UnsiSmile: Sistema Integral de Gestión Clínica Odontológica

UnsiSmile: Integrated Dental Clinic Management System

Joel Francisco Figueroa-Martínez[a], Salvador Elioenai Antonio-Pérez[a], Everardo de Jesús Pacheco-Antonio[b], Damary López-Reyes[c], José Eduardo Orellana-Centeno[c]

Resumen

Introducción: En la actualidad, la falta de un sistema eficiente para gestionar los expedientes clínicos odontológicos representa un desafío significativo para los profesionales del sector. La organización de la información de los pacientes, el seguimiento de tratamientos y la actualización constante de datos médicos suelen ser tareas manuales que incrementan el riesgo de errores y complican el trabajo en equipo; además, agregan carga de trabajo adicional a los estudiantes, complicando su formación y aprendizaje clínico. Para enfrentar este problema, en la Universidad de la Sierra Sur (UNSIS) se desarrolló un software a la medida que permite la transición digital de los expedientes clínicos odontológicos, con el fin de optimizar la administración de los pacientes atendidos en consulta. El desarrollo se realizó bajo la metodología ágil Scrum, lo que permitió un proceso iterativo y colaborativo, adaptándose rápidamente a los requerimientos durante la fase de desarrollo. El sistema utiliza tecnologías como Spring Boot para el backend y Angular para el frontend, desplegado bajo una arquitectura de contenedores Docker. El diseño del sistema consideró el marco normativo mexicano aplicable, incluyendo la NOM-004-SSA3-2012 sobre Expediente Clínico y los principios de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de Particulares (LFPDPPP), garantizando confidencialidad

Abstract

Introduction: Currently, the lack of an efficient system for managing dental clinical records represents a significant challenge for professionals in the sector. Organizing patient information, tracking treatments, and constantly updating medical data are often manual tasks that increase the risk of errors and complicate teamwork, while also adding workload to students and interfering with their clinical training. To address this problem, the Universidad de la Sierra Sur (UNSIS) developed custom software enabling the digital transition of dental clinical records to optimize patient management. Development followed the Scrum agile methodology, enabling an iterative and collaborative process that rapidly adapted to requirements. The system uses Spring Boot for the backend and Angular for the frontend, deployed under a Docker container architecture. The system design considered the applicable Mexican regulatory framework, including NOM-004-SSA3-2012 on Clinical Records and the principles of the Federal Law on Protection of Personal Data Held by Private Parties (LFPDPPP), ensuring record confidentiality and traceability. System testing was conducted using synthetic data, without involving real patient data, safeguarding privacy throughout the progressive implementation phase. The main

[a] Universidad de la Sierra Sur, Licenciatura en Informática, Guillermo Rojas Mijangos s/n esq. Av. Universidad, Col. Universitaria, C.P. 70805, Heroica Ciudad de Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca, México.
[b] Universidad de la Sierra Sur, Instituto de Informática, Guillermo Rojas Mijangos s/n esq. Av. Universidad, Col. Universitaria, C.P. 70805, Heroica Ciudad de Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca, México.
[c] Universidad de la Sierra Sur, Instituto de Investigación sobre la Salud Pública, Guillermo Rojas Mijangos s/n esq. Av. Universidad, Col. Universitaria, C.P. 70805, Heroica Ciudad de Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca, México.

Correspondencia: Everardo de Jesús Pacheco Antonio
Universidad de la Sierra Sur, Instituto de Informática
Correo electrónico: everardojpa@gmail.com

y trazabilidad de los registros. Las pruebas del sistema se realizaron con datos sintéticos, sin involucrar datos reales de pacientes, asegurando el resguardo de la privacidad durante la fase de implementación progresiva. El objetivo principal de esta solución es optimizar la administración de historiales clínicos a través de una interfaz intuitiva y adaptable, facilitando un acceso seguro y eficiente a la información, mejorando la experiencia de los profesionales de la salud y apoyando el aprendizaje de los estudiantes.

Palabras clave: Sistemas de información, framework, Spring Boot, Angular, Expediente Clínico, software, odontología.

objective is to optimize clinical record management through an intuitive, adaptable interface, facilitating secure and efficient access to information, improving healthcare professionals' experience, and supporting student learning.

Keywords: Information System, framework, Spring Boot, Angular, Medical Record, software, dentistry.

Introducción

La adopción de Expedientes Clínicos Electrónicos (ECE) ha revolucionado la gestión sanitaria global, posicionándose como un pilar para la medicina basada en evidencia. De acuerdo con Valencia & Corona (2021), la implementación de un Expediente Clínico Electrónico (ECE) propicia una mejor organización, seguridad y confidencialidad de los datos del paciente, optimizando el espacio y reduciendo costos en la atención médica. La digitalización de los procesos formativos en odontología no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también potencia el aprendizaje académico y la investigación clínica. Diversos estudios respaldan el uso de sistemas de historia clínica electrónica (EHR, por sus siglas en inglés) en contextos educativos. Por ejemplo, Zanin ICJ (2022) destaca cómo la adopción de EHRs en escuelas de odontología ha fortalecido la formación de los estudiantes y ha facilitado la recolección de datos para investigaciones epidemiológicas. Asimismo, una revisión de alcance identificó 63 publicaciones relevantes que evidencian el impacto positivo de estas tecnologías en el desarrollo profesional de los estudiantes (Zanin ICJ, 2022). El desarrollo del software que se describe en este documento se centra en una aplicación web. Actualmente, existen múltiples lenguajes de programación y frameworks que facilitan el desarrollo de este tipo de soluciones. La selección adecuada de dichas herramientas requiere una evaluación exhaustiva de los requerimientos funcionales y técnicos del proyecto, así como del nivel de complejidad, curva de aprendizaje y experiencia previa del equipo de desarrollo. Según Kendall & Kendall (2011), la correcta gestión de proyectos de software debe iniciarse con una identificación precisa del tipo de sistema que se desea construir, seguida de un análisis detallado de las necesidades del usuario final y del flujo de datos involucrado.

Vacío de conocimiento: necesidad de una solución a medida

Previo al desarrollo de UnsiSmile, se evaluaron sistemas comerciales y de código abierto disponibles en el mercado. Sin embargo, estas alternativas fueron descartadas por tres razones principales: el costo económico poco viable para una institución pública, la rigidez funcional que impedía adaptar flujos específicos como la validación y autorización docente-estudiante, y la imposibilidad de mantenimiento interno por parte de la institución.

Esta última condición es especialmente relevante en el contexto de la Universidad de la Sierra Sur (UNSIS), que cuenta con una Licenciatura en Informática y profesores investigadores con capacidad para desarrollar, mantener y evolucionar el sistema de forma autónoma e institucional. Ninguna solución comercial o de código abierto analizada contemplaba el flujo

específico de supervisión clínica, donde un mismo registro es creado por un estudiante y validado por un docente supervisor. Esta brecha, tanto operativa como académica, justifica el desarrollo de una solución propia, flexible, escalable y alineada a los procesos reales de la institución.

Uno de los mayores retos es que el expediente clínico electrónico de odontología no solo debe intercambiar datos, sino asegurar que el sistema receptor interprete la información con el mismo significado que el emisor. La falta de adopción universal de nomenclaturas como SNOMED CT o ICD-11 para diagnósticos dentales dificulta la comunicación entre clínicas. Teniendo dentro de los protocolos de intercambio, la implementación del estándar HL7 FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) sigue siendo limitada en software odontológico comercial, lo que crea "islas de información" que impiden la continuidad del cuidado en niveles de referencia y contrarreferencia. La transición de expedientes físicos o bases de datos obsoletas hacia un nuevo expediente clínico electrónico en odontología es un proceso de alta complejidad técnica. Los registros antiguos suelen carecer de estructura, presentando duplicidad o inconsistencias que requieren algoritmos de normalización antes de la carga. Adicionalmente a la integración de odontogramas (inicial y final), datos, imágenes y radiografías, etc. Se requiere que en el caso de las imágenes y radiografías debido a la alta calidad y resolución que se requiere, el escaneo de alta resolución demanda una inversión significativa en infraestructura y tiempo de validación humana. La clínica de odontología depende de archivos de gran volumen como las tomografías computarizadas de haz cónico y escaneos intraorales. El almacenamiento de estos archivos requiere soluciones de escalabilidad que garanticen latencia mínima para la consulta en tiempo real durante el acto quirúrgico. Otra de las grandes dificultades que se tiene es la modificación de los datos, en los odontogramas, nota clínica, etc. Así como también la necesidad de firmar documentos, lo cual no es sencillo realizarlo. El diseño de arquitecturas de alta disponibilidad (clústeres) y planes de recuperación ante desastres para evitar la pérdida de información que podría comprometer la seguridad del paciente. Se requiere que el expediente clínico electrónico de odontología debe cumplir con marcos legales y a la protección de datos personales y sensibles.

Problemática

La recolección y gestión de información es una actividad esencial en sectores como la salud, la educación y el comercio. En la Clínica Odontológica de la UNSIS, este proceso se realiza actualmente de manera manual, lo cual implica un consumo elevado de papel, tinta y tiempo para la impresión, organización y archivo de los expedientes clínicos. Esta práctica no solo incrementa los costos operativos, sino que también retrasa la consulta y actualización de registros, haciéndolos propensos a errores. Más allá del impacto administrativo, el proceso manual afecta directamente la formación clínica de los estudiantes: tareas como colorear odontogramas, rellenar formularios físicos o localizar expedientes entre miles de documentos archivados desvían la atención del estudiante de su objetivo central, que es el aprendizaje y la práctica clínica. El volumen acumulado de miles de expedientes físicos dificulta el acceso ágil a la información y compromete la continuidad de la atención.

Frente a esta situación, se identificó la necesidad de implementar un expediente clínico electrónico que sistematice el flujo de trabajo, mejore la eficiencia operativa y garantice el acceso ágil, seguro y colaborativo a la información clínica.

Metodología

El desarrollo de software presenta características particulares que lo distinguen de otros tipos de proyectos. Las metodologías empleadas en este ámbito se clasifican en dos categorías principales: tradicionales y ágiles. En proyectos de pequeña y mediana escala, como el presente, las metodologías ágiles —en particular Scrum— han demostrado ser las más efectivas por su capacidad de adaptación y enfoque iterativo.

Según Kendall & Kendall (2011), aunque no existe un consenso unánime sobre el número exacto de fases en el desarrollo de sistemas, la mayoría de los enfoques reconocen al menos siete etapas fundamentales. Este proyecto siguió la metodología ágil Scrum, permitiendo iteraciones frecuentes, retroalimentación constante y una integración progresiva de funcionalidades.

Identificación de los problemas, oportunidades y objetivos

Actualmente, la Clínica Odontológica de la UNSIS realiza de forma manual el proceso de generación y gestión de la información relacionada con los expedientes clínicos de los pacientes atendidos diariamente. Esta práctica manual además de incrementar el riesgo de errores en el registro y manejo de datos, genera un gasto elevado en recursos materiales, como papel e impresiones. A su vez, el gran volumen de archivos físicos demanda espacio y tiempo, dificultando el acceso a la información de manera ágil. Ante esta problemática, se plantea el desarrollo de una aplicación web que funcione como un sistema integral para la administración de expedientes clínicos, la cual incluirá además funcionalidades específicas que optimicen el funcionamiento general de la clínica odontológica.

El presente proyecto plantea la implementación de una aplicación web orientada a la optimización y sistematización del proceso de gestión de solicitudes de expedientes clínicos odontológicos de la UNSIS. La solución propuesta se apoya en el uso de tecnologías de software libre, así como en la infraestructura, servicios y competencias técnicas que poseen alumnos y profesores de informática de la institución.

Determinación de los requerimientos humanos de información

La obtención de requerimientos funcionales y no funcionales se realizó mediante entrevistas y cuestionarios dirigidos a usuarios clave junto con una evaluación detallada de los documentos utilizados en la clínica, permitiendo la elaboración de un documento de Especificación de Requisitos del Software (ERS). Esta documentación fue validada y aprobada por los analistas y usuarios finales, estableciendo las funcionalidades esenciales, criterios de usabilidad y restricciones técnicas del sistema.

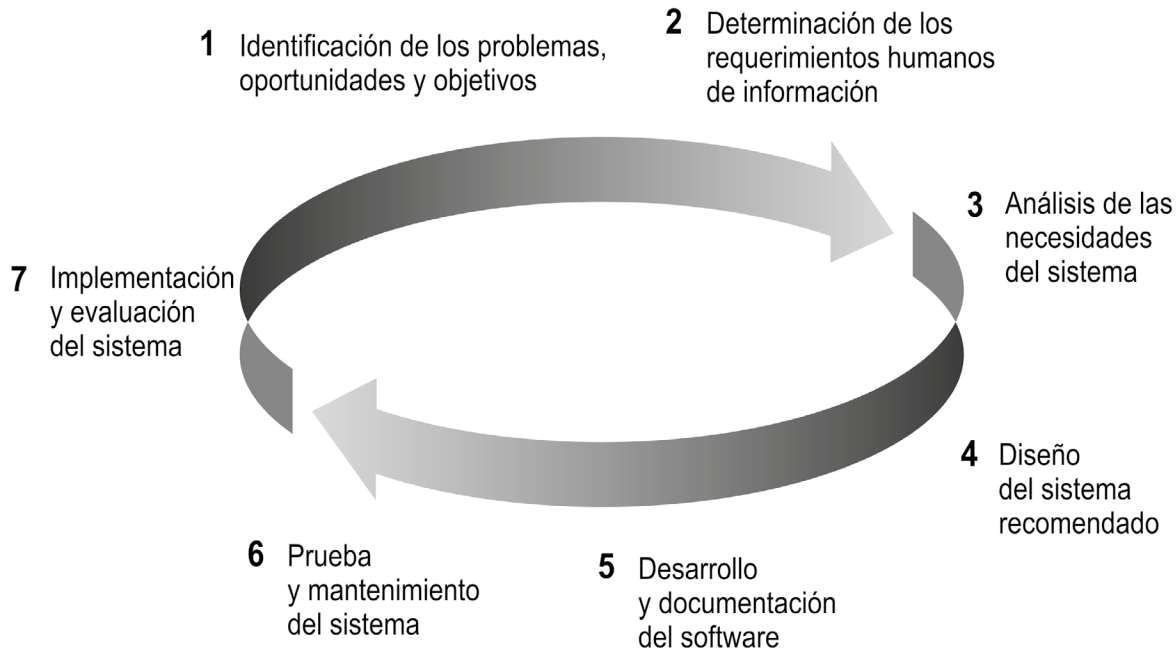
Con base en estos requerimientos, se diseñaron prototipos de baja fidelidad que representaron de forma preliminar las interfaces y flujos operativos del sistema. Dichos prototipos facilitaron la detección temprana de errores conceptuales y permitieron ajustes ágiles durante las fases iniciales del desarrollo, como recomiendan Pressman (2010) y Sommerville (2011).

Finalmente, al analizar la supervivencia global en pacientes con CMM, se observó que aquellos con organotropismo óseo presentaron mayor supervivencia que los pacientes con organotropismo visceral (mediana: 29.0 vs. 19.0 meses, $p < 0.001$), como se aprecia en la figura 1.

Análisis de las necesidades del sistema

La implementación del expediente clínico electrónico marca un avance significativo en la digitalización de los procesos odontológicos en la UNSIS. El sistema, de arquitectura cliente-servidor, consta de tres capas:

Figura 1. Siete fases del ciclo de desarrollo de sistemas.



Fuente: Kendall & Kendal (2011).

- **Frontend:** desarrollado con Angular.
- **Backend:** implementado con Spring Boot y MariaDB como sistema de gestión de base de datos.

- **Infraestructura:** desplegada en un servidor dedicado con Ubuntu Server, utilizando NGINX como proxy inverso y Docker para contenerización de los servicios.

El sistema opera en la red local de la universidad, garantizando continuidad operativa aún en ausencia de conexión a internet. La versión actual (1.0) está diseñada para ser utilizada por estudiantes, docentes, personal de recepción, administradores y supervisores clínicos.

Marco normativo: NOM-004-SSA3-2012 y LFPDPPP

El diseño del sistema consideró desde su concepción el marco normativo mexicano aplicable a los expedientes clínicos electrónicos. La NOM-004-SSA3-2012, que regula la estructura y contenido mínimo del expediente clínico en México, fue estudiada por el equipo de desarrollo y tomada como referencia para modelar los campos y secciones del sistema digital, los cuales fueron validados contra los documentos físicos existentes en la clínica.

Respecto a la firma electrónica, requerida por la NOM-004-SSA3-2012 para la validación de autoría en registros clínicos, el sistema adopta una solución transitoria híbrida: las firmas físicas son digitalizadas y adjuntadas como evidencia fotográfica dentro del expediente electrónico. La implementación de firma electrónica avanzada queda sujeta a la vinculación con una entidad certificadora autorizada, contemplada como trabajo futuro.

En cuanto a la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de Particulares (LFPDPPP), la clínica cuenta con

consentimientos informados físicos para cada procedimiento clínico. Previo al inicio de la operación con pacientes reales, se han preparado consentimientos informados específicos para el tratamiento digital de datos, en cumplimiento con los principios de licitud, consentimiento y finalidad establecidos por la norma.

El módulo de auditoría registra cada acción realizada sobre los registros clínicos, incluyendo quién accedió, modificó o consultó cada expediente, con marca de fecha y hora, con un período de retención proyectado de al menos cinco años. Los datos clínicos se almacenan exclusivamente en servidores internos de la UNSIS, sin uso de servicios en la nube externos, garantizando soberanía institucional de la información. Como limitación vigente, los mecanismos formales para la gestión de derechos ARCO (Acceso, Rectificación, Cancelación y Oposición) se encuentran parcialmente implementados, constituyendo una línea de mejora para versiones futuras del sistema.

Principales funcionalidades del sistema

- **Gestión de pacientes**: registro y actualización de datos personales y médicos.
- **Gestión de historias clínicas**: creación, consulta y modificación de registros clínicos.
- **Gestión de tratamientos**: validación de tratamientos por parte de especialistas tras su creación por estudiantes.
- **Supervisión académica**: revisión y aprobación de registros clínicos por parte de docentes supervisores.
- **Gestión de usuarios y roles**: administración de perfiles con niveles de acceso diferenciados.
- **Generación de reportes**: visualización y exportación de datos estadísticos y médicos en formato PDF.
- **Autorización y aprobación**: autorización y aprobación de finalizaciones de tratamientos por parte de supervisores de áreas clínicas.
- **Búsqueda avanzada**: filtros dinámicos por tipo de historia, fecha, nombre del paciente, entre otros.
- **Auditoría**: trazabilidad completa mediante registros de sesiones y cambios.

Diseño del sistema

Se optó por una arquitectura cliente-servidor de tres capas, compuesta por:

1. **Capa de presentación (Frontend)**: Interfaz web.
2. **Capa lógica (Backend)**: Lógica del negocio.
3. **Capa de datos (Base de datos)**: Sistema de gestión de base de datos relacional que almacena la información médica, usuarios, reportes, etc.

Módulos funcionales

- Gestión de usuarios
- Expedientes clínicos digitales
- Reportes administrativos y clínicos
- Configuración y parametrización del sistema

Consideraciones de diseño

- **Seguridad**: autenticación robusta con JWT y cifrado de datos.
- **Usabilidad**: interfaz intuitiva, consideración de contrastes adecuados en los colores y buenas prácticas de ux.
- **Compatibilidad**: soporte para dispositivos móviles y de escritorio.
- **Mantenibilidad**: código modular y documentado para facilitar futuras mejoras.

Migración de datos e interoperabilidad

La estrategia de migración de los miles de expedientes físicos existentes previos al sistema se aborda mediante un rol específico

de capturista, al cual se le han eliminado las restricciones del flujo de revisión y autorización, permitiendo la digitalización directa de expedientes históricos sin interrumpir la operación clínica activa. En la versión actual, UnsiSmile no se integra con otros sistemas institucionales de la UNSIS, siendo la integración con plataformas administrativas y académicas una línea de desarrollo futuro identificada.

A largo plazo, se contempla la integración del sistema con equipos de radiografía digital mediante el estándar DICOM. Actualmente, el servidor ya soporta la carga de imágenes diagnósticas como evidencia fotográfica, constituyendo la base técnica para esta integración futura. Si bien el sistema no adopta formalmente los estándares HL7 o FHIR, el uso de una arquitectura REST API cubre en la práctica varios de sus principios de interoperabilidad.

Transparencia metodológica y repositorio

El código fuente del sistema se encuentra alojado en un repositorio privado de GitHub, bajo restricción de acceso por razones de seguridad y confidencialidad institucional, dado que el sistema fue puesto a disposición de la UNSIS como proyecto de servicio social. La documentación técnica de los servicios, generada mediante Swagger/OpenAPI, está disponible dentro de la red universitaria. Los diagramas de arquitectura, modelo de datos y flujos del sistema se encuentran documentados en formato Markdown dentro del repositorio institucional.

Desarrollo y documentación del software

El desarrollo se realizó utilizando Java y el framework Spring Boot, bajo una arquitectura RESTful. Se implementaron y documentaron los servicios mediante Swagger/OpenAPI, con pruebas funcionales realizadas a través de Postman. Para la gestión del ciclo de vida del proyecto se utilizó JIRA, lo que permitió una planificación y seguimiento eficientes. Git fue empleado como sistema de control de versiones, facilitando el trabajo colaborativo y la trazabilidad del código.

Desafíos técnicos del desarrollo

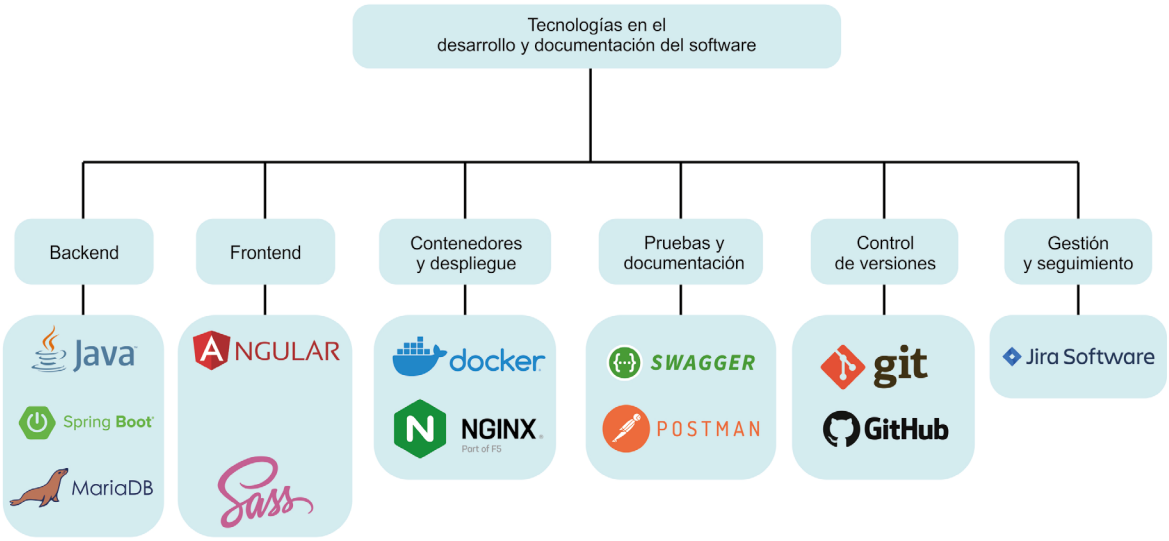
El componente técnico de mayor complejidad fue el odontograma interactivo, desarrollado íntegramente desde cero sin el uso de librerías base externas. Inspirado en los formatos físicos utilizados en la clínica de la UNSIS, el componente implicó una doble complejidad: la representación gráfica fiel de la anatomía dental y la implementación de la lógica de estados por pieza dentaria, que debe reflejar con precisión las condiciones clínicas registradas por el estudiante.

El segundo desafío de mayor complejidad fue el diseño de historias clínicas dinámicas. Durante los sprints de Scrum, los requerimientos de las historias clínicas cambiaron frecuentemente, lo que llevó al equipo a diseñar un motor de formularios dinámicos parametrizable: las secciones y campos de cada historia clínica dependen de una configuración externa, no de código fijo, lo que otorga alto dinamismo y permite modificar la estructura del expediente sin intervención sobre el código fuente del sistema.

Un tercer desafío fue la implementación de comunicación en tiempo real mediante WebSockets con protocolo STOMP sobre Spring Boot. El sistema establece un canal bidireccional entre estudiantes y docentes: el alumno notifica en tiempo real la finalización de un tratamiento, y el docente recibe la alerta y transmite de vuelta el resultado de su revisión o autorización. La arquitectura de WebSockets fue diseñada con capacidad de extensión para futuras funcionalidades de colaboración en tiempo real.

Finalmente, la configuración completa de la infraestructura desde cero representó un reto de integración: el servidor fue entregado únicamente con el sistema

Figura 2. Tecnologías en el desarrollo y documentación del software.



Fuente: Elaboración propia.

operativo Ubuntu Server, requiriendo la instalación y configuración total de Docker Swarm, NGINX con dos subdominios independientes para frontend y backend, MariaDB y los mecanismos de seguridad JWT con control de acceso basado en roles (RBAC) por endpoint. El balanceo de carga fue implementado de forma preventiva para garantizar el rendimiento ante múltiples usuarios concurrentes.

Prueba y mantenimiento del sistema

La fase de pruebas del sistema UnsiSmile fue diseñada con el objetivo de asegurar la calidad, confiabilidad y usabilidad del software antes de su despliegue definitivo. El enfoque adoptado contempló pruebas sistemáticas de tipo funcional, técnico y de aceptación, alineadas con las mejores prácticas del desarrollo ágil. Es importante señalar que todas las pruebas se realizaron exclusivamente con datos sintéticos, acordes a los campos del sistema o basados en referencias anonimizadas de expedientes físicos existentes, sin involucrar en ningún momento datos reales de pacientes. Al finalizar cada iteración de prueba, los datos generados fueron eliminados mediante el reseteo completo del modelo de datos, garantizando la privacidad y el resguardo de la información clínica institucional.

Durante esta etapa se implementaron distintos tipos de pruebas:

- Pruebas unitarias, desarrolladas para verificar el comportamiento correcto de métodos individuales dentro de cada componente del backend, utilizando herramientas como JUnit y Mockito.
- Pruebas de integración, orientadas a validar la correcta comunicación entre capas, especialmente entre los servicios RESTful y la base de datos relacional.
- Pruebas funcionales, destinadas a garantizar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en el documento ERS, mediante la simulación de flujos reales de trabajo clínico-administrativo.
- Pruebas de usabilidad, enfocadas en evaluar la experiencia de usuario, accesibilidad, disposición visual y navegabilidad del sistema con usuarios finales representativos (estudiantes, profesores y personal administrativo).
- Pruebas de rendimiento y carga, ejecutadas para evaluar la capacidad

del sistema de responder ante múltiples usuarios concurrentes y validar que las operaciones críticas se completen dentro de los tiempos establecidos.

La trazabilidad de errores, mejoras y solicitudes fue gestionada mediante JIRA, permitiendo un seguimiento detallado del ciclo de vida de cada incidencia.

Arquitectura de la aplicación y Herramientas

El sistema fue diseñado para ejecutarse en un entorno clínico local bajo una arquitectura modular y escalable, utilizando Docker Swarm en producción.

Capas arquitectónicas:

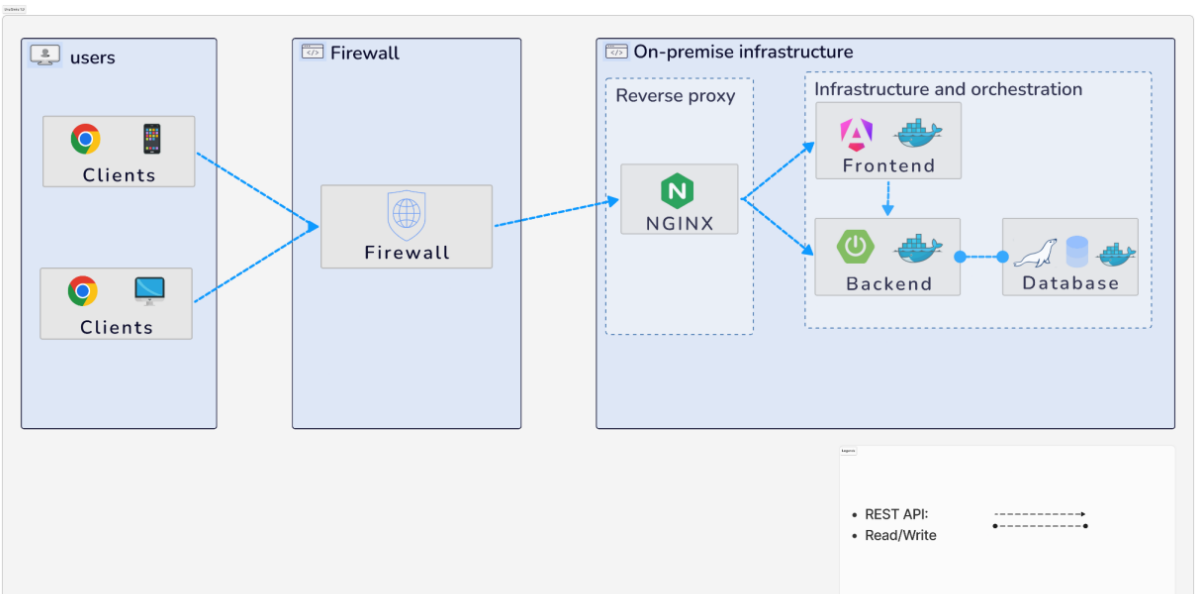
1. Presentación (Frontend): Angular en contenedor unsismile-frontend, accesible vía NGINX.
2. Servicios (Backend/API): Spring Boot en contenedor unsismile-backend, con seguridad JWT y control de acceso RBAC.
3. Persistencia: MariaDB en contenedor unsismile-db, con respaldo, integridad y preparación para escalado horizontal.
4. Infraestructura y orquestación: Docker Swarm, alta disponibilidad, actualizaciones sin interrupciones.
5. Seguridad: HTTPS, cifrado en tránsito y en reposo, protección contra ataques comunes (SQLi, XSS, CSRF).
6. Redes: redes Docker virtuales segmentadas, balanceo de carga a nivel L4 y L7 mediante Swarm y NGINX.

Implementación y evaluación del sistema

La implementación del sistema UnsiSmile siguió una estrategia progresiva basada en un despliegue piloto dividido en fases, permitiendo validar el funcionamiento del sistema con distintos perfiles de usuario e incorporar mejoras antes de su adopción institucional completa.

Desde el punto de vista ético e institucional, el proyecto fue formalizado como proyecto de servicio social con la participación de cuatro estudiantes de la Licenciatura en Informática,

Figura 3. Arquitectura de UnsiSmile.



Fuente: Elaboración propia.

supervisado y aprobado por el jefe de carrera de Odontología, profesores y administradores de la clínica. Para la operación definitiva con pacientes reales, se han preparado los consentimientos informados correspondientes, y el uso del sistema está normado para operar exclusivamente dentro de la red universitaria, garantizando el control institucional sobre el acceso a la información clínica.

Fase 1: Estudiantes (Piloto)

En esta etapa inicial se habilitó el acceso al sistema a un grupo reducido de estudiantes, quienes utilizaron la plataforma para registrar datos clínicos sintéticos en un entorno controlado, simulando los flujos reales de trabajo sin involucrar información de pacientes reales. Se monitorearon métricas como la frecuencia de uso, errores de validación, dificultades de navegación y tiempos de carga. La retroalimentación fue recopilada mediante reuniones con los usuarios, cuyos resultados sirvieron para realizar ajustes en la interfaz y simplificar los flujos de interacción.

Fase 2: Administradores

Posteriormente, se extendió el acceso a los administradores de la clínica, quienes evaluaron funcionalidades relacionadas con la gestión de usuarios, generación de reportes, auditoría y mantenimiento de registros. Se validaron los mecanismos de control de acceso por roles, así como la capacidad del sistema para manejar operaciones administrativas en paralelo con el uso clínico-académico.

Fase 3: Profesores, encargados de áreas clínicas y jefes de carrera

En esta etapa, el enfoque se centró en la supervisión académica. Los profesores revisaron y validaron historias clínicas generadas por los estudiantes, utilizando herramientas internas de comentarios, seguimiento y validación electrónica. Se comprobó la interoperabilidad entre los distintos perfiles de usuario y se evaluó la eficacia del sistema en procesos de supervisión clínica.

Despliegue final

Una vez concluidas y validadas las fases anteriores, se procedió al despliegue institucional del sistema. Se habilitó el acceso completo a todos los roles definidos en el ERS y se brindó capacitación específica mediante manuales de usuario y sesiones técnicas. Durante las primeras semanas se implementó un protocolo de monitoreo activo para asegurar una transición fluida y sin afectaciones al servicio clínico.

Evaluación del sistema

Los resultados del proceso de implementación reflejaron una alta aceptación por parte de los usuarios, así como mejoras significativas en los indicadores operativos:

- Reducción de errores de registro clínico y eliminación de duplicidades.
- Disminución del tiempo requerido para acceder y gestionar historiales clínicos.
- Aumento en la eficiencia del proceso de validación docente.
- Consolidación de la trazabilidad y auditoría de las acciones realizadas.
- Automatización de la gestión de historias clínicas, reduciendo el uso de papel y los tiempos de procesamiento.
- Mejora operativa gracias a módulos funcionales clave como gestión de usuarios, reportes, auditoría, gestión de pacientes, gestión de historias clínicas y gestión de tratamientos.
- Accesibilidad y confiabilidad al operar en la red local universitaria, garantizando soporte ante fallos de conexión a internet.
- Aceptación positiva del usuario final en pruebas piloto.
- Reducción de la carga administrativa, permitiendo a estudiantes y personal concentrarse en actividades académicas y clínicas esenciales

Con base en los datos recolectados, se concluyó que el sistema cumple satisfactoriamente con los objetivos funcionales y no funcionales planteados, y establece un precedente sólido para futuras fases de expansión, integración y evolución tecnológica.

Resultados y conclusiones

El desarrollo del software UnsiSmile se realizó bajo la metodología ágil Scrum, la cual se considera la más demandada para proyectos de desarrollo de software ágil. Esta metodología permitió un proceso iterativo y colaborativo, facilitando una rápida adaptación a los requerimientos y cambios durante la fase de desarrollo.

El sistema UnsiSmile, A pesar de encontrarse en fase de pruebas, se han observado resultados significativos:

- Automatización de la gestión de historias clínicas, reduciendo el uso de papel y tiempos de procesamiento.
- Mejora operativa, gracias a módulos funcionales como gestión de usuarios, reportes y auditoría.
- Accesibilidad: el sistema opera eficazmente en la red local universitaria.
- Aceptación del usuario final: validación positiva en pruebas piloto.
- Reducción de carga administrativa, permitiendo que estudiantes y personal se concentren en actividades académicas y clínicas esenciales.

En conclusión, la implementación de UnsiSmile representa un avance significativo hacia la digitalización de los servicios clínicos universitarios, alineándose con las tendencias globales de transformación digital en salud. Su arquitectura, basada en tecnologías modernas como Spring Boot, Angular y Docker, ofrece una base sólida para su escalabilidad y mantenimiento futuro. El sistema se desarrolló en apego al marco normativo mexicano, tomando como referencia la NOM-004-SSA3-2012 y los principios de la LFPDPPP, con una hoja de ruta clara para consolidar aspectos como la firma electrónica avanzada, pendiente de vinculación con una entidad certificadora autorizada, y la integración futura con equipos de radiografía digital bajo el estándar DICOM. La evaluación cuantitativa formal del sistema, mediante escalas de usabilidad estandarizadas y métricas de eficiencia operativa, constituye la siguiente fase de investigación, a desarrollarse una vez que el sistema opere en plena capacidad institucional con sus aproximadamente 700 usuarios proyectados.

Referencias

1]. Kendall, K. E., & Kendall, J. E. (2011). Análisis y diseño de sistemas (8.ª ed.). Pearson Educación.

2]. Pressman, R. S. (2010). Ingeniería de software: Un enfoque práctico (7.ª ed.). McGraw-Hill.

3]. Secratría de Salud. (2012). NOM-004-SSA3-2012, Del expediente clínico. Diario Ofcicial de la Federación. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle_popuo.php?codigo=5272787

4]. Sommerville, I. (2011). Ingeniería del software (9.ª ed.). Pearson Educación.

5]. Valencia, E., & Corona, G. (2021). Implementación de expedientes clínicos electrónicos: Seguridad, organización y eficiencia en la atención médica. Revista de Tecnología y Salud, 8(2), 45–60.

6]. Zanin ICJ,et al.Electronic Health Records in Dental Education: A Scoping Review andQuantitative Analysis of Publications.Jour Clin Med Res. 2022;3(3):1-16.

Recibido: 18 de junio de 2025.
Corregido: 20 de junio de 2026.
Aceptado: 23 de junio de 2026.

Conflictos de interés: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.