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 |
| 48 | 10/09/2025 15:35 | ir*****@gmail.com | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| 49 | 10/09/2025 22:01 | ac*****@gmail.com | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| 50 | 10/09/2025 22:30 | be*****@gmail.com | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |

## Anexo J. Matriz de resultados de posttest

| ID | Marca Temporal   | Correo Electrónico | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 |
|----|------------------|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 1  | 23/11/2025 07:39 | yh*****@gmail.com  | 5  | 4  | 3  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4   | 4   | 4   | 5   |
| 2  | 23/11/2025 08:10 | ma*****@gmail.com  | 4  | 3  | 5  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 5   | 3   | 3   | 4   |
| 3  | 23/11/2025 12:21 | mi*****@gmail.com  | 3  | 4  | 2  | 4  | 5  | 3  | 2  | 2  | 3  | 2   | 4   | 3   | 3   |
| 4  | 23/11/2025 14:12 | so*****@gmail.com  | 4  | 2  | 3  | 4  | 3  | 4  | 5  | 5  | 4  | 3   | 3   | 4   | 5   |
| 5  | 23/11/2025 15:47 | ta*****@gmail.com  | 4  | 5  | 3  | 2  | 3  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4   | 4   | 5   | 3   |
| 6  | 23/11/2025 16:44 | jh*****@gmail.com  | 3  | 2  | 4  | 5  | 4  | 2  | 3  | 3  | 4  | 3   | 2   | 2   | 3   |
| 7  | 23/11/2025 16:48 | ir*****@gmail.com  | 5  | 4  | 4  | 5  | 4  | 5  | 3  | 4  | 3  | 4   | 3   | 5   | 4   |
| 8  | 23/11/2025 17:21 | ag*****@gmail.com  | 3  | 3  | 3  | 2  | 2  | 4  | 5  | 3  | 2  | 2   | 3   | 4   | 3   |
| 9  | 23/11/2025 18:29 | ca*****@gmail.com  | 4  | 4  | 4  | 3  | 5  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4   | 5   | 4   | 4   |
| 10 | 23/11/2025 19:01 | me*****@gmail.com  | 3  | 5  | 3  | 4  | 3  | 2  | 3  | 3  | 5  | 3   | 4   | 3   | 3   |
| 11 | 23/11/2025 20:25 | no*****@gmail.com  | 5  | 4  | 2  | 4  | 5  | 4  | 3  | 5  | 4  | 5   | 5   | 4   | 5   |
| 12 | 23/11/2025 22:18 | va*****@gmail.com  | 4  | 3  | 4  | 5  | 4  | 4  | 3  | 4  | 2  | 3   | 4   | 3   | 4   |
| 13 | 24/11/2025 14:11 | fl*****@gmail.com  | 3  | 5  | 2  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  | 3  | 2   | 2   | 5   | 4   |
| 14 | 24/11/2025 14:11 | yo*****@gmail.com  | 5  | 4  | 5  | 3  | 5  | 4  | 5  | 2  | 4  | 5   | 5   | 4   | 5   |
| 15 | 24/11/2025 15:40 | ka*****@gmail.com  | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  | 5  | 4  | 4  | 5  | 4   | 4   | 2   | 4   |
| 16 | 24/11/2025 15:55 | pa*****@gmail.com  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 2  | 4  | 3  | 2  | 3   | 3   | 2   | 3   |
| 17 | 24/11/2025 21:24 | na*****@gmail.com  | 5  | 5  | 4  | 2  | 4  | 5  | 5  | 4  | 2  | 5   | 4   | 5   | 4   |
| 18 | 24/11/2025 22:33 | be*****@gmail.com  | 4  | 2  | 3  | 5  | 2  | 4  | 2  | 3  | 5  | 2   | 3   | 2   | 4   |
| 19 | 25/11/2025 07:54 | ao*****@gmail.com  | 4  | 4  | 5  | 3  | 4  | 4  | 2  | 4  | 4  | 4   | 5   | 4   | 4   |
| 20 | 25/11/2025 07:54 | ro*****@gmail.com  | 3  | 3  | 2  | 4  | 3  | 2  | 3  | 5  | 3  | 3   | 4   | 3   | 5   |
| 21 | 25/11/2025 08:55 | be*****@gmail.com  | 5  | 4  | 5  | 4  | 2  | 4  | 5  | 5  | 4  | 1   | 5   | 4   | 5   |
| 22 | 25/11/2025 09:55 | an*****@gmail.com  | 4  | 3  | 4  | 5  | 4  | 4  | 3  | 2  | 4  | 3   | 4   | 5   | 4   |
| 23 | 25/11/2025 10:58 | rg*****@gmail.com  | 4  | 5  | 4  | 4  | 5  | 1  | 2  | 1  | 3  | 2   | 2   | 3   | 3   |
| 24 | 25/11/2025 18:43 | he*****@gmail.com  | 5  | 4  | 3  | 4  | 5  | 4  | 5  | 5  | 4  | 5   | 5   | 4   | 5   |
| 25 | 25/11/2025 19:19 | ro*****@gmail.com  | 4  | 2  | 3  | 4  | 3  | 4  | 2  | 4  | 5  | 4   | 4   | 5   | 4   |

|    |                  |                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|------------------|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 25/11/2025 19:28 | so*****@gmail.com | 3 | 2 | 4 | 5 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 5 | 3 | 2 | 3 |
| 27 | 25/11/2025 19:43 | na*****@gmail.com | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 4 |
| 28 | 26/11/2025 07:14 | da*****@gmail.com | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 29 | 26/11/2025 07:41 | ba*****@gmail.com | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 30 | 26/11/2025 11:47 | da*****@gmail.com | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 31 | 26/11/2025 15:01 | ge*****@gmail.com | 5 | 4 | 5 | 2 | 5 | 4 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| 32 | 26/11/2025 15:56 | va*****@gmail.com | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| 33 | 26/11/2025 16:13 | ac*****@gmail.com | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 34 | 26/11/2025 18:31 | gh*****@gmail.com | 5 | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| 35 | 26/11/2025 20:52 | yo****@gmail.com  | 4 | 5 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| 36 | 26/11/2025 23:55 | fa****@gmail.com  | 3 | 2 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 5 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 37 | 27/11/2025 11:13 | ne****@gmail.com  | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 |
| 38 | 27/11/2025 14:17 | go*****@gmail.com | 3 | 2 | 5 | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 |
| 39 | 27/11/2025 14:36 | es*****@gmail.com | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 40 | 27/11/2025 14:53 | be*****@gmail.com | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| 41 | 27/11/2025 23:26 | uy*****@gmail.com | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 |
| 42 | 27/11/2025 23:47 | al*****@gmail.com | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| 43 | 28/11/2025 07:54 | co*****@gmail.com | 3 | 3 | 2 | 4 | 5 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 44 | 28/11/2025 08:00 | vi*****@gmail.com | 5 | 2 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| 45 | 28/11/2025 14:26 | be*****@gmail.com | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| 46 | 29/11/2025 07:03 | he*****@gmail.com | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 47 | 29/11/2025 13:49 | gr*****@gmail.com | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 |
| 48 | 29/11/2025 18:38 | av*****@gmail.com | 4 | 2 | 3 | 2 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 49 | 29/11/2025 19:13 | el*****@gmail.com | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 50 | 30/11/2025 23:25 | na*****@gmail.com | 5 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 |

## Anexo K. Análisis de confiabilidad y consistencia interna de postest (Alfa de Cronbach)

### Escala: ALL VARIABLES

#### Resumen de procesamiento de casos

|       |                       | N  | %     |
|-------|-----------------------|----|-------|
| Casos | Válido                | 50 | 100,0 |
|       | Excluido <sup>a</sup> | 0  | ,0    |
|       | Total                 | 50 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

#### Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | N de elementos |
|------------------|-----------------------------------------------------|----------------|
| ,812             | ,817                                                | 13             |

#### Estadísticas de elemento de resumen

|                               | Media | Mínimo | Máximo | Rango | Máximo / Mínimo |
|-------------------------------|-------|--------|--------|-------|-----------------|
| Medias de elemento            | 3,655 | 3,500  | 3,960  | ,460  | 1,131           |
| Varianzas de elemento         | 1,005 | ,624   | 1,313  | ,689  | 2,103           |
| Covarianzas entre elementos   | ,251  | -,176  | ,568   | ,744  | -3,237          |
| Correlaciones entre elementos | ,256  | -,162  | ,638   | ,800  | -3,943          |

#### Estadísticas de elemento de resumen

|                               | Varianza | N de elementos |
|-------------------------------|----------|----------------|
| Medias de elemento            | ,017     | 13             |
| Varianzas de elemento         | ,042     | 13             |
| Covarianzas entre elementos   | ,035     | 13             |
| Correlaciones entre elementos | ,038     | 13             |

## Anexo L. Diagrama de Gantt

| ID                                                                        | ACTIVIDAD                                               | INICIO          | FIN             | SEMANA 01 | SEMANA 02 | SEMANA 03 | SEMANA 04 | SEMANA 05 | SEMANA 06 | SEMANA 07 | SEMANA 08 | SEMANA 09 | SEMANA 10 | SEMANA 11 |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Fase de Diagnóstico</b>                                                |                                                         | <b>15/09/25</b> | <b>26/09/25</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 1                                                                         | Levantamiento y análisis de procesos administrativos    | 15/09/25        | 21/09/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 2                                                                         | Definición y priorización del Product Backlog           | 22/09/25        | 26/09/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>SPRINT 1: Inicio de interacción y consultas básicas</b>                |                                                         | <b>27/09/25</b> | <b>11/10/25</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 3                                                                         | Configuración de arquitectura Backend y API             | 27/09/25        | 01/10/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 4                                                                         | Integración de servicios de mensajería y Webhooks       | 02/10/25        | 06/10/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 5                                                                         | Implementación de persistencia y gestión de estados     | 07/10/25        | 11/10/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>SPRINT 2: Inicio y registro de trámites administrativos</b>            |                                                         | <b>12/10/25</b> | <b>25/10/25</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 6                                                                         | Modelado de flujos y lógica de trámites secuenciales    | 12/10/25        | 18/10/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 7                                                                         | Desarrollo del módulo de validación y registro de datos | 19/10/25        | 25/10/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>SPRINT 3: Inteligencia conversacional y seguimiento de expedientes</b> |                                                         | <b>26/10/25</b> | <b>10/11/25</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 8                                                                         | Procesamiento y normalización de datasets históricos    | 26/10/25        | 31/10/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 9                                                                         | Entrenamiento y validación de modelos de clasificación  | 01/11/25        | 06/11/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 10                                                                        | Implementación de servicios de consulta y trazabilidad  | 07/11/25        | 10/11/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>SPRINT 4: Notificaciones y manejo de excepciones</b>                   |                                                         | <b>11/11/25</b> | <b>22/11/25</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 11                                                                        | Configuración de seguridad, Nginx y certificados SSL    | 11/11/25        | 14/11/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 12                                                                        | Implementación de políticas de control de tráfico       | 15/11/25        | 18/11/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 13                                                                        | Despliegue en infraestructura de nube y notificaciones  | 19/11/25        | 22/11/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Evaluación y Resultados</b>                                            |                                                         | <b>23/11/25</b> | <b>28/11/25</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 14                                                                        | Ejecución de pruebas de aceptación y Post-test          | 23/11/25        | 26/11/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 15                                                                        | Análisis comparativo y documentación de resultados      | 27/11/25        | 28/11/25        |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |

## Anexo M. Registro de artefactos Scrum: Product Backlog

| ID   | Historia de usuario                                                                                       | Descripción Funcional                                                                                                                                                 | Prioridad | Justificación de Prioridad                                                                                                                                                                                                                            | Sprint | Criterios de aceptación                                                         | Fuente del Requisito                 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| PB01 | Como usuario de la UGEL, deseo iniciar una conversación con el chatbot para recibir orientación inmediata | El sistema debe responder al primer mensaje mostrando un saludo institucional y las opciones principales de interacción                                               | Alta      | La historia es crítica para iniciar cualquier interacción con el sistema, ya que permite establecer el canal de comunicación entre el usuario y el chatbot. Sin esta funcionalidad, el sistema no puede operar ni brindar orientación inicial.        | 1      | El chatbot responde automáticamente y presenta el menú inicial                  | Necesidad del usuario                |
| PB02 | Como usuario, deseo realizar consultas administrativas frecuentes sin acudir presencialmente              | El chatbot debe interpretar la intención del mensaje mediante técnicas de NLP y retornar una respuesta adecuada desde la base de conocimiento en una versión inicial. | Alta      | Las consultas administrativas representan el mayor volumen de interacciones históricas registradas en la UGEL, por lo que su atención automatizada genera un impacto directo en la reducción de carga operativa y mejora del acceso a la información. | 1      | La intención es correctamente identificada y se muestra una respuesta coherente | Análisis histórico de consultas UGEL |
| PB03 | Como usuario, deseo seleccionar entre realizar una consulta o iniciar un trámite administrativo           | El sistema debe permitir cambiar de modo de interacción según la opción seleccionada                                                                                  | Alta      | Permite diferenciar claramente entre consultas informativas y trámites administrativos, garantizando una navegación adecuada dentro del chatbot y evitando confusión en el flujo conversacional del usuario.                                          | 1      | El modo de interacción se actualiza correctamente                               | Diseño funcional del sistema         |
| PB04 | Como usuario, deseo iniciar un trámite administrativo desde el chatbot                                    | El sistema debe permitir seleccionar el tipo de trámite y comenzar el flujo correspondiente                                                                           | Alta      | El inicio de trámites administrativos constituye uno de los principales objetivos del sistema, ya que reemplaza procesos presenciales y habilita la digitalización del servicio, alineándose con la demanda administrativa de la UGEL.                | 2      | El chatbot solicita el tipo de trámite y registra el inicio                     | Demanda administrativa UGEL          |

|      |                                                                                        |                                                                                                |       |                                                                                                                                                                                                                             |   |                                                          |                                           |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| PB05 | Como usuario, deseo registrar progresivamente la información requerida para un trámite | El chatbot debe solicitar y validar los datos necesarios según el trámite seleccionado         | Alta  | El registro progresivo de información es indispensable para completar correctamente un trámite administrativo, asegurando la integridad de los datos y la continuidad del proceso iniciado por el usuario.                  | 2 | Los datos ingresados son almacenados correctamente       | Normativa administrativa                  |
| PB06 | Como usuario, deseo realizar seguimiento al estado de un trámite iniciado              | El sistema debe consultar el estado del trámite y mostrarlo al usuario                         | Media | El seguimiento de trámites mejora la transparencia del proceso administrativo; sin embargo, depende de que el trámite haya sido iniciado previamente, por lo que su implementación puede realizarse en una etapa posterior. | 3 | El estado del trámite se muestra de forma clara          | Necesidad del usuario                     |
| PB07 | Como sistema, deseo registrar las interacciones del usuario para análisis posterior    | El sistema debe almacenar mensajes, intención detectada, modelo utilizado y nivel de confianza | Media | El registro de interacciones es necesario para análisis y mejora continua del sistema, pero no afecta directamente la experiencia inmediata del usuario final, permitiendo su desarrollo en un sprint intermedio.           | 3 | Las interacciones quedan registradas en la base de datos | Requerimiento técnico del sistema         |
| PB08 | Como sistema, deseo notificar al usuario sobre eventos relevantes del trámite          | El sistema debe enviar notificaciones automáticas a través de WhatsApp o Telegram              | Media | Las notificaciones automáticas incrementan la usabilidad del sistema, aunque no son esenciales para el funcionamiento básico del chatbot, por lo que su implementación se planifica en un sprint avanzado.                  | 4 | El usuario recibe la notificación correctamente          | Mejora de experiencia del usuario         |
| PB09 | Como sistema, deseo manejar mensajes no comprendidos de forma controlada               | El chatbot debe responder con mensajes de error orientativos sin interrumpir la sesión         | Baja  | El manejo de mensajes no comprendidos mejora la robustez del sistema, pero no impide la ejecución de las funcionalidades principales, por lo que se desarrolla en la etapa final del proyecto.                              | 4 | El chatbot no se bloquea ante entradas inválidas         | Buenas prácticas de diseño conversacional |

## Anexo N. Análisis de normalidad de las muestras mediante estadístico Shapiro-Wilk

| Resumen de procesamiento de casos |        |            |                |            |       |            |
|-----------------------------------|--------|------------|----------------|------------|-------|------------|
|                                   | Válido |            | Casos Perdidos |            | Total |            |
|                                   | N      | Porcentaje | N              | Porcentaje | N     | Porcentaje |
| Pretest                           | 50     | 100,0%     | 0              | 0,0%       | 50    | 100,0%     |

| Descriptivos |                                             |                 |                |  |
|--------------|---------------------------------------------|-----------------|----------------|--|
|              |                                             | Estadístico     | Error estándar |  |
| Pretest      | Media                                       | 3,6552          | ,07853         |  |
|              | 95% de intervalo de confianza para la media | Limite inferior | 3,4974         |  |
|              |                                             | Limite superior | 3,8130         |  |
|              | Media recortada al 5%                       | 3,6674          |                |  |
|              | Mediana                                     | 3,7700          |                |  |
|              | Varianza                                    | ,308            |                |  |
|              | Desv. estándar                              | ,55530          |                |  |
|              | Mínimo                                      | 2,54            |                |  |
|              | Máximo                                      | 4,46            |                |  |
|              | Rango                                       | 1,92            |                |  |
|              | Rango intercuartil                          | 1,02            |                |  |
|              | Asimetría                                   | -,242           | ,337           |  |
|              | Curtosis                                    | -1,146          | ,662           |  |

| Pruebas de normalidad |                                 |    |       |              |    |      |
|-----------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|                       | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|                       | Estadístico                     | gl | Sig.  | Estadístico  | gl | Sig. |
| Pretest               | ,103                            | 50 | ,200* | ,945         | 50 | ,021 |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

| Resumen de procesamiento de casos |        |            |                |            |       |            |
|-----------------------------------|--------|------------|----------------|------------|-------|------------|
|                                   | Válido |            | Casos Perdidos |            | Total |            |
|                                   | N      | Porcentaje | N              | Porcentaje | N     | Porcentaje |
| Posttest                          | 50     | 100,0%     | 0              | 0,0%       | 50    | 100,0%     |

| Descriptivos |                                             |                 |                |  |
|--------------|---------------------------------------------|-----------------|----------------|--|
|              |                                             | Estadístico     | Error estándar |  |
| Posttest     | Media                                       | 3,1230          | ,05223         |  |
|              | 95% de intervalo de confianza para la media | Limite inferior | 3,0180         |  |
|              |                                             | Limite superior | 3,2280         |  |
|              | Media recortada al 5%                       | 3,1190          |                |  |
|              | Mediana                                     | 3,0800          |                |  |
|              | Varianza                                    | ,136            |                |  |
|              | Desv. estándar                              | ,36934          |                |  |
|              | Mínimo                                      | 2,38            |                |  |
|              | Máximo                                      | 4,15            |                |  |
|              | Rango                                       | 1,77            |                |  |
|              | Rango intercuartil                          | ,48             |                |  |
|              | Asimetría                                   | ,270            | ,337           |  |
|              | Curtosis                                    | ,101            | ,662           |  |

| Pruebas de normalidad |                                 |    |      |              |    |      |
|-----------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|                       | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|                       | Estadístico                     | gl | Sig. | Estadístico  | gl | Sig. |
| Posttest              | ,111                            | 50 | ,171 | ,977         | 50 | ,424 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

| Resumen de procesamiento de casos |        |            |                |            |       |            |
|-----------------------------------|--------|------------|----------------|------------|-------|------------|
|                                   | Válido |            | Casos Perdidos |            | Total |            |
|                                   | N      | Porcentaje | N              | Porcentaje | N     | Porcentaje |
| Diferencia                        | 50     | 100,0%     | 0              | 0,0%       | 50    | 100,0%     |

| Descriptivos |                                             |                 |                |  |
|--------------|---------------------------------------------|-----------------|----------------|--|
|              |                                             | Estadístico     | Error estándar |  |
| Diferencia   | Media                                       | -,5318          | ,10386         |  |
|              | 95% de intervalo de confianza para la media | Limite inferior | -,7405         |  |
|              |                                             | Limite superior | -,3231         |  |
|              | Media recortada al 5%                       | -,5319          |                |  |
|              | Mediana                                     | -,7300          |                |  |
|              | Varianza                                    | ,539            |                |  |
|              | Desv. estándar                              | ,73442          |                |  |
|              | Mínimo                                      | -2,08           |                |  |
|              | Máximo                                      | ,77             |                |  |
|              | Rango                                       | 2,85            |                |  |
|              | Rango intercuartil                          | 1,18            |                |  |
|              | Asimetría                                   | ,168            | ,337           |  |
|              | Curtosis                                    | -,855           | ,662           |  |

| Pruebas de normalidad |                                 |    |      |              |    |      |
|-----------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|                       | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|                       | Estadístico                     | gl | Sig. | Estadístico  | gl | Sig. |
| Diferencia            | ,127                            | 50 | ,042 | ,962         | 50 | ,107 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

## Anexo O. Contrastación de hipótesis mediante prueba no paramétrica de Wilcoxon

### Pruebas NPar

#### Advertencias

La prueba de McNemar para Posttest y Pretest no se realiza porque ambas variables no son dicotómicas con los mismos valores.

#### Estadísticos descriptivos

|          | N  | Media  | Desv. estándar | Mínimo | Máximo |
|----------|----|--------|----------------|--------|--------|
| Posttest | 50 | 3,6552 | ,55530         | 2,54   | 4,46   |
| Pretest  | 50 | 3,1230 | ,36934         | 2,38   | 4,15   |

### Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

#### Rangos

|                    |                  | N               | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Pretest - Posttest | Rangos negativos | 36 <sup>a</sup> | 29,85          | 1074,50        |
|                    | Rangos positivos | 14 <sup>b</sup> | 14,32          | 200,50         |
|                    | Empates          | 0 <sup>c</sup>  |                |                |
|                    | Total            | 50              |                |                |

a. Pretest < Posttest

b. Pretest > Posttest

c. Pretest = Posttest

#### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

| Pretest - Posttest     |                     |
|------------------------|---------------------|
| Z                      | -4,221 <sup>b</sup> |
| Sig. asin. (bilateral) | <,001               |

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

## Anexo P. Carta de autorización institucional (UGEL)



PERÚ

Ministerio de  
Educación

Dirección Regional de  
Educación Puno

Unidad de Gestión  
Educativa Local Azángaro

### CARTA DE AUTORIZACIÓN

Azángaro, 12 de Enero de 2026

El que suscribe, Mg. Néstor Villasante Paredes, identificado con DNI N° 02374412, en mi calidad de Director de la Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL) Azángaro, con dirección institucional en Jr. Lima N° 627 del Barrio Cultural Puente del distrito y provincia de Azángaro, departamento de Puno, autoriza de manera expresa a:

Sr. Ferdinan Jhoquin Mamani Alfaro, Bachiller en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Católica de Santa María, para que pueda acceder y utilizar información proporcionada por esta entidad, con fines exclusivamente académicos, en el marco del desarrollo de su trabajo de investigación titulada:

*"Optimización del proceso de gestión de trámites en una UGEL utilizando un chatbot basado en machine learning."*

La información autorizada comprende datos vinculados a procesos administrativos, procedimientos, estadísticas, registros y demás información necesaria para el desarrollo de la investigación, siempre que dicha información no contravenga la normativa vigente, en especial la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública y las disposiciones internas de la UGEL.

El Bachiller se compromete a:

- Utilizar la información únicamente para fines académicos.
- Respetar la confidencialidad de la información sensible o reservada.
- No difundir ni reproducir la información para fines distintos a los académicos.

La presente autorización se otorga para los fines de elaboración, sustentación y eventual publicación académica de la tesis, sin fines comerciales, eximiendo a la UGEL de cualquier responsabilidad derivada del uso indebido de la información.

Se expide la presente a solicitud del interesado, para los fines que estime pertinentes.

Atentamente



Prof. Néstor Villasante Paredes  
DIRECTOR  
UGEL AZÁNGARO