



**Uleam**  
UNIVERSIDAD LAICA  
ELOY ALFARO DE MANABÍ

*Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías*



**Uleam**  
UNIVERSIDAD LAICA  
ELOY ALFARO DE MANABÍ

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS**

**TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN MODALIDAD PROYECTO INTEGRADOR**

**TEMA:**

**IMPLEMENTACIÓN DE APLICATIVO MÓVIL PARA LA RESERVA DE CITAS  
ODONTOLÓGICAS CON APRENDIZAJE AUTOMÁTICO**

**AUTORES:**

- ARAUZ CHICHANDA JAVIER ARCENIO
- SÁNCHEZ ARTEAGA MIGUEL ANGEL

**TUTOR:**

**ING. JORGE IVÁN PINCAY PONCE, PhD**

**2024 (2) – 2025 (2)**



### **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TUTOR.**

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **ARAÚZ CHICHANDA JAVIER ARCENIO**, legalmente matriculado en la carrera de tecnologías de la información, período académico 2025 (2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **"Implementación de Aplicativo Móvil para la reserva de citas odontológicas con Aprendizaje Automático"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, 21 de enero de 2026.

Lo certifico,

Ing. Pincay Ponce Jorge Ivan, PhD.

**Docente Tutor**

**Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología**  
**Carrera Tecnologías de la Información**

**DECLARACIÓN EXPRESA DE AUDITORÍA.**

Nosotros, Arauz Chichanda Javier Arcenio con cédula de ciudadanía 0929036747 y Sánchez Arteaga Miguel Angel con cédula de ciudadanía 1316369170; en calidad de autores del trabajo de titulación “IMPLEMENTACIÓN DE APLICATIVO MÓVIL PARA LA RESERVA DE CITAS ODONTOLÓGICAS CON APRENDIZAJE AUTOMÁTICO”, autorizamos a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, hacer uso total o parcial de este trabajo de titulación del que somos responsables, con fines estrictamente académicos e investigativos.

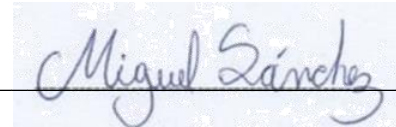
Lo certifica,



**Arauz Chichanda Javier Arcenio**

**C.I:** 0929036747

**Correo:** [e0929036747@live.uleam.edu.ec](mailto:e0929036747@live.uleam.edu.ec)



**Sánchez Arteaga Miguel Angel**

**C.I:** 1316369170

**Correo:** [e1316369170@live.uleam.edu.ec](mailto:e1316369170@live.uleam.edu.ec)

**DEDICATORIA.**

A mi querido padre Juan Arauz Sánchez que partió al reino de Dios con el afán de verme lograr mi objetivo como un profesional, siempre he llevado conmigo cada uno de sus consejos, para así poder seguir adelante y crecer en mi ámbito personal y profesional.

A mi querido cuñado Carlos Alvia Chávez y a mi hermana Ana Arauz Chichanda, quienes fueron las personas que me apoyaron durante todo este proceso el cual me llevo a que logre mi objetivo como profesional, siendo este uno de mis más grandes sueños y ahora gracias a ellos lo estoy haciendo realidad.

Así mismo a mi querida novia por su apoyo incondicional, a mi madre y hermanos que estuvieron en ciertos momentos apoyándome para lograr mi sueño.

A mi compañero de tesis con el cual hemos luchado día a día poder lograr la meta de ser profesionales, gracias al apoyo de nuestro tutor Ing. Jorge Pincay quien nos apoyó durante todo este proyecto nos guio y compartió sus conocimientos como profesional y así poder realizar de manera correcta este proyecto.

**Arauz Chichanda Javier Arcenio**

### **DEDICATORIA**

El presente proyecto de investigación, lo dedico a Dios por bendecirme cada día, darme fuerza para continuar y cumplir cada uno de mis objetivos en el ámbito personal y profesional, para así poder culminar mi carrera y sobre todo por proveerme salud.

A mis queridos padres, hermanos y amigos quienes son mi apoyo incondicional no solo en mi paso universitario sino en todos los días de mi vida. Los cuales evidenciaron y compartieron conmigo el sacrificio en toda esta etapa educativa.

A mis amigos, Melanie Morejón, Ayme Macias, Jonathan Espinales, por apoyarme en todo momento, extendiendo su mano en momentos difíciles, gracias por el cariño brindado cada día y por su apoyo incondicional.

A mi compañero de tesis, por comprenderme en todo momento y por su paciencia en todo el desarrollo del trabajo.

A mi tutor el Ing. Jorge Pincay, PhD. por su guía y asesorarme en toda la trayectoria del proyecto de investigación con sus conocimientos y su enseñanza impartida en cada tutoría.

**Sánchez Arteaga Miguel Angel**

## **AGRADECIMIENTOS.**

Antes que nada, quiero agradecer a Dios por haberme dado la vida, la fortaleza y la sabiduría llegando hasta este momento tan importante. Sin su guía y bendición, este logro no habría sido posible.

Con profundo respeto y gratitud, dedico este trabajo a Carlos Alvia Chávez y Ana Arauz Chichanda, pilares fundamentales en mi vida, cuyo apoyo incondicional y palabras de aliento me impulsaron en los momentos más difíciles. A mi madre, por su amor, sus oraciones y su ejemplo de esfuerzo y sacrificio que me han inspirado día a día. A mi novia, por su aprecio, comprensión y constante motivación a lo largo de este proceso. A mis hermanos, por su compañía y palabras de aliento. Y a mi compañero de tesis, por su compromiso, dedicación y trabajo en equipo que hicieron posible el desarrollo de este proyecto.

No puedo dejar de mencionar con profunda tristeza la ausencia de mi padre, quien en vida fue un pilar fundamental en mi formación. Aunque ya no está físicamente, su recuerdo y enseñanzas han sido una fuente constante de motivación en este logro que hoy dedico también a él.

Agradezco profundamente a todos mis docentes de la Facultad de Ciencias Informáticas, de la carrera de Tecnología de la Información, por compartir su conocimiento, su experiencia y por motivarme constantemente a superarme. En especial, al Dr. Jorge Pincay, tutor de esta tesis, por su guía académica, sus valiosos aportes y su dedicación durante todo este proceso.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro.

**Arauz Chichanda Javier Arcenio**

**AGRADECIMIENTOS.**

Este proyecto es el resultado del aprendizaje y la experiencia en estos años de estudios, por eso agradezco este trabajo principalmente a Dios por haber dado vida, salud, sabiduría y por darme la oportunidad de haber llegado a esta etapa de formación profesional.

A mis padres por ser el pilar fundamental en mi vida y por cada apoyo que aporta a mi futuro, mis hermanos y mis amigos por ser el soporte diario para alcanzar el éxito.

A mis docentes de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí - Facultad Ciencias de la Vida y Tecnología por darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos con principios, por haberme compartido y ser una mejor persona en el ámbito estudiantil.

A mi tutor de tesis el Ing. Jorge Pincay Ponce, PhD, por sus indicaciones en cada tutoría impartida, para aplicarlos en el desarrollo de nuestro proyecto de investigación.

A mi compañero de tesis, por su apoyo incondicional y su sincera compañía en todo momento del desarrollo de nuestra investigación.

**Sánchez Arteaga Miguel Angel**



## **ÍNDICE DE CONTENIDOS**

|                                                                             |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TUTOR. ....                                   | II                            |
| TRIBUNAL. ....                                                              | ¡Error! Marcador no definido. |
| DECLARACIÓN EXPRESA DE AUDITORÍA. ....                                      | III                           |
| DEDICATORIA.....                                                            | IV                            |
| AGRADECIMIENTOS. ....                                                       | VI                            |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS.....                                                   | VIII                          |
| ÍNDICE DE TABLAS. ....                                                      | XII                           |
| ÍNDICE ILUSTRACIONES.....                                                   | XIII                          |
| RESUMEN. ....                                                               | 1                             |
| ABSTRACT. ....                                                              | 2                             |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....                                               | 3                             |
| 1.1 INTRODUCCIÓN. ....                                                      | 3                             |
| 1.2 PRESENTACIÓN DEL TEMA. ....                                             | 4                             |
| 1.3 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....                               | 4                             |
| 1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....                                        | 5                             |
| 1.4.1 Problematicación.....                                                 | 5                             |
| 1.4.2 Génesis del problema.....                                             | 5                             |
| 1.4.3 Estado actual del problema. ....                                      | 5                             |
| 1.5 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DEL PROBLEMA. ....                                | 6                             |
| 1.6 OBJETIVOS. ....                                                         | 7                             |
| 1.6.1 Objetivo general.....                                                 | 7                             |
| 1.6.2 Objetivos específicos. ....                                           | 7                             |
| 1.7 JUSTIFICACIÓN. ....                                                     | 8                             |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO. ....                                            | 9                             |
| 2.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIONES RELACIONADOS AL TEMA<br>PRESENTADO..... | 9                             |
| 2.1.1 Relación entre la Inteligencia artificial y el Machine Learning.....  | 12                            |



|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.2 Relación clave entre ML e IA. ....                                   | 13 |
| 2.1.3 Machine Learning permite que la IA mejore con el tiempo. ....        | 13 |
| 2.1.4 Métodos y técnicas.....                                              | 14 |
| 2.1.5 Cómo se relaciona el ML con la IA en la aplicación móvil. ....       | 15 |
| 2.1.6 ¿Qué herramientas de ML podrían usarse en esta aplicación? ....      | 17 |
| 2.2 DEFINICIONES CONCEPTUALES.....                                         | 17 |
| 2.2.1 Análisis de Conjuntos. ....                                          | 17 |
| 2.2.2 Tipos de análisis conjunto.....                                      | 19 |
| 2.2.3 Algoritmo Apriori.....                                               | 19 |
| 2.2.4 Aplicaciones del algoritmo Apriori.....                              | 20 |
| 2.2.5 Entorno de programación del Algoritmo A priori. ....                 | 20 |
| 2.3 REGLAS DE ASOCIACIÓN PARA SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN<br>AUTOMÁTICA..... | 21 |
| 2.3.1 Reglas de asociación.....                                            | 21 |
| 2.3.2 Algoritmo de reglas de asociación. ....                              | 22 |
| 2.3.3 Métricas de la Regla de Asociación. ....                             | 22 |
| 2.3.4 Integración del Modelo o algoritmo a la aplicación. ....             | 24 |
| 2.4 CRISP-DM COMO CICLO DE VIDA DE LA MINERÍA DE DATOS. ....               | 25 |
| 2.4.1 Objetivos de negocio.....                                            | 25 |
| 2.4.2 Objetivos de minería de datos.....                                   | 26 |
| Comprensión de Datos.....                                                  | 27 |
| 2.4.4 Preparación de Datos. ....                                           | 27 |
| 2.4.5 Modelado. ....                                                       | 28 |
| 2.4.6 Evaluación.....                                                      | 29 |
| 2.4.7 Implementación.....                                                  | 29 |
| CAPÍTULO III: MARCO INVESTIGATIVO.....                                     | 31 |
| 3.1 INTRODUCCIÓN. ....                                                     | 31 |



|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN. ....                            | 32 |
| 3.2.1 Investigación Evaluativa. ....                       | 32 |
| 3.2.2 Metodología Cascada. ....                            | 32 |
| 3.2.3 Metodología Aplicada. ....                           | 32 |
| 3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN. ....                         | 33 |
| 3.3.1 Método Lógico Inductivo. ....                        | 33 |
| 3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN DE DATOS. ....                  | 33 |
| 3.4.1 Fuentes Primarias. ....                              | 33 |
| 3.4.2 Fuentes secundarias. ....                            | 33 |
| 3.5 ESTRATEGIA OPERACIONAL PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.   |    |
| 33                                                         |    |
| Doctor. ....                                               | 33 |
| Paciente. ....                                             | 34 |
| 3.6 ANÁLISIS DE HERRAMIENTAS. ....                         | 34 |
| 3.6.1 Machine Learning. ....                               | 34 |
| 3.6.1 Patient Prism. ....                                  | 34 |
| CAPÍTULO IV: MARCO PROPOSITIVO. ....                       | 34 |
| 4.1 INTRODUCCIÓN. ....                                     | 34 |
| 4.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA. ....                      | 35 |
| 4.3 DETERMINACIÓN DE LOS RECURSOS. ....                    | 36 |
| 4.3.1 Recursos Humanos. ....                               | 36 |
| 4.3.2 Recursos Tecnológicos. ....                          | 36 |
| 4.3.3 Recursos Económicos. ....                            | 37 |
| 4.4 ETAPAS DE ACCIÓN PARA EL DESARROLLO DEL SOFTWARE. .... | 37 |
| 4.4.1 Funcionalidades. ....                                | 37 |
| 4.4.2 Requisitos funcionales. ....                         | 37 |
| 4.4.3 Requisitos no funcionales. ....                      | 38 |



|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4.4 Definiciones del sistema de gestión.....                       | 39 |
| 4.4.5 Casos de Usos. ....                                            | 41 |
| 4.4.6 Diseño del aplicativo móvil. ....                              | 46 |
| 4.4.7 Interfaz del aplicativo móvil y el sistema administrador. .... | 48 |
| 4.4.8 Relación de la base de datos con el algoritmo Apriori.....     | 61 |
| 4.4.9 Implementación del aplicativo móvil.....                       | 62 |
| 4.4.10 Pruebas de usabilidad del aplicativo móvil.....               | 64 |
| Interpretación objetiva de los resultados.....                       | 66 |
| Métricas de Apriori. ....                                            | 66 |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....                     | 70 |
| 5.1 CONCLUSIONES. ....                                               | 70 |
| 5.2 RECOMENDACIONES.....                                             | 71 |
| BIBLIOGRAFÍA. ....                                                   | 72 |

## ÍNDICE DE TABLAS.

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>TABLA 1:</b> APLICACIONES ESPECÍFICAS DEL ML EN LA IA. ....                                      | 16 |
| <b>TABLA 2:</b> RECURSOS HUMANOS PARA LA REALIZACIÓN DEL APLICATIVO.....                            | 36 |
| <b>TABLA 3:</b> RECURSOS TECNOLÓGICOS PARA LA REALIZACIÓN DEL APLICATIVO MÓVIL.....                 | 36 |
| <b>TABLA 4:</b> RECURSOS ECONÓMICOS UTILIZADOS PARA LA EJECUCIÓN DEL APLICATIVO MÓVIL.....          | 37 |
| <b>TABLA 5:</b> CASO DE USO C001 – REGISTRO DE USUARIO.....                                         | 41 |
| <b>TABLA 6:</b> CASO DE USO C002 – INICIO DE SESIÓN. ....                                           | 42 |
| <b>TABLA 7:</b> CASO DE USO C003 – ACTUALIZACIÓN DE DATOS. ....                                     | 42 |
| <b>TABLA 8:</b> CASO DE USO C004 – RESERVACIONES DE CITAS. ....                                     | 43 |
| <b>TABLA 9:</b> CASO DE USO C005 – RECOMENDACIONES DE SERVICIOS. ....                               | 43 |
| <b>TABLA 10:</b> CASO DE USO C006 – HISTORIAL DE CITAS.....                                         | 44 |
| <b>TABLA 11:</b> CASO DE USO C007 – REGISTRO DE SERVICIOS, PROMOCIONES Y REGISTRO DE ARTÍCULOS..... | 45 |

## ÍNDICE ILUSTRACIONES.

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ILUSTRACIÓN 1: MODELACIÓN DE LA MINERÍA DE DATOS.....</b>                   | <b>30</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 2: DIAGRAMA DE LA BASE DE DATOS. ....</b>                       | <b>46</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 3: MODELO LÓGICO DE LA BASE DE DATOS. ....</b>                  | <b>47</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 4: PANTALLA DE INICIO DEL APLICATIVO. ....</b>                  | <b>48</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 5: REGISTRO DE USUARIO.....</b>                                 | <b>49</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 6: INICIO DE SESIÓN. ....</b>                                   | <b>50</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 7: AGENDAMIENTO DE CITA Y SELECCIÓN DE SUCURSAL.....</b>        | <b>51</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 8: AGENDAMIENTO DE CITAS. ....</b>                              | <b>51</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 9: SELECCIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA LA CITA.....</b>             | <b>52</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 10: HORARIO PARA LA SELECCIÓN DE LA CITA SOLICITADA.....</b>    | <b>53</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 11: CONFIRMACIÓN DE LOS DATOS DEL PACIENTE.....</b>             | <b>53</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 12: FINAL DE LA CITA AGENDADA. ....</b>                         | <b>54</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 13: CITA SOLICITADA - CORREO .....</b>                          | <b>54</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 14: HISTORIAL DE CITAS. ....</b>                                | <b>55</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 15: SOLICITUD DE CERTIFICADO MÉDICO.....</b>                    | <b>55</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 16: DESCARGAR CERTIFICADO MÉDICO. ....</b>                      | <b>56</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 17: CANCELACIÓN DE CITAS. ....</b>                              | <b>56</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 18: INFORMACIÓN DE LOS SERVICIOS RECOMENDADOS Y TIPS. ....</b>  | <b>57</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 19: INICIO DE SESIÓN DEL ADMINISTRADOR.....</b>                 | <b>57</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 20: INTERFAZ DE ADMINISTRACIÓN TOTAL DEL APLICATIVO.....</b>    | <b>58</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 21: COLECCIONES DEL APLICATIVO. ....</b>                        | <b>58</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 22: APARTADO DE CITAS AGENDADAS.....</b>                        | <b>59</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 23: SOLICITUD DE CERTIFICADO MÉDICO.....</b>                    | <b>59</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 24: HISTORIAL MÉDICO DEL PACIENTE.....</b>                      | <b>60</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 25: PAGINA WEB DE LA HISTORIA MÉDICA. ....</b>                  | <b>60</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 26: RESULTADO DE LA HISTORIA MÉDICA.....</b>                    | <b>61</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 27: TABLAS DONDE SE LLEVA A CABO EL ALGORITMO A PRIORI.....</b> | <b>61</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 28: LIBRERÍA APRIORI Y DATOS SIMULADOS.....</b>                 | <b>63</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 29: DIAGRAMA DE FLUJO DEL CÓDIGO APRIORI.....</b>               | <b>63</b> |
| <b>ILUSTRACIÓN 30: PUNTAJE REFERENCIAL DE LA ESCALA SUS.....</b>               | <b>65</b> |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>ILUSTRACIÓN 31:</b> ESCALA SUS APLICADA A DIFERENTES USUARIOS PARA CALCULAR LA |    |
| USABILIDAD DEL APLICATIVO MÓVIL. ....                                             | 66 |
| <b>ILUSTRACIÓN 32:</b> PROCEDIMIENTOS ASOCIADOS AL SÍNTOMA. ....                  | 67 |
| <b>ILUSTRACIÓN 33:</b> VERIFICACIÓN DE RESULTADOS. ....                           | 67 |
| <b>ILUSTRACIÓN 34:</b> CONTEO PARA LA FRECUENCIA DE CADA PROCEDIMIENTO. ....      | 68 |
| <b>ILUSTRACIÓN 35:</b> SELECCIÓN DE DETALLE "CONFIANZA". ....                     | 68 |
| <b>ILUSTRACIÓN 36:</b> DEVOLUCIÓN DE RESPUESTA. ....                              | 68 |
| <b>ILUSTRACIÓN 37:</b> RESUMEN DE LOS DETALLES DE FRECUENCIA. ....                | 69 |

## **RESUMEN.**

El presente proyecto aborda el desarrollo de un aplicativo móvil que utiliza soporte de aprendizaje automático, dirigido específicamente a usuarios que deseen agendar citas odontológicas en el consultorio “Mas que Sonrisas, donde los usuarios pueden realizar sus controles dentales mensualmente. El objetivo principal de este proyecto es crear un aplicativo de fácil manejo pero que cumpla con los requisitos necesarios lo cual beneficie a los usuarios o pacientes. Para definir esto se llevó a cabo la compresión de datos como primer punto, para luego prepararlos y realizar su modelado, por último, se realizó la evaluación y la implementación de dicho aplicativo móvil. Como resultado se realizaron las pruebas de usuarios aplicadas con la escala SUS a diferentes usuarios expertos que probaron la interacción del aplicativo móvil, de lo cual pudieron determinar que la usabilidad de la propuesta es aceptable con base en los criterios calificados por la escala. Se obtuvo como puntaje promedio 90,5.

Esto significa que los resultados obtenidos reflejaron que el aplicativo cumple con las directrices de implementación una vez desarrollado el aplicativo móvil, además de la usabilidad aceptada por los usuarios evaluados.

**ABSTRACT.**

This project addresses the development of a mobile application that uses machine learning support, specifically aimed at users who wish to schedule dental appointments at the "Más que Sonrisas" clinic, where users can carry out their monthly dental check-ups. The main objective of this project is to create an easy-to-use application that meets the necessary requirements, thereby benefiting users or patients.

To achieve this, data understanding was carried out as the first step, followed by data preparation and modeling. Finally, the evaluation and implementation of the mobile application were conducted.

As a result, user testing was performed using the SUS scale with various expert users who tested the application's interaction. Based on their feedback, it was determined that the usability of the proposed application is acceptable according to the criteria evaluated by the scale. An average score of 90.5 was obtained.

This means that the results showed that the application meets the implementation guidelines once developed, in addition to having usability accepted by the evaluated users.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.**

### **1.1 INTRODUCCIÓN.**

En la actualidad, el área de la salud enfrenta un sin número de retos en cuanto a la eficacia en la organización de las citas médicas, sobre todo en la odontología, donde es crucial llevar a cabo un seguimiento adecuado para asegurar una atención más eficaz y de alta calidad. Las nuevas tecnologías han facilitado la incorporación de aplicativos móviles como una solución viable para perfeccionar los procesos administrativos y enriquecer la experiencia del paciente.

En sí, la implementación de aplicaciones móviles en el sector odontológico permite a los pacientes programar o cancelar citas de forma rápida y fácil, lo que alivia considerablemente la carga del personal y reduce las tasas de ausentismo. No obstante, para lograr niveles superiores de eficiencia y personalización, es esencial introducir tecnologías emergentes como el aprendizaje automático, que ayudan a detectar patrones de conducta, anticipar cancelaciones y mejorar la asignación de horarios en función de la disponibilidad y el interés.

Esta investigación tiene como objetivo crear una aplicación móvil para la programación de citas odontológicas que integre modelos de aprendizaje automático para facilitar la gestión de citas de manera efectiva y sugerencias personalizadas. Lo que contribuye a avances en la calidad del servicio y en la toma de decisiones consultivas y administrativas.

## **1.2 PRESENTACIÓN DEL TEMA.**

Implementación de aplicativo móvil para la reserva de citas odontológicas con aprendizaje automático.

## **1.3 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.**

Actualmente el entorno de las atenciones médicas, las implementaciones de sistemas web o sistemas móviles ofrecen algunas ventajas:

- Aminorar la cantidad de acercamientos presenciales al consultorio o centro médico para agendar una cita independientemente del tipo de especialidad.
- Optimizar el tiempo y dinero, con el agendamiento de citas mediante aplicativo móvil o sistema web.
- La digitalización ayuda al que usuario se familiarice con las TIC (**Tecnología de la información y comunicación**).

La implementación del aplicativo móvil se llevará a cabo con el objetivo de introducir a los pacientes del consultorio odontológico en el mundo de la digitalización. Por esta razón, el proyecto se está desarrollando en la provincia de Manabí, en el cantón Manta, específicamente en el consultorio médico “Más que Sonrisa”, donde los responsables administrativos se enfocan en el agendamiento de citas en línea y en dar a conocer a sus pacientes esta nueva modalidad de atención.

Desde otro punto de vista más amplio, los sistemas web, plataformas o aplicaciones móviles son herramientas que ayudan a fomentar y facilitar el aprendizaje colaborativo entre el médico y el paciente. De esta manera para llegar a una mayor comprensión del uso de estas herramientas, donde se crea una necesidad por parte del usuario, por esto se crean manuales de usuario, configuración y administración del aplicativo móvil.

## **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **1.4.1 Problematicación.**

Actualmente el consultorio médico “Más que sonrisa” se encuentra con déficit a nivel económico por pérdida pacientes, a raíz de la pandemia y durante la crisis energética del 2024 perdió gran parte de sus pacientes por varios factores. Se espera que con implementación del Sistema se consiga más acogida al público, generar ingresos y solventar gastos internos y externos del consultorio Odontológico.

### **1.4.2 Génesis del problema.**

La optimización de las citas médicas tiene como finalidad aumentar la eficiencia utilizando herramientas automatizadas y técnicas de priorización. Con la aplicación móvil propuesta al administrador del consultorio odontológico, se busca ayudar en varios aspectos tanto del paciente como del consultorio en general. Unas de las situaciones a mejorar son las siguientes;

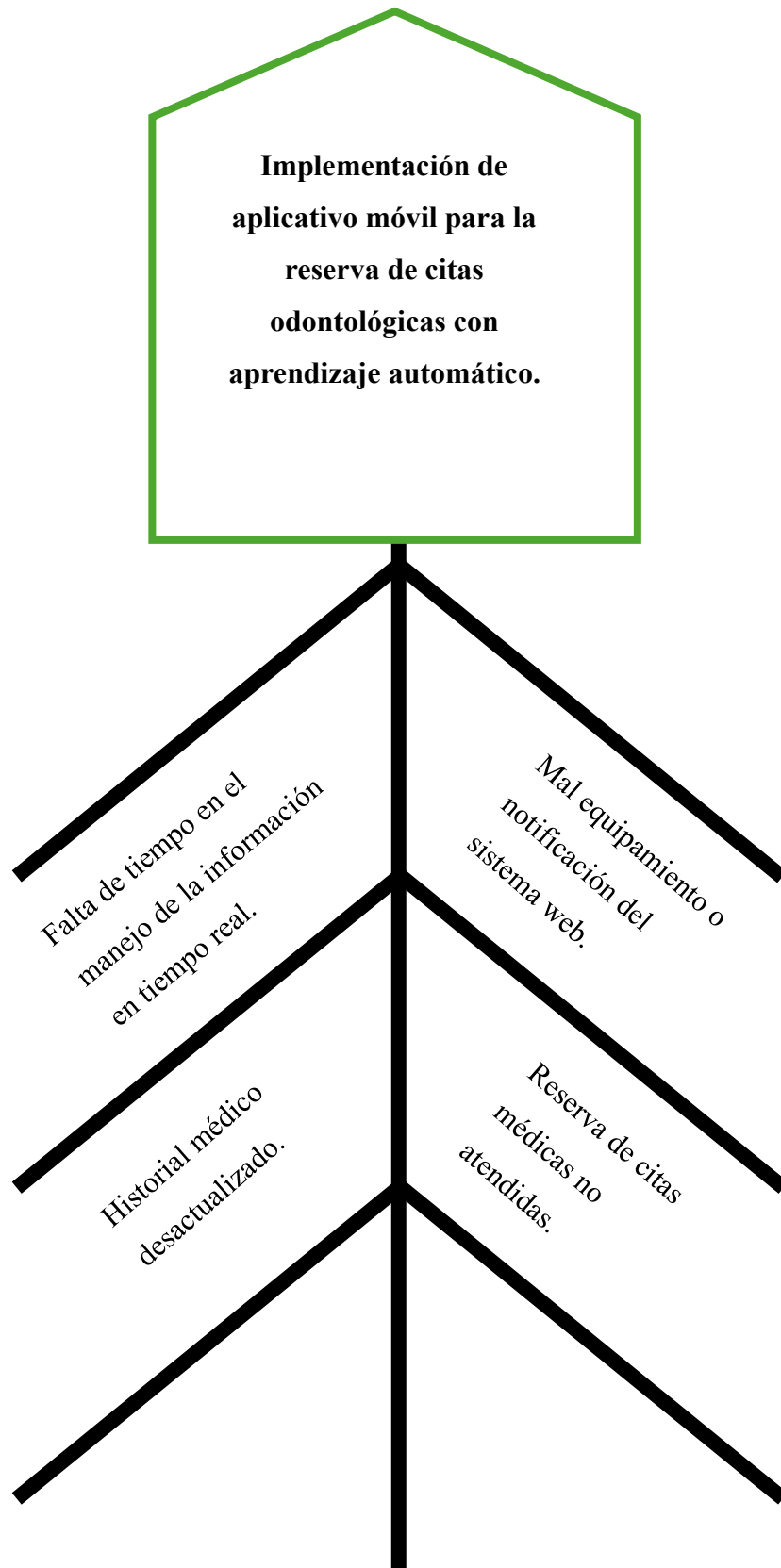
- Agilizar los tiempos de espera, eliminando la necesidad de que el paciente se acerque al consultorio
- Ajustarse a las necesidades y ofrecer una experiencia más satisfactoria y agradable tanto para los pacientes como para el profesional.

### **1.4.3 Estado actual del problema.**

El consultorio médico “Más Que Sonrisa” busca agilizar y mejorar el acceso a sus pacientes, para así enriquecer la experiencia del paciente, de esta manera se presentan los problemas que actualmente posee el sitio web.



**1.5 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DEL PROBLEMA.**



## **1.6 OBJETIVOS.**

### **1.6.1 Objetivo general.**

Desarrollar un aplicativo móvil para la reserva de citas odontológicas con soporte en el aprendizaje automático.

### **1.6.2 Objetivos específicos.**

- Distinguir aspectos claves relacionados con las funcionalidades de un sistema informático como el propuesto.
- Incorporar requerimientos específicos del Consultorio “Más que Sonrisa” a la funcionalidad del aplicativo.
- Incorporar reglas de recomendación como elementos de aprendizaje automático que den soporte al aplicativo propuesto.
- Evaluar el aplicativo desarrollado con base en el cumplimiento de los requerimientos y la satisfacción percibida por parte del usuario.

## **1.7 JUSTIFICACIÓN.**

La razón por la cual se decidió realizar un sistema automático con aprendizaje enfocado en un método de recomendación basado en el Algoritmo Apriori, que identifica patrones frecuentes en grandes bases de datos, y se utiliza principalmente en minería de datos para descubrir reglas de asociación.

El aplicativo actual se ejecuta en tres sucursales actualmente, progresivamente se está migrando su información física a lo digital conforme el sistema. Aún se manejará cierta información de modo físico a modo de respaldo, como: certificados, historias clínicas y demás serán generados directamente desde la aplicación, esto siempre y cuando el paciente o una autoridad lo solicite.

El aplicativo móvil está basado en el sistema web que fue realizado al mismo consultorio, pero a este se le dejó de pagar el servicio de hosting y dominio por motivo que los dueños del consultorio dejaron de utilizar porque se le dificultaba el manejo. La diferencia entre el sistema web a la aplicación móvil, es que en la aplicación el manejo es más dinámico y menos dificultoso de manipular, porque el sistema está desarrollado en un entorno Android, que es lo más común en tecnología móvil actualmente.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.**

### **2.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIONES RELACIONADOS AL TEMA PRESENTADO.**

Desde hace siglos, la humanidad ha explorado conceptos que hoy asociamos con la inteligencia artificial. Aristóteles (384-322 a.C.) dio un paso fundamental al desarrollar y codificar los silogismos, un sistema para estructurar razonamientos deductivos. Más tarde, Ramon Llull (1235-1316), poeta y místico catalán, creó un dispositivo llamado “Ars Magna”, una serie de ruedas destinadas a responder cualquier pregunta de manera sistemática.

Gottfried Leibniz (1646-1716), según Martin Gardner, soñaba con una "álgebra universal" que permitiera integrar todo conocimiento, incluidas las verdades morales y metafísicas, en un único sistema deductivo. Sin embargo, los avances significativos no llegaron hasta el trabajo de George Boole, quien estableció los cimientos de la lógica proposicional con la intención de estudiar la naturaleza de la mente humana.

Posteriormente, Gottlob Frege desarrolló un sistema de notación para el razonamiento mecánico, sentando las bases del cálculo proposicional o lógica matemática moderna. En 1958, John McCarthy, creador del término "inteligencia artificial", propuso el sistema “Advice Taker”, capaz de recibir instrucciones en lugar de ser programado directamente. Estas ideas influenciaron desarrollos como el sistema QA3 de Cordell Green.

En el siglo XX, lógicos como Kurt Gödel, Stephen Kleene, Emil Post, Alonzo Church y Alan Turing aclararon las posibilidades y límites de los sistemas lógicos y de cálculo. Más recientemente, investigadores como Stephen Cook y Richard Karp identificaron problemas computacionales que, aunque teóricamente resolubles, requerirían cantidades desproporcionadas de tiempo y recursos. Estas limitaciones llevaron a algunos filósofos, como Lucas en 1961 y Penrose en 1994, a argumentar que la inteligencia humana no es completamente mecanizable.

Los estudios de Warren McCulloch y Walter Pitts sobre la relación entre el cálculo y las neuronas biológicas, así como las investigaciones de Frank Rosenblatt sobre perceptrones, contribuyeron al desarrollo de redes neuronales. Además, disciplinas como la cibernética Wiener, 1948, la psicología cognitiva, la lingüística computacional Chomsky, 1965 y la teoría de control adaptable formaron una base intelectual para la IA.

En las décadas de 1960 y 1970, se desarrollaron programas como el “General Problem Solver” Newell, Shaw y Simon, sistemas de álgebra simbólica Slagle, 1963, resolución de analogías Evans, 1968 y control de robots móviles Nilsson, 1984. Más tarde, surgieron los primeros sistemas expertos, como DENDRAL, diseñado para predecir estructuras moleculares Feigenbaum, Buchanan y Lederberg, 1977, seguido por otros como MYCIN Shortliffe, 1976 y configuradores de sistemas computacionales.

En 1997, “Deep Blue”, una máquina de IBM venció al campeón mundial de ajedrez Garry Kasparov, marcando un hito en la IA. Otro avance notable fue el trabajo de Larry Roberts (1963) en programas de análisis de escenas, que dio origen a la visión artificial. Proyectos como CYC (Lenat y colaboradores) también buscaron recopilar e interpretar grandes volúmenes de conocimiento.

Aunque las investigaciones en redes neuronales se enfriaron tras los trabajos de Rosenblatt en los años 50, retomaron fuerza en los 80, y en la actualidad la IA cuenta con diversas aplicaciones en numerosos campos (Ponce Cruz, 2010).

A continuación, se detalla con más claridad los antecedentes sobre la inteligencia artificial:

Siglo XXI: Avances recientes y la era del aprendizaje profundo. En la década de 2010, el desarrollo de algoritmos de aprendizaje profundo marcó un hito significativo en la historia de la inteligencia artificial (IA). Redes neuronales profundas, como las introducidas por Hinton, LeCun y Bengio, lograron avances sin precedentes en tareas como el reconocimiento

de imágenes, el procesamiento del lenguaje natural y los sistemas de recomendación. La disponibilidad de grandes volúmenes de datos (Big Data) y el aumento en la capacidad computacional impulsaron estas innovaciones, lo que ha favorecido el desarrollo de aplicaciones como asistentes virtuales, vehículos autónomos y diagnósticos médicos.

Finales del siglo XX: Algoritmos fundamentales y la IA simbólica. En los años 90, la IA se benefició de técnicas como los modelos de aprendizaje supervisado y no supervisado, así como de la implementación de sistemas expertos que simulaban el razonamiento humano en áreas específicas, como la medicina y la ingeniería. Sin embargo, estos sistemas eran limitados, debido a la incapacidad de adaptarse a problemas fuera de su dominio. En los años 80, se había popularizado el uso de redes neuronales artificiales, pero su adopción masiva fue limitada por restricciones computacionales.

Los años 50 y 60: El nacimiento de la IA moderna. La inteligencia artificial como disciplina se formalizó en 1956 durante la Conferencia de Dartmouth, donde se acuñó el término "inteligencia artificial". Investigadores como McCarthy, Minsky, Shannon y Rochester se propusieron crear máquinas capaces de imitar procesos cognitivos humanos. Durante esta época, también se desarrollaron programas básicos como el Logic Theorist y el General Problem Solver, que establecieron las bases para los algoritmos de búsqueda y resolución de problemas (McCarthy, 2006).

Inicio del siglo XX y desarrollo previo. Antes de la formalización de la IA, las ideas sobre máquinas inteligentes ya existían. En 1936, Alan Turing propuso la máquina de Turing, un modelo teórico que sentó las bases para la computación moderna. En 1950, Turing también planteó el "Test de Turing" como un criterio para determinar si una máquina puede exhibir comportamiento inteligente comparable al humano (Turing, 1950)

Evolución histórica y bases filosóficas. Desde la antigüedad, el ser humano ha especulado sobre la creación de entidades artificiales capaces de razonar. En la Grecia

Clásica, Aristóteles introdujo los principios de la lógica formal, fundamentales para los algoritmos utilizados en la IA moderna. Más adelante, durante el Renacimiento, inventores como Leonardo da Vinci diseñaron autómatas mecánicos que inspiraron futuras innovaciones en robótica.

### **2.1.1 Relación entre la Inteligencia artificial y el Machine Learning.**

Según (Russell & Norvig, 2022), la relación entre la Inteligencia Artificial (IA) y el aprendizaje automático (Machine Learning, ML) es fundamental, ya que este último constituye una subdisciplina esencial dentro de la IA. La IA se define como la capacidad de las máquinas para realizar tareas que típicamente requieren inteligencia humana, como la percepción, el razonamiento, la toma de decisiones y la resolución de problemas. Por su parte, el aprendizaje automático se centra en el desarrollo de algoritmos y modelos que permiten a las máquinas aprender y mejorar automáticamente a partir de datos, sin necesidad de ser programadas explícitamente para cada tarea.

En términos simples, el aprendizaje automático dota a la IA de las herramientas necesarias para adaptarse y evolucionar a medida que procesa más información. Esto permite a los sistemas de IA abordar problemas complejos y no estructurados, como el reconocimiento de voz, la clasificación de imágenes o la predicción de comportamientos. La relación puede compararse con la de un arquitecto (IA) y sus herramientas especializadas (ML); mientras que la IA define la visión y el propósito general, el ML proporciona los métodos prácticos para lograrlo.

Uno de los aspectos clave de esta relación es que los avances en el aprendizaje automático han impulsado significativamente el desarrollo y aplicación de la IA. Por ejemplo, los algoritmos de aprendizaje profundo, una rama del aprendizaje automático que emplea redes neuronales artificiales, han permitido avances notables en áreas como el procesamiento del lenguaje natural y la visión por computadora.

Así mismo, aunque la IA abarca métodos y técnicas que van más allá del aprendizaje automático como la lógica difusa y los sistemas basados en reglas, el ML es crucial en el contexto actual debido a la creciente disponibilidad de grandes volúmenes de datos y poder computacional. Este enfoque basado en datos permite a los sistemas de IA no solo imitar comportamientos humanos, sino también identificar patrones complejos y tomar decisiones autónomas con un nivel de precisión antes inalcanzable.

### **2.1.2 Relación clave entre ML e IA.**

Según (IBM, 2021), la inteligencia artificial busca crear sistemas capaces de razonar, resolver problemas, comprender lenguaje, ver, moverse, entre otras cosas. El Machine Learning es una forma de lograr esas capacidades, enseñando a las máquinas a aprender de los datos en lugar de programarlas manualmente.

### **2.1.3 Machine Learning permite que la IA mejore con el tiempo.**

Gracias al aprendizaje automático, los sistemas de IA no solo funcionan, sino que aprenden y se adaptan a medida que reciben nueva información. Por ejemplo, un asistente virtual como Siri o Alexa mejora sus respuestas con el tiempo gracias al ML (Davenport, 2023).

#### **Ejemplos prácticos de esta relación:**

- Un coche autónomo (IA) utiliza ML para reconocer señales de tráfico y peatones.
- Un sistema de detección de fraudes (IA) se apoya en ML para analizar transacciones sospechosas y detectar patrones anómalos.
- Podemos determinar que, el Machine Learning es una técnica dentro de la IA que le da a las máquinas la capacidad de aprender, lo que hace que muchas de las aplicaciones modernas de IA sean posible.

#### **2.1.4 Métodos y técnicas.**

El aprendizaje automático incluye varios métodos y enfoques, como los siguientes:

**Aprendizaje supervisado:** En este caso, se entrenan modelos utilizando un conjunto de datos etiquetados, lo que significa que los datos incluyen tanto las entradas como las salidas esperadas. Por ejemplo, para predecir el valor de una vivienda, el modelo puede entrenarse con información histórica como tamaño, ubicación y precio.

**Aprendizaje no supervisado:** Aquí, los datos no tienen etiquetas, y el modelo debe identificar patrones o estructuras ocultas. Ejemplos comunes son los algoritmos de agrupamiento, como k-means, que se utilizan para segmentar mercados o clasificar clientes.

**Aprendizaje por refuerzo:** Este enfoque implica que un agente tome decisiones secuenciales en un entorno dinámico, al tiempo de maximizar una recompensa a lo largo del tiempo. Es ampliamente utilizado en juegos y robótica.

Por su parte, la IA utiliza técnicas que no necesariamente implican aprendizaje automático. Por ejemplo, los sistemas basados en reglas o la lógica difusa también forman parte de la IA, aunque no dependen de datos masivos para su funcionamiento.

Ejemplos de plataformas que hayan implementado un sistema de recomendación.

**Netflix:** Este servicio de streaming utiliza un sistema de recomendación altamente sofisticado basado en aprendizaje automático para personalizar sugerencias de películas y series. El sistema analiza el historial de visualización de los usuarios, sus calificaciones y patrones de consumo.

Según indica Sayid, 2023 que, gracias a estas recomendaciones personalizadas, Netflix reportó en 2021 un aumento anual de ingresos de mil millones de dólares atribuible a su sistema de recomendación. Además, emplea modelos híbridos que combinan técnicas de filtrado colaborativo y análisis de contenido para mejorar la precisión y adaptabilidad de las sugerencias.

**Amazon:** La plataforma de comercio electrónico utiliza sistemas de recomendación para sugerir productos basados en compras anteriores, historial de navegación y valoraciones de los usuarios.

De acuerdo Sayid, 2023 el sistema, que también emplea técnicas híbridas, ha contribuido a un aumento significativo en las ventas, lo que representa aproximadamente el 35% del total de estas. Amazon combina modelos de aprendizaje profundo con algoritmos clásicos para mejorar la experiencia del usuario y anticipar sus necesidades.

**Spotify:** Este servicio de streaming de música personaliza listas de reproducción y sugiere canciones o artistas, lo cual se logra con empleo de un enfoque híbrido que incluye filtrado colaborativo y análisis de contenido. Spotify analiza patrones de escucha y datos contextuales, como el momento del día, para ofrecer recomendaciones precisas. Esto permite a los usuarios descubrir música nueva que se alinea con sus preferencias.

**YouTube:** La plataforma de videos emplea sistemas de recomendación basados en el análisis de datos del comportamiento del usuario, como el tiempo de visualización, los clics y las interacciones. Su algoritmo combina técnicas de filtrado colaborativo y redes neuronales profundas para priorizar videos relevantes en la página de inicio y las recomendaciones automáticas.

### **2.1.5 Cómo se relaciona el ML con la IA en la aplicación móvil.**

En una aplicación móvil para un consultorio odontológico, la IA es el gran sistema inteligente que interactúa con los pacientes, mientras que el ML es el “cerebro” que aprende y mejora con los datos.

Aplicaciones específicas del ML en la IA para la aplicación móvil:

**Tabla 1:** Aplicaciones específicas del ML en la IA.

| <b>Función en la aplicación</b>          | <b>¿Cómo actúa el ML dentro de la IA?</b>                                                                           | <b>Ejemplo</b>                                                                                  |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Recordatorios inteligentes</b>        | El sistema aprende los hábitos del paciente, como cancelaciones o retrasos, y ajusta automáticamente recordatorios. | "Sabemos que usualmente falta los lunes, ¿desea cambiar su cita?"                               |
| <b>Diagnóstico preliminar por imagen</b> | Con el uso de visión por computadora, el ML puede analizar fotos de dientes o radiografías subidas a la aplicación. | Detectar caries, inflamaciones o posición incorrecta de piezas dentales.                        |
| <b>Recomendación de tratamientos</b>     | A partir del historial clínico y síntomas reportados, el sistema sugiere opciones de tratamiento.                   | Basado en tus síntomas y tratamientos anteriores, podríamos recomendarte una limpieza profunda. |
| <b>Chatbot odontológico</b>              | Utiliza procesamiento del lenguaje natural para responder preguntas comunes sobre síntomas, cuidados y citas.       | "¿Qué hago si me duele una muela después de una extracción?"                                    |
| <b>Predicción de citas futuras</b>       | ML predice cuándo es más probable que el paciente necesite volver, basado en su historial.                          | "Te recomendamos agendar tu próxima limpieza dentro de 3 meses."                                |
| <b>Clasificación de urgencias</b>        | ML analiza síntomas y prioriza citas según gravedad.                                                                | Un reporte de "dolor agudo + inflamación" se clasifica como urgente automáticamente.            |

### **2.1.6 ¿Qué herramientas de ML podrían usarse en esta aplicación?**

- TensorFlow Lite o Core ML: para modelos ML en dispositivos móviles.
- Firebase ML Kit: para visión por computadora, reconocimiento de texto e incluso detección de emociones.
- Scikit-learn / PyTorch (en backend): para modelos entrenados que luego se exportan a la aplicación.

## **2.2 DEFINICIONES CONCEPTUALES.**

### **2.2.1 Análisis de Conjuntos.**

El análisis conjunto, conocido también como Conjoint Analysis, es una técnica utilizada para comprender cómo los consumidores eligen entre varias opciones. Este método desglosa un producto o servicio en sus partes, los atributos y sus niveles, y evalúa la utilidad de cada una. Posteriormente, combina estos elementos de diversas formas para identificar las preferencias de los consumidores (Kuhn, 2025).

Esta técnica es útil para conocer las preferencias del público respecto a nuevos productos o servicios, ajustarlos para aumentar su éxito, medir la sensibilidad al precio y predecir su comportamiento en el mercado. Además, permite identificar y cuantificar los atributos y categorías más valorados por los consumidores.

De acuerdo con (Montero, s. f.) el análisis conjunto estudia situaciones de elección múltiple, divide un producto o servicio en atributos y niveles y analiza las utilidades parciales de cada uno; después, se realizan diferentes combinaciones de estos para identificar las preferencias del consumidor, al tiempo de establecer qué atributos y niveles son los más valorados.

Para el caso de la aplicación móvil de reserva de citas médicas odontológicas propuesta, el análisis de conjunto se aplica en la selección del servicio donde el paciente en la plataforma elige el proceso que realizará en el consultorio y el sistema automáticamente le recomienda que proceso odontológico puede realizarse (Montero, s. f.).

Los principales elementos de un análisis conjunto son:

- **Atributos:** características de un producto o servicio sobre las que se basará la elección.
- **Niveles:** valores que puede tomar cada atributo. El número de niveles no tiene por qué ser igual en todos los atributos, pero es conveniente que sea similar para facilitar la elección del entrevistado.
- **Diseño experimental:** proceso estadístico por el que se confeccionan las opciones de las preguntas de la encuesta, y que realiza el investigador.
- **Utilidades parciales:** valoración numérica que representa el grado de preferencia por cada nivel de atributo. Se hace en referencia a las otras opciones. También se conocen como “partworth utilities”, “niveles de preferencia”, “niveles relativos de preferencias” o “valoraciones relativas”.
- **Importancia:** valores numéricos que indican la preferencia por cada atributo.
- **Perfil:** combinación concreta de niveles de los atributos de un producto o servicio. También se denomina alternativa.
- **Escenarios:** conjunto de perfiles entre los que el entrevistado tiene que señalar sus preferencias.
- **Pregunta:** conjunto de opciones, normalmente entre 8 y 12.
- **Probabilidad de elección:** probabilidad de tomar una decisión determinada en función de las utilidades parciales.



- **Modelo de comportamiento:** modelo de decisión que se infiere a partir de las probabilidades de elección, después del análisis de las preferencias (utilidades parciales) de los entrevistados.
- **Análisis:** estimación de las utilidades parciales.
- **Valoración:** impacto del nuevo producto o servicio, basado en el modelo de comportamiento que se haya establecido.

### **2.2.2 Tipos de análisis conjunto.**

#### **El análisis conjunto adaptativo o adaptative conjoint analysis (ACA).**

La recolección de datos se realiza en dos etapas: inicialmente, el encuestado señala la relevancia de cada atributo; posteriormente, asigna utilidades a un conjunto limitado de perfiles. Este enfoque sistemático presenta los atributos en secciones que se ajustan a las respuestas del encuestado, lo que reporta las utilidades parciales. Aunque es un proceso complejo y requiere software especializado, permite gestionar una gran cantidad de atributos y niveles (zinklarwebsite, 2022).

### **2.2.3 Algoritmo Apriori.**

El algoritmo Apriori es muy utilizado en la minería de reglas de asociación. Se fundamenta en el principio de "Clausura descendente del soporte de ítemsets", que indica que el soporte de cualquier subconjunto de un ítemset es igual o mayor que el soporte del ítemset completo. En otras palabras, si un ítemset es frecuente, todos sus subconjuntos también lo serán, y si un ítemset no es frecuente, ninguno de sus subconjuntos lo será. Un ítemset se considera frecuente si cumple con un soporte mínimo previamente establecido. Además, Apriori asume que los ítems en cualquier transacción están ordenados lexicográficamente para generar correctamente los k-ítemsets candidatos (Williams, 2024).

### **Funcionamiento del algoritmo Apriori.**

- **Generación de candidatos:** Genera conjuntos candidatos de tamaño  $K$  a partir de los frecuentes de tamaño  $K - 1$
- **Poda:** Descarta candidatos cuyos subconjuntos no sean frecuentes (por la propiedad antimonótona).
- **Conteo de soporte:** Escanea la base de datos para contar el soporte de los candidatos.
- **Filtrado:** Conserva solo los candidatos frecuentes.
- **Repetición:** Se repite el proceso para  $k + 1$  hasta que no haya más candidatos frecuentes.

Aunque no es un término técnico exacto en Apriori, algunas personas pueden decir "soporte de confianza" refiriéndose incorrectamente a la combinación o relación entre ambos valores.

#### **2.2.4 Aplicaciones del algoritmo Apriori.**

El algoritmo Apriori es una técnica clave en la minería de datos utilizada para identificar conjuntos de elementos frecuentes y generar reglas de asociación en grandes conjuntos de datos. Sus aplicaciones incluyen el análisis de la cesta de la compra, la minería de uso web, la bioinformática, la detección de fraudes y la atención médica. En estos campos, ayuda a optimizar estrategias y descubrir patrones ocultos en los datos (Manzano Diaz, 2021).

De acuerdo con (Manzano ) el algoritmo Apriori es ampliamente utilizado en diversos sectores, como el análisis de compras, minería web, bioinformática, detección de fraudes y atención médica, lo cual ayuda a detectar patrones y a optimizar estrategias a través de la generación de reglas de asociación.

#### **2.2.5 Entorno de programación del Algoritmo A priori.**

El algoritmo Apriori se puede implementar en varios lenguajes de programación. Algunos de los más comunes incluyen.

- **Python:** Muy popular debido a sus bibliotecas como mlxtend y apyori.

- **R:** Utilizado frecuentemente en análisis de datos y estadística, con paquetes como arules.
- **Java:** Con bibliotecas como Weka que soportan el algoritmo Apriori.
- **C++:** Ofrece una implementación eficiente para grandes conjuntos de datos.
- **MATLAB:** Utilizado en entornos académicos y de investigación.
- **SQL:** Para bases de datos relacionales, se pueden escribir consultas para implementar Apriori.

## **2.3 REGLAS DE ASOCIACIÓN PARA SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN AUTOMÁTICA.**

### **2.3.1 Reglas de asociación.**

La minería de reglas de asociación es una técnica utilizada para identificar relaciones ocultas entre variables en grandes volúmenes de datos. Es muy popular en la minería de datos y el aprendizaje automático, con aplicaciones en el análisis de cestas de mercado, la segmentación de clientes y la detección de fraudes. Este artículo examina su aplicación en Python, abarcando casos de uso, algoritmos e implementación, y finaliza con un resumen de los puntos más importantes tratados (*IBM SPSS Modeler Subscription*, 2021f).

De acuerdo con (Otero, 2019) los algoritmos de reglas de asociación tienen la ventaja de poder encontrar asociaciones entre cualquier atributo, a diferencia de los algoritmos de árboles de decisión que generan reglas con una única conclusión. Sin embargo, los algoritmos de asociación pueden requerir más tiempo de ejecución debido a la amplitud del espacio de búsqueda. Utilizan un método de generación y comprobación para buscar reglas, que en principio valida reglas sencillas y las especializa posteriormente. Este proceso iterativo almacena las mejores reglas encontradas, y se aplican técnicas para reducir el espacio de búsqueda.

### 2.3.2 Algoritmo de reglas de asociación.

Los algoritmos de reglas de asociación se basan en identificar relaciones significativas entre variables en grandes conjuntos de datos. Estas relaciones se expresan en forma de reglas "si-entonces" (if-then), que indican la probabilidad de que ciertos elementos ocurran juntos. Se permiten dos tipos de reglas de algoritmos o nodos de asociación.

- El nodo Apriori identifica y resalta las reglas más informativas a partir de los datos. Proporciona cinco métodos distintos para seleccionar reglas y emplea un esquema de indización eficiente para manejar grandes volúmenes de datos. En situaciones de gran escala, se entrena rápidamente, sin un límite arbitrario en el número de reglas, y puede gestionar hasta 32 precondiciones. Es necesario que todos los campos sean categóricos para optimizar su rendimiento (IBM, 2021).
- El nodo Secuencia detecta reglas de asociación en datos ordenados temporalmente, identificando patrones predecibles en la secuencia de eventos. Emplea el algoritmo CARMA, que utiliza un enfoque de dos pasos para encontrar estas secuencias. Por ejemplo, si un cliente compra una cuchilla y una loción para después del afeitado, es probable que en su próxima compra adquiera crema para afeitar (IBM, 2021).

### 2.3.3 Métricas de la Regla de Asociación.

El algoritmo Apriori es un método clásico de minería de datos que se utiliza para encontrar conjuntos frecuentes de ítems y reglas de asociación en una base de datos transaccional. Su fundamento es la propiedad antimonótona o propiedad de descenso (Rodrigo, 2018). Las principales métricas del algoritmo Apriori maneja tres modelos transaccionales, los cuales son los siguientes:

- **Soporte (Support):** Indica la frecuencia con la que un conjunto de ítems aparece en las transacciones.
- **Confianza (Confidence):** Mide la probabilidad condicional de que ocurra **Y** dado que ocurrió **X**.
- **Elevación o Interés (Lift):** Evalúa qué tan dependientes son **X** y **Y**.

### Modelo Formal del Algoritmo Apriori.

El modelo Apriori trabaja principalmente con 3 métricas básicas (Soporte, Confianza y Lift), aunque en versiones más avanzadas se emplean métricas adicionales dependiendo del objetivo del análisis, para este caso en particular que se está trabajando con agendamiento de citas odontológicas se incorporaron dos modelos de A priori, los más importante los cuales son: Soporte de Confianza e Iterés.

En la siguiente tabla mostramos el modelo formal del algoritmo Apriori

*Tabla 13: Modelo Formal del Algoritmo Apriori.*

|                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$ : Conjunto de todos los ítems.                                 |
| $I = \{T_1, T_2, \dots, T_m\}$ : Base de datos de transacciones, donde cada $T_i \subseteq I$ |
| $X \subseteq I$ Conjunto de ítems (o ítemset).                                                |

### Soporte de interés o Lift.

El Lift compara la confianza de una regla con el soporte esperado si los ítems fuesen independientes. Este soporte mide la fuerza de una regla de asociación comparando la ocurrencia conjunta de ítems con su ocurrencia esperada si fueran independientes, indicando dependencia positiva o negativa.

### Fórmula.

$$\text{Interés } (X \rightarrow Y) = \frac{\text{Confianza } (X \rightarrow Y)}{\text{Soporte } (X)}$$

O equivalentemente:

$$\text{Confianza } (X \rightarrow Y) = \frac{\text{Soporte } (X \cup Y)}{\text{Soporte } (X) \times \text{Soporte } (Y)}$$

Como se interpretaría esto:

| Interpretación o Lift | Interpretación.                                                                  |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| =1                    | X e Y son independientes (no hay interés real entre ellos).                      |
| >1                    | X e Y están positivamente correlacionados (hay interés).                         |
| <1                    | X e Y están negativamente correlacionados (uno reduce la probabilidad del otro). |

**Soporte de Confianza.**

La confianza (confidence) mide cuán probable es que un ítem Y también esté presente en una transacción, dado que ya contiene X (Rodrigo, 2018). En otras palabras, mide la fuerza de la regla.

Para una regla de asociación  $X \rightarrow Y$ , donde  $X, Y \subseteq I$  y  $X \cap Y = \emptyset$ , confianza se define como:

$$\text{Confianza } (X \rightarrow Y) = \frac{\text{Soporte } (X \cup Y)}{\text{Soporte } (X)}$$

**Ejemplo Aplicado.**

Supongamos que, en una clínica dental, 4 pacientes tuvieron "Limpieza", y 3 de ellos también hicieron "Revisión". Entonces:

$$\text{Confianza } (\text{Limpieza} \rightarrow \text{Revisión}) = \frac{3}{4} = 0.75$$

Si la confianza es alta (ej.  $\geq 0.7$ ), se considera una regla fuerte: es muy probable que quienes solicitan "Limpieza" también pidan "Revisión".

**2.3.4 Integración del Modelo o algoritmo a la aplicación.**

La integración de la API con el algoritmo Apriori se realiza mediante un gestor de contenido headless (CMS) de código abierto Strapi. El funcionamiento del gestor está diseñado como un headless CMS que permite crear, tramitar y exponer datos a través de APIs REST o GraphQL. Se utiliza para estructurar y administrar información de manera flexible, separando el backend de la capa de presentación. Con Strapi, los desarrolladores pueden definir modelos de datos, controlar permisos de usuarios y extender funcionalidades mediante plugins o personalización de código. Su arquitectura facilita la integración con frontend modernos como React, Vue o Angular, y con bases de datos relacionales o NoSQL, ofreciendo rapidez, escalabilidad y personalización.

Strapi es ideal para gestionar datos activos en tiempo real, como por ejemplo: la reserva de citas médicas. El algoritmo Apriori no está implementado directamente en Strapi, pero tiene una integración directa con Strapi, usando un módulo de Node.js para Apriori. Muy aparte se trabaja con microservicios externo, y es aquí donde se entrena la aplicación de Apriori en Python/R luego consumir sus resultados desde Strapi vía API. Para instalación de

dependencias Strapi se utilizan librerías que implementa Apriori y para los microservicios utilizan endpoint (Ruta de acceso del servidor).

Para finalizar de esta manera es como se lleva a cabo la integración de Apriori con la API, como es su gestión o modo transaccionar de datos, como se comunica y como es entrenada con la base de datos que se está trabajando.

## **2.4 CRISP-DM COMO CICLO DE VIDA DE LA MINERÍA DE DATOS.**

CRISP-DM, es un método probado para orientar sus trabajos de minería de datos. Como metodología, incluye descripciones de las fases normales de un proyecto, las tareas necesarias en cada fase y una explicación de las relaciones entre las tareas. Como modelo de proceso, CRISP-DM ofrece un resumen del ciclo vital de minería de datos.

### **2.4.1 Objetivos de negocio.**

Como primer punto se debe entender el propósito del proyecto y las necesidades del negocio para asegurarse de que el desarrollo del aplicativo esté alineado con los objetivos estratégicos. En el contexto de la reserva de citas odontológicas, algunos aspectos clave son:

- **Objetivo del negocio:** Mejorar la eficiencia en la gestión de citas odontológicas, reducir cancelaciones de última hora, optimizar la disponibilidad de los profesionales.
- **Objetivo del negocio:** Ofrecer recomendaciones personalizadas para los pacientes con base en algoritmos de Machine Learning.
- **Requisitos del sistema:** Definir funcionalidades como la programación de citas, la cancelación de citas, las recomendaciones automatizadas basadas en el historial de los pacientes, y la predicción de la demanda de citas.
- **Evaluación de recursos:** Determinar qué datos se necesitan (por ejemplo, historial de citas, perfil del paciente, disponibilidad de los odontólogos, etc.), y los recursos tecnológicos requeridos (servidores, base de datos, etc.).

### **2.4.2 Objetivos de minería de datos.**

Para (IBM, 2022) la minería de datos representa una técnica novedosa para extraer información útil a partir del análisis de los datos almacenados en las bases de datos empresariales. Esta información resulta clave para apoyar una toma de decisiones más efectiva dentro de la organización. En términos generales, se trata de una estrategia moderna que permite aprovechar los datos ya disponibles en la empresa con el propósito de, por ejemplo, perfeccionar procesos, aumentar la rentabilidad de las inversiones o hacer un uso más eficiente de los recursos.

#### **Mejorar la atención al paciente.**

- Identificar patrones en el comportamiento de los pacientes como puede ser: asistencia, cancelaciones, satisfacción.
- Personalizar recomendaciones y recordatorios como: limpiezas periódicas, controles.

#### **Optimizar la gestión del consultorio.**

- Analizar la eficiencia en la asignación de citas.
- Predecir horarios de alta demanda para mejorar la disponibilidad.
- Evaluar el desempeño de los odontólogos: basado en tiempos de atención, satisfacción del paciente, etc.

#### **Fidelización y retención de pacientes.**

- Identificar causas comunes de abandono del consultorio.
- Detectar pacientes en riesgo de no volver y aplicar campañas personalizadas entre eso: descuentos, mensajes recordatorios.

#### **Detección de tratamientos más frecuentes y rentables.**

- Analizar qué tratamientos son más solicitados según edad, género o temporada.
- Evaluar la rentabilidad de cada servicio y proponer mejoras

**Predicción de necesidades futuras.**

- Anticipar necesidades de stock como puede ser: materiales dentales, insumos.
- Prever crecimiento de la base de pacientes.

**Análisis financiero.**

- Identificar patrones de pagos, retrasos o morosidad.
- Relacionar servicios ofrecidos con ingresos generados.

**Comprensión de Datos.**

Una vez establecidos los objetivos, se debe entender los datos disponibles y su relevancia para el modelo de aprendizaje automático. En esta fase, se analizan los datos de citas previas, preferencias de los pacientes, horarios de los odontólogos, entre otros (*IBM SPSS Modeler Subscription*, 2021a).

- **Datos relevantes:** Identificar los tipos de datos necesarios (por ejemplo, datos demográficos de los pacientes, datos de citas anteriores, tiempos promedio de atención, etc.).
- **Evaluación de la calidad de los datos:** Determinar la precisión, completitud y consistencia de los datos disponibles.
- **Exploración de patrones:** Analizar patrones de comportamiento de los pacientes, como horas y días más solicitados para citas, tendencias de cancelaciones, entre otros.

**2.4.4 Preparación de Datos.**

(*IBM SPSS Modeler Subscription*, 2021b) indica que esta fase implica la transformación y limpieza de los datos para hacerlos adecuados para el análisis y el modelado, como lo es:



- **Limpieza de datos:** Eliminación de duplicados, corrección de errores en los registros (por ejemplo, citas mal registradas, errores en los horarios).
- **Integración de datos:** Reunir diferentes fuentes de datos que puedan provenir de sistemas existentes (base de datos de pacientes, historial de citas, etc.).
- **Transformación de datos:** Normalización de los datos (por ejemplo, convertir las fechas de las citas en un formato estándar), y creación de variables adicionales (por ejemplo, tiempo entre citas, probabilidad de cancelación según comportamiento previo).
- **División de los datos:** Separación en conjuntos de datos de entrenamiento y prueba para validar el modelo.

#### **2.4.5 Modelado.**

Por otra parte, se seleccionan los algoritmos y técnicas de aprendizaje automático para entrenar el modelo que permitirá hacer predicciones sobre la reserva de citas odontológicas (*IBM SPSS Modeler Subscription*, 2021c).

- **Selección del modelo:** Se pueden usar diferentes técnicas, como regresión logística, árboles de decisión, redes neuronales, o modelos de clasificación, en función de los objetivos específicos. Por ejemplo, un modelo de predicción de cancelación de citas o un sistema de recomendación para sugerir citas a pacientes según su historial.
- **Entrenamiento del modelo:** Utilizar el conjunto de datos de entrenamiento para enseñar al modelo a reconocer patrones en los datos (como los horarios más solicitados o el comportamiento de cancelaciones).
- **Ajuste de parámetros:** Refinar el modelo ajustando hiper-parámetros para mejorar su desempeño y precisión.

#### 2.4.6 Evaluación.

Después de entrenar el modelo, se evalúa su rendimiento para asegurarse de que cumple con los objetivos del negocio (*IBM SPSS Modeler Subscription*, 2021d).

- **Validación del modelo:** Evaluar la precisión, recall, F1-score, o cualquier otra métrica relevante para el tipo de modelo (por ejemplo, precisión en la predicción de citas o la tasa de cancelación).
- **Pruebas de robustez:** Probar el modelo en diferentes escenarios y con datos no vistos para comprobar su capacidad de generalización.
- **Comparación de modelos:** Si se usaron múltiples modelos, comparar sus desempeños y elegir el mejor para el caso.

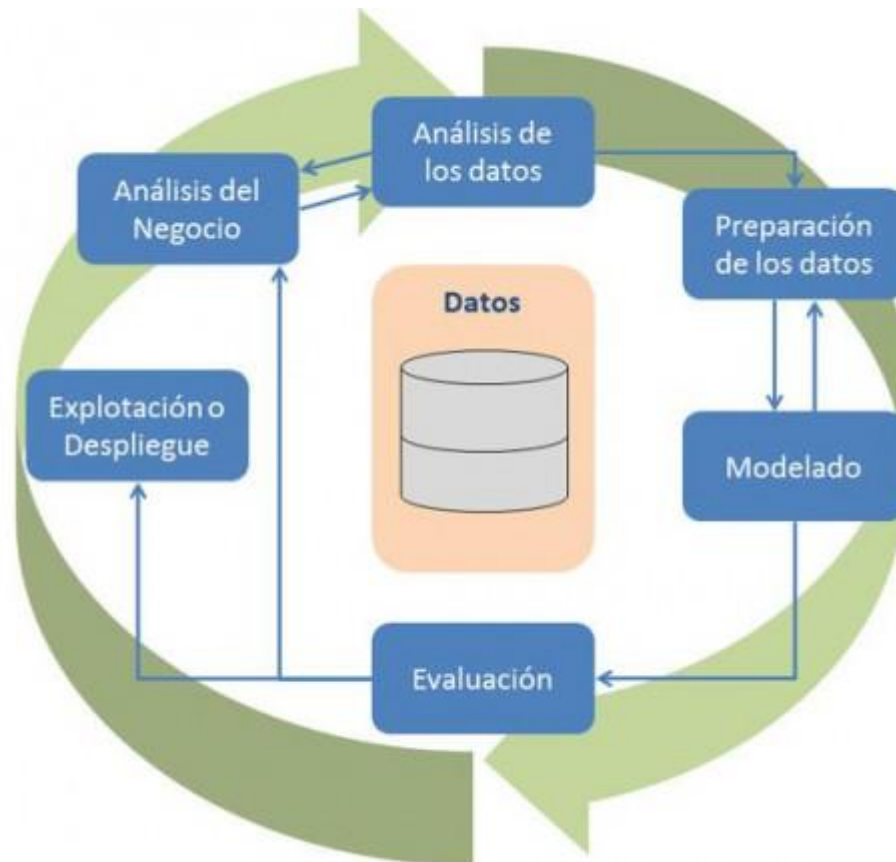
#### 2.4.7 Implementación.

Como último punto, el modelo se integra al sistema de la aplicación móvil para la reserva de citas odontológicas y se pone en producción (*IBM SPSS Modeler Subscription*, 2021e).

- **Despliegue del modelo:** Integrar el modelo entrenado en la infraestructura del aplicativo móvil, lo que puede implicar la creación de una API o servicio web que haga uso del modelo.
- **Interfaz de usuario:** Implementar las recomendaciones personalizadas de citas o la predicción de cancelaciones en la interfaz de la aplicación, de modo que los usuarios finales (pacientes y odontólogos) puedan interactuar con el sistema de forma fluida.
- **Monitoreo del modelo:** Supervisar el rendimiento del modelo en producción, asegurándose de que resulte preciso con el tiempo y adaptándose a nuevos datos o cambios en el comportamiento de los usuarios.



- **Actualización y mantenimiento:** A medida que se recopilan nuevos datos (por ejemplo, nuevos patrones de citas), el modelo puede ser actualizado periódicamente para mejorar su precisión.



**Ilustración 1:** Modelación de la Minería de Datos

**Nota:** (Proceso del Data Mining, s. f.) Proceso del Data Mining:

<https://www.ceupe.com/blog/proceso-del-data-mining.html>

### **CAPÍTULO III: MARCO INVESTIGATIVO.**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN.**

En el siguiente capítulo se encontrará apartados de cómo se desarrolló el marco investigativo de la propuesta de proyecto de titulación. A continuación, se mencionará puntos a trabajar: **Tipo de investigación**, está muy indispensable en cualquier tipo de investigación superior, porque es aquí de donde parte lo que se va a lograr y hasta donde se llegará con el proyecto a trabajar. La **Metodología** que se aplicó para alcanzar el objetivo propuesto es la cascada que consiste en completar cada fase del proyecto antes de proseguir con la siguiente fase, existen un sinnúmero de metodologías, pero en este caso hemos escogido una en particular misma cual se acopla muy a lo propuesto en el proyecto. Los **métodos de investigación** cumplen un papel importante porque asegura la precisión, objetividad y confiabilidad en el estudio de fenómenos.

Por otra parte, en cuanto a lo que corresponden a la fuente de información, se adquieren datos primarios como secundarios. Donde la fuente primaria contiene información directa y sin modificaciones mientras que la fuente secundaria corresponde a análisis o resúmenes de fuentes primarias. De esta manera está conformado el capítulo, donde se detallan punto claves del desarrollo del proyecto de investigación.

### **3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

#### **3.2.1 Investigación Evaluativa.**

De acuerdo con (Henao Delgado & Villegas Villegas, 2020) la investigación evaluativa tiene el objetivo de identificar el estudio en lugar de un método en específico, es decir va a tomar los recursos para obtener resultados y desde ese punto tomar decisiones en base a la vida real. En el caso que se trabajó se toman recursos de un proyecto ya realizado, el cual la base de datos, donde se estudió el mismo para el buen desarrollo y uso del aplicativo móvil, de esta manera para entrenar el algoritmo que se utilizará. El objetivo de usar este tipo de investigación es con la finalidad reutilizar recurso para el adecuado funcionamiento ante el usuario final (Pacientes) y que este lo lleve a la toma de buenas decisiones.

#### **3.2.2 Metodología Cascada.**

Según (Safety Culture, 2023) el modelo de desarrollo en “cascada” hace referencia a un enfoque secuencial, donde cada etapa del proyecto fluye hacia la siguiente de manera descendente, donde este método requiere una planificación minuciosa desde el inicio, seguida por las fases de ejecución, pruebas y mantenimiento. Este enfoque es valorado por su organización estructurada y su capacidad para ofrecer una planificación y estimación de costos precisos, lo que resulta útil para gestionar el proyecto de forma predecible y controlada.

#### **3.2.3 Metodología Aplicada.**

Se ha optado por utilizar la metodología cascada en el desarrollo del aplicativo móvil, para cumplir con un enfoque de desarrollo en el que la aplicación se construye de manera secuencial, completando cada fase antes de pasar a la siguiente. Es decir, esto permite avanzar ordenadamente, asegurando que todos los aspectos estén bien definidos y validados antes de comenzar con la codificación.

### **3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.**

Los métodos de investigación son fundamentales en todas las áreas del conocimiento, pues aseguran datos fiables y exactos sobre los fenómenos analizados (Otero et al., 2019).

#### **3.3.1 Método Lógico Inductivo.**

El motivo por el cual se opta por trabajar de la mano del método inductivo es porque abarca un proceso de razonamiento para llegar a una conclusión y a partir de casos en específicos ya observados y llegar así a una conclusión general. El método se caracteriza por su observación empírica, flexibilidad y por su tentativa. Es indispensable tener en cuenta que mediante el método inductivo puede conllevar revisiones u observaciones en dichos experimentos (Narvaez, 2024).

### **3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN DE DATOS.**

En el presente punto se tiene dos tipos de fuentes de información de datos las cuales son primaria y secundaria, donde la fuente primaria proporciona una información original o directa y la secundaria favorece el análisis o resúmenes de las fuentes primarias.

#### **3.4.1 Fuentes Primarias.**

Consultorio médico “Más que sonrisas”

#### **3.4.2 Fuentes secundarias.**

Artículos, Libros y Tesis referenciados en esta guía.

### **3.5 ESTRATEGIA OPERACIONAL PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **Doctor.**

El doctor o administrativo del consultorio es quien lleva el control y manipulación de datos e información de sus pacientes. Este no costa con un asistente administrativo para que le ayude con la gestión de datos del paciente.

Por tanto, el doctor es quien conoce perfectamente el historial médico de cada uno de sus pacientes, en tal caso si este desea un colaborador que ejerza este puesto de asistente

administrativo va a tener que estudiar muy bien el historial médico de cada uno de los pacientes del consultorio para llevar a cabo este cargo.

### **Paciente.**

Los pacientes del consultorio médico “Mas que Sonrisas” son unas de las fuentes fundamentales y principales de información para el desarrollo del historial médico con la que actualmente consta el consultorio. Los consultorios particulares, clínicas en general y hospitales públicos son una gran fuente de información de datos.

## **3.6 ANÁLISIS DE HERRAMIENTAS.**

### **3.6.1 Machine Learning.**

**Objetivo:** En odontología, ML puede analizar grandes cantidades de datos de pacientes, incluidas radiografías, registros dentales y resultados del tratamiento, para ayudar a los dentistas a realizar diagnósticos y planes de tratamiento más precisos.

### **3.6.1 Patient Prism**

**Objetivo:** Podemos determinar que la IA de Patient Prism están catalizando una transformación y ofrece herramientas que profundizan en los datos de los pacientes para obtener información procesable. Al analizar las interacciones, preferencias y respuestas de los pacientes en tiempo real, el software permite a los proveedores de atención médica tomar decisiones informadas, optimizar las operaciones y mejorar los resultados de los pacientes.

## **CAPÍTULO IV: MARCO PROPOSITIVO.**

### **4.1 INTRODUCCIÓN.**

El presente capítulo es la penúltima sección del proyecto de investigación, está desarrollado por diferentes etapas que tiene como objetivo brindar una aplicación móvil con soporte en el aprendizaje automático, a beneficio de los usuarios pacientes del consultorio odontológico.

La relevancia de la aplicación a nuestro usuario colaborador, como caso de prueba, consultorio “Más que sonrisa”, es para obtener significativamente más salida al público y de la forma aumentar la generación de ingresos económicos al consultorio. La aplicación tiene como finalidad gestionar citas odontológicas, con un soporte en aprendizaje de máquina, expresado mediante sistemas de recomendación respecto de los procesos que debe realizarse un paciente, esto de acuerdo con su historial médico. La recomendación está basada en el algoritmo Apriori con la que se desarrolló la aplicación.

El documento este compuesto por diferentes secciones, descripción de la propuesta, la gestión de información de la aplicación, la determinación de los recursos, recursos humanos, recursos tecnológicos, recursos económicos y las etapas en acción.

## **4.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.**

La propuesta planteada tiene como objetivo principal, facilitar las reservas de citas médicas a los pacientes para su respectivo control odontológico por medio de un aplicativo móvil en cual encontraran todos los servicios y tratamientos que ofrece el consultorio “Mas que Sonrisas”.

Dicha propuesta se fundamentó en el uso de un aplicativo funcional que incorpora reglas de recomendación como elementos de aprendizaje automático de proporciona soporte al aplicativo móvil. El aplicativo incorpora una interfaz agradable con facilidad de manejo y libre acceso, para asegurar el cumplimiento de los requerimientos y la satisfacción percibida por parte del usuario.

Este aplicativo cumplirá con la funcionalidad de poder reservar citas médicas para cualquier tipo de tratamiento odontológico donde el usuario deberá registrarse con nombres y apellidos, numero de cedula, celular y una contraseña, con lo que es posible reservar cualquiera de los servicios que ofrece el consultorio como lo es: diseño de sonrisa, blanqueamiento dental, limpieza dental, ortodoncia, extracción de dientes o muelas, entre

otros. Por otro punto, dentro de este aplicativo también se generan recomendaciones de los tratamientos que se realizan más seguidos dentro del consultorio, como también informes o redacciones realizadas por el odontólogo donde explicará el objetivo de cada tratamiento.

### 4.3 DETERMINACIÓN DE LOS RECURSOS.

#### 4.3.1 Recursos Humanos.

En la tabla presentada a continuación se procedió a detallar los recursos humanos empleados para el desarrollo de la propuesta planteada.

**Tabla 2:** Recursos humanos para la realización del aplicativo

| Recursos                       | Función                                                      |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Ing. Jorge Iván Pincay Ponce   | Director del trabajo de titulación                           |
| Arauz Chichanda Javier Arcenio | Autores y programadores del presente proyecto de titulación. |
| Sánchez Arteaga Miguel Ángel   |                                                              |

#### 4.3.2 Recursos Tecnológicos.

En la tabla presentada a continuación se determinaron los recursos tecnológicos utilizados dentro del desarrollo de la propuesta planteada.

**Tabla 3:** Recursos tecnológicos para la realización del aplicativo móvil.

| Recurso                  | Descripción                                                                                                                           |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Framework móvil          | React Native para el desarrollo de la aplicación móvil                                                                                |
| Backend CMS              | Strapi como sistema de gestión de contenido (CMS) para crear APIs de forma rápida y flexible.                                         |
| Base de datos            | SQLite, base de datos ligera integrada en Strapi para almacenar usuarios, citas, horarios y configuraciones.                          |
| Servidor y despliegue    | Alojamiento del backend en un servidor (puede ser VPS, Heroku, Render o DigitalOcean) para acceso a los endpoints desde la app móvil. |
| Sistema de autenticación | Uso de autenticación integrada de Strapi con JWT para registro e inicio de sesión de usuarios.                                        |

**Certificado SSL y dominio**

Certificado de seguridad (SSL) para proteger la comunicación entre la app y el backend, además de dominio personalizado para la API.

**Panel administrativo**

Panel de control de Strapi para que el personal administre citas, horarios, odontólogos y usuarios desde el navegador.

### 4.3.3 Recursos Económicos.

En la siguiente tabla presentada a continuación se definieron los recursos económicos utilizados durante el desarrollo de la propuesta.

**Tabla 4:** Recursos económicos utilizados para la ejecución del aplicativo móvil.

| Recursos | Cantidad | Precio  |
|----------|----------|---------|
| Servidor | 1,00     | \$96,00 |
| Hosting  | 1,00     | \$25,00 |

## 4.4 ETAPAS DE ACCIÓN PARA EL DESARROLLO DEL SOFTWARE.

### 4.4.1 Funcionalidades.

En el ámbito del desarrollo de software y aplicaciones, los requerimientos juegan un papel fundamental, ya que establecen las funciones y el objetivo que debe cumplir un sistema o aplicaciones específicas. (Northware, 2022)

### 4.4.2 Requisitos funcionales.

**Registro y autenticación de usuario.**

- El sistema debe permitir que los usuarios (pacientes) se registren y autenticquen con el usuario y contraseña.
- El administrador también debe tener un acceso con privilegios especiales.

**Gestión de perfil de usuario.**

- Los usuarios pueden actualizar su información como lo es: nombre, correo, contraseña, teléfono.
- El odontólogo puede registrar y consultar el historial clínico de cada paciente.

#### **Reservación de citas.**

- El usuario puede observar el día y hora disponible para el agendamiento de la cita.
- El sistema permite eliminar citas ya no requeridas por algún paciente.

#### **Contacto por redes sociales.**

- La aplicación tiene la funcionalidad de redirigir al chat de WhatsApp del médico para consultas adicionales.

#### **Historial de citas.**

- Los usuarios pueden observar el historial de citas que lleva dentro del consultorio, de acuerdo con los servicios que ha solicitado durante su periodo.

#### **Sistema administrativo.**

- El administrador desde el panel administrativo del sistema puede observar los registros de los servicios y cancelaciones que se realizan dentro del consultorio.

### **4.4.3 Requisitos no funcionales.**

#### **Compatibilidad.**

- Compatible con versiones recientes de sistemas operativos móviles.
- Integración con servicios de mensajería y notificaciones push.

#### **Rendimiento.**

- Respuesta de la aplicación en menos de 3 segundos para cualquier acción.
- Optimización del uso de datos y batería.

#### **Seguridad.**

- Toda la información de los usuarios debe estar protegida con mecanismos de autenticación segura, cifrado de datos y protección ante accesos no autorizados.

### **Privacidad.**

- El aplicativo debe cumplir las normativas para la protección de los datos personales, que garantice la confiabilidad de la información de cada paciente.

### **4.4.4 Definiciones del sistema de gestión.**

#### **Artículos.**

En el apartado de artículos el administrador del sistema va a agregar definiciones relevantes con respecto a la medicina odontológicas, por ejemplo: Que es el proceso de ortodoncia, desde cuando se da, la importancia, etc.

#### **Certificados Médicos.**

Los certificados médicos son intervenidos por el paciente y el administrador del sistema, donde el paciente es quien hace la solicitud del certificado y el administrador es quien la atiende, de esta forma facilitándole el certificado firmador por el administrativo del consultorio, que en este caso es el doctor.

#### **Citas.**

La sección de citas médicas hay un bloque que trabaja en tiempo real, con el fin de ver el estado de la cita, por ejemplo: si la cita médica ya fue atendida, está en espera o si está pendiente. La función se refleja en la aplicación siempre y cuando esta sea cambiada por el administrador de la aplicación.

#### **Cuenta Bancaria.**

Lo que respecta a la cuenta bancaria, esto se muestra al momento que el paciente agenda su cita, donde haya seleccionado, el día, la hora y la sucursal donde desea ser entendido, al final del proceso de agendamiento se muestra una ventanita donde refleja datos de la cuenta bancaria a la cual debe hacerse la transferencia del pago del pago de la consulta.

#### **Doctores.**

En el apartado de doctores se da a conocer los odontólogos que colaboran en el consultorio, en este caso solo es uno que es el Dr. Carlos Torres.

### **Historia Médica.**

Las historias médicas va ser actualizada digitalmente por el administrador, esta muestra información del paciente de cada cita que ha tenido, Se puede afirmar que es el control que lleva el consultorio de un paciente, adicional a esto, el historial médico muestra el esquema dental personal de cada paciente.

### **Horarios.**

Se pre asigna un tiempo aproximado para cada cita de 30 minutos. Los horarios contemplados son de lunes a viernes de 10:00am a 18:00pm y sábados solo de 9:00am a 15:00pm.

### **Pacientes.**

En este apartado se reporta o gestiona el número de pacientes que se han registrado dentro del aplicativo móvil y sus datos del tratamiento.

### **Procedimientos.**

En este apartado se reporta o gestiona el número de procedimientos que el sistema recomienda de acuerdo con cada síntoma que tenga el paciente en ese momento. Se muestra un detalle de este procedimiento y la fecha en la que se realizará.

### **Promociones.**

Aquí se reporta o gestiona las promociones que pueda ofrecer el consultorio médico en esos días o meses, esto puede aplicar por ejemplo en Ortodoncia, Limpieza dental, Curación dental, entre otros.

### **Servicios.**

En este apartado se reporta o gestiona los servicios que el consultorio médico ofrece para los pacientes que lo requieran, como pueden ser implantes, ortodoncia, blanqueamiento, Endodoncia, entre otros.

### **Síntomas.**

Se reporta o gestiona síntomas de un paciente que solicite una cita o también permite su selección en caso de que el síntoma ya esté registrado, el aplicativo móvil automáticamente le recomendará el procedimiento que se va a realizar para tratar ese síntoma.

### **Sucursales.**

En este apartado se reporta o gestiona la localidad de cada consultorio médico, ya que va a disponer de tres sucursales, cada una con su respectiva dirección.

## **4.4.5 Casos de Usos.**

### **Registro de Usuario.**

El registro de usuario es obligatorio porque el cliente ya registrado es quien reserva la cita médica y el administrador de la aplicación es quien acepta la solicitud de la cita.

**Tabla 5:** Caso de uso C001 – Registro de usuario.

|                          |                                                                                                                                                                               |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Referencia:</b>       | <b>CU01</b>                                                                                                                                                                   |
| <b>Nombre:</b>           | Registro del Paciente                                                                                                                                                         |
| <b>Descripción</b>       | Registrar paciente.                                                                                                                                                           |
| <b>Actor</b>             | Paciente                                                                                                                                                                      |
| <b>Relaciones</b>        | <Include> CU02<br><Include> CU03<br><Include> CU04                                                                                                                            |
| <b>Precondición</b>      | Ser paciente del consultorio odontológico “Mas que sonrisas” donde el mismo paciente se registra.                                                                             |
| <b>Flujo básico</b>      | 1. El paciente se registra completando cada uno de los campos que posee el formulario de registro de la aplicación móvil.<br>2. El registro lo realiza netamente el paciente. |
| <b>Flujo alternativo</b> | En caso de presentarse problemas en el registro, el administrador del sistema móvil lo realizará.                                                                             |

### **Inicio de Sesión.**

Luego que el paciente se ha registró satisfactoriamente, puede hacer uso de sus credenciales de registro para poder iniciar sesión en la aplicación móvil, de esta manera hacer uso de cada una de las funcionalidades que esta dispones como, por ejemplo: las reservas de

citas médicas, las recomendaciones del Algoritmo Apriori, aplicar por las promociones del consultorio, entre otros.

**Tabla 6:** Caso de Uso C002 – Inicio de sesión.

|                          |                                                                                   |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Referencia:</b>       | <b>CU02</b>                                                                       |
| <b>Nombre:</b>           | Inicio de Sesión                                                                  |
| <b>Descripción</b>       | El paciente hace uso de sus credenciales creada durante el proceso de registro.   |
| <b>Actor</b>             | Paciente                                                                          |
| <b>Relaciones</b>        | <Include> CU01<br><Include> CU03<br><Include> CU04                                |
| <b>Precondición</b>      | Registro obligatorio en la aplicación para iniciar sesión en la aplicación móvil. |
| <b>Flujo básico</b>      | 1. El paciente registrado<br>2. Inicia sesión                                     |
| <b>Flujo alternativo</b> | El paciente realiza su reservación y el administrador acepta la reserva.          |

#### **Actualización de Datos.**

La actualización de datos en el caso del paciente lo realiza de forma manual el paciente mismo en tal caso que el paciente (usuario) no pueda el administrador de la aplicación de encargará de realizar la actualización de datos.

**Tabla 7:** Caso de uso C003 – Actualización de datos.

|                          |                                                                                                                                                            |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Referencia:</b>       | <b>CU03</b>                                                                                                                                                |
| <b>Nombre:</b>           | Actualización de Datos.                                                                                                                                    |
| <b>Descripción</b>       | La actualización de datos la realiza el paciente, estando registrado y logueado en la aplicación móvil.                                                    |
| <b>Actor</b>             | Paciente, administrador.                                                                                                                                   |
| <b>Relaciones</b>        | <Include> CU02<br><Include> CU03<br><Include> CU04                                                                                                         |
| <b>Precondición</b>      | Ser parte de la base de datos de la aplicación móvil.                                                                                                      |
| <b>Flujo básico</b>      | 1. El paciente se registra e inicia sesión.<br>2. Luego del logueo se dirige al perfil del usuario.<br>3. Se dirige al apartado de actualización de datos. |
| <b>Flujo alternativo</b> | El administrador realiza a la actualización de datos.                                                                                                      |

### Reservaciones de citas.

En lo que respecta a reservaciones de citas médicas, el paciente debe constar en la base de datos de la aplicación para poder hacer uso del apartado de reservaciones medica del consultorio médico “Mas que sonrisa”.

**Tabla 8:** Caso de Uso C004 – Reservaciones de citas.

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Referencia:</b>       | <b>CU04</b>                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Nombre:</b>           | Reservaciones de cita.                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Descripción</b>       | El paciente se encarga de reservar cita odontológica y el administrador (Asistente) es quien acepta la reserva o cita.                                                                                                                                         |
| <b>Actor</b>             | Estudiantes                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Relaciones</b>        | <Include> CU02<br><Include> CU03<br><Include> CU04                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Precondición</b>      | Estar registrado debidamente en la aplicación móvil para poder realizar reservaciones de citas médicas en el consultorio “Mas que sonrisa”.                                                                                                                    |
| <b>Flujo básico</b>      | <ol style="list-style-type: none"> <li>4. El paciente ya registrado inicia sesión.</li> <li>5. Luego del logueo realiza la reserva de la cita odontológica.</li> <li>6. El administrador acepta la solicitud del paciente en el horario disponible.</li> </ol> |
| <b>Flujo alternativo</b> | El paciente realiza su reservación y el administrador acepta la reserva.                                                                                                                                                                                       |

### Recomendaciones de servicio.

La recomendación será generada desde la aplicación móvil cuando el paciente (Usuario) seleccione el problema y el sistema le recomiende que procedimiento a realizar en función del problema del paciente.

**Tabla 9:** Caso de Uso C005 – Recomendaciones de servicios.

|                    |                                                                                                                                               |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Referencia:</b> | <b>CU05</b>                                                                                                                                   |
| <b>Nombre:</b>     | Recomendaciones de servicios.                                                                                                                 |
| <b>Descripción</b> | La recomendación del servicio odontológico se da siempre y cuando el paciente tenga un historial médico en el consultorio “Mas que sonrisas”. |
| <b>Actor</b>       | Estudiantes                                                                                                                                   |
| <b>Relaciones</b>  | <Include> CU02<br><Include> CU03<br><Include> CU04                                                                                            |

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Precondición</b>      | Reservar cita odontológica.                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Flujo básico</b>      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El paciente registrado inicia sesión con sus credenciales.</li> <li>2. El paciente realiza la reserva de la cita junto con la ayuda del sistema de recomendación.</li> <li>3. El sistema le muestra los servicios a realizar.</li> <li>4. La reserva es realizada</li> </ol> |
| <b>Flujo alternativo</b> | Reservación automática.                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

### Historial de citas.

El historial de citas en el consultorio lo registra el administrador de la aplicación. En tal caso es el asistente del médico, este es el encargado de adjuntar información de cada paciente después o antes de cada cita.

**Tabla 10:** Caso de uso C006 – Historial de citas.

|                          |                                                                                                                                    |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Referencia:</b>       | <b>CU06</b>                                                                                                                        |
| <b>Nombre:</b>           | Historial de pacientes.                                                                                                            |
| <b>Descripción</b>       | En esta sección se inserta cada proceso que el paciente o servicio que el paciente se ha realizado en el consultorio odontológico. |
| <b>Actor</b>             | Administrador, Paciente.                                                                                                           |
| <b>Relaciones</b>        | <Include> CU02<br><Include> CU03<br><Include> CU04                                                                                 |
| <b>Precondición</b>      | Haber tenido atenciones en el consultorio “Mas que sonrisas”.                                                                      |
| <b>Flujo básico</b>      | Ninguno.                                                                                                                           |
| <b>Flujo alternativo</b> | Reservar cita y ser atendido para iniciar un historial médico en el consultorio odontológico.                                      |

### Registro de servicios, promociones y registros de artículos.

Este tipo de registro es muy diferente al registro común de usuarios (pacientes) por lo que este apartado solamente va a estar manipulado por el administrador de la aplicación (Asistente del consultorio). Aquí se van a registrar los servicios que ofrece el consultorio, las promociones mensuales que el consultorio dispone mes a mes y por último tenemos lo que es los artículos, noticias o tendencias acerca de la medicina odontológica.

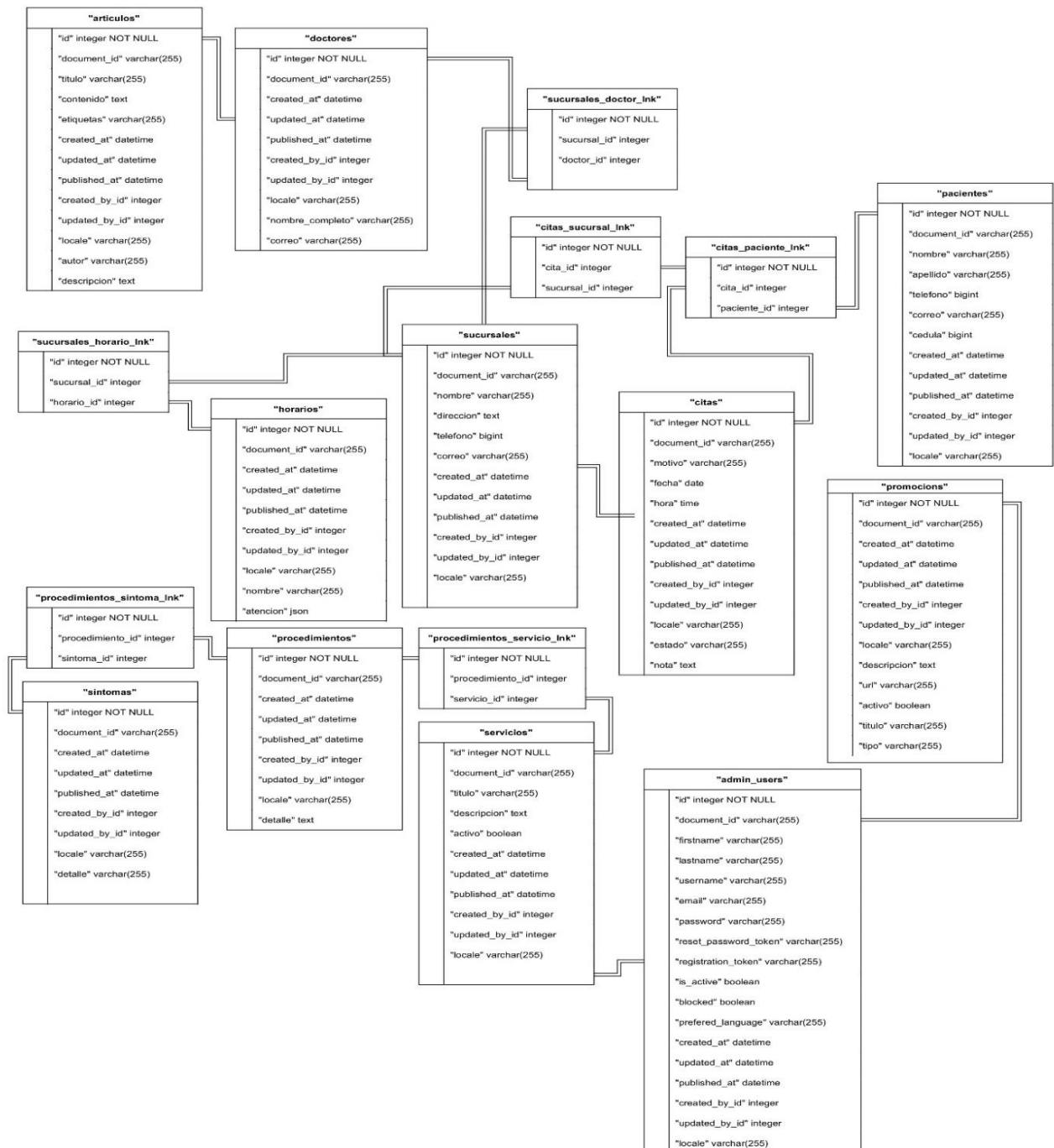
**Tabla 11:** Caso de uso C007 – Registro de servicios, promociones y registro de artículos.

|                          |                                                                             |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Referencia:</b>       | <b>CU07</b>                                                                 |
| <b>Nombre:</b>           | Registro de servicios, promociones y registros de artículos.                |
| <b>Descripción</b>       | El registro de servicios, promociones y artículos                           |
| <b>Actor</b>             | Administrador.                                                              |
| <b>Relaciones</b>        | <Include> CU02<br><Include> CU03<br><Include> CU04                          |
| <b>Precondición</b>      | Ninguna.                                                                    |
| <b>Flujo básico</b>      | Iniciar sesión con administrador, actualizar los cada uno de los apartados. |
| <b>Flujo alternativo</b> | Ninguno                                                                     |

#### 4.4.6 Diseño del aplicativo móvil.

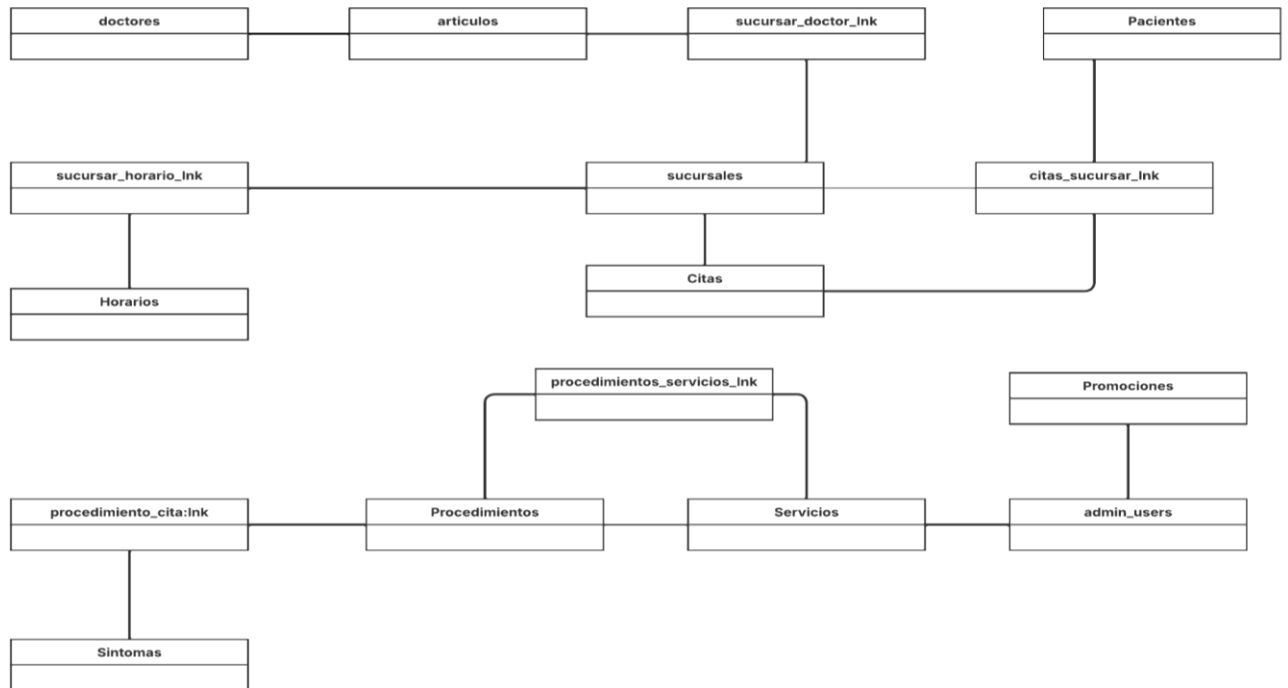
#### Diagrama de clases de la base de datos de la aplicación.

A continuación, se muestra el diagrama lógico, donde se visualiza la forma en la que se relacionan cada una de las tablas que conforman la base de datos del consultorio odontológico.



**Ilustración 2:** Diagrama de Clases.

**Modelo lógico.**

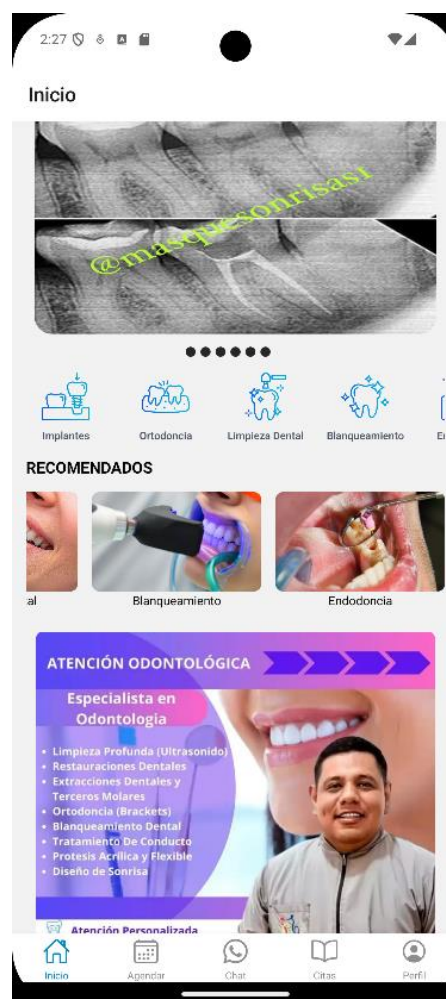


*Ilustración 3: Modelo lógico.*

#### 4.4.7 Interfaz del aplicativo móvil y el sistema administrador.

##### Interfaz de usuario.

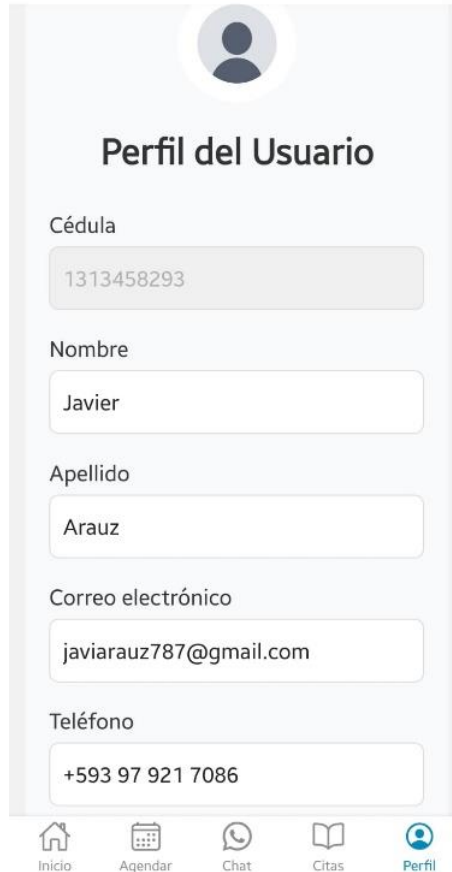
El apartado pantalla de inicio del aplicativo móvil, en el cual se puede observar los apartados de servicios como: implantes, ortodoncia, limpieza dental, entre otros; por otra parte así mismo las recomendaciones realizadas por el médico para los pacientes, el apartado de tips realizados por el médico, un apartado para agendar citas, ver citas, perfil y así mismo un icono de interacción de WhatsApp directo al médico, en el caso de alguna duda o recibir más información sobre los servicios ofrecidos.



**Ilustración 4:** Pantalla de inicio del aplicativo.

Al ingresar al aplicativo móvil, el paciente (usuario) debe llenar los campos solicitados como: número de cédula, nombre, apellido, correo electrónico, teléfono y contraseña; una vez hecho esto el usuario queda registrado dentro de la base de datos.

Perfil



The image shows a mobile application interface for a user profile. At the top, there is a circular placeholder for a profile picture. Below it, the title 'Perfil del Usuario' is centered. The form contains several input fields: 'Cédula' with the value '1313458293', 'Nombre' with 'Javier', 'Apellido' with 'Arauz', 'Correo electrónico' with 'javiarauz787@gmail.com', and 'Teléfono' with '+593 97 921 7086'. At the bottom, there is a navigation bar with five icons: a house for 'Inicio', a calendar for 'Agendar', a speech bubble for 'Chat', an open book for 'Citas', and a person icon for 'Perfil' (which is highlighted in blue).

**Ilustración 5:** Registro de usuario.

Para el uso adecuado del aplicativo cada paciente debe iniciar sesión con los datos solicitados, el correo y contraseña del paciente, se dispone de la opción de ver la contraseña por si se requiera de alguna corrección. En la parte de abajo puede hacer el registro un nuevo paciente si es el caso. Por si el usuario no recuerde su “contraseña”, puede dar clic en la opción “recuperar contraseña” y el aplicativo enviará una nueva contraseña al correo electrónico con el que se registró el paciente.

## Iniciar Sesión



**Iniciar Sesión**

Correo electrónico

Contraseña 

**ENTRAR**

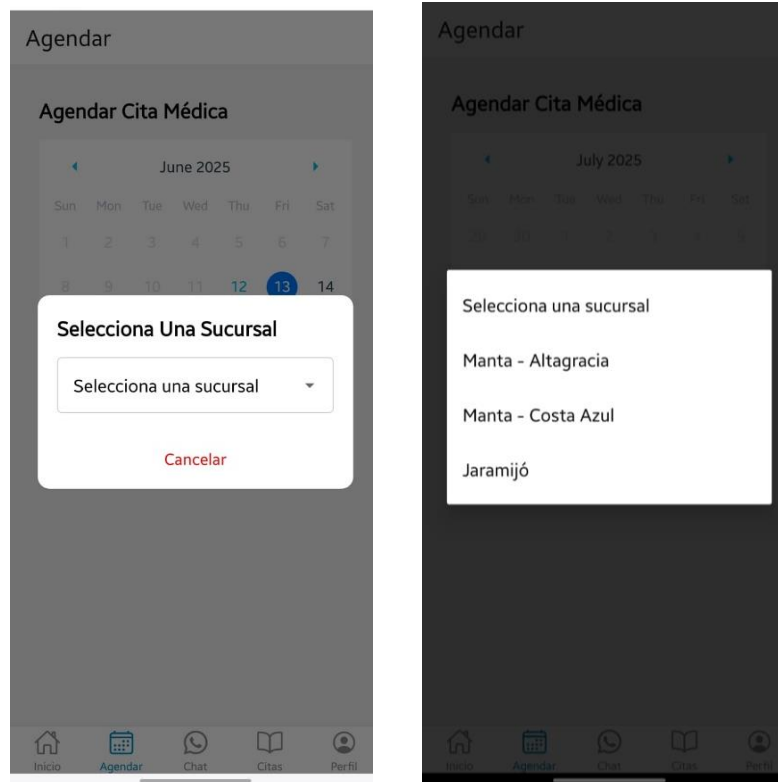
[¿No tienes cuenta? Regístrate](#)

[Recuperar Contraseña](#)

 Inicio  Agendar  Chat  Citas  Perfil

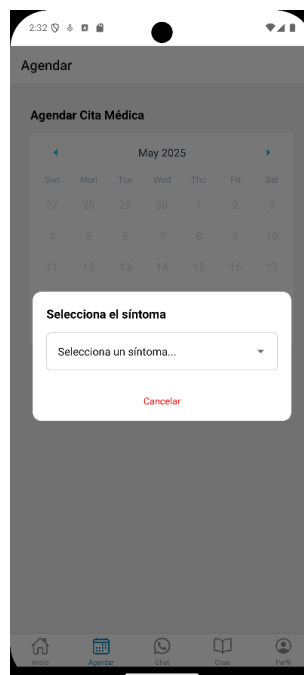
**Ilustración 6:** Inicio de sesión.

Desde el apartado de citas se observan las fechas disponibles y una vez seleccionemos una de estas fechas, se mostrará un apartado donde seleccionemos la sucursal que requiere el paciente para la cita.



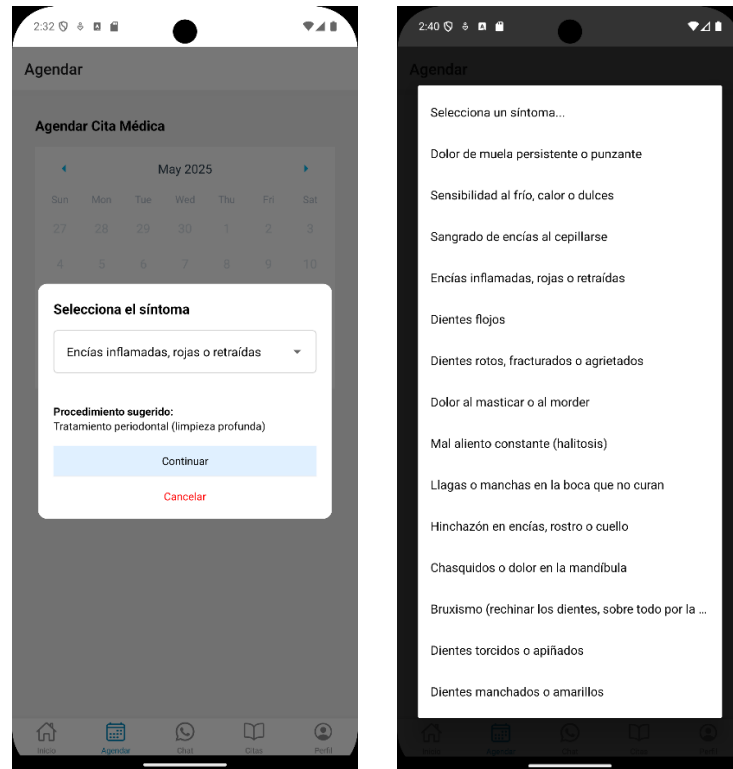
**Ilustración 7:** Agendamiento de cita y selección de sucursal.

Una vez iniciado sesión se puede dirigir al apartado de citas, se podrá seleccionar la fecha que se requiera y así agendar la cita de manera correspondiente. Se debe tener en cuenta que se debe seleccionar el síntoma que presenten en ese momento.



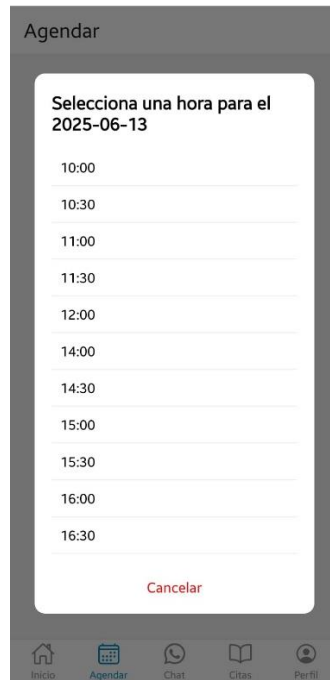
**Ilustración 8:** Agendamiento de citas.

Luego de agendar la cita, se debe seleccionar el síntoma o motivo de la consulta, para esto se mostrará algunos de los síntomas, como puede ser: dientes flojos, dolor al masticar o al morder, sangrado de encías, entre otros. Una vez seleccionado el síntoma el sistema sugiere el procedimiento a seguir de acuerdo con el síntoma solicitados.



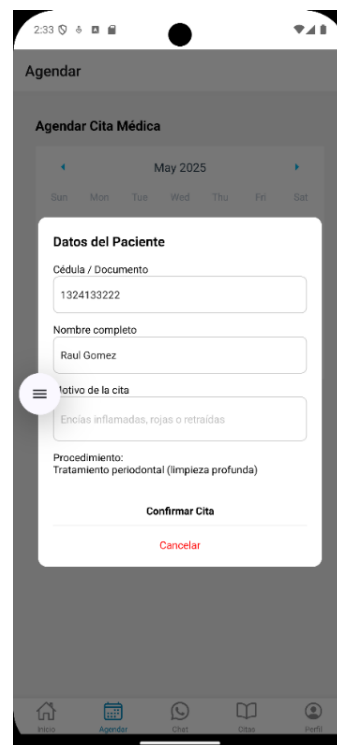
**Ilustración 9:** Selección de procedimiento para la cita.

Una vez seleccionado el motivo de la cita solicitada por el paciente, este mismo seleccionará el horario a su preferencia, debe tener en cuenta que el horario de lunes a viernes es de 10:00 a 18:00 y sábados de 09h00 a 15:00.



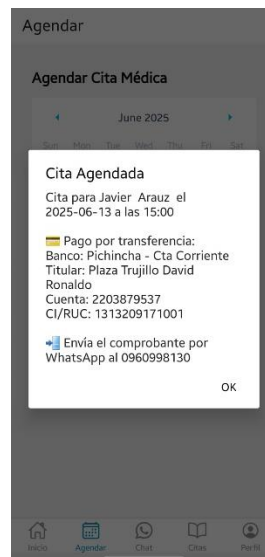
**Ilustración 10:** Horario para la selección de la cita solicitada.

En este punto se observan los datos del paciente como: número de cedula, nombre, apellido, motivo de la cita y la recomendación del procedimiento que se va a realizar para el caso solicitado, una vez verificado que estén bien los datos del paciente se confirma la cita.



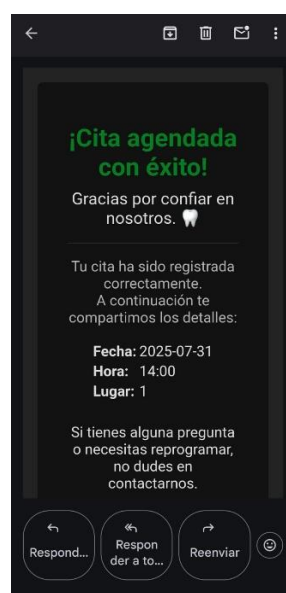
**Ilustración 11:** Confirmación de los datos del paciente.

Una vez seleccionado el motivo de la cita, el horario y la verificación de los datos del paciente, se muestra el agendamiento correcto donde el paciente observa un número de cuenta donde puede realizar el pago por transferencia bancaria o en tal caso puede hacerlo en efectivo cuando asista a la consulta.



**Ilustración 12:** Final de la cita agendada.

Una vez solicitada la cita médica, al correo registrado y el cual debe estar habilitado, le llegara un “correo”, en el cual se detalla el día, hora y sucursal de la cita solicitada.



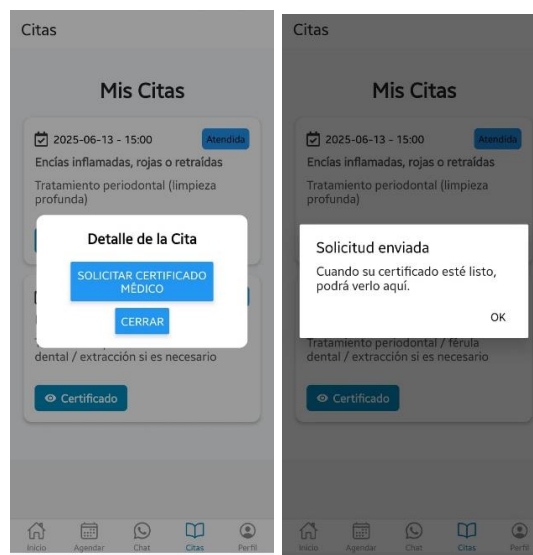
**Ilustración 13:** Cita Solicitada - Correo

En el apartado de mis citas se puede observar el historial de citas con los respectivos datos del paciente como: nombre, tratamiento a seguir, fecha y hora. Se dispone de un botón donde el paciente podrá solicitar un certificado sobre la cita en ese momento, en tal caso puede hacerlo dando clic en solicitar certificado. Si el paciente desea modificar la cita médica, en el icono de “Modificar” puede hacerlo sin problema alguno.



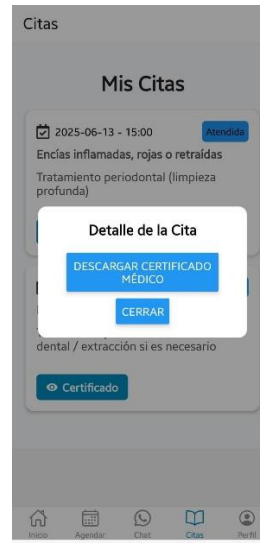
**Ilustración 14:** Historial de citas.

Si el paciente requiere del certificado, lo solicita y el sistema lo confirmará. Para que el certificado solicitado pueda mostrarse, el paciente debe ser atendido primeramente y luego el médico le debe requerir a la solicitud del paciente y enviarle lo solicitado.



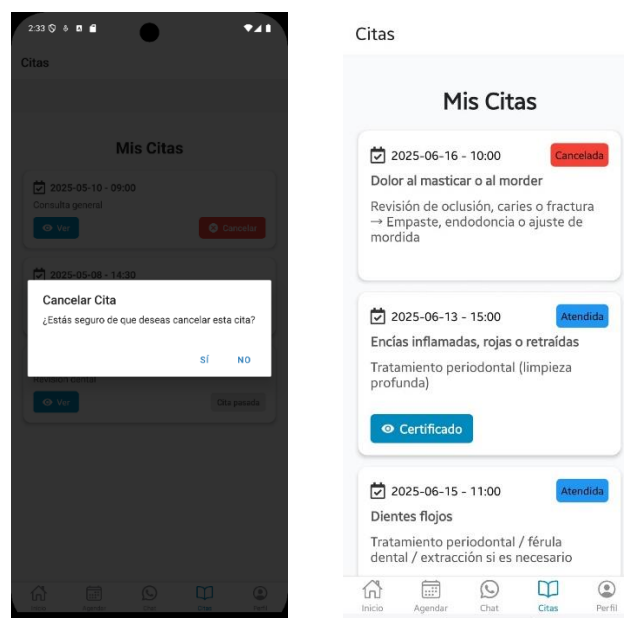
**Ilustración 15:** Solicitud de certificado médico.

Una vez que el paciente haya solicitado el certificado, puede descargarlo dando clic en el botón de “certificado” aquí es donde le data la opción de descarga.



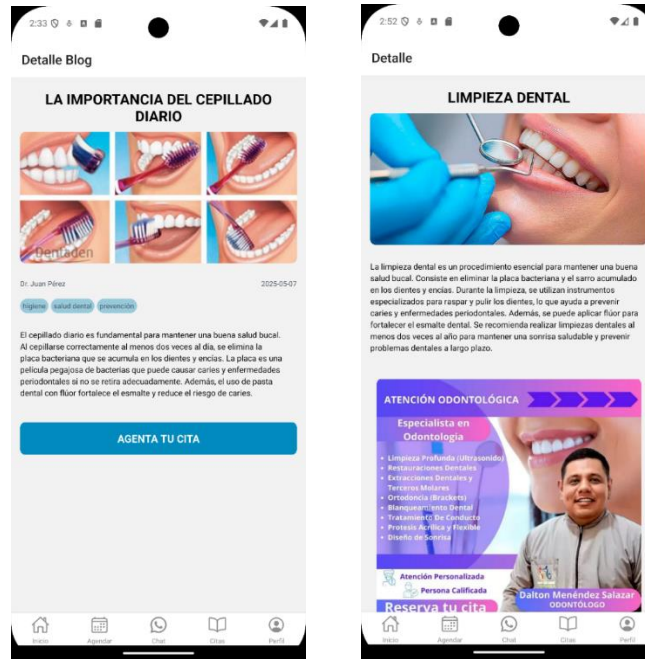
**Ilustración 16:** Descargar certificado médico.

Si el paciente desea cancelar la cita puede realizarlo sin problema dando clic en el botón “cancelar” y se mostrará un mensaje si requiere cancelar, las opciones serían “SI” caso contrario “NO”. Una vez hecho esto en el historial de citas se puede observar la cita cancelada.



**Ilustración 17:** Cancelación de citas.

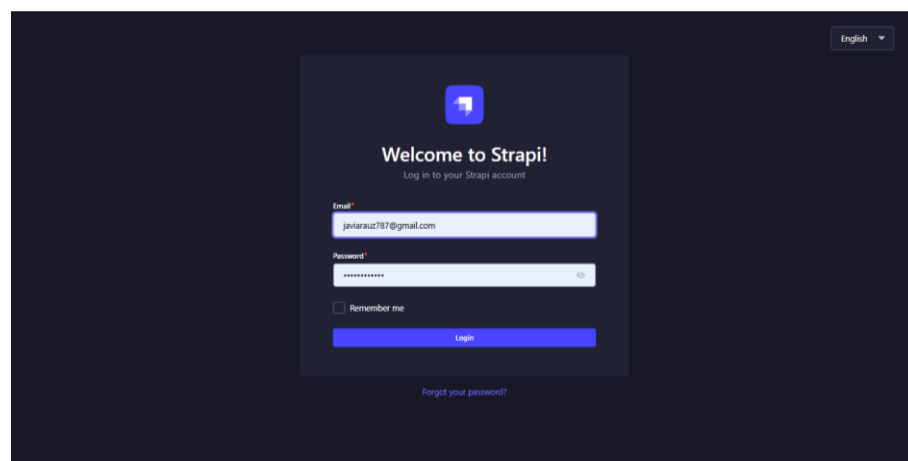
Al presionar en apartado de “recomendado” y “tips”, se mostrará más información sobre los servicios que se brindan, en el cual se redactan el cómo se lleva el procedimiento y a sí mismo recomiendan el por qué se debe realizar.



**Ilustración 18:** Información de los servicios recomendados y tips.

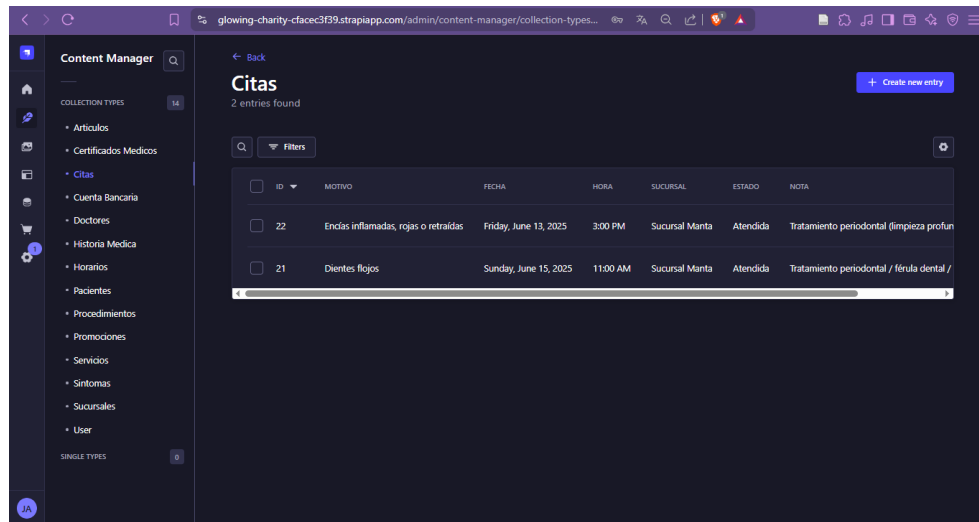
## Interfaz del administrador.

En este apartado el administrador de la aplicación iniciará sesión, en el cual deberá ubicar un correo y contraseña para su respectivo uso.



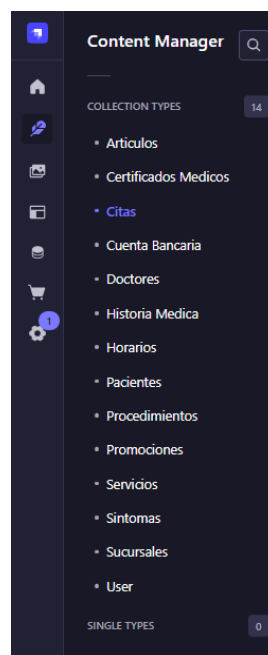
**Ilustración 19:** Inicio de sesión del administrador.

Desde este apartado el administrador puede manipular todo el contenido que se muestra en el aplicativo como: citas, horarios, pacientes, procedimientos, historial médico, certificados médicos, entro otros.



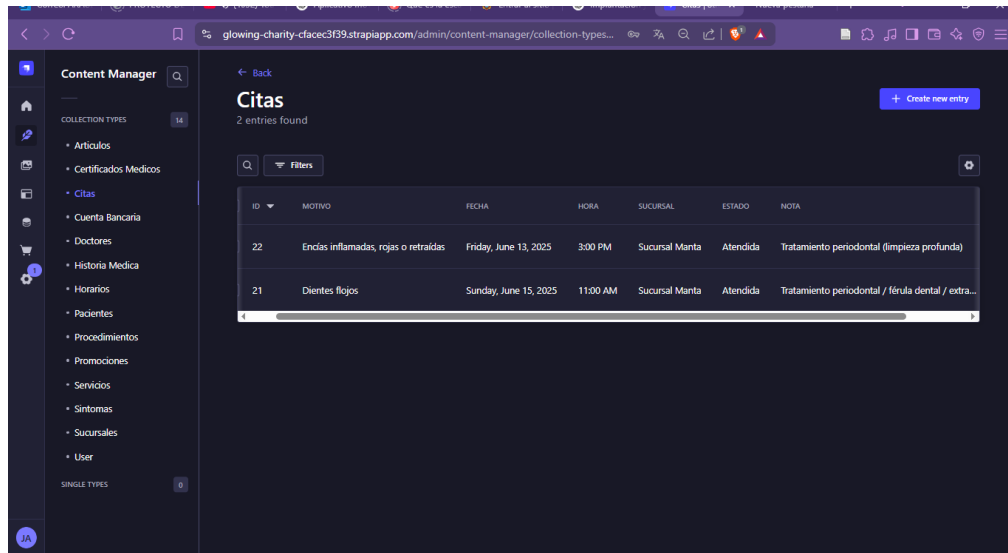
**Ilustración 20:** Interfaz de administración total del aplicativo.

Esta son las colecciones que se le muestran al administrador dentro del gestor, en el cual se puede modificar cuando el desee.



**Ilustración 21:** Colecciones del aplicativo.

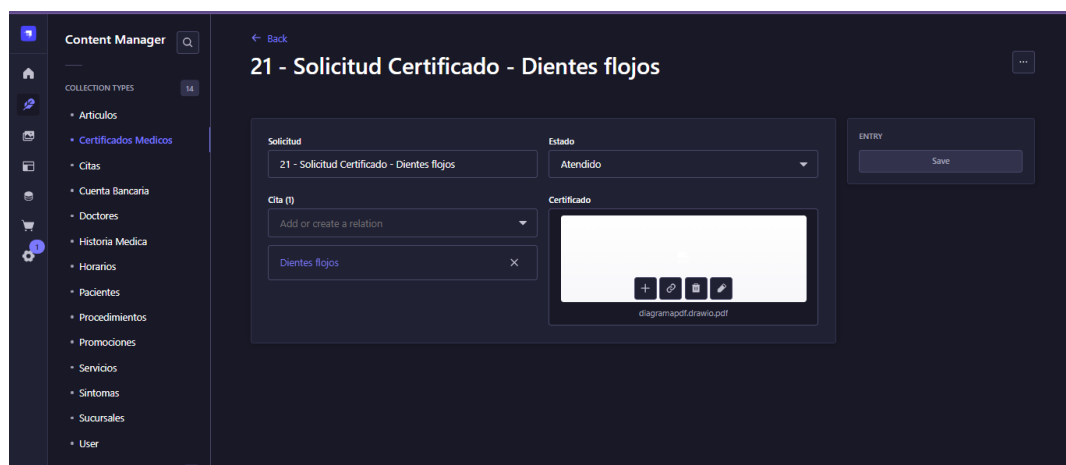
Desde este apartado el administrador observa el número de citas solicitadas detallando el nombre del paciente, motivo, fecha, hora, sucursal y nota. Una vez aceptada la cita el administrador debe ubicar el estado de la cita como puede ser: en espera de pago, atendida o cancelada.



| ID | MOTIVO                               | FECHA                 | HORA     | SUCURSAL       | ESTADO   | NOTA                                               |
|----|--------------------------------------|-----------------------|----------|----------------|----------|----------------------------------------------------|
| 22 | Encías inflamadas, rojas o retraídas | Friday, June 13, 2025 | 3:00 PM  | Sucursal Manta | Atendida | Tratamiento periodontal (limpieza profunda)        |
| 21 | Dientes flojos                       | Sunday, June 15, 2025 | 11:00 AM | Sucursal Manta | Atendida | Tratamiento periodontal / férula dental / extra... |

**Ilustración 22:** Apartado de citas agendadas.

Cada vez que un paciente solicite un certificado médico el administrador debe subir el documento solicitado desde este apartado, el medico como tal debe tener una plantilla ya realizada con los datos del paciente que requiera este certificado y así solo subirla para que le llegue al aplicativo móvil del paciente que la solicite.



**21 - Solicitud Certificado - Dientes flojos**

Solicitud: 21 - Solicitud Certificado - Dientes flojos

Estado: Atendido

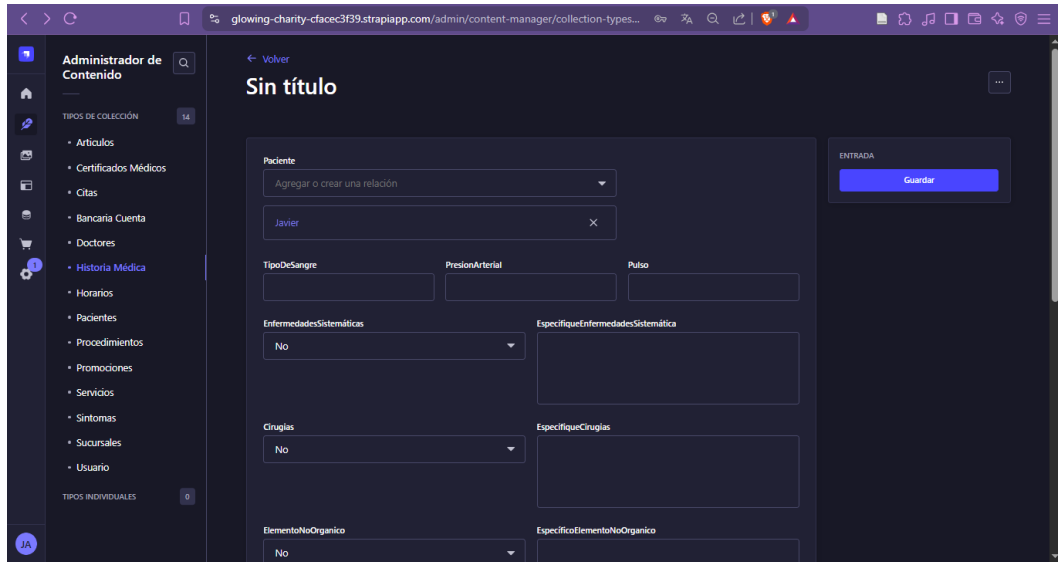
Cita (1): Dientes flojos

Certificado: [File Upload Area]

ENTRY: Save

**Ilustración 23:** Solicitud de certificado médico.

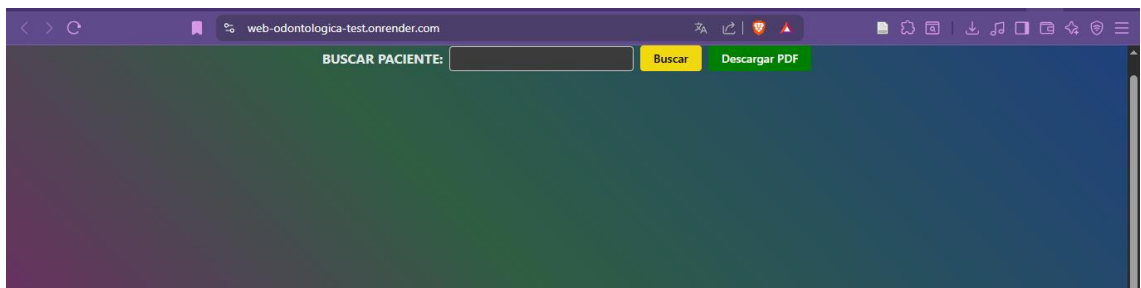
Cada paciente tiene su “historia medica”, para esto el administrador debe llenar los campos que se solicitan, guardarlos y si lo requiere puede obtener el historial médico en formato PDF.



The screenshot shows a web application interface for managing patient data. On the left is a sidebar menu titled 'Administrador de Contenido' with categories like 'TIPOS DE COLECCIÓN' (Artículos, Certificados Médicos, Citas, Bancaria Cuenta, Doctores, Historia Médica, Horarios, Pacientes, Procedimientos, Promociones, Servicios, Síntomas, Sucursales, Usuario) and 'TIPOS INDIVIDUALES'. The main area is titled 'Sin título' and contains a form for a patient's medical history. The form includes fields for 'Paciente' (a dropdown menu), 'TipoDeSangre', 'PresionArterial', 'Pulso', 'EnfermedadesSistémicas' (a dropdown menu), 'EspecifiqueEnfermedadesSistémica', 'Cirugías' (a dropdown menu), 'EspecifiqueCirugías', 'ElementoNoOrganico' (a dropdown menu), and 'EspecificoElementoNoOrganico'. A 'Guardar' button is located at the bottom right of the form.

**Ilustración 24:** Historial médico del paciente.

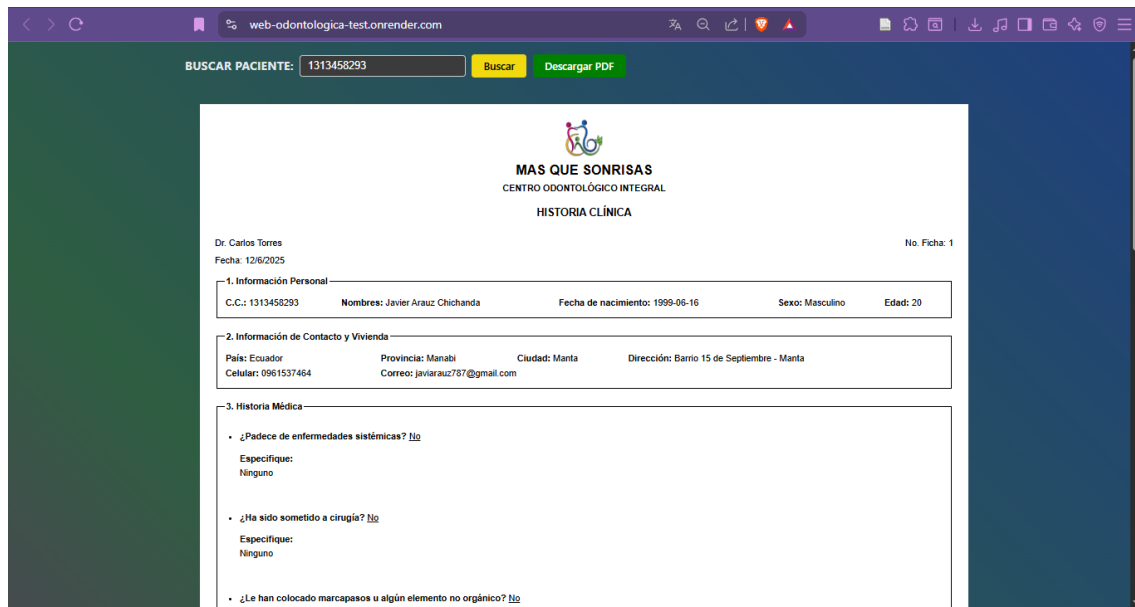
Desde esta página web podremos buscar por número de cedula de cada paciente su historia médica y así mismo puede descargarse en formato PDF.



The screenshot shows a web application interface for searching patient records. At the top, there is a search bar labeled 'BUSCAR PACIENTE:' with a text input field. To the right of the input field are two buttons: 'Buscar' (yellow) and 'Descargar PDF' (green). The background of the page is a dark blue gradient.

**Ilustración 25:** Pagina web de la historia médica.

Como se puede observar una vez ingresado el número de cedula del paciente se muestra la historia médica del mismo.



BUSCAR PACIENTE: 1313458293

**MAS QUE SONRISAS**  
CENTRO ODONTOLÓGICO INTEGRAL  
HISTORIA CLÍNICA

Dr. Carlos Torres No. Ficha: 1  
Fecha: 12/6/2025

1. Información Personal

|                  |                                 |                                 |                 |          |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|----------|
| C.C.: 1313458293 | Nombres: Javier Arauz Chichanda | Fecha de nacimiento: 1999-06-16 | Sexo: Masculino | Edad: 20 |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|----------|

2. Información de Contacto y Vivienda

|                     |                               |               |                                            |
|---------------------|-------------------------------|---------------|--------------------------------------------|
| País: Ecuador       | Provincia: Manabí             | Ciudad: Manta | Dirección: Barrio 15 de Septiembre - Manta |
| Celular: 0961537464 | Correo: javarauz787@gmail.com |               |                                            |

3. Historia Médica

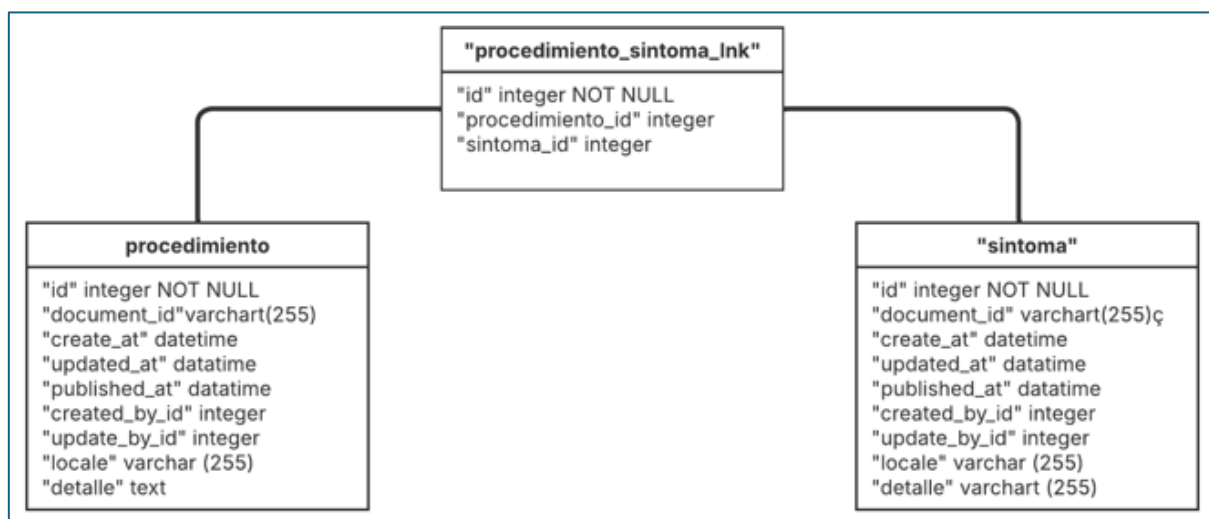
- ¿Padece de enfermedades sistémicas? No  
Especifique:  
Ninguno
- ¿Ha sido sometido a cirugía? No  
Especifique:  
Ninguno
- ¿Le han colocado marcapasos u algún elemento no orgánico? No

**Ilustración 26:** Resultado de la historia médica.

#### 4.4.8 Relación de la base de datos con el algoritmo Apriori.

En la siguiente ilustración se muestra las tablas del modelo lógico, donde se le da suma importancia y prioridad al algoritmo con se trabajó el desarrollo de la aplicación. Las siguientes tablas son:

- procedimientos:
- síntomas:
- procedimiento\_sintoma\_lnk



**Ilustración 27:** Tablas donde se lleva a cabo el algoritmo a priori.

#### 4.4.9 Implementación del aplicativo móvil.

##### Bloques de código.

Se trabajó con JavaScript utilizando librería **node-a priori**, parecer ser sencillo, pero en realidad es un poco difícil de manipular, el algoritmo de Apriori. Comúnmente usado en la minería de datos para descubrir patrones frecuentes en conjuntos de transacciones. Para el caso que se está trabajando sería adaptarlos a servicios odontológicos utilizados por distintos pacientes.

Primero, se importa la librería Apriori y se define un arreglo llamado transacciones, donde cada sub-arreglo representa una transacción individual, es decir, un conjunto de servicios usados por un paciente. Luego, se instancia el algoritmo Apriori con un soporte mínimo de 0.3, lo que significa que solo se considerarán conjuntos de servicios que aparezcan en al menos el 30% de las transacciones.

El código imprime un mensaje indicando que se están analizando las transacciones y se suscribe al evento data que emite el algoritmo cada vez que encuentra un conjunto de ítems frecuentes. Si el conjunto contiene más de un ítem, se imprime en consola el conjunto encontrado junto con su porcentaje de soporte.

Finalmente, el método **exec** (función que permite correr código dinámicamente) ejecuta el análisis sobre las transacciones. Cuando termina, imprime un resumen con posibles recomendaciones. Para cada conjunto de ítems frecuentes con más de un elemento, se toma todo el conjunto menos el último como "servicios previos recibidos por el paciente", y se sugiere el último servicio como posible recomendación, por ejemplo, si alguien recibió "Limpieza dental" y "Rayos X", podría recomendársele "Ortodoncia". Si ocurre algún error durante la ejecución, este se captura e imprime con un mensaje en rojo.

En resumen, el código busca relaciones frecuentes entre servicios odontológicos usados por los pacientes para luego generar recomendaciones automáticas basadas en patrones detectados.



```
// importar la librería Apriori
const Apriori = require('node-apriori');

// Datos simulados de pacientes (cada array es una "transacción")
// Cada paciente usó un conjunto de servicios
const transacciones = [
  ['Limpieza dental', 'Rayos X'],
  ['Limpieza dental', 'Ortodoncia'],
  ['Rayos X', 'Extracción'],
  ['Limpieza dental', 'Rayos X', 'Ortodoncia'],
  ['Ortodoncia', 'Implante'],
  ['Rayos X', 'Ortodoncia'],
  ['Limpieza dental', 'Extracción'],
];

// Instanciar el algoritmo con soporte mínimo
const apriori = new Apriori(0.3); // soporte mínimo: 30%

console.log('🔍 Analizando transacciones...\n');

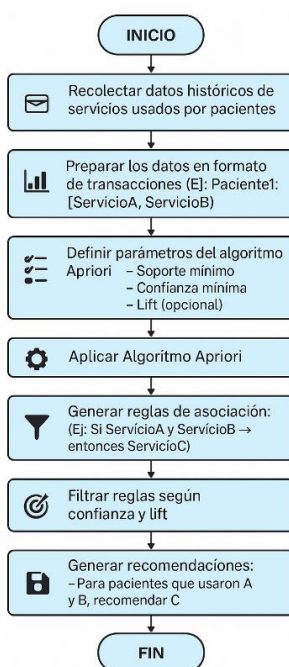
apriori.on('data', (itemset) => {
  const support = itemset.support;
  const items = itemset.items;
  if (items.length > 1) {
    console.log('✅ Regla encontrada: [${items.join(', ')}], soporte: ${((support * 100).toFixed(2))}%');
  }
});

apriori.exec(transacciones)
  .then((result) => {
    console.log('\n📋 Reglas generadas para recomendación de servicios odontológicos:');
    result.itemsets
      .filter(set => set.items.length > 1)
      .forEach(set => {
        console.log('📄 Si el paciente recibe [${set.items.slice(0, -1).join(', ')}], podría recomendarse: [${set.items[set.items.length - 1]}]');
      });
  })
  .catch((error) => {
    console.error('❌ Error al ejecutar Apriori:', error);
  });
```

**Ilustración 28:** Librería apriori y datos simulados.

## Diagrama del algoritmo Apriori.

El siguiente diagrama muestra cómo funciona el algoritmo Apriori dentro del aplicativo, con esto esperado como soporte modelos de aprendizaje automático en la aplicación.



**Ilustración 29:** Diagrama de flujo del código Apriori.

#### **4.4.10 Pruebas de usabilidad del aplicativo móvil.**

##### **Pruebas de usuarios aplicada a diversos expertos en informática.**

Las pruebas de usuarios se aplicaron a 5 usuarios expertos que aprobaron la usabilidad del aplicativo móvil. Se utilizó el método System Usability Scale (SUS) o traducida al español como **Escala de Usabilidad de un Sistema**. Según (Serafinelli, 2024a) la escala consiste en 10 preguntas definidas e incambiables, puntuadas en base a la escala Likert del 1 al 5, dónde 1 totalmente en desacuerdo y 5 total acuerdo. Las preguntas planteadas fueron las siguientes:

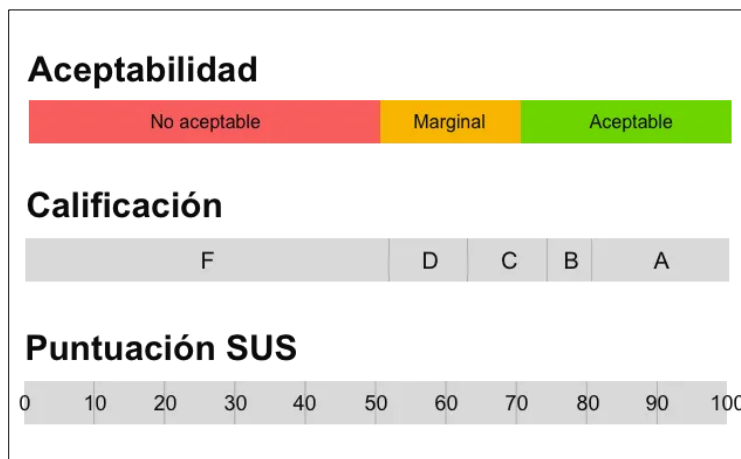
1. ¿Cree que le gustaría usar este sistema con frecuencia?
2. ¿Encontré el sistema innecesariamente complejo?
3. ¿Piensa que el sistema era fácil de usar?
4. ¿Cree que necesitaría el apoyo de un técnico para poder usar este sistema?
5. ¿Encontró que las diversas funciones del sistema estaban bien integradas?
6. ¿Piensa que había demasiada inconsistencia en este sistema?
7. ¿Imagina que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente?
8. ¿Encontró el sistema muy incómodo de usar?
9. ¿Se sintió muy seguro(a) usando el sistema?
10. ¿Necesité aprender muchas cosas antes de poder empezar a usar este sistema?

Las preguntas presentadas son originarias del mismo sistema, es decir son incógnitas genéricas. El algoritmo para determinar la puntuación de usabilidad del sistema se establece de la siguiente manera. A las preguntas impares, entiéndase las preguntas 1, 3, 5, 7 y 9; el puntaje obtenido por cada pregunta se le reduce 1 punto. Mientras que las preguntas pares, o sea las preguntas 2, 4, 6 y 8, se establece el número 5 y se resta el puntaje obtenido en cada pregunta.

Ejemplificando, si en la pregunta 1 se obtuvo el puntaje de 5, se resta 1 punto del valor obtenido, quedando como resultado final el número 4. Caso contrario, si en la pregunta 2 el puntaje obtenido es 1, se establece la operación planteada a continuación, con lo cual se obtiene el resultado de 4.

$$P_2 = 5 - 1 = 4$$

Por último, se realiza la sumatoria de todos los puntajes. El resultado obtenido de la sumatoria, se le aplica el producto de 2.5, lo cual reporta los siguientes valores para así determinar si el sistema es usable o no.



**Ilustración 30:** Puntaje referencial de la escala SUS

**Nota:** Serafinelli (2024). Qué es la escala SUS y cómo usarla para medir la usabilidad. TeaCup Lab.

<https://www.teacuplab.com/es/blog/que-es-la-escala-sus-y-como-usarla-para-medir-la-usabilidad/>

Los usuarios evaluados con consentimiento de ellos son los siguientes:

- David Plaza – Participante 1
- Dalton Menéndez – Participante 2
- Oscar González – Participante 3
- Jonathan Espinales – Participante 4
- Eduardo Anchundia – Participante 5



| Evaluados      | Preguntas |   |   |   |   |   |   |   |   |    | SUS<br>Score | SUS<br>Grade |
|----------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|--------------|--------------|
|                | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |              |              |
| Participante 1 | 5         | 3 | 3 | 2 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1  | 87,5         | A            |
| Participante 2 | 5         | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1  | 100          | A            |
| Participante 3 | 5         | 3 | 4 | 2 | 4 | 1 | 5 | 2 | 4 | 3  | 77,5         | B            |
| Participante 4 | 4         | 2 | 5 | 1 | 4 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1  | 92,5         | A            |
| Participante 5 | 5         | 1 | 4 | 2 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1  | 95           | A            |

*Ilustración 31: Escala SUS aplicada a diferentes usuarios para calcular la usabilidad del aplicativo móvil.*

El análisis de los resultados obtenidos a partir de la escala aplicada a los usuarios expertos se determinó que el sistema tiene un promedio de calificación A, lo que representa que el sistema ha sido evaluado con un grado de usabilidad **ACEPTABLE**, una vez se ha evaluado su desarrollo en el aplicativo móvil.

### **Interpretación objetiva de los resultados.**

Las pruebas de usuarios aplicadas con la escala SUS a diferentes usuarios que interactuaron con aplicativo móvil, pudo determinar que la usabilidad de la propuesta es aceptable en base a los criterios calificados de la escala, obteniendo una calificación media de **A** y un puntaje de **90,5**.

Esto significa que los resultados obtenidos reflejaron que el aplicativo cumple con las directrices de implementación una vez desarrollado el aplicativo móvil, además de la usabilidad aceptada por los usuarios evaluados.

### **Métricas de Apriori.**

Simular una métrica de confianza basada en el algoritmo Apriori para determinar cuál procedimiento es más probable (o confiable) dado un síntoma específico.

#### **Entrada:**

- id del síntoma (como parámetro de URL): id

**Ejemplo:** *GET /api/procedimientos/metricas-de-confianza/1*

**Salida:**

Un objeto con:

- **SintomaId:** ID del síntoma consultado.
- **DetalleConMasConfianza:** Procedimiento con mayor frecuencia.
- **ConteoDetalles:** Objeto con todos los detalles y su número de ocurrencias.

**Lógica paso a paso:****1. Obtener procedimientos asociados al síntoma.**

```
const procedimientos = await strapi.entityService.findMany(
  'api::procedimiento.procedimiento',
  {
    populate: ['Sintoma'],
    filters: {
      Sintoma: { id: sintomaId },
    },
  },
);
```

*Ilustración 32: Procedimientos asociados al síntoma.*

- Se busca en la base de datos todos los procedimientos cuyo campo Sintoma.id coincida con el sintomaId.
- También se incluye el objeto Sintoma completo usando populate.

**2. Verificación de resultados.**

```
if (!procedimientos.length) {
  return ctx.notFound('No se encontraron procedimientos para ese síntoma.');
```

*Ilustración 33: Verificación de resultados.*

- Si no hay procedimientos con ese síntoma, se devuelve un error 404.

**3. Contar la frecuencia de cada procedimiento (Detalle).**

```
const conteo = {};  
for (const proc of procedimientos) {  
  const detalle = proc.Detalle.trim();  
  conteo[detalle] = (conteo[detalle] || 0) + 1;  
}
```

*Ilustración 34: Conteo para la frecuencia de cada procedimiento.*

- Se recorre la lista de procedimientos.
- Se toma el texto del campo Detalle (el contenido del procedimiento).
- Se cuenta cuántas veces aparece cada uno (como una frecuencia relativa, lo que en Apriori se asocia al soporte).

#### 4. Seleccionar el detalle con mayor "confianza".

```
const detalleConMasConfianza = Object.entries(conteo).sort(  
  (a, b) => b[1] - a[1]  
)[0][0];
```

*Ilustración 35: Selección de detalle "Confianza".*

- Se ordenan los detalles por cantidad de ocurrencias (de mayor a menor).
- Se toma el primero como el de mayor "confianza".

#### 5. Devolver la respuesta.

```
return ctx.send({  
  sintomaId,  
  detalleConMasConfianza,  
  conteoDetalles: conteo,  
});
```

*Ilustración 36: Devolución de respuesta.*

- Se responde con el detalle más confiable y un resumen de todos los detalles con su frecuencia.



```
▼ {  
  "sintomaId": "1",  
  "detalleConMasConfianza": "Examen clínico y radiografía → Obturación (empaste), endodoncia o extracción según el caso",  
  ▼ "conteoDetalles": {  
    "Examen clínico y radiografía → Obturación (empaste), endodoncia o extracción según el caso": 1  
  }  
}
```

***Ilustración 37: Resumen de los detalles de frecuencia.***

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **5.1 CONCLUSIONES.**

En conclusión, la implementación del aplicativo móvil se realizó satisfactoriamente utilizando React Native, lo que permitió desarrollar el aplicativo móvil, de una manera eficiente y con una interfaz amigable para los usuarios. La elección de JavaScript como lenguaje de programación facilitó la integración entre el frontend y backend, mejorando la mantenibilidad y escalabilidad del sistema. La metodología para el proceso de desarrollo del sistema fue la cascada, ya que permitió estructurar y facilitar el desarrollo en fases secuenciales: análisis, diseño, implementación y pruebas

Por otra parte, se incorporó los requerimientos específicos del consultorio de acuerdo con la funcionalidad del sistema. Se añadió una regla de recomendación (Soporte y Confianza) del algoritmo A priori, esto como elemento de aprendizaje automático el cual da apoyo a la aplicación.

Para finalizar, se realizó varias pruebas de usabilidad a una cierta cantidad de pacientes del consultorio médico. Se conoció el punto de vista desde la perspectiva de paciente, se utilizó el método System Usability Scale (SUS) para obtener la valoración exacta del sistema, dando como resultados un buen porcentaje de aceptación.

## **5.2 RECOMENDACIONES.**

Es importante mantenerse al tanto de las actualizaciones en los servicios que ofrece el gestor administrativo de APIS Strapi, que es donde se lleva a cabo cada uno de los procesos que realiza la aplicación móvil. Por otra parte, el código fuente de la aplicación será alojado en un repositorio en la nube para llevar seguimiento por si en futuro se desea rediseñar o mejorar unas de las funcionalidades.

Para el desarrollo de cualquier tipo de aplicación móvil ya sea Android o iOS, es muy recomendable constar con una buena base de datos para con esto agilizar el proceso de desarrollo el sistema, o en tal caso que el sistema que se vaya a realizar este muy bien organizado para no tener trabajo extra en lo que el Backend cuando se pasen los datos de web a móvil.

El aplicativo móvil en los trabajos futuros puede ser utilizado en dispositivo iOS, donde todos los usuarios que usen este sistema puedan agendar sus citas médicas de manera rápida y efectiva. Lo que favorece a más de demanda económica el consultorio médico, con los pacientes que requieran el servicio dentro del aplicativo.

**BIBLIOGRAFÍA.**

- Davenport, T. (2023). Aprendizaje automático: Qué es y por qué importa. SAS.  
[https://www.sas.com/es\\_mx/insights/analytics/machine-learning.html](https://www.sas.com/es_mx/insights/analytics/machine-learning.html)
- Goodfellow, I. B. (2016). Deep Learning. MIT Press.
- Henao Delgado, H., & Villegas Villegas, L. (2020). Estudio de localidades. Icfes.
- IBM. (2021, septiembre 22). ¿Qué es el aprendizaje automático?  
<https://www.ibm.com/think/topics/machine-learning>
- IBM. (2022, noviembre 28). Objetivos de la minería de datos.  
<https://www.ibm.com/docs/es/db2/11.1.0?topic=overview-data-mining-goals>
- Kuhn, G. (2025, junio 10). Conducting a Conjoint Analysis [2025 Guide]. Drive Research. <https://www.driveresearch.com/market-research-company-blog/conducting-a-conjoint-survey-2023-ultimate-guide/>
- Llerena, L. D. (2013). Implementación de un algoritmo Apriori-like-1 para el. La Habana.
- Manzano Diaz, R. (2021). Algoritmo a priori. <https://www.easiiio.com/es/apriori-algorithm/>
- Manzano, R. D. (2021, Julio 25). EASIIIO. Retrieved from Algoritmo: el núcleo de la innovación: <https://www.easiiio.com/es/apriori-algorithm/>
- McCarthy, J. (2006). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence.
- McCarthy, J. M. (1956). Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence.
- Montero, G. F.-A. y J.-M. (s. f.). Capítulo 22 Análisis conjunto | Fundamentos de ciencia de datos con R. Recuperado 5 de agosto de 2025, de <https://cdr-book.github.io/cap-conjunto.html>
- Narvaez, M. (2024, mayo 9). Método inductivo: Qué es, características y ejemplos. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/metodo-inductivo/>
- Northware. (2022, mayo 26). Requerimientos en el desarrollo de software y aplicaciones. Northware. <https://www.northware.mx/blog/requerimientos-en-el-desarrollo-de-software-y-aplicaciones/>
- Otero, A., Rivera, W., Pedraza, C., Canay, J., & Universidad de Santiago de Compostela. (2019). TIC para la educación: Sistema adaptativo basado en mecanismos de aprendizaje automático para la apropiación de tecnologías en

estudiantes de educación media. Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, 21(3), 526-543. <https://doi.org/10.36390/telos213.03>

- Ponce Cruz, P. (2010). Inteligencia Artificial. Con Aplicaciones a la Ingeniería. 2010, 372.
- Ponce, P. (2010). Inteligencia Artificial con aplicaciones a la ingeniería . Mexico.
- Proceso del Data Mining. (s. f.). Ceupe. Recuperado 20 de junio de 2025, de <https://www.ceupe.com/blog/proceso-del-data-mining.html>
- Rodrigo, J. A. (2018). Reglas de asociación y algoritmo Apriori con R. 2018, 10, 32.
- Russell S, & N. (1995). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall.
- Russell, S. &. (2020). Artificial Intelligence "A Modern Approach (4th Edition)". Pearson.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (with Chang, M., Devlin, J., Dragan, A., Forsyth, D., Goodfellow, I., Malik, J., Mansinghka, V., Pearl, J., & Wooldridge, M. J.). (2022). Artificial intelligence: A modern approach (Fourth edition, global edition). Pearson.
- SafetyCulture. (2023, agosto 31). Metodología en cascada: Ventajas e inconvenientes. SafetyCulture. <https://safetyculture.com/es/temas/metodologia-en-cascada/>
- Santamaría, L. M. (2020). Fundamentos de ciencia de datos con R. Madrid: Universidad de Castilla La Mancha.
- Sayid, H. (2023, Marzo 12). Unite. AI. Retrieved from <https://unite.ai/es/construir-un-sistema-de-recomendaci%C3%B3n-usando-aprendizaje-autom%C3%A1tico/>
- Serafinelli, S. (2024a, marzo 8). Qué es la escala SUS y cómo usarla para medir la usabilidad. TeaCup Lab. <https://www.teacuplab.com/es/blog/que-es-la-escala-sus-y-como-usarla-para-medir-la-usabilidad/>
- Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. In A. M. Turing, Computing Machinery and Intelligence (pp. 433-460).
- Turing, A., M. (1950). COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE. 22.
- Williams, M. (2024, enero 22). Apriori Algorithm In Data Mining: Implementation, Examples, and More. AnalytixLabs. <https://www.analytixlabs.co.in/blog/apriori-algorithm-in-data-mining/>
- zinklarwebsite. (2022, septiembre 30). Análisis Conjoint, ¿qué es y cómo realizarlo? Zinklar. <https://zinklar.com/es/blog/analisis-conjoint-que-es-y-como-realizarlo/>