
**Diseño de un modelo de datos interoperable para la
centralización de la información de la historia clínica en las
Subred de salud del departamento del Magdalena**

Autores

Jesus Alberto Echeverria Cervantes

Director

Jorge Ivan Romero Gelvez

Co-Director

Mauricio Garcés Restrepo



Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Especialización en Desarrollo de Bases de Datos

Bogotá - Colombia, Mayo de 2025

Índice

	Página
Resumen	III
Abstract	IV
1. Introducción	1
2. Descripción del Problema	2
3. Objetivos	3
3.1. Objetivo General	3
3.2. Objetivos Específicos	3
4. Requerimientos	4
4.1. Requerimientos de Negocio	4
4.2. Requerimientos de los Usuarios	4
4.3. Requerimientos Funcionales	5
4.4. Requerimientos de Calidad	5
5. Estado del Arte	6
6. Marco Teórico	8
7. Solución propuesta	11
7.1. Descripción general de la solución	11
7.2. Modelo conceptual	12
7.3. Estándares de la solución	13
7.4. Condiciones de diseño, propuesta de implementación y evaluación	14
8. Planeación del Trabajo	16
8.1. Descomposición de actividades WBS	16
8.2. Diagrama de Gantt	16
9. Conclusiones	18
Bibliografía	23
A. Anexos	24
A.1. Anexo A: Modelo Lógico	24
A.2. Anexo B: Modelo Físico	26

Índice de figuras

1.	Diagrama de bloques	11
2.	Modelo de datos lógico	15
3.	Modelo de datos Físico	15
4.	Descomposición de las actividades	16
5.	Diagrama de Gantt	17

Resumen

El presente trabajo propone el diseño de un modelo de datos interoperable para la centralización de la historia clínica electrónica en la Subred de Salud del Departamento del Magdalena. Actualmente, la falta de integración entre las distintas instituciones de salud genera problemas como la duplicidad de exámenes, retrasos en la atención y riesgos en la seguridad del paciente debido a la falta de acceso a su historial clínico.

Con el fin de abordar esta problemática, se plantea un modelo basado en estándares internacionales como HL7 FHIR y CDA, así como en la normatividad vigente del sector salud en Colombia, que permita el intercambio seguro y eficiente de datos clínicos en tiempo real. El objetivo principal de este modelo interoperable es mejorar la atención en salud, garantizar un servicio de alta calidad y asegurar la continuidad en la atención de la población del Magdalena.

La investigación se enfoca en analizar los requisitos normativos en Colombia, definir la estructura del modelo de datos, diseñar su arquitectura y establecer un esquema conceptual y lógico que asegure su escalabilidad y compatibilidad con los sistemas de información en salud existentes.

Abstract

This work proposes the design of an interoperable data model for the centralization of electronic medical records in the Health Subnetwork of the Department of Magdalena. Currently, the lack of integration among different health institutions generates problems such as duplication of tests, delays in care, and risks to patient safety due to lack of access to their clinical history.

In order to address this issue, a model based on international standards such as HL7 FHIR and CDA, as well as on the current regulations of the health sector in Colombia, is proposed to allow safe and efficient real-time exchange of clinical data. The main objective of this interoperable model is to improve health care, ensure a high-quality service, and guarantee continuity in the care of the population of Magdalena.

The research focuses on analyzing the regulatory requirements in Colombia, defining the data model structure, designing its architecture, and establishing a conceptual and logical schema that ensures its scalability and compatibility with existing health information systems.

1. Introducción

El acceso oportuno y la unificación de la información clínica son fundamentales para mejorar la calidad del servicio de salud. En el Departamento del Magdalena, la fragmentación de los sistemas de información entre las 26 Empresas Sociales del Estado (ESE) dificulta la continuidad de la atención médica, generando ineficiencias y aumentando los riesgos en el tratamiento de los pacientes. En este contexto, la interoperabilidad de los datos de la historia clínica electrónica se presenta como una solución clave para facilitar la integración de la información y optimizar los procesos asistenciales.

En Colombia, el manejo de la historia clínica está regulado por la Ley 23 de 1981 y la Resolución 1995 de 1999, las cuales establecen los principios para su gestión, custodia y confidencialidad.[1] [2] Con el avance tecnológico y la necesidad de modernizar la prestación de los servicios de salud, el país ha adoptado normativas específicas orientadas a la historia clínica electrónica interoperable (IHCE). La Ley 2015 de 2020 establece su obligatoriedad en todo el territorio nacional, permitiendo el acceso seguro a la información clínica por parte de las entidades autorizadas.[3] De igual forma, la Resolución 866 de 2021 reglamenta el conjunto de datos mínimos relevantes para la interoperabilidad, promoviendo la estandarización de la información clínica en el país.[4]

A nivel internacional, el desarrollo de modelos de datos interoperables se basa en estándares como HL7 FHIR y CDA, los cuales permiten el intercambio estructurado y seguro de datos clínicos. La adopción de estos estándares facilita la compatibilidad de los sistemas de información hospitalarios en Colombia con plataformas globales, contribuyendo a garantizar la calidad, seguridad y continuidad de la atención médica.

Este trabajo propone el diseño de un modelo de datos interoperable que permita la centralización de la historia clínica electrónica en la Subred de Salud del Departamento del Magdalena, alineado con la normatividad vigente en Colombia y las mejores prácticas internacionales. Se plantea una solución basada en estándares HL7 que asegure el acceso en tiempo real a la información médica, contribuyendo a la optimización de los procesos clínicos, la reducción de costos operativos y la mejora en la calidad de la atención para la población magdalenense.

2. Descripción del Problema

El Departamento del Magdalena cuenta con una red hospitalaria conformada por 26 Empresas Sociales del Estado (ESE), distribuidas en 20 ESE de primer nivel, 5 ESE de segundo nivel y 1 ESE de tercer nivel, agrupadas en cinco subregiones: Centro, Sur, Río, Norte y Santa Marta. Esta red tiene como objetivo mejorar la prestación del servicio de salud a la población magdalenense, garantizando una atención de alta calidad.

Sin embargo, uno de los principales desafíos que enfrenta esta red hospitalaria es la falta de un modelo de datos interoperable para la centralización de la historia clínica electrónica. Actualmente, cada institución maneja la información clínica de manera independiente, lo que impide un acceso unificado y en tiempo real a los antecedentes médicos de los pacientes. Por ejemplo, si un paciente es atendido en un hospital de la subregión Río y posteriormente requiere atención en la subregión Norte, los profesionales de la salud no pueden consultar su historial clínico previo, afectando la continuidad del cuidado.

La fragmentación de los sistemas de información, la incompatibilidad entre plataformas y la falta de infraestructura adecuada dificultan la interoperabilidad y el acceso oportuno a la información clínica, lo que genera diversos problemas, tales como:

- Retrasos en la atención médica por la ausencia de datos clínicos en tiempo real.
- Riesgo de errores médicos debido a la falta de antecedentes del paciente.
- Duplicidad de exámenes y procedimientos, incrementando costos operativos.
- Dificultades en la referencia y contrarreferencia de pacientes, afectando la eficiencia del sistema de salud.

Ante esta problemática, se hace necesario el diseño de un modelo de datos interoperable que permita la centralización de la historia clínica electrónica en la Subred de Salud del Departamento del Magdalena. Este modelo debe basarse en estándares internacionales como HL7 FHIR y CDA, asegurando la integración de los datos clínicos y facilitando su acceso de manera segura, eficiente y en tiempo real entre las distintas entidades de la red hospitalaria.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Diseñar un modelo de datos interoperable para la centralización de la historia clínica electrónica en la Subred de Salud del Departamento del Magdalena, basado en estándares internacionales como HL7 FHIR y CDA, que permita el acceso seguro, oportuno y eficiente a la información clínica, con la intención de contribuir al mejoramiento de la calidad de la atención en salud y de promover la garantía de la continuidad asistencial.

3.2. Objetivos Específicos

- Analizar el contexto actual de los sistemas de información clínica en las Empresas Sociales del Estado (ESE) del Departamento del Magdalena, identificando su nivel de fragmentación y los requisitos técnicos y normativos de interoperabilidad vigentes en Colombia.
- Definir la estructura, arquitectura y componentes del modelo de datos interoperable, estableciendo los formatos, entidades, relaciones y recursos necesarios para representar la información clínica de manera estandarizada.
- Diseñar la arquitectura del modelo de datos, integrando HL7 FHIR para el intercambio en tiempo real y CDA para la representación estructurada y persistente de documentos clínicos, garantizando la compatibilidad con los sistemas existentes en la Subred.
- Elaborar un esquema conceptual y lógico del modelo de datos, detallando recursos, atributos, mecanismos de interoperabilidad, seguridad y escalabilidad, alineado con estándares nacionales e internacionales.
- Proponer una estrategia de implementación del modelo de datos, considerando aspectos técnicos, normativos y de gestión del cambio para facilitar su adopción en las ESE del departamento del Magdalena.

4. Requerimientos

El diseño de un modelo de datos interoperable para la centralización de la historia clínica electrónica en la Subred de Salud del Departamento del Magdalena requiere la definición clara de los requerimientos que guiarán su diseño. Estos requerimientos aseguran que el sistema cumpla con los objetivos de eficiencia, seguridad y accesibilidad, alineándose con la normatividad vigente en Colombia y los estándares internacionales de interoperabilidad. Se describen a continuación los requerimientos organizados en cuatro categorías claves.

4.1. Requerimientos de Negocio

- Buscar mejorar la eficiencia del sistema de salud en la Subred de Salud del Departamento del Magdalena mediante la interoperabilidad de la historia clínica electrónica.
- Procurar garantizar la interoperabilidad del modelo de datos, con el fin de permitir la integración de información clínica entre diferentes entidades de la Subred de Salud del Departamento del Magdalena.
- Pretender asegurar la centralización de la historia clínica electrónica, con el objetivo de evitar la fragmentación de los datos entre distintas instituciones de salud.
- Orientar el diseño del sistema al cumplimiento de la normatividad vigente en Colombia (Ley 2015 de 2020 y Decreto 351 de 2022), promoviendo la adopción de estándares reconocidos como HL7 FHIR y CDA.
- Buscar optimizar la organización y el almacenamiento de los datos clínicos, considerando la escalabilidad del modelo de datos en el mediano y largo plazo.
- Tener la intención de optimizar la gestión y el análisis de los datos clínicos, con el propósito de facilitar una toma de decisiones basada en información consolidada, precisa y oportuna.

4.2. Requerimientos de los Usuarios

- Pretender definir una estructura de datos clara y estandarizada, que facilite a los desarrolladores e ingenieros de software la implementación del modelo en diversos sistemas de información hospitalaria.
- Buscar proveer documentación técnica detallada del modelo de datos, con el objetivo de facilitar su comprensión y adopción por parte de las instituciones de salud.
- Procurar asegurar la compatibilidad del modelo con diferentes sistemas hospitalarios, permitiendo que los datos puedan ser integrados y consumidos por plataformas preexistentes.
- Proponer habilitar mecanismos de acceso a la información estructurada, que permitan realizar consultas optimizadas y eficientes desde múltiples puntos de la red de salud.
- Buscar facilitar la trazabilidad y auditoría de la información clínica, asegurando que los registros sean accesibles exclusivamente por personal autorizado, en cumplimiento con principios de confidencialidad.

4.3. Requerimientos Funcionales

- Plantear la definición de entidades y relaciones clave en el modelo de datos, con el fin de representar de manera estructurada los componentes fundamentales de la historia clínica electrónica (pacientes, episodios de atención, diagnósticos, procedimientos, medicamentos, referencias y contrarreferencias).
- Aspirar a incorporar el estándar HL7 FHIR para la representación de datos clínicos, con el objetivo de garantizar la interoperabilidad con otros sistemas de información en salud.
- Proponer mecanismos que garanticen la integridad y consistencia de los datos almacenados, evitando duplicaciones e inconsistencias en los registros clínicos.
- Tener como intención diseñar el modelo de datos para soportar accesos concurrentes, permitiendo su uso simultáneo en múltiples instituciones de salud en tiempo real.

4.4. Requerimientos de Calidad

- Procurar cumplir con principios de seguridad y confidencialidad en el tratamiento de los datos clínicos, en concordancia con la legislación colombiana y estándares internacionales de protección de la información.
- Proponer que el modelo de datos esté diseñado para ser escalable, permitiendo el crecimiento en volumen de registros y usuarios sin que se vea afectado el rendimiento del sistema.
- Tener la intención de optimizar la estructura del modelo para lograr tiempos de respuesta eficientes, especialmente en consultas sobre datos clínicos.
- Pretender facilitar la interoperabilidad con sistemas externos, asegurando la compatibilidad con plataformas que ya operan en el ecosistema de salud.
- Proponer la incorporación de mecanismos de auditoría y trazabilidad, con el fin de mantener control sobre los accesos y modificaciones realizados a los datos clínicos.

5. Estado del Arte

La interoperabilidad de la historia clínica electrónica (HCE) es un desafío global que requiere modelos de datos bien estructurados para garantizar el acceso, la seguridad y la continuidad de la atención médica. Este estado del arte analiza los fundamentos teóricos, el estado actual del conocimiento, las brechas existentes y las metodologías utilizadas en proyectos similares, con el fin de identificar los elementos clave para el diseño de un modelo de datos interoperable en la Subred de Salud del Departamento del Magdalena.

Interoperabilidad en Sistemas de Salud

La interoperabilidad en salud se define como la capacidad de diferentes sistemas y organizaciones para intercambiar, interpretar y utilizar información de manera coordinada. [5] Existen tres niveles ampliamente reconocidos en la informática de la salud que son:

- Interoperabilidad técnica.
Se refiere a la capacidad de los sistemas de información en salud para comunicarse entre sí, garantizando la integración de datos mediante estándares tecnológicos, interfaces y mecanismos de seguridad.[6]
- Interoperabilidad semántica.
Asegura que la información intercambiada pueda ser interpretada automáticamente por distintos sistemas sin pérdida de significado, facilitando su reutilización.[7]
- Interoperabilidad organizativa.
Permite la alineación de los sistemas de información con los objetivos, flujos de trabajo y expectativas de cada organización, asegurando una colaboración efectiva entre entidades.[8]

A nivel internacional y nacional se han optado múltiples iniciativas de la interoperabilidad de la historia clínica electrónica, en el país de Chile, se ha impulsado la interoperabilidad de la historia clínica como una oportunidad para modernizar el sistema de salud. Según ProSalud Chile, el acceso a una historia clínica unificada mejoraría la continuidad asistencial y reduciría los costos operativos. Sin embargo, se destacan desafíos como la fragmentación de sistemas y la necesidad de una gobernanza efectiva para lograr una implementación exitosa. [9] En España el proyecto miHC (mi Historia Clínica), liderado por la Fundación IDIS, se ha consolidado como una plataforma de referencia en la digitalización del sector sanitario privado en España. Esta iniciativa permite a los pacientes acceder a su información clínica de forma segura y en un entorno interoperable, mejorando la continuidad asistencial y la eficiencia en la gestión sanitaria. Desde su lanzamiento, miHC ha alcanzado más de un millón de accesos, evidenciando su impacto positivo en pacientes y profesionales sanitarios.[10]

En Colombia se avanzado en la regulación de la interoperabilidad con normativas como lo es Ley 2015 de 2020 que establece la Interoperabilidad de la Historia Clínica Electrónica (IHCE) como un derecho de los ciudadanos y una obligación de las instituciones de salud. Asimismo, la resolución 866 de 2021 que reglamenta el conjunto de datos mínimos relevantes

para la interoperabilidad de la historia clínica en el país. Además, en 2024, se publicaron las Guías de Implementación FHIR, un documento de uso público que define los estándares técnicos para el intercambio seguro y eficiente de datos en el sector salud. [11]

La interoperabilidad en sistemas de información en salud continúa siendo un desafío global, especialmente en regiones donde se requiere integrar múltiples proveedores y sistemas heterogéneos para garantizar continuidad y calidad en la atención médica [12]. La implementación exitosa de sistemas interoperables demanda abordar dimensiones técnicas, semánticas, legales y organizativas en conjunto. Desde el punto de vista técnico, la estandarización de datos y su traducción adecuada entre sistemas disímiles son fundamentales para lograr interoperabilidad semántica, que asegura que la información intercambiada conserve su significado y pueda ser procesada automáticamente [13]-[15]. La adopción de estándares como HL7 y arquitecturas orientadas a servicios (SOA) se ha mostrado eficaz para facilitar la interoperabilidad entre proveedores de salud, tal como se ha implementado en Colombia [14]. Además, la integración técnica de fuentes de datos biomédicos debe garantizar interoperabilidad en niveles técnico, sintáctico y semántico, para lo cual se utilizan metodologías y marcos de desarrollo que aseguran la escalabilidad y adaptabilidad de los sistemas [16], [17]. Modelos basados en estándares HL7 RIM, OWL, UML y OCL han sido propuestos para facilitar la integración semántica de datos biomédicos [18].

A nivel internacional, estrategias nacionales han implementado pilares semánticos para habilitar el uso secundario de datos clínicos en investigación, como la estrategia suiza basada en estándares y lenguajes formales [19]. No obstante, desafíos en la adopción de estándares como OpenEHR y en la alineación de modelos terminológicos como SNOMED CT persisten [20], [21]. En la actualidad, el modelado unificado de datos que permita interoperabilidad técnica, semántica y organizativa es fundamental, especialmente en plataformas de salud basadas en aprendizaje federado y sistemas distribuidos [22], [23]. Para ello, se han desarrollado registros federados de metadatos semánticos y modelos de integración clínica que facilitan la interoperabilidad entre la atención clínica y la investigación [24], [25]. Las revisiones sistemáticas de tecnologías y enfoques para lograr interoperabilidad en registros electrónicos de salud destacan la importancia de estándares como HL7 FHIR, CDA, HIPAA, SOA, APIs REST y terminologías clínicas, que deben ser integrados con cuidado para evitar la fragmentación y garantizar la coherencia [26], [27].

Adicionalmente, los enfoques ontológicos y las arquitecturas duales permiten la transformación y comprensión de datos clínicos, facilitando la interoperabilidad semántica entre sistemas heterogéneos [28], [29]. La mediación mediante modelos de usuario ubicuos ha emergido como mecanismo para compartir información médica y administrativa en entornos seguros [30]. La interoperabilidad debe abordarse en un marco organizativo y regulatorio coherente, considerando la gestión del conocimiento y la estandarización detallada para habilitar la integración efectiva de los sistemas nacionales y regionales [31], [32]. Este es un aspecto clave para el desarrollo de modelos de datos unificados en la Subred de Salud del Departamento del Magdalena, Colombia.

Sin embargo, a pesar de estos avances, la interoperabilidad sigue siendo un reto en la Subred del departamento del Magdalena debido a la falta de un modelo de datos unificado que permita la centralización de la información clínica en la región.

6. Marco Teórico

El sector salud es un pilar fundamental para garantizar la calidad de vida de los ciudadanos en el Departamento del Magdalena, donde amplios segmentos de la población, especialmente en zonas rurales y de difícil acceso, requieren atención médica continua y eficiente. La implementación de sistemas integrados e interoperables en salud no solo mejora la calidad de la atención, sino que también fortalece la capacidad de respuesta ante emergencias, reduce inequidades territoriales y mejora la eficiencia en la prestación de servicios.

Actualmente, el Magdalena enfrenta importantes desafíos en la gestión de su sistema de salud. Las diferentes E.S.E. e IPS que conforman la Subred Departamental funcionan con sistemas de información aislados, lo que genera fragmentación de datos, duplicidad de registros y dificultades para garantizar la continuidad del cuidado. En este contexto, surge la necesidad de diseñar e implementar soluciones tecnológicas innovadoras, basadas en plataformas abiertas e interoperables, que permitan centralizar la información clínica y administrativa, conectando de manera efectiva a los distintos actores del sistema.

El concepto de interoperabilidad es esencial para entender este desafío. La interoperabilidad es la capacidad que tienen los sistemas o las organizaciones para llevar a cabo un intercambio de datos sin importar su punto geográfico [33]. En el ámbito de la historia clínica electrónica, esto implica que la información médica de un paciente pueda ser compartida y consultada sin barreras entre distintas instituciones de salud, respetando los estándares y lineamientos técnicos establecidos. Por ejemplo, si un paciente es atendido inicialmente en una IPS y requiere ser remitido a otra IPS, los profesionales de salud en esas instituciones podrán acceder de manera ágil y segura a su historial clínico, garantizando una atención continua y de calidad.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) resalta que “la interoperabilidad es fundamental para el desarrollo de los sistemas de información en salud, ya que permite a los proveedores de atención médica acceder de forma oportuna y segura a la información crítica de los pacientes” [34]. En el ecosistema de salud, la interoperabilidad no solo fortalece los procesos clínicos, sino que permite que los sistemas de información trasciendan los límites organizacionales, facilitando una prestación de servicios más efectiva al suministrar información precisa y relevante a los profesionales de salud. Herramientas como los registros electrónicos de salud cumplen un papel clave al permitir la recopilación integral y segura de las interacciones entre las personas y el sistema sanitario, lo que contribuye a reducir reprocesos, optimizar recursos y garantizar una atención centrada en el paciente, mejorando así la calidad y continuidad del cuidado.

En Colombia, la interoperabilidad en salud se encuentra regulada por un conjunto de normas, entre las que destacan la Ley 1438 de 2011, que establece la obligatoriedad de la historia clínica electrónica (HCE), y la Ley 2015 de 2020, que define un sistema interoperable de HCE para garantizar la accesibilidad y transferencia de datos clínicos entre entidades. Adicionalmente, la Ley 1751 de 2015 consagra la salud como derecho fundamental, estableciendo la obligación del Estado de garantizar servicios accesibles, oportunos y de calidad, apoyándose en tecnologías que optimicen la prestación de los servicios sanitarios.

La Resolución 866 de 2021 del Ministerio de Salud establece lineamientos técnicos para la interoperabilidad, incluyendo estándares como HL7, CDA y FHIR, que aseguran el intercambio seguro de información clínica. Sin embargo, la implementación en regiones como el Magdalena enfrenta retos significativos, entre ellos la desigualdad en la infraestructura tecnológica, la limitada conectividad en áreas rurales y las brechas en capacitación del talento humano en salud.

FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) es un estándar internacional desarrollado por HL7 que permite el intercambio electrónico de información en salud de manera rápida, eficiente y segura. Este estándar se basa en recursos modulares que facilitan la representación de datos clínicos y administrativos, permitiendo su interoperabilidad entre diferentes sistemas de información en salud.

A nivel internacional, países como Dinamarca han demostrado que un modelo interoperable de historia clínica electrónica mejora la continuidad del cuidado, optimiza la gestión administrativa y reduce costos operativos. El uso de estándares como FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) ha sido clave para conectar sistemas heterogéneos, facilitando un flujo ágil y seguro de información clínica entre instituciones.

En el Departamento del Magdalena, la Subred de Salud enfrenta problemas comunes de los sistemas fragmentados: registros médicos incompletos, duplicidad de exámenes, errores en la medicación y dificultades en el seguimiento de los pacientes crónicos. A pesar de iniciativas previas para digitalizar algunos procesos, no se ha logrado consolidar una plataforma centralizada e interoperable que permita integrar la información de todas las E.S.E. e IPS del departamento.

Frente a esta situación, el proyecto “Diseño de un modelo de datos interoperable para la centralización de la información de la historia clínica en las Subred de salud del departamento del Magdalena” busca aportar una solución estructural. Su objetivo es diseñar un modelo de datos que estandarice, centralice y haga interoperable la información clínica, garantizando su disponibilidad en tiempo real para todos los actores del sistema. Esto permitirá mejorar la calidad de la atención, optimizar recursos, facilitar la toma de decisiones clínicas y administrativas, y garantizar el cumplimiento de los lineamientos normativos vigentes.

El diseño de este modelo enfrenta desafíos como:

- Brechas en infraestructura tecnológica, especialmente en áreas rurales.
- Falta de estandarización en los datos históricos.

Sin embargo, representa una oportunidad estratégica para transformar la prestación de servicios en el Magdalena, reducir inequidades en salud, fortalecer el sistema de referencia y contrarreferencia, y servir como modelo piloto para otros departamentos del país.

La interoperabilidad en salud no es únicamente un desafío tecnológico, sino también organizacional y cultural. Implementar un modelo de datos centralizado e interoperable para la Subred del Magdalena permitirá superar barreras históricas, mejorar la eficiencia del sistema y garantizar una atención centrada en el paciente. Esta iniciativa responde a las tendencias

Diseño de un modelo de datos interoperable para la centralización de la información de la historia clínica en las Subred de salud del departamento del Magdalena

globales y a las exigencias normativas nacionales, posicionando al departamento como un referente en innovación y transformación digital en salud.

7. Solución propuesta

7.1. Descripción general de la solución

La solución propuesta está enfocada en el diseño de un modelo de datos interoperable para la centralización de la información clínica en la Subred de Salud del Departamento del Magdalena, en cumplimiento con la Resolución 866 de 2021 del Ministerio de Salud y Protección Social.

La propuesta se representa mediante un diagrama de bloques en la figura 1, que ilustra los componentes funcionales y las interfaces necesarias para asegurar la interoperabilidad técnica, semántica y organizativa del sistema de Historia Clínica Electrónica (HCE).

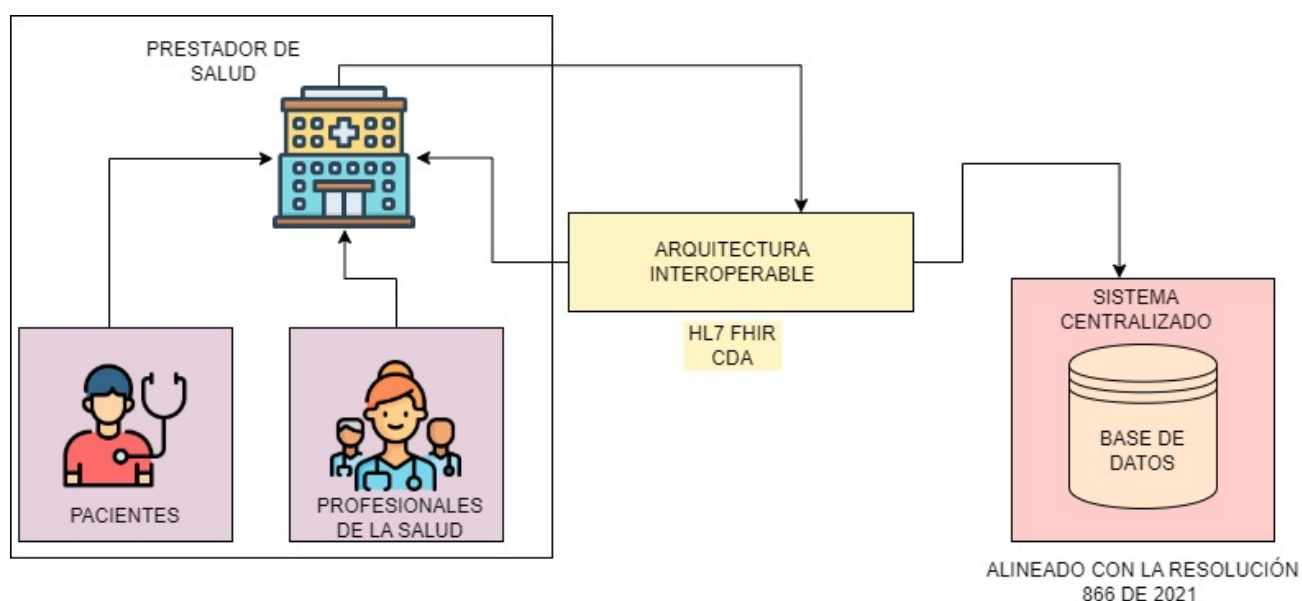


Figura 1: Diagrama de bloques

Componentes del diagrama

Pacientes: son los generadores de los datos clínicos. Su información es registrada durante los procesos de atención en los distintos niveles de la red de salud del departamento.

Profesionales de la salud: responsables de la generación, consulta y actualización de los registros clínicos de los pacientes. Acceden al sistema mediante las plataformas habilitadas en las IPS.

Prestador de salud (IPS): institución encargada de brindar los servicios asistenciales. Actúa como fuente y consumidor de información clínica, conectándose al sistema interoperable.

Arquitectura interoperable: núcleo técnico de la solución. Se encarga de transformar, validar y comunicar los datos entre los sistemas locales de los prestadores de salud y el sistema

centralizado. Esta arquitectura implementa los estándares HL7 FHIR y CDA para asegurar la compatibilidad con otros sistemas nacionales e internacionales.

Sistema centralizado: repositorio único que almacena la información clínica estructurada y validada, accesible por los actores autorizados del sistema de salud. Este componente garantiza la disponibilidad, trazabilidad y seguridad de los datos clínicos, cumpliendo con los requisitos definidos por la normativa vigente.

Flujo de la información

1. El paciente accede a los servicios de salud en una IPS de la red.
2. El profesional registra la información clínica en el sistema institucional.
3. Esta información es transformada mediante la arquitectura interoperable (FHIR/CDA).
4. Posteriormente, los datos se integran al sistema centralizado donde quedan disponibles para otras IPS o profesionales que requieran consulta.
5. Todo el proceso está alineado con los criterios de interoperabilidad definidos por la Resolución 866 de 2021.

7.2. Modelo conceptual

El modelo conceptual representa una abstracción de alto nivel que describe los principales elementos y relaciones del sistema de información propuesto para lograr la interoperabilidad y centralización de la Historia Clínica Electrónica (HCE) en la Subred de Salud del Departamento del Magdalena. Este modelo está alineado con los lineamientos de la Resolución 866 de 2021 del Ministerio de Salud de Colombia y con los estándares internacionales HL7 FHIR y CDA, adoptados como mecanismos de estructuración e intercambio de datos clínicos.

El modelo conceptual identifica las entidades clave que interactúan dentro del sistema, incluyendo pacientes, profesionales de salud, instituciones prestadoras de servicios (IPS), documentos clínicos estructurados, episodios de atención y recursos interoperables. Cada una de estas entidades se relaciona dentro de un ecosistema que integra fuentes distribuidas de información clínica hacia una plataforma centralizada, permitiendo el acceso seguro, en tiempo real y estandarizado a los datos de salud.

El diseño de un modelo centralizado interoperable es el eje de la solución, actuando como punto de consolidación, validación y redistribución de los datos clínicos, permitiendo que múltiples actores del sector salud del departamento del Magdalena accedan a una historia clínica longitudinal del paciente, sin importar el prestador de origen.

Además, el modelo conceptual contempla un componente técnico y semántico que garantiza la compatibilidad entre sistemas heterogéneos, incluyendo:

- Transformación de documentos CDA a recursos FHIR.

- Validación de estructura y contenido conforme al anexo técnico de la Resolución 866 de 2021.
- Protección de datos sensibles conforme a la normativa de seguridad y confidencialidad en salud.

7.3. Estándares de la solución

En el diseño de un modelo de datos interoperable para la centralización de la interoperabilidad historia clínica electrónica (IHCE) en la Subred de Salud del Departamento del Magdalena, la identificación y aplicación de estándares adecuados constituye un eje fundamental para asegurar la calidad, coherencia y cumplimiento normativo del sistema.

En este proyecto, los estándares se estructuran en tres categorías: técnicos de interoperabilidad, normativos y de calidad y seguridad. Su correcta adopción garantiza que la solución propuesta sea integrable, escalable, segura y conforme con las políticas públicas de transformación digital en salud.

1. Estándares técnicos de interoperabilidad

- HL7 FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources): Estándar modular que define recursos clínicos accesibles por APIs RESTful. Permite intercambios en tiempo real entre sistemas heterogéneos y es compatible con tecnologías web modernas.
- HL7 CDA (Clinical Document Architecture): Define estructuras XML para la representación de documentos clínicos como epicrisis, notas médicas y resúmenes de atención, garantizando la legibilidad humana y la interpretación por máquinas.

2. Estándares normativos y regulatorios (Colombia).

- Resolución 866 de 2021 (MinSalud): Establece el conjunto mínimo de datos relevantes para la interoperabilidad de la historia clínica electrónica. Define estructuras, actores, mecanismos de intercambio y principios de seguridad.
- Ley 2015 de 2020: Declara como obligatoria la historia clínica electrónica interoperable (HCEI) y el derecho de los ciudadanos a que su información esté disponible para los prestadores autorizados, en cualquier momento y lugar.
- Ley 1751 de 2015: Reconoce la salud como derecho fundamental y exige que los servicios garanticen continuidad, calidad y disponibilidad de la información clínica.
- Ley 1581 de 2012 (Ley de Protección de Datos Personales): Regula el tratamiento de datos personales en Colombia y establece principios como la finalidad, legalidad, libertad, veracidad, seguridad y confidencialidad. Es clave en el contexto de la historia clínica electrónica, ya que garantiza los derechos del titular frente al uso y manejo de su información médica por parte de terceros.

3. Estándares de calidad y seguridad

- ISO/IEC 27001: Normativa internacional para la gestión de seguridad de la información, aplicable a la protección de los datos personales en salud.
- Trazabilidad y control de acceso (OAuth2, JWT): Implementación de mecanismos para la autenticación segura, auditoría de accesos y preservación de la confidencialidad del paciente.

7.4. Condiciones de diseño, propuesta de implementación y evaluación

El diseño del modelo de datos interoperable para la centralización de la historia clínica se desarrolló a partir de un enfoque participativo y normativo, considerando tanto las necesidades del personal asistencial como los lineamientos establecidos en la normativa vigente del sector salud en Colombia. Para ello, se realizaron entrevistas a profesionales de la salud en diferentes niveles de atención de la Subred del Departamento del Magdalena, con el fin de identificar los principales desafíos operativos y las limitaciones en el acceso y uso de la información clínica.

Como resultado de este análisis conjunto, y tras una revisión detallada de las resoluciones y estándares aplicables (incluyendo HL7 FHIR y CDA), se propuso la incorporación de nuevas entidades funcionales dentro del modelo de datos, entre ellas la entidad Referencia, la cual permite gestionar de forma estructurada los procesos de remisión y contrarreferencia entre instituciones, un aspecto clave para garantizar la continuidad asistencial y la trazabilidad del paciente.

La propuesta del diseño contempla una arquitectura modular que facilite la integración progresiva con los sistemas de información existentes en la red, priorizando la interoperabilidad semántica, la seguridad en el manejo de datos sensibles y la escalabilidad técnica. Adicionalmente, se establecieron criterios de evaluación orientados a validar la consistencia del modelo, su adecuación a los flujos reales de atención y su alineación con las políticas nacionales de salud digital.

Además, este diseño no solo permite mejorar la atención clínica individual, sino que también habilita la centralización de la historia clínica a nivel departamental, lo cual representa una base sólida para la implementación de sistemas de análisis de datos de salud pública. Esto incluye la detección temprana de riesgos sanitarios, la toma de decisiones preventivas y la formulación de intervenciones correctivas más oportunas y basadas en evidencia.

Finalmente, en este proyecto se presenta el modelo lógico en la figura 2, y físico en la figura 3, del diseño de datos interoperable propuesto para la centralización de la información de la historia clínica en las Subred de salud del departamento del Magdalena, el cual constituye la base técnica para su futura implementación y despliegue a nivel institucional y territorial.

8. Planeación del Trabajo

8.1. Descomposición de actividades WBS

A continuación, se presenta el diagrama de WBS en la figura 4, que resume la estructura del trabajo planificado para el desarrollo conceptual y técnico de la solución.

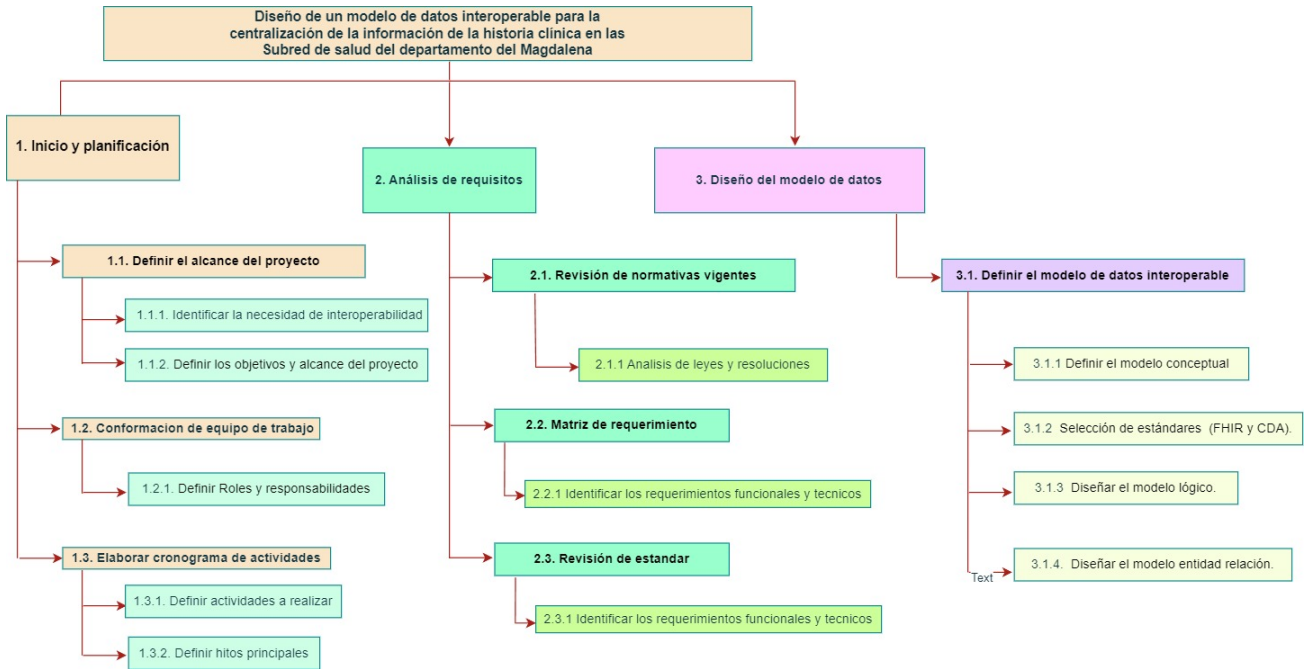


Figura 4: Descomposición de las actividades

8.2. Diagrama de Gantt

Para organizar el desarrollo de la propuesta de diseño del modelo de datos interoperable para la centralización de la historia clínica, se elaboró un cronograma de actividades dividido en tres fases principales: Inicio y planificación, Análisis de requisitos y Diseño del modelo de datos. Estas fases fueron definidas con base en los objetivos específicos del proyecto, centrado exclusivamente en la etapa de diseño.

La fase de Inicio y planificación comprende actividades como la definición del alcance del proyecto, la identificación de las necesidades de interoperabilidad, la elaboración del plan de trabajo y la elaboración del cronograma. En la fase de Análisis de requisitos, se incluyen la recolección de información mediante entrevistas al personal asistencial y la revisión de la normativa vigente, con el fin de identificar las necesidades funcionales y técnicas del modelo. Finalmente, la fase de Diseño del modelo de datos contempla el desarrollo del modelo conceptual, lógico y físico.

A continuación, se presenta el diagrama de Gantt en la figura 5, con las actividades programadas para el desarrollo del diseño del modelo de datos interoperable para la centralización

Diseño de un modelo de datos interoperable para la centralización de la información de la historia clínica en las Subred de salud del departamento del Magdalena

de la historia clínica en la Subred de Salud del Departamento del Magdalena.

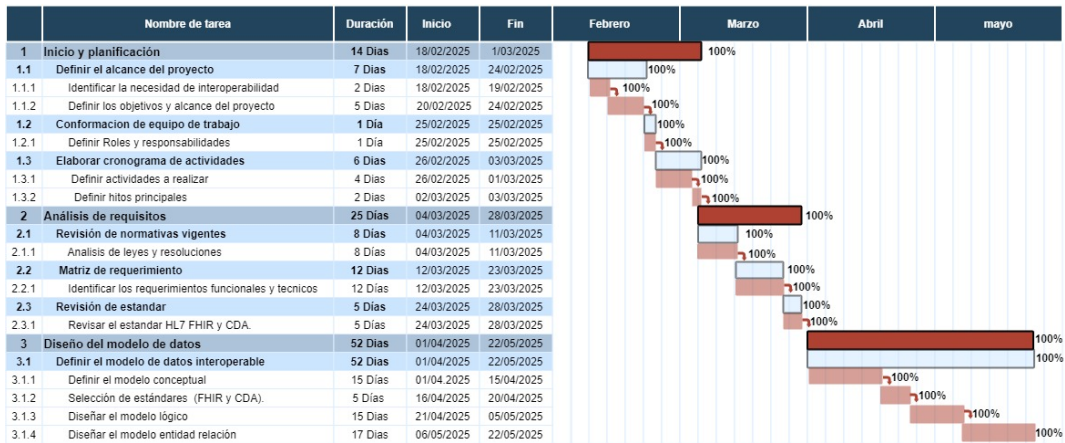


Figura 5: Diagrama de Gantt

9. Conclusiones

Después de haber realizado un análisis exhaustivo de las normativas vigente se logró diseñar un modelo de datos interoperable basado en estándares internacionales como HL7 FHIR y CDA, alineado con la normativa colombiana (Ley 2015 de 2020 y Resolución 866 de 2021). Este modelo permite integrar, centralizar y compartir la historia clínica electrónica entre las diferentes ESE del departamento del Magdalena, facilitando el acceso oportuno, seguro y en tiempo real a la información clínica. Además, se desarrollaron los modelos conceptual, lógico y físico como base técnica para una futura implementación.

Además, en este diseño propuesto se puede implementar una mejora clave, la incorporación de tableros interactivos de análisis de datos clínicos que permitan visualizar indicadores de salud pública, preventiva y correctiva. Esta funcionalidad apoyaría la toma de decisiones estratégicas a nivel departamental y permitiría implementar medidas de intervención basadas en evidencia y análisis en tiempo real.

Por otro lado se evidenció que la interoperabilidad en salud no es solamente un desafío técnico, sino también organizacional y cultural. La participación de los actores del sistema (médicos, ingenieros, directivos) es fundamental para el éxito del diseño e implementación. Asimismo, contar con estándares claros y normativa vigente facilita la estructuración del modelo, pero se requiere voluntad institucional y recursos para convertir el diseño en una solución funcional.

En cuanto al cumplimiento de los objetivos específicos:

- Se analizó y diagnosticó el contexto actual de los sistemas clínicos en las ESE, identificando su fragmentación y los requisitos normativos de interoperabilidad.
- Se definió la estructura y componentes del modelo de datos interoperable con formatos y entidades estandarizadas para representar la información clínica.
- Se diseñó la arquitectura integrando HL7 FHIR y CDA para garantizar la compatibilidad y el intercambio eficiente con los sistemas existentes.
- Se elaboró un esquema conceptual y lógico detallado que incluye recursos, seguridad y escalabilidad, alineado con estándares nacionales e internacionales.
- Se propuso una estrategia de implementación integral que facilita la adopción del modelo en las ESE, incluyendo aspectos técnicos y de gestión del cambio.

En resumen el trabajo desarrollado demuestra que es posible estructurar una solución técnica viable para la centralización de la historia clínica electrónica en un entorno regional fragmentado. A través de un enfoque normativo, participativo y basado en estándares internacionales, se establece una base sólida para la transformación digital del sistema de salud en el Magdalena. Este proyecto representa un avance significativo hacia una atención médica más integrada, segura, eficiente y centrada en el paciente.

Referencias

- [1] Departamento Administrativo de la Función Pública de Colombia, *Normativa Oficial - Función Pública de Colombia*, Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=68760>, 1981.
- [2] Ministerio de Salud de Colombia, *Resolución 1995 de 1999 - Normas para el Manejo de la Historia Clínica en Colombia*, Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/ResoluciÅsn_1995_de_1999.pdf. Accedido el 17 de marzo de 2025, 1999.
- [3] Congreso de la republica de Colombia, *Ley 2015 de 2020 - Interoperabilidad de la Historia Clínica Electrónica (IHCE)*, Disponible en: <https://normativa.archivogeneral.gov.co/ley-2015-de-2020/?pdf=2201>, 2020.
- [4] Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, *Resolución 866 de 2021 - Lineamientos para la Interoperabilidad de la Historia Clínica Electrónica (IHCE)*, Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-866-de-2021.pdf>, 2021.
- [5] K2BHealth, *Interoperabilidad en Salud: Claves para una Comunicación Eficiente*, <https://k2bhealth.com/blog/post/interoperabilidad-en-salud/>, 2024.
- [6] Luis MTS, *Introducción a la Interoperabilidad: ¿Qué es y por qué es importante?* Disponible en: <https://luismts.com/es/introduccion-a-la-interoperabilidad-que-es-y-por-que-es-importante/>, 2023.
- [7] PhoenixNAP, *Interoperabilidad - Definición y Concepto*, Disponible en: <https://phoenixnap.mx/glosario/interoperabilidad>, 2024.
- [8] Amazon Web Services, *Interoperabilidad Organizativa*, https://aws.amazon.com/es/what-is/interoperability/?utm_source=chatgpt.com, 2023.
- [9] ProSalud Chile, *Interoperabilidad de la historia clínica: una oportunidad para repensar el sistema de salud en Chile*, Disponible en: <https://prosaludchile.cl/interoperabilidad-de-la-historia-clinica-una-oportunidad-para-repensar-el-sistema-de-salud-en-chile/>, 2023.
- [10] Gestión y Dependencia, *La plataforma MIHC de historia clínica en sanidad privada supera el millón de accesos*, Disponible en: <https://gestionydependencia.com/noticia/6123/salud/la-plataforma-mihc-de-historia-clinica-en-sanidad-privada-supera-el-millon-de-accesos.html>, 2025.
- [11] HL7 Colombia, *Guías de Implementación FHIR en Colombia*, <http://co.fhir.guide/core/>, 2024.
- [12] D. P. Ovies-Bernal y S. Agudelo-Londoño, «Lessons learned in the implementation of interoperable National Health Information Systems: a systematic review,» *Revista Panamericana De Salud Publica*, 2014, Includes technical, semantic, legal, and organizational dimensions.
- [13] S. Blackman, «Towards a Conceptual Framework for Persistent Use: A Technical Plan to Achieve Semantic Interoperability within Electronic Health Record Systems,» en *Hawaii International Conference on System Sciences*, Master data standardization and RDF translation model for semantic interoperability, 2017. DOI: 10.24251/HICSS.2017.123.

- [14] J. G. Arévalo et al., «Model for the interoperability between health service providers (IPS), based on the electronic clinical information standard (HL7) and architecture to design and develop distributed systems (SOA),» en *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, HL7 and SOA based interoperability model for Colombian healthcare providers, 2019. DOI: 10.1088/1757-899X/653/1/012049.
- [15] V. Osorio et al., «Data Modeling with Ontological Formalism for Semantic Interoperability between Health Information Systems, applied to Primary Health Care in Paraguay,» en *Latin American Computing Conference*, Ontology-based solution focused on primary care and vaccination, 2022. DOI: 10.1109/LACC53774.2022.9762314.
- [16] D. Teodoro et al., «Interoperability Driven Integration of Biomedical Data Sources,» en *Medical Informatics Europe*, Data integration promoting technical, syntactic, and semantic interoperability, 2011. DOI: 10.3233/978-1-60750-740-7-437.
- [17] D. López et al., «A development framework for semantically interoperable health information systems,» *International Journal of Medical Informatics*, vol. 78, págs. 83-101, 2009, Framework for semantic interoperability in health information systems. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2008.10.001.
- [18] D. Carlson et al., «A Model-Driven Approach for Biomedical Data Integration,» en *Medinfo*, Using HL7 RIM, OWL, UML, OCL for semantic interoperability, 2010. DOI: 10.3233/978-1-60750-606-6-71.
- [19] C. Gaudet-Blavignac et al., «A National, Semantic-Driven, Three-Pillar Strategy to Enable Health Data Secondary Usage Interoperability for Research Within the Swiss Personalized Health Network: Methodological Study,» *JMIR Medical Informatics*, vol. 9, e27625, 2021, Semantic standards and multi-model strategy for interoperable health data sharing. DOI: 10.2196/27625.
- [20] R. Braga et al., «Registro Eletrônico em Saúde Interoperável: os desafios do padrão OpenEHR,» 2016, Challenges of OpenEHR standard for semantic interoperability in EHR.
- [21] R. Qamar et al., «Interoperability of Data Models and Terminology Models: Issues with using the SNOMED CT terminology,» en *Conference on Knowledge Representation in Medicine*, Aligning terminology models like SNOMED CT to achieve semantic interoperability, 2008. DOI: 10.3233/978-1-60750-326-3-204.
- [22] B. Blobel et al., «Solving the Modeling Dilemma as a Foundation for Interoperability,» 2018, Data model classification systems and standards for interoperability. DOI: 10.3233/SHTI180234.
- [23] F. Cremonesi et al., «The need for multimodal health data modeling: A practical approach for a federated-learning healthcare platform,» *Journal of Biomedical Informatics*, 2023, Unified data model for technical, semantic, and organizational interoperability. DOI: 10.1016/j.jbi.2023.104451.
- [24] A. A. Sinaci et al., «A federated semantic metadata registry framework for enabling interoperability across clinical research and care domains,» *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 46, págs. 41-54, 2013, Federated semantic metadata registry using Linked Open Data principles. DOI: 10.1016/j.jbi.2013.02.009.

- [25] J. Éthier et al., «Clinical Data Integration Model,» *Methods of Information in Medicine*, vol. 53, págs. 260-271, 2014, Ontology supporting semantic interoperability for primary care data. DOI: 10.3414/ME13-02-0003.
- [26] B. H. de Mello et al., «Semantic interoperability in health records standards: a systematic literature review,» *Health Technology*, 2022, Review of semantic interoperability approaches in EHR. DOI: 10.1007/s12553-022-00612-x.
- [27] A. Torab-Miandoab et al., «Interoperability of heterogeneous health information systems: a systematic literature review,» *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 2023, Review on interoperability requirements for heterogeneous HIS. DOI: 10.1186/s12911-023-02232-5.
- [28] C. Martínez-Costa et al., «Clinical data interoperability based on archetype transformation,» *Journal of Biomedical Informatics*, 2011, Dual model architecture combining archetypes and ontologies. DOI: 10.1016/j.jbi.2011.06.007.
- [29] I. Berges et al., «Semantic interoperability of clinical data,» 2010, Ontology-driven semantic interoperability approach. DOI: 10.1145/1858462.1858488.
- [30] M. de Lourdes Martínez-Villaseñor et al., «Interoperability in Electronic Health Records Through the Mediation of Ubiquitous User Model,» en *International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence*, Ubiquitous user model to share heterogeneous medical information, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-46982-9_7.
- [31] E. Hovenga, «La importancia del alcance de la interoperabilidad semántica para los sistemas nacionales de información en salud,» 2008, Importance of semantic interoperability for national health information systems. DOI: 10.3233/978-1-60750-326-3-204.
- [32] S. Garde et al., «Archetype-Based Knowledge Management for Semantic Interoperability of Electronic Health Records,» *Medical Informatics Europe*, 2009.
- [33] Definicion.de, *Interoperabilidad - Qué es, definición y concepto*, 2024. dirección: <https://definicion.de/interoperabilidad/>.
- [34] Organización Panamericana de la Salud, *Interoperabilidad en salud pública, IS4H-KCI-ESinteroperabilidad.pdf*, Versión 1.0, abril de 2019.
- [35] K. Engel et al., «Semantic Interoperability,» *Methods of Information in Medicine*, vol. 45, págs. 271-280, 2006, Semantic interoperability concepts in healthcare. DOI: 10.1055/s-2006-924176.
- [36] K. H. Hwang et al., «Review of Semantically Interoperable Electronic Health Records for Ubiquitous Healthcare,» *Healthcare Informatics Research*, 2010, Technological approaches to semantic interoperability in EHR. DOI: 10.4258/hir.2010.16.4.255.
- [37] A. Moreno-Conde et al., «Clinical information modeling processes for semantic interoperability of electronic health records: systematic review and inductive analysis,» *J. Am. Medical Informatics Assoc.*, 2015, Common patterns for clinical info modeling to support semantic interoperability. DOI: 10.1093/jamia/ocu038.
- [38] M. Macedo, «Standards related to interoperability in EHR & HS,» 2013, Standards and technologies for interoperable EHR systems. DOI: 10.1109/ICSE.2013.6606599.

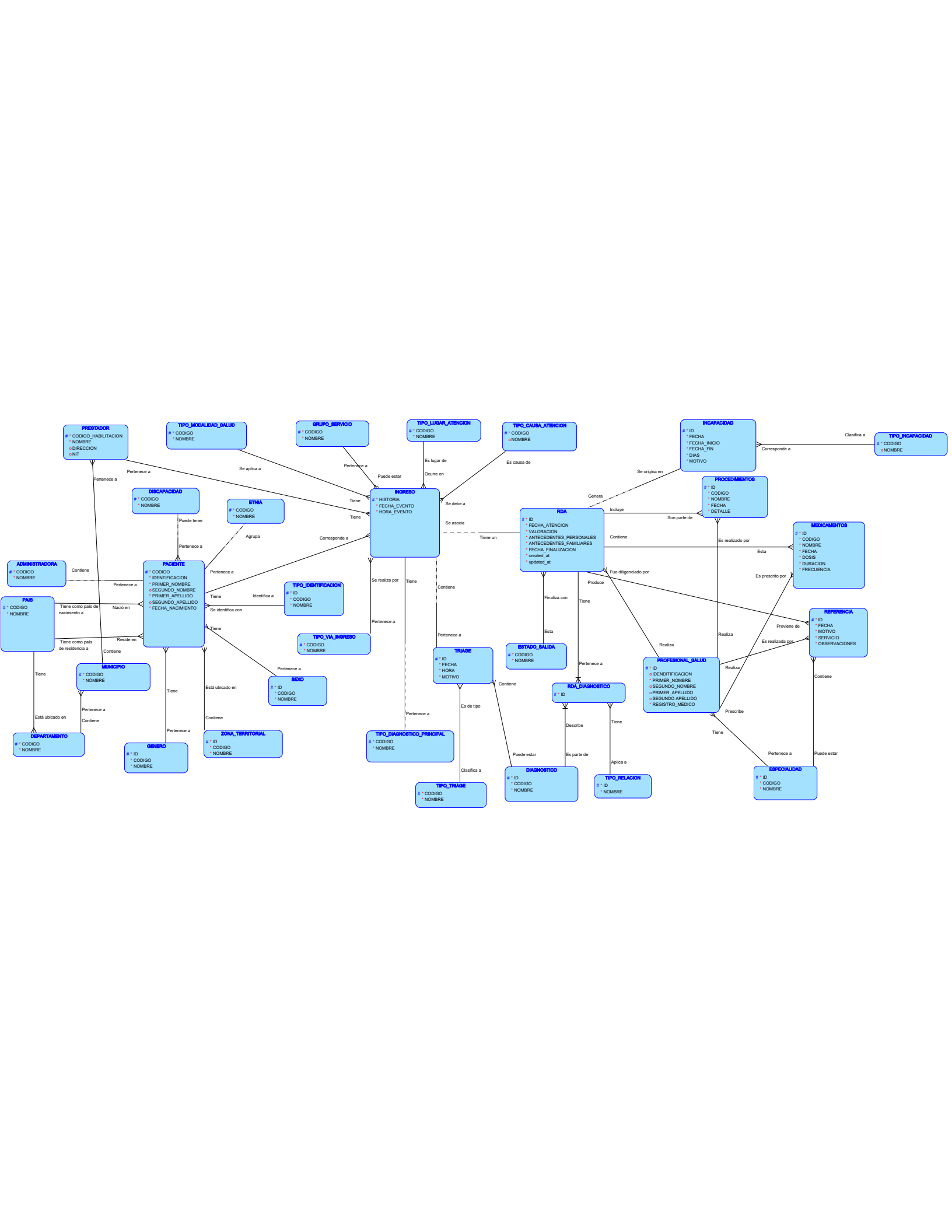
- [39] W. Goossen, «Detailed Clinical Models: Representing Knowledge, Data and Semantics in Healthcare Information Technology,» *Healthcare Informatics Research*, 2014, Standardized clinical knowledge modeling for semantic interoperability. DOI: 10.4258/hir.2014.20.2.81.
- [40] R. L. Rubi, «A metamodel for clinical data integration. Basis for a new EHR model driven by ontologies,» 2016, Ontology-driven conceptual architecture for interoperable EHR.
- [41] S. R et al., «Interoperable Electronic Health Records (EHRs) for Ecuador,» 2017, EHR interoperability in Ecuador context. DOI: 10.3233/978-1-61499-824-9-393.
- [42] F. Plazzotta et al., «Sistemas de Información en Salud: Integrando datos clínicos en diferentes escenarios y usuarios,» 2015, Clinical info systems implementation in Argentinian hospital. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2014.11.006.
- [43] M. Calva et al., «Health Data Representation through Web Semantic, a Case Study Applied to Electronic Records Medical in the UTPL Hospital,» 2020, Semantic technologies for interoperability and reuse of medical info. DOI: 10.1109/LACC49806.2020.9215906.
- [44] A. R. Mori et al., «Holistic health: Predicting our data future (from inter-operability among systems to co-operability among people),» *International Journal of Medical Informatics*, 2013, Unified data model focusing on collaborative organizational contexts. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2013.06.007.
- [45] D. Vergeti et al., «Semantically Enhanced Interoperability in Health Emergency Management,» en *OTM Conferences*, HERMES Semantic Model for Health Emergency Management, 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-99169-5_39.
- [46] S. Palojoki et al., «Semantic Interoperability of Electronic Health Records: Systematic Review of Alternative Approaches for Enhancing Patient Information Availability,» *JMIR Medical Informatics*, 2024, General overview of approaches for enhancing semantic interoperability. DOI: 10.2196/45678.
- [47] E. O. de Matos et al., «REPRESENTAÇÃO SEMÂNTICA DE DADOS CLÍNICOS NA ÁREA DE SAÚDE: INTEROPERABILIDADE COM DADOS FAIR E O PADRÃO FHIR,» *Revista EDICIC*, 2023.
- [48] A. Kiourtis et al., «Acquiring the Ontological Representation of Healthcare Data Through Metamodeling Techniques,» en *European, Mediterranean and Middle Eastern Conference on Information Systems*, 2017.
- [49] T. Oniki et al., «Lessons Learned in Detailed Clinical Modeling at Intermountain Healthcare,» *American Medical Informatics Association Annual Symposium*, 2014.
- [50] M. D. C. Legaz-García et al., «A semantic web based framework for the interoperability and exploitation of clinical models and EHR data,» *Knowledge-Based Systems*, 2016. DOI: 10.1016/j.knosys.2015.11.006.
- [51] B. Blobel et al., «eHealth,» *Methods of Information in Medicine*, 2010.
- [52] D. Fridsma et al., «Model Formulation: The BRIDG Project: A Technical Report,» *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2008.
- [53] B. Blobel et al., «Data Modeling Challenges of Advanced Interoperability,» *Medical Informatics Europe*, 2018.

- [54] J.-F. Ethier, «Integrating resources for translational research: a unified approach for learning health systems,» 2016.
- [55] D. K. Iakovidis, «A semantic model for multimodal data mining in healthcare information systems,» *Studies in Health Technology and Informatics*, 2012.

A. Anexos

Se adjunta el modelo lógico y físico en formato PDF, el cual representa de manera estructurada la organización de las entidades, atributos, relaciones y reglas que conforman la base del sistema de información propuesto. Este modelo refleja el resultado del análisis de requisitos y del diseño técnico, y sirve como insumo clave para futuras etapas de desarrollo o implementación por parte de las entidades responsables.

A.1. Anexo A: Modelo Lógico



A.2. Anexo B: Modelo Físico

