

Diseño de una arquitectura de gestión de datos clínicos y su procesamiento para apoyo diagnóstico para la unidad materno fetal de la Foscil internacional

Andrea Juliana Villalba Santos y Laura Daniela Serrano Villanova

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera de Sistemas

Director

Lola Xiomara Bautista Rozo

Ingeniera de Sistemas, Ph.D.

Codirector

Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira, Carlos Hernán Becerra Mojica

Doctor en Ciencias de la Computación, Ginecólogo - Obstetra especialista en Medicina

Materno Fetal (Perinatología)

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería De Sistemas

Ingeniería de Sistemas

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

A mi familia, especialmente a mi mamá por su amor, apoyo y paciencia durante mi carrera universitaria.

A mi amiga y compañera de tesis, también a mis amigos más cercanos quienes me acompañaron y me apoyaron cuando sentía que no podía continuar.

A todos los que, de una u otra manera, han contribuido a mi crecimiento y formación académica.

Andrea Juliana Villalba Santos

Dedicatoria

A mi madre, por ser el pilar de mi vida y la razón de todo lo que soy.

A mis hermanos, por su amor, comprensión y apoyo.

A mi nonita.

A los amores de mi vida, Tommy y Milo.

A mis compañeros, quienes caminaron conmigo y me tendieron su mano.

A quienes me apoyaron, impulsaron, motivaron.

A quienes me abrazaron.

A todos aquellos que han aportado en mi ser.

Laura Daniela Serrano Villanova

Agradecimientos

A Dios por darnos las capacidades y fortaleza para enfrentar todos los desafíos, permitiéndonos vencer cada momento de dificultad.

A nuestra familia y amigos por su aliento, apoyo y compañía incondicional. Sin ellos, este logro no habría sido posible.

Deseamos expresar nuestro profundo agradecimiento a nuestra directora de tesis, la Dr. Lola Bautista, por su guía constante, apoyo y dedicación a lo largo de este proceso. Sus conocimientos expertos y su disponibilidad siempre para responder a nuestras preguntas fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo. También, queremos extender un sincero agradecimiento al Dr. Carlos Becerra por su disposición, orientación y apoyo durante todo el proceso de investigación, cuya colaboración fue esencial para obtener los datos necesarios. De igual manera, a nuestro codirector Gabriel Pedraza por su dirección y disposición para dirigir y orientar correctamente el alcance de este proyecto con el fin de cumplir la totalidad de los objetivos.

A la Universidad Industrial de Santander que nos ha brindado una educación de calidad y un entorno propicio para nuestro crecimiento académico y personal, estamos agradecidas por la oportunidad de formar parte de esta institución académica, que ha sido un faro de conocimiento y excelencia.

Por último, queremos reconocer a nuestros compañeros y amigos que compartieron sus conocimientos y experiencias, enriqueciendo nuestra formación académica. Estamos profundamente agradecidas con todos aquellos que contribuyeron de alguna manera a la realización de esta tesis.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	14
1. Planteamiento y justificación del problema	17
2. Objetivos	18
2.1 Objetivo General	18
2.2 Objetivos Específicos	18
3. Marco de Referencia	19
3.1 Fundamentos Teóricos	19
3.1.1 Control Prenatal	19
3.1.2 <i>Ultrasonido</i>	21
3.1.3 Anomalías Del Sistema Nervioso Central	24
3.1.4 Definición De Arquitectura	26
3.2 Estado Del Arte	30
3.2.1 DataDX	30
3.2.2 OSPACS	30
3.2.3 Arquitectura De Documentos Clínicos (CDA)	31
3.2.4 Level 7 Health (HL7)	32
3.2.5 Software Architecture for the Vismedic medical visualization system	33
3.3 Marco Tecnológico	34
3.3.1 Tecnologías de desarrollo	34
3.3.2 Bases de datos y servicios de almacenamiento	40

3.3.3 Servidor.....	43
4. Diseño De La Solución.....	46
4.1 Arquitectura.....	46
4.1.1 Ambiente de producción.....	47
4.1.2 Ambiente de análisis de datos.....	49
4.2 Diseño de interfaces.....	52
4.2.1 Aplicación de diagnóstico inmediato.....	52
4.2.1.1 Modelo Vista Template (MTV - Model Template View).....	56
4.2.1.2 Diseño de datos.....	58
4.2.2 <i>Prototipo de aplicación de caracterización de imágenes</i>	62
4.2.3 <i>Prototipo de aplicación de búsqueda y consulta</i>	64
5. Metodología.....	66
5.1 Estudio Y Capacitación Del Tema.....	67
5.1.1 Levantamiento de requerimientos.....	67
5.1.2 Capacitación.....	68
5.2 Identificación De La Tecnología.....	69
5.3 Planteamiento De La Arquitectura.....	70
5.4 Implementación De Prototipos.....	72
5.4.1 Primer Prototipo.....	72
5.4.2 Segundo Prototipo.....	83
5.4.3 Tercer prototipo.....	84
5.5 Evaluación.....	85
6. Implementación.....	88

7. Resultados	89
7.1 App de apoyo diagnóstico.....	89
7.2 S3 Bucket de ambiente de producción (Diagnosis-app).....	106
7.3 S3 Bucket de ambiente de análisis (Historial-bucket)	107
7.4 Aplicación de caracterización de imágenes	108
7.5 Aplicación de búsqueda y consulta.....	109
8. Conclusiones	111
9. Trabajo Futuro	112
Referencias Bibliográficas	114

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Métodos del aplicativo</i>	53
Tabla 2 <i>Diagnóstico inmediato</i>	59
Tabla 3 <i>Control del Historial Clínico de un Paciente</i>	60
Tabla 4 <i>Control de Usuarios</i>	61
Tabla 5 <i>Metadatos</i>	62
Tabla 6 <i>Métodos</i>	63
Tabla 7 <i>Metadatos y valores</i>	63
Tabla 8 <i>Mediciones y sus Patologías</i>	68
Tabla 9 <i>Pruebas</i>	87

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Complejo Anterior en un Feto Normal de 24 Semanas de Gestación</i>	25
Figura 2 <i>Complejo Posterior en un Feto Normal de 25 Semanas de Gestación</i>	26
Figura 3 <i>Arquitectura Propuesta</i>	47
Figura 4 <i>Django App – Diagnóstico Inmediato</i>	57
Figura 5 <i>Arquitectura de Aplicación de Búsqueda y Consulta</i>	64
Figura 6 <i>Diagrama Metodología del Proyecto</i>	66
Figura 7 <i>Pantalla de Inicio</i>	94
Figura 8 <i>Selección de Tipo de Embarazo.</i>	95
Figura 9 <i>Crear Nueva Consulta para un Embarazo Único</i>	95
Figura 10 <i>Crear Nueva Consulta para un Embarazo Múltiple</i>	96
Figura 11 <i>Reporte Generado para un Embarazo Único</i>	96
Figura 12 <i>Reporte Generado para un Embarazo Múltiple</i>	97
Figura 13 <i>Visualización de Análisis Gráfico</i>	97
Figura 14 <i>Reporte en Formato PDF</i>	98
Figura 15 <i>Visualización de Imágenes Cargadas al Reporte</i>	98
Figura 16 <i>Visualización de Imágenes Cargadas al Reporte</i>	99
Figura 17 <i>Visualización de Consultas Realizadas en el Último Mes</i>	99
Figura 18 <i>Visualización de Historia Clínica de una Paciente con Embarazos Únicos.</i>	100
Figura 19 <i>Visualización de Historia Clínica de una Paciente con Embarazo Múltiple.</i>	100

Figura 20 <i>Resumen de un Embarazo</i>	101
Figura 21 <i>Repositorio de Datos</i>	101
Figura 22 <i>Creación de un Nuevo Usuario</i>	102
Figura 23 <i>Crear un Nuevo 'Médico'</i>	102
Figura 24 <i>Crear un Nuevo 'Investigador'</i>	103
Figura 37 <i>Resultados</i>	111

Lista de Apéndices

Ver apéndices adjuntos

Apéndices A. Requerimientos Funcionales

Apéndices B. Requerimientos no funcionales

Apéndices C. Casos de uso

Apéndice D. Diagramas de actividades

Apéndice E. Modelo de datos

Apéndice F. Casos de prueba

Apéndice G. Pruebas en la Clínica Foscal Internacional

Resumen

Título: Diseño de una arquitectura de gestión de datos clínicos y su procesamiento para apoyo diagnóstico para la unidad materno fetal de la Foscal internacional ¹

Autor: Andrea Juliana Villalba Santos, Laura Daniela Serrano Villanova ²

Palabras Clave: Sistema nervioso central (SNC), procesamiento de datos, diagnóstico, dataset, consultas, reporte.

Descripción: En el caso perinatal, las malformaciones del sistema nervioso central son de las anomalías congénitas más comunes. Este tema es de gran interés clínico, puesto que estas malformaciones suelen tener un pronóstico bajo y son asociadas frecuentemente a un carácter genético. La detección temprana y oportuna de estas anomalías es clave para lograr una rápida atención y reacción. Para su detección, se precisan exámenes clínicos durante el embarazo desde la semana 18 y hasta la finalización del mismo, haciendo uso de sensores ultrasónicos de alta frecuencia. En la Unidad Materno Fetal de la clínica Foscal internacional de Floridablanca, los médicos ginecobstetras desempeñan un papel fundamental al realizar numerosos exámenes de ultrasonido diariamente. Sin embargo, el análisis posterior debe hacerse de forma manual, lo que puede implicar un sacrificio en términos de velocidad y precisión en la entrega final de resultados a la madre, pudiendo incluso retrasar una oportuna reacción del personal médico. Además, es importante destacar que en la clínica Foscal Internacional existe una limitación en cuanto a la capacidad de almacenamiento de los servidores, por lo que no es posible mantener los datos recopilados para un posterior estudio y análisis estadístico. Esto atenta contra posibles estudios académicos, demográficos o ambientales que permitan el avance del conocimiento en el campo de la salud materno fetal. En el presente proyecto, se realizó el diseño de una arquitectura que permitiera la automatización del proceso de recopilación, análisis y diagnóstico de anomalías del sistema nervioso central, a partir de los datos obtenidos en los exámenes de ultrasonido practicados a pacientes de la clínica Foscal Internacional y permitiera el acceso, búsqueda y consulta permanente de los mismos.

¹ Trabajo de Grado

² Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Director: Lola Xiomara Bautista Rozo. Título académico completo de mayor rango. Codirectores: Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira, Carlos Hernán Becerra Mojica. Doctor en Ciencias de la Computación, Ginecólogo - Obstetra especialista en Medicina.

Abstract

Title: Design of a clinical data management architecture and processing for diagnostic support for the maternal-fetal unit of Foscal international.³

Author(s): Andrea Juliana Villalba Santos, Laura Daniela Serrano Villanova⁴

Key Words: Algorithm, ultrasound, prenatal, control, central nervous system, storage, fetal.

Description: In perinatal cases, central nervous system malformations are among the most common congenital anomalies. This is a topic with great clinic interest, given that these malformations usually have a low prognosis and are associated with a genetic factor. Early and timely detection of these abnormalities is key to achieve rapid attention and reaction. For the detection process, medical examinations are necessary during pregnancy from week 18 to the end of it, using high-frequency ultrasonic sensors. In Unidad Materno Fetal of International Clinic Foscal, OB/GYN (Obstetrician and Gynecologist) doctors perform multiple ultrasound examinations every day. However, the subsequent analysis must be done manually, taking away precision and speed on the delivery of results to the mother, and could even slow down an effective reaction from the medical team. Furthermore, it is important to mention that at International Clinic Foscal there is a limitation regarding the hardware capacity of the servers, so it is not possible to store the data for a later study or statistical analysis. This can be harmful to future scientific, academic, or demographic studies that allow the advancement of knowledge in the field of fetal maternal health. In the current project, the design of an architecture was carried out to enable the automation of process of gathering, analysis and diagnosing central nervous system anomalies, based on the data that is obtained during the ultrasound examinations made to the patients at International Clinic Foscal. This architecture also facilitates the continuous access, search and retrieval of the collected data.

³ Degree Work

⁴ Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Systems Engineering. Director: Lola Xiomara Bautista Roza. Codirectors: Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira, Carlos Hernán Becerra Mojica. PhD in Computer Science, Gynecologist - Obstetrician specialist in Medicine.

Introducción

La detección rápida de anomalías es una necesidad prioritaria no solo en la medicina, sino en otras áreas de la ciencia. En el contexto perinatal, las malformaciones del sistema nervioso central representan una de las anormalidades congénitas más comunes. Este tema es de gran interés clínico, puesto que estas malformaciones suelen tener un pronóstico bajo y, en muchos casos, están asociadas a un componente genético. Dependiendo del área del cerebro afectada, estas anomalías pueden impactar sustancialmente tanto en el desarrollo neurológico como en el resultado cognitivo. (Volpe, Dall'Asta, Di Pasquo, Frusca, & Ghi, 2020) Para validar y controlar la evolución del desarrollo del SNC se recurre a mantener un control ecográfico sobre los pacientes. En este procedimiento se enfoca el estudio del cerebro y la espina dorsal del feto, tomando como guía principal el plano transventricular y el plano transcerebelar. (Wiley & Ltd, 2007)

La clínica Foscal Internacional, es una institución prestadora de servicios de salud de alta complejidad con los más altos estándares de calidad, la cual está compuesta por la unidad materno fetal que se encuentra comprometida con las pacientes en la prestación de servicios ginecológicos, obstétricos y de diagnóstico, apoyándose en equipos especializados y tecnología de punta a través de un personal médico altamente calificado, idóneo y de gran talento profesional-científico. Durante un embarazo normal, es habitual que se realicen cuatro ecografías como parte del control estándar. En algunas ocasiones, el médico puede solicitar exámenes más especializados como la ecografía de detalle anatómico o 'Nivel III', el cual es un examen de ultrasonido definido para el estudio y la detección de las anomalías del SNC. Usualmente, estos estudios son solicitados si se detecta alguna anormalidad en los tamizajes o ecografías obstétricas previas o si existe algún tipo de antecedente familiar o factor de riesgo. En la actualidad, el análisis de estos estudios debe realizarse manualmente, por lo que su precisión depende exclusivamente de las habilidades y del

conocimiento del médico que realiza el examen de ultrasonido, por lo que existe un margen de error considerable. Además, a pesar de que se reconoce que el estudio de casos clínicos reales proporciona una oportunidad para profundizar conocimientos médicos relacionados con la salud materno fetal, al igual que pueden apoyar en investigaciones y análisis estadísticos posteriores, los datos recopilados en estos exámenes son desechados después de cierto tiempo, ya que la clínica Foscal Internacional no cuenta con la capacidad de almacenamiento necesaria para su permanencia.

Buscando optimizar y apoyar la labor médica, además de implementar una solución al almacenado de imágenes y datos, se plantea diseñar una arquitectura capaz de soportar estas exigencias, la cual implementará prototipos para el apoyo diagnóstico y la búsqueda y consulta de datos e imágenes médicas.

El documento sigue una estructura organizada en varios capítulos. Se inicia planteando el problema, su justificación y los objetivos del proyecto. Luego, se desglosa un marco de referencia donde se exploran diferentes fundamentos teóricos relacionados con las anomalías del sistema nervioso central, así como de la arquitectura de software y patrones de diseño. Posteriormente, se listan las tecnologías utilizadas y el cómo fueron implementadas. Seguidamente, se muestra la solución implementada en este proyecto, en dónde se describe la arquitectura propuesta, cada uno de los componentes y la función que cumple. La metodología se describe a continuación, en dónde se establecen las etapas llevadas a cabo para este proyecto y se describen a profundidad. Finalmente, se presentan las pruebas realizadas y los resultados del proyecto en la sección contigua, estableciendo los alcances, limitaciones y logros alcanzados con la arquitectura propuesta y las aplicaciones desarrolladas para su apropiada validación. El documento finaliza con

las conclusiones extraídas del proyecto y con una serie de recomendaciones y proyecciones para posibles trabajos futuros.

1. Planteamiento y justificación del problema

En la Unidad Materno Fetal de la Clínica Foscal Internacional se realizan múltiples exámenes de ultrasonido con el fin de controlar el desarrollo fetal, en busca de diagnosticar, entre otras cosas, posibles anomalías del sistema nervioso central. Los médicos requieren apoyo tecnológico que respalde y complemente esta función para mejorar la calidad de la atención prenatal, obteniendo resultados de una forma más eficiente y precisa. Tras la realización de los exámenes de ultrasonido, los médicos deben analizar y comparar de forma manual los valores obtenidos en el examen de ultrasonido contra los parámetros normales según la edad gestacional del feto, lo que amplía el margen de error y ralentiza la entrega de resultados. Por otro lado, los valores recopilados junto a las imágenes ultrasónicas son almacenadas temporalmente en discos duros, pero deben ser desechados cada seis meses por falta de una infraestructura apropiada que soporte su almacenamiento. Esto termina desperdiciando datos e imágenes que al ser consolidados podrían ayudar a determinar patrones para identificar anomalías tempranamente, además de que perder esta información no permite realizar un control exhaustivo a la evolución de un embarazo o a la historia clínica de un paciente.

Debido a lo descrito anteriormente, se plantea una solución que pretende no sólo apoyar la labor diagnóstica, sino otorgar una solución completa para almacenar permanentemente esta información, permitiendo su enriquecimiento y su acceso para ser utilizada en estudios médicos y estadísticos posteriores, afianzando y profundizando el conocimiento de médicos, investigadores y estudiantes de medicina relacionados con la salud materno fetal. En este proyecto, se pretende diseñar una arquitectura que facilite el apoyo diagnóstico y el seguimiento de pacientes, y permita el acceso y consulta de los datos e imágenes recopiladas durante los exámenes de ultrasonido.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Diseñar una arquitectura que permita la gestión de datos clínicos de evolución prenatal y su procesamiento para apoyo diagnóstico para la unidad materno fetal de la Foscál Internacional.

2.2 Objetivos Específicos

Diseñar e implementar un método computacional que permita el apoyo diagnóstico de anomalías del sistema nervioso central en fetos gestantes.

Diseñar la arquitectura de un repositorio estructurado de datos y metadatos clínicos que permita la exportación de estos de forma permanente.

Validar la arquitectura propuesta a través de un prototipo que permita la categorización de los datos almacenados de pacientes gestantes para futuro procesamiento y análisis de estos.

3. Marco de Referencia

Con la finalidad de entender el contenido que se desarrolló en el proyecto se describirán los fundamentos teóricos y se mostrarán los antecedentes del tema.

3.1 Fundamentos Teóricos

Se hará una presentación de los fundamentos teóricos, los cuales nos orientaron y ayudaron a recopilar información relevante y necesaria para el problema de investigación. Los términos a tratar son: control prenatal, ultrasonido, anomalías del sistema nervioso central, y arquitectura.

3.1.1 Control Prenatal

El control prenatal es un proceso de acompañamiento que busca mejorar la salud materna e identificar adecuadamente aquellos pacientes de mayor riesgo, y poder realizar las intervenciones pertinentes, generando condiciones óptimas para un parto seguro y lograr un buen resultado perinatal. Esto se realiza a través de diferentes estándares y exámenes médicos, desde la historia médica de la madre y sus familiares, así como la vida reproductiva de la mujer, exámenes físicos y exámenes de laboratorio y de ultrasonido. (Aguilera & Soothill, 2014) Los controles prenatales deben iniciar, idealmente, antes de la semana 10 de gestación y perdurar durante todo el embarazo. La frecuencia de dichos controles varía según las necesidades de cada mujer y feto, aunque se manejan unos lineamientos ya establecidos. “Si la gestación es de curso normal en una mujer nulípara se programaron 10 controles prenatales durante la gestación, si esta es multípara se programarán mínimo 7 controles durante la gestación. La periodicidad de las consultas de seguimiento y control debe ser mensual hasta la semana 36, y luego cada 15 días hasta la semana 40. (Ministerio de Salud, 2017)

3.1.1.1 Objetivos del control prenatal

Según el Manual Ministerio de Salud 2008, los objetivos del Control Prenatal son: “Controlar la evolución de la gestación, fomentar estilos de vida saludables, prevenir complicaciones, diagnosticar y tratar oportunamente la patología, derivar a niveles de mayor complejidad cuando corresponda, preparar a la madre, su pareja y familia, física y psíquicamente para el parto y nacimiento, ayudándoles a desarrollar sus respectivos roles parentales.” (Aguilera & Soothill, 2014, pág. 881)

3.1.1.2 Primer control

El primer control prenatal debe ser realizado por un médico o profesional de la salud y se debe asesorar sobre las opciones durante el embarazo, realizar una valoración integral de la gestante e identificar factores de riesgo (Ministerio de Salud, 2017), solicitar exámenes de laboratorio e impartir educación sobre un embarazo saludable. (Aguilera & Soothill, 2014).

3.1.1.3 Anamnesis, Historia Clínica Y Otros Exámenes

Se debe realizar una historia médica completa para evaluar el estado de salud actual y detectar la existencia de posibles factores de riesgo, a partir de una serie de análisis de comportamiento y psicosocial a la gestante, así como un estudio de sus antecedentes personales, familiares, ginecológicos y obstétricos (Ministerio de Salud, 2017). Durante este periodo también se realiza la estimación de la edad gestacional probable en base a la última menstruación de la mujer, aunque esta debe ser verificada posteriormente a través de una ecografía. (Aguilera & Soothill, 2014)

Durante el desarrollo del embarazo, se realizan exámenes físicos y de laboratorio para tomar decisiones médicas. Al pasar las semanas, se deben identificar la aparición de nuevos síntomas y otros eventos asociados a la gestación (Ministerio de Salud, 2017), así como también

se debe monitorear constantemente al feto a partir de la frecuencia cardiaca fetal y los movimientos fetales. (Aguilera & Soothill, 2014) Entre los exámenes solicitados más comunes, durante las primeras semanas, se encuentra el ultrasonido para riesgo de aneuploidía y un Doppler de arterias uterinas; un ultrasonido para visualizar la anatomía fetal para detectar posibles malformaciones congénitas, evaluación de longitud cérvix para detectar riesgo de parto prematuro; glicemia post prandial, tamizaje de Diabetes, Coombs Indirecto en Rh no sensibilizada. A partir de la segunda mitad del embarazo (semana 28), se solicita hemograma, VDRL (examen rápido de sífilis), prueba de tolerancia de glucosa para el diagnóstico de diabetes gestacional y se repite la prueba de Coombs indirecto en pacientes Rh negativas. También se deben realizar las preguntas que permitan identificar riesgo de depresión post parto. De la semana 32-38 se realiza un ultrasonido para monitorear el crecimiento, posición del feto y la placenta (Embryology, 2019) se repite el examen de VDRL o RPR (pruebas de sífilis). De la semana 35-37 se realiza el cultivo Estreptococo B. (Aguilera & Soothill, 2014)

3.1.2 Ultrasonido

El ultrasonido es un procedimiento seguro, indoloro y no invasivo que utiliza ondas sonoras para producir fotografías de las estructuras internas del cuerpo. (Radiologyinfo, 2018) En el embarazo, este da información sobre el crecimiento, el desarrollo y la salud general del bebé. (MedlinePlus, 2020) Produce imágenes del interior del organismo, también conocidas como exploración por ultrasonido o ecografía, usando ondas de sonido. Se basa de una pequeña sonda denominada transductor y un gel que se coloca directamente sobre la piel, permitiendo que ondas sonoras de alta frecuencia viajan desde la sonda a través del gel y hacia adentro del cuerpo. La sonda recoge los sonidos que rebotan y una computadora toma esas ondas sonoras para crear una

imagen. Estas imágenes captadas ayudan a los médicos a diagnosticar y tratar condiciones médicas.

Algunos términos importantes relacionadas con las imágenes ultrasónicas y el desarrollo del feto, son:

DICOM: (estándar ISO 12052: 2006) Acrónimo de Digital Imaging and Communications in Medicine, un estándar clínico para el manejo, almacenamiento, impresión y transmisión de información de imágenes.

Tamaño y Edad Fetal: generalmente se mide mediante 4 evaluaciones de ultrasonido: diámetro biparietal (DBP), circunferencia de la cabeza (HC), circunferencia abdominal (AC) y longitud del fémur (FL).

Diámetro Biparietal: (DBP) utilizado para determinar la edad fetal y los parámetros de desarrollo normal (pequeño / grande / anormal). Medido como el diámetro entre los 2 lados de la cabeza, medidas después de 13 semanas (2,4 cm) a término (9,5 cm).

Circunferencia de la Cabeza - (HC) Medida como una elipse en una sección horizontal al nivel del tálamo y el cavum septi pellucidi. 2do trimestre Crecimiento de la cabeza fetal, se mide si el equipo de ultrasonido tiene la capacidad; de lo contrario, HC puede ser calculada a partir del diámetro biparietal y el diámetro occipitofrontal, usando la ecuación $HC = 1.62 \times (BPD + OFD)$ (Wiley & Ltd, 2007, pág. 29).

Saco Gestacional - (GS) tamaño formado inicialmente por la cavidad coriónica, después del período embrionario (semana 8, GA W10) la cavidad amniótica se expande y se fusiona con el corion. Medido por el diámetro medio del saco de gestación.

Edad Gestacional - (GA)- Refiere a la longevidad del embarazo después del primer día del último periodo menstrual (LMP). Desde la ultrasonografía, normalmente se usa el diámetro

biparietal como el estimador de edad gestacional (Zakaria & Ashraf , 2019, pág. Introducción), aunque se han realizado estudios que demuestran que el diámetro transcerebral o la longitud del fémur pueden ser estimadores más exactos (Zakaria & Ashraf , 2019, pág. Conclusión). El cerebro y espina del feto se desarrollan continuamente durante la gestación, razón por la que es de vital importancia que el médico esté familiarizado con los rangos normales del sistema nervioso central fetal para cada etapa del embarazo (Wiley & Ltd, 2007).

Ventrículos laterales anterior y posterior (VA - VP) - Son visualizados a partir del plano transventricular, mostrándose como dos estructuras llenas de fluido en forma de coma. (Wiley & Ltd, 2007).

Cavum septumpellucidum (CSP) - Es un fluido que llena la cavidad que separa los ventrículos laterales. Se vuelve visible sobre la semana 16 y reduce nuevamente su tamaño hacia el término de la gestación. (Wiley & Ltd, 2007)

Cerebelo - Se muestra como una estructura en forma de mariposa formada por los hemisferios cerebelares unidos por el vermis cerebral (Wiley & Ltd, 2007, pág. 29). El diámetro transversal del cerebelo suele aumentar aproximadamente un milímetro por semana durante las semanas menstruales 14 a 21. Esta medición, junto a BPD y HC son útiles para definir el crecimiento fetal (Wiley & Ltd, 2007, pág. 29).

Cisterna Magna (CM) - Fluido en la zona posterior del cerebelo. (Wiley & Ltd, 2007, pág. 29).

El Peso Fetal Estimado (EFW) - Puede determinarse a partir del uso de modelos basados en las mediciones de la circunferencia craneal, tamaño abdominal y longitud del fémur. (Hadlock M.D., Harrist, Sharman, Deter, & Park, 2013).

Índice De Fluido Amniótico (AFI) - El índice de fluido amniótico ha sido establecido como un componente crítico para el control prenatal. A través de un estudio, se termina una alta correlación entre la acumulación excesiva de líquido amniótico (polihidramnios) con anomalías congénitas y un aumento de cesáreas durante el parto. También se observa un aumento en el riesgo del estado fetal durante el parto (NRFS Nonreassuring Fetal Status) en presencia de oligohidramnios en fetos prematuros (Ott, 2004)

3.1.3 Anomalías Del Sistema Nervioso Central

Las malformaciones del sistema nervioso central son la segunda malformación más frecuente en recién nacidos, con una incidencia de 1 o 2 casos cada 1000 nacimientos. Entre las malformaciones más frecuentes se encuentran la hidrocefalia, el mielomeningocele, la microcefalia, la encefalocele, etc. (Riesle P, y otros, 2006).

Las anomalías del SNC representan la segunda causa de lesiones severas y permanentes, provocando discapacidad en la infancia que, en la mayor parte de los casos, no puede ser tratada a partir de opciones terapéuticas. Las estructuras que componen el SNC son altamente sensibles a múltiples factores que pueden ocurrir durante la gestación, como infecciones, traumatismos o hipoxia, por lo que el desarrollo puede sufrir alteraciones o lesiones importantes en cualquier etapa de la gestación. Debido a esto, la evaluación prenatal debe tener en cuenta:

- Cada edad gestacional cuenta con sus propios patrones y características normales, por lo que el profesional médico debe estar altamente familiarizado con la normalidad del SNC en todas las etapas gestacionales.
- Debido a que el SNC mantiene su desarrollo durante toda la gestación y posterior al nacimiento, las lesiones pueden ocurrir y no ser evidenciadas en el examen hasta que ha pasado un tiempo considerable.

- Una ecografía temprana normal no descarta el descubrimiento de anomalías en ecografías futuras. (Hospital, Hospital, & Universitat, s.f.)

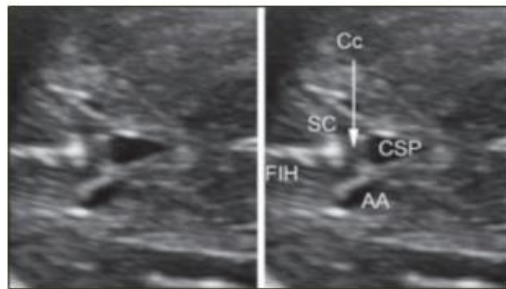
Las anomalías del sistema nervioso central corresponden a un grupo frecuente de malformaciones congénitas; y el ultrasonido prenatal es la herramienta preferida para su pesquisa durante la gestación. (H. Dolin, y otros, 2001)

El Complejo Anterior

De esta forma se nombra a un conjunto de estructuras mediales anteriores, identificables en el plano transventricular. En esta sección axial, incluida en todas las recomendaciones de pesquisa cerebral fetal, es posible reconocer desde anterior a posterior: la fisura interhemisférica, el surco caloso, parte del gen del cuerpo caloso, el Cavum Septi Pellucidi (CSP) y, lateralmente a este último, las astas anteriores de los ventrículos laterales. [8]

Figura 1

Complejo Anterior en un Feto Normal de 24 Semanas de Gestación



Nota: FIH, Fisura Interhemisférica; SC, Surco Caloso; Cc, Cuerpo caloso; CSP, Cavum Septi Pellucidi; AA, Asta Anterior del ventrículo lateral.

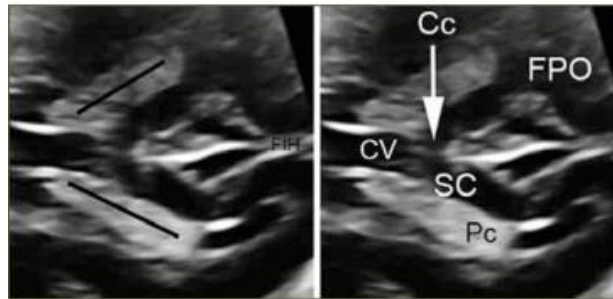
El Complejo Posterior

Haciendo una observación desde el plano transventricular, en dirección cefálica, se podrá reconocer el complejo posterior. Aquí se podrán observar fibras comisurales del cuerpo caloso. Inmediatamente se identifica el surco caloso y la FIH (Fisura Interhemisférica), que se encuentra

inmersa en el surco parieto-occipital. Por último y hacia el lateral, se pueden identificar los ventrículos laterales con sus plexos coroideos. (Figura 2). [8]

Figura 2

Complejo Posterior en un Feto Normal de 25 Semanas de Gestación



Nota: CV, Cavum Vergae; Cc, Cuerpo calloso; SC, Surco Calloso; Pc, Plexo coroideo; FPO, Fisura Parieto-Occipital

3.1.4 Definición De Arquitectura

Debido al trabajo de Dewayne Perry y Alexander Wolfm, publicado en 1992, se establece el punto de partida para lo que hoy conocemos como arquitectura de software. Son los primeros en proponer un modelo para la arquitectura de software; este modelo contempla a la arquitectura formada por tres componentes: elementos, formal y razón. Los elementos pueden ser de procesamiento, datos o conexión; la forma se define de acuerdo con las propiedades de, y a las relaciones entre los elementos; la razón se contempla en términos de restricciones del sistema, que se derivan de los requerimientos del sistema. (Fernandez, 2006)

En la actualidad, no se tiene una única definición formal universal de lo que es la arquitectura de software. Existen ciertas definiciones comúnmente aceptadas para este concepto, por ejemplo, el encontrado en el libro de Len Bass "Una arquitectura de software de un programa o un sistema computacional es la estructura del sistema, la cual comprende elementos de software, las propiedades externamente visibles de esos elementos, y las relaciones entre ellos". (L, P, & R,

Software architecture in practice, 2003). El documento de IEEE Std 1471-2000 define: “La Arquitectura de Software es la organización fundamental de un sistema encarnada en sus componentes, las relaciones entre ellos y el ambiente y los principios que orientan su diseño y evolución”. En general, la arquitectura de software permite un entendimiento global del sistema en cuestión, para lograr plantear una solución al problema, organizarla e implementarla. (A & Perez V, 2007)

Según Paul Clements, hay cinco pasos fundamentales para evaluar e implementar una arquitectura:

- Diseño o selección de la arquitectura: cómo elegir la arquitectura basándose en los requerimientos del sistema.
- Representación de la arquitectura: cómo comunicar la arquitectura.
- Evaluación y análisis de la arquitectura: cómo analizar una arquitectura para predecir las cualidades del sistema en que se manifiesta.
- Desarrollo y evolución basados en arquitectura: cómo construir y mantener un sistema según la arquitectura que se va a implementar.
- Recuperación de la arquitectura: cómo evolucionar un sistema legacy. (Billy C, 2004)

Una arquitectura no sólo dictamina la organización de los componentes, sino que además debe responder a la pregunta de cómo se comunican entre sí, y, sobre todo, debe dar solución a los atributos de calidad que sean dispuestos para el sistema en cuestión. Un atributo de calidad es una propiedad evaluable de un sistema que indica qué tan bien un sistema satisface a las necesidades de las partes interesadas. Los atributos de calidad refieren muchas veces a los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema y a las decisiones definitivas que son tomadas para el

desarrollo e implementación de la arquitectura, como puede ser el lenguaje de programación a utilizar o el uso de ciertas librerías o módulos. Este último factor está altamente relacionado con la elección del patrón de arquitectura que se aplique en la arquitectura, en caso de utilizarse. (Bass, Clements, & Kazman, 2012)

En resumen, una arquitectura es una solución de alto nivel vista como un conjunto de estructuras o componentes de un sistema de software, que están integrados y organizados de cierta manera y que deben cumplir con una serie de pautas y requerimientos para dar solución a un problema propuesto.

3.1.4.1 Patrones arquitectónicos

Al momento de diseñar y proponer una arquitectura de software, se puede hacer a partir de la aplicación de patrones arquitectónicos. Estos patrones han sido definidos en el pasado para resolver problemas particulares sobre la organización e integración de componentes de un sistema.

Algunos de los patrones comunes son:

- Patrón de capas (n-capas): Es aplicado cuando la relación entre los elementos de software es unidireccional, es decir, una capa superior sólo hace uso de los servicios de la capa inmediatamente anterior. (Bass, Clements, & Kazman, 2012)
- Microservicios: El objetivo de este patrón es incrementar la eficiencia del software, a partir de la descomposición del mismo en servicios pequeños y autónomos que pueden ser desplegados de forma independiente. Esto tiene grandes ventajas, como lo es el hecho de que, si uno de los servicios falla, el software general no se verá directamente afectado. (Microsoft, s.f.) Usualmente se relacionan con lo contrario a una arquitectura monolítica, que implica un acercamiento tradicional abarcando todos los componentes de forma interdependiente y sobre un mismo código base. (Amazon Web Services, s.f.)

- Orientada a servicios (SAO): La arquitectura orientada a servicios permite una comunicación entre componentes (o servicios) mediante diferentes plataformas y lenguajes de programación. Esto permite la reutilización de estos servicios en múltiples partes del sistema y lo hace un patrón muy atractivo por su permitir un mantenimiento más eficiente, ya que permite corregir o actualizar código directamente en cada servicio en vez de tener que hacerlo en grandes bloques de código de aplicaciones monolíticas.

Existen otros patrones arquitectónicos que pueden ser vistos o relacionados directamente con patrones de diseño, y que, en muchos casos, pueden incluso cumplir con ambas necesidades, como sucede con el patrón MVC (Model-View-Controller) que separa la aplicación en tres capas, cada una encargada del manejo de datos, presentar y controlar la información.

3.1.4.2 Patrones De Diseño

Los patrones en software se consideran un par problema - solución ya probada y documentada. Cada patrón surge a partir de un problema específico y recurrente de diseño e implementación en un sistema. Los patrones de arquitectura, a diferencia de los patrones de diseño, se concentran en la estructura de alto nivel del sistema; un patrón de diseño tendrá relevancia en sólo una porción del sistema, mientras que un patrón de arquitectura impactará en su totalidad. (A & Perez V, 2007). Estos patrones están subdivididos en tres categorías generales:

- Patrones creacionales: Proporcionan solución a la creación de objetos, permitiendo aumentar la flexibilidad y la reutilización del código.
- Patrones estructurales: Facilitan soluciones y estándares con respecto a las composiciones de clase y las estructuras de los objetos.
- Patrones de comportamiento: Este patrón se ocupa de la comunicación entre objetos.

3.2 Estado Del Arte.

Para el estudio y entrenamiento en el área, se han desarrollado técnicas y estudios con software encargados del tratamiento de imágenes y datos para la evaluación de imágenes ultrasónicas.

3.2.1 DataDX

DataDX se basa en esta detección de anomalías en datasets clínicos y financieros. Usa machine learning para detectar anomalías en medio de grandes cantidades de datos y mostrar estos hallazgos en informes detallados. Un proceso manual para este problema podría ser sumamente ineficiente debido al rápido crecimiento de la información, en dónde se pueden trabajar con datasets de millones de filas (Lawrence, MBI, & RHIA, 2020). Sin embargo, el sistema de gestión propuesto no usará machine learning pues, a diferencia de DataDX, no trabajará sobre cantidades masivas de datos a la vez, sino que la detección de anomalías se hace paciente por paciente durante el exámen ecográfico.

3.2.2 OSPACS

Un dataset DICOM combina la imagen médica con información del paciente y posible información adicional escaneada. Evidentemente, la integridad de esta información es vital para mantener registros adecuados, asegurando que la descripción del paciente siempre estará asociada con la imagen médica correcta. Si bien el ultrasonido maneja un software que almacena las imágenes, este almacenamiento suele ser insuficiente, pues el manejo de dichas imágenes se vuelve inmanejable después de cierto umbral. Debido a esto, se desarrolló OSPACS, un sistema de código abierto basado en un lector de imágenes DICOM y una base de datos relacional. Es usada no sólo para importar imágenes ultrasónicas sino también para extraer grupos de imágenes para demás

análisis, garantizando la integridad de los datos y apoyando investigaciones médicas. (C., J, C, U, & Ryan, 2008).

3.2.3 Arquitectura De Documentos Clínicos (CDA)

Es un estándar de marcado de documentos en el cual se especifica la estructura y la semántica de documentos clínicos, los cuáles son un conjunto de observaciones y servicios que cuentan con las siguientes características definitorias: persistencia, administración, potencial de autenticación, integridad, legibilidad humana.

Un CDA puede incluir texto, imágenes, sonidos y otro contenido multimedia. El documento se puede enviar dentro de un mensaje HL7 y puede existir de forma independiente, fuera de un mensaje en transferencia. El CDA completo incluirá un conjunto jerárquico de especificaciones de documentos. Esta jerarquía se conoce como una "arquitectura" (la "A" en "CDA"). Esta arquitectura, que se puede considerar como un conjunto de esquemas o definiciones de tipo de documento XML (DTD) relacionados jerárquicamente.

El estándar CDA actual ha definido solo el nodo superior de la jerarquía, conocido como "CDA Nivel Uno". Este nivel es detallado para representar notas clínicas, en gran parte narrativas, que pueden minimizar las barreras técnicas para la adopción de la norma. (L., y otros, 2001). El Nivel Dos se concibe como un conjunto de plantillas o restricciones que pueden superponerse a la especificación CDA Nivel Uno. Una plantilla puede, por ejemplo, especificar que un documento de tipo "histórico y físico" contendrá una sección "subjetiva" obligatoria; una sección obligatoria de "examen físico" que contiene una sección obligatoria de "signos vitales" y una sección opcional de "examen cardiovascular"; y una sección de "evaluación" obligatoria seguida de una sección de "plan". (L., y otros, 2001)

En el nivel tres de CDA permitirá que el contenido clínico se exprese formalmente en la medida en que esté modelado en el RIM. Es decir, permitirá extraer un mensaje de pedido de un documento clínico, permitir una representación detallada de síntomas y hallazgos, y permitir que los códigos de facturación se extraigan automáticamente.

El contenido clínico de los documentos CDA permanecerá invariable en todos los niveles de la arquitectura. Cada nivel habilita y mejora la expresión estandarizada de una semántica compartida más rica. Por lo tanto, un solo informe puede marcarse como documento de Nivel Uno, Nivel Dos o Nivel Tres, y su contenido clínico no variará. Lo que variará entre los niveles es el grado en que el contenido clínico puede ser procesado por una máquina en un contexto de intercambio y el grado en que las especificaciones de los documentos clínicos pueden imponer restricciones al contenido. (ITDO, 2022)

3.2.4 Level 7 Health (HL7)

Es una organización de establecimiento de estándares acreditada por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI), la cual ha desarrollado protocolos de comunicación ampliamente utilizados en los Estados Unidos para el intercambio electrónico de información clínica cómo administración y cuidado de paciente, reporte de resultados y manejo financiero, además de abordar diferentes especialidades cómo las imágenes de diagnóstico y el apoyo en las decisiones clínicas tomadas.

“Level Seven” (Nivel siete) refiere al séptimo nivel del modelo de comunicación de siete capas de la Organización Internacional de Normalización (ISO), para el nivel de aplicación del modelo OSI (modelo de interconexión de sistemas abiertos).

El poder de HL7 viene en el cumplimiento de estándares que aumenta y facilita la cantidad de contextos y servicios que se pueden incluir al agregar el registro de un paciente. Por ejemplo,

facilita la interoperabilidad del personal médico cuando se trata de un paciente que debe ser validado por múltiples especialidades y sus datos pueden interponerse o no ser procesados correctamente y eficientemente por las diferentes aplicaciones usadas en un hospital. A su vez, facilita el trabajo del cuerpo médico al integrar y mantener la información de toda la historia clínica del paciente, lo que facilita la toma de decisiones. (ITDO, 2022)

RIM (HL7 Reference Information Model) es la piedra angular del proceso de desarrollo de la versión 3 de HL7. Un modelo de objeto creado como parte de la metodología de la Versión 3, el RIM es una representación pictórica grande de los datos clínicos (dominios) de HL7 e identifica el ciclo de vida que llevará un mensaje o grupos de mensajes relacionados. Es un modelo compartido entre todos los dominios y, como tal, es el modelo a partir del cual todos los dominios crean sus mensajes. El RIM es un estándar aprobado por ANSI. (Mandirola Brieux, 2018)

3.2.5 Software Architecture for the Vismedic medical visualization system

El sistema de visualización médica Vismedic es uno de los proyectos de desarrollo de software del centro Vertex, Este centro tiene como objetivo desarrollar aplicaciones que sirvan de apoyo a los médicos en el proceso de diagnóstico a través de imágenes médicas digitales. El proyecto descrito actualmente cuenta con un Visualizador 2D de imágenes médicas digitales en formato DICOM y se encuentra en la fase de pruebas del Visualizador 3D. Luego de tres años de desarrollo, se comprobó que al adicionar nuevos requisitos funcionales o cambiar sustancialmente los existentes, se necesita realizar modificaciones en la mayor parte del software. Estas modificaciones se deben al fuerte acople, alto nivel de dependencia entre los elementos que componen el sistema y la débil reusabilidad que se puede alcanzar con los mismos. Las deficiencias presentes en la arquitectura actual ralentizan la incorporación de nuevas características a los productos que se desarrollan en el proyecto, lo que conlleva a notables atrasos en el cronograma

de desarrollo y aumenta la curva de aprendizaje para los nuevos desarrolladores que se incorporan cada curso.

En este proyecto se define y se valida una arquitectura de software, que permita reducir los problemas de extensibilidad, reusabilidad y dependencias basada en la integración de los estilos arquitectónicos: Arquitectura basada en componentes, Arquitectura basada en capas y Tuberías y filtros, para el sistema de visualización médica Vismedic. Para realizar la propuesta se hizo necesario el estudio de los conceptos relacionados con la Arquitectura de Software, las características arquitectónicas de tres productos establecidos en el campo del procesamiento y visualización de imágenes: Volumen Rendering Engine (Voreen), Visualization Toolkit (VTK) e Insight Toolkit (ITK) y de la especificación OSGi para el desarrollo basado en componentes. La arquitectura propuesta integra las principales características de las bibliotecas antes mencionadas e incorpora el empleo de plugins para extender las funcionalidades. La misma se validó a través de la Técnica de evaluación basada en prototipos y de la aplicación del Método de Análisis de Acuerdos de Arquitectura de Software (ATAM). (Rodríguez Peña & Guil)

3.3 Marco Tecnológico

3.3.1 Tecnologías de desarrollo

Tras un amplio análisis de las posibles opciones a elegir para la implementación de los componentes, se eligen las herramientas que mejor se adaptan a las necesidades del proyecto: es necesario un desarrollo rápido y flexible, contar con una alta seguridad e integridad de los datos, además de proveer una fácil administración y hacer uso de tecnologías que estén a la vanguardia y cuenten con una documentación robusta para fáciles migraciones y actualizaciones futuras.

3.3.1.1 BackEnd.

3.3.1.1.1 Django (Versión 4.1.1).

Django es un framework de Python que permite desarrollos rápidos y eficientes. Cuenta con características como ORM (Object-Relational-Mapping) que permite la interacción segura con bases de datos, permitiendo procesos como la autenticación de usuarios, manejo de sesiones y creación de super usuarios; debido a las necesidades del aplicativo web, este necesita la autenticación de los usuarios para poder acceder a las funcionalidades de diagnóstico inmediato y repositorio de datos. De igual manera, debe validar los roles y sus correspondientes permisos de acceso. Django además posee un enfoque fuerte en seguridad, incorporando diferentes medidas como la implementación de CSRF Tokens para asegurar y verificar las solicitudes realizadas a través del envío de métodos POST hechas con formularios. Debido a que el aplicativo maneja datos médicos que alimentan un dataset, y a su vez manejan datos sensibles de pacientes, la seguridad del aplicativo es vital y toda solicitud hecha a la base de datos debe venir verificada. Django hace de esto una labor más sencilla. Por otro lado, el aplicativo está diseñado para soportar un aproximado de 80 consultas al día. Si bien el enfoque principal está dirigido al uso exclusivo en la Unidad Materno Fetal de la Clínica Foscal Internacional, se espera que a futuro el aplicativo pueda ser usado en múltiples clínicas y por múltiples médicos gineco obstetras. Django está diseñado para manejar aplicaciones de alto tráfico y escalar eficientemente.

3.3.1.1.2 Python (Versión 3.10.4)

Python es un lenguaje de programación de alto nivel orientado a objetos, con una sintaxis sencilla, flexible y fácil de aprender. Su estructura lo convierte en un lenguaje atractivo y óptimo para desarrollos, además de reducir el costo del mantenimiento del programa, admite módulos y

paquetes que fomentan la optimización, modularidad y reutilización de código para lograr desarrollos más rápidos y simples (Foundation, 2001-2023).

El núcleo del sistema se basa en la localización y extracción de datos desde documentos de texto y su posterior almacenamiento en base de datos. Debido a este requerimiento, se seleccionó un lenguaje de programación con las características óptimas para llevar a cabo este procesamiento. Gracias a su sintaxis Python nos permitió una fácil manipulación de la información y su codificación. Además, gracias a sus métodos, funciones y librerías especializadas en procesamiento de texto se facilitó la implementación de lo antes descrito, así como la posterior creación y descarga de documentos PDF para los reportes de diagnóstico inmediato (como la librería ReportLab).

3.3.1.1.3 *JavaScript (Versión 3.7.0)*

El uso de JavaScript toma una labor importante en el desarrollo del aplicativo gracias a la interactividad que permite de parte del cliente. Con el uso de JavaScript el aplicativo funciona de una forma más eficiente pues se evita reconsultas a base de datos con flujos que puede tomar el usuario, como por ejemplo en la interacción de los filtros dinámicos de algunas pantallas en las que se muestran u ocultan opciones según las necesidades del usuario. Además, ofrece una capa extra de validación al implementar funciones y validaciones en los formularios.

3.3.1.2 FrontEnd.

3.3.1.2.1 *Django (Versión 4.1.1)*

Las template tags personalizables del framework permiten la realización de operaciones lógicas y visualización de datos dinámicamente en las plantillas HTML, facilitando la interacción del backend con la base de datos y las plantillas. Esto permite mantener la lógica del negocio en la vista y disponer de esta en las plantillas para la presentación y visualización de los datos a través

del acceso a variables y objetos definidos en la vista a través de diferentes etiquetas como '{% for %}' e '{% if %}'. Esto facilita la creación de interfaces dinámicas y personalizadas, cómo se necesitó en este aplicativo debido a que cada se necesitaba la creación y visualización de consultas, reportes e historiales de pacientes que eran diferentes y únicos unos con otros.

Además, Django cuenta con el uso de procesadores de contexto, los cuáles permiten acceder a datos adicionales comunes facilitando la reutilización de código, de igual manera que los templates estos pueden ser renderizados en un HTML para la visualización de parte del cliente.

3.3.1.2.2 HTML5

HTML corresponde a las siglas de HyperText Markup Language (Lenguaje de marcas de hipertexto), es un lenguaje basado en etiquetas que permite la definición y creación de una base estructural para el contenido de un aplicativo web. Este es el elemento de construcción más básico de una página web. Este lenguaje permitió la definición y creación de la estructura y maquetación para el contenido del aplicativo web.

3.3.1.2.3 CSS

CSS corresponde a las siglas de Cascading Style Sheets (Hojas de Estilo en Cascada), es un lenguaje de estilos utilizado para definir la presentación visual de los elementos HTML, describiendo el cómo debe ser renderizado cada elemento electrónico estructurado previamente en HTML. El uso del lenguaje CSS es imprescindible para la creación de páginas web complejas y completas, al tener la capacidad de definir el aspecto de cada elemento como su color, tamaño, tipo de letra, posición, estilo, alineamiento y posición, uso de íconos, estilización de imágenes, etc. A su vez, el uso de CSS puede mejorar significativamente la accesibilidad del aplicativo, permite la generación de un sitio web responsivo y mejora el rendimiento de este al evitar hacer los archivos demasiado pesados. Este lenguaje de estilos permitió definir la presentación e identidad

visual de los elementos HTML que se muestra al usuario. Gracias a la utilización de CSS se determina el color, tamaño, tipo de letra, posición y alineamiento de los elementos, así como el uso de iconos y estilos de imagen. El uso de Cascading Style Sheets complementa el diseño del aplicativo web.

3.3.1.2.4 Bootstrap

Bootstrap es un framework open-source construido en HTML, CSS y JavaScript que aglomera herramientas de desarrollo frontend potente que contiene múltiples características para el diseño de aplicaciones web. Permite desarrollos mucho más rápidos al proveer una colección de plantillas de diseño ya establecidas, que además añaden otras ventajas como hacer aplicativos responsivos según el tamaño de la pantalla sobre la cual se está ejecutando el mismo y automáticamente configurando la forma en la que se muestra en la pantalla, además de permitir una personalización de los aplicativos mucho más eficiente e inmediata. La implementación de Bootstrap permite el uso de varios de sus componentes predefinidos para facilitar y acelerar la creación del aplicativo web, de esta manera es posible manejar una consistencia visual sin necesidad de aplicar solamente HTML y CSS, lo que demanda más tiempo y líneas de código al momento de desarrollo. Además, gracias a sus componentes flexibles fue posible crear un aplicativo responsivo para optimizar su uso en múltiples tipos de pantalla y garantiza compatibilidad entre múltiples navegadores.

3.3.1.3 Visual Studio Code (Versión 1.74.2)

Visual Studio Code es un editor de texto de software libre y multiplataforma que facilita el desarrollo de aplicativos, gracias a la disponibilidad de numerosas extensiones que pueden ser instaladas sin necesidad de salir del programa, que apoyan el desarrollo atacando necesidades según el lenguaje de programación utilizado, facilitando la escritura y ejecución de código y la

rápida identificación de errores. Por el uso de Python, se buscó un IDE que soportara completamente el lenguaje como lo es Visual Studio Code, además que ofrece herramientas específicas para el desarrollo con Python, como sugerencias de autocompletado de código y soporte para administrar paquetes pip. Este IDE cuenta también con integración directa con GIT, el cuál es el sistema de control de versiones que nos permitió realizar un seguimiento de los cambios realizados en los archivos del proyecto a lo largo del tiempo, también realizar operaciones como creación e integración de ramas y flujos, al igual que fusionar cambios y deshacer modificaciones, todo esto nos permitió darle un control adecuado del desarrollo.

3.3.1.4 PostMan (Versión 10.7.0)

Esta herramienta de desarrollo para la realización de testing de las peticiones REST de la API de la aplicación. Esto nos permitió realizar múltiples pruebas durante el desarrollo del backend, y verificar rápidamente la respuesta del aplicativo y del CRUD a base de datos.

3.3.1.5 GitHub

GitHub es un servicio basado en la nube que aloja un sistema de control de versiones. Fue creada para alojar el código de aplicaciones desarrolladas en cualquier lenguaje y permitir a los desarrolladores realizar cambios en proyectos compartidos con otros desarrolladores, manteniendo un historial de cambios para el seguimiento detallado del progreso y la gestión del código fuente. De esta manera, fue posible codificar de manera conjunta sin alterar o perjudicar el flujo o el funcionamiento del aplicativo, manteniendo así el historial de cambios para un seguimiento detallado del progreso y la gestión del código fuente.

3.3.2 Bases de datos y servicios de almacenamiento

Para el almacenamiento, manejo y administración de los datos médicos, se ha optado por las siguientes tecnologías en aras de lograr el mayor rendimiento posible, dando prioridad a la integridad, escalabilidad y seguridad de estos.

3.3.2.1 Lenguaje SQL

El lenguaje SQL es un lenguaje orientado al manejo de bases de datos relacionales (RDBMS). Es usado para trabajar con conjuntos de datos y las relaciones que pueden establecerse entre ellos (Microsoft, 2021), este lenguaje nos permite la realización de operaciones de acceso y manipulación de información almacenada en una base de datos y diferentes operaciones administrativas.

3.3.2.2 Base de datos relacional

Una base de datos relacional es un tipo de base de datos que almacena información de manera estructurada, generando una relación entre los conjuntos de datos. Estas se basan en el modelo relacional en el cual se representan los datos en tablas, compuestas por columnas (también vistas como atributos o características) y filas, que pueden ser también vistas como registros que contienen un dato para cada atributo o columna, siendo uno de estos, un identificador único que es el que posteriormente permite la relación de registros entre sí (oracle, s.f.). Esto nos permitió que la gestión de la base de datos fuera mucho más sencilla y accesible, permitiendo la manipulación de la información y su almacenamiento físico sin influir en el acceso de los datos como estructura lógica.

3.3.2.3 ORM

El ORM (Object-Relational mapping) o mapeo de objeto-relacional, es un modelo de programación que consiste en la transformación de las tablas de una base de datos en una serie de

entidades o modelos al código, que simplifiquen al programador el acceso a los datos. Este mapeo fue el puente que permitió la conexión entre la base de datos implementada y el código BackEnd, encargado de manejar el flujo de operaciones CRUD entre la base de datos y el FrontEnd.

3.3.2.4 PostgreSQL (Versión 14.4)

PostgreSQL es un sistema de código de bases de datos orientado a objetos para la administración de bases de datos relacionales a partir del lenguaje SQL. PostgreSQL nos brinda múltiples ventajas que lo hacen una elección óptima para el desarrollo de este aplicativo:

- Al ser un sistema gratuito y con una amplia documentación, nos que permite reducir costos de desarrollo y un fácil mantenimiento del aplicativo.
- Tiene una gran capacidad para el manejo de un gran volumen de información, lo que permite soportar múltiples transacciones al día.
- Es un software multiplataforma, es decir, puede ser ejecutado correctamente bajo múltiples entornos y sistemas operativos.

3.3.2.5 PgAdmin4 (Versión 6.10)

PgAdmin es una herramienta de gestión y administración para PostgreSQL y otras bases de datos relacionales derivadas de este. Puede ser ejecutado ya sea en un ambiente web o como una aplicación de escritorio, según las necesidades y facilidades del usuario (Pgadmin, s.f.). A través de Pgadmin nos permite la ejecución de código SQL para la creación de la base de datos y la inserción, visualización, modificación o eliminación de datos, contando no sólo con la opción para ejecutar código, sino que cuenta con un entorno gráfico para la rápida gestión de tablas y datos, lo cual facilita ampliamente el trabajo.

3.3.2.6 Amazon S3

Amazon Simple Storage Service (Amazon S3) es un servicio de almacenamiento de objetos que se destaca por su excepcional escalabilidad y la robustez de su seguridad de datos. Este servicio resulta ideal para la creación de repositorios de datos que posteriormente pueden ser analizados o procesados mediante técnicas de inteligencia artificial. Esto se alinea perfectamente con los objetivos de nuestro proyecto, que busca diseñar una arquitectura sólida para mantener almacenadas y disponibles imágenes de ultrasonido con el propósito de futuros estudios médicos y estadísticos. Haciendo uso de este servicio se crearon dos buckets S3 para almacenar estas imágenes: el primero mantiene relación directa con PostgreSQL y con la aplicación de apoyo diagnóstico desarrollada en Django, y su información es eliminada periódicamente al cabo de un año de haber sido cargada. El segundo bucket, recibe una copia de la información almacenada en el primer bucket, y aquí es persistida de forma permanente, esto con el fin de proponer una arquitectura capaz de manejar tanto una aplicación de diagnóstico eficiente como un repositorio histórico de imágenes. Una gran ventaja de los objetos almacenados en los buckets S3, es la posibilidad de agregar metadatos a los mismos. Para este proyecto se definieron una serie de metadatos con el profesional médico, que son características y atributos de interés para la clasificación y categorización de imágenes para futuros estudios médicos y estadísticos.

3.3.2.7 Amazon Athena

Amazon Athena es un servicio de consultas que facilita el análisis de datos en S3 a través del uso de SQL estándar. Para este proyecto, se utilizó Athena durante el desarrollo del prototipo de búsqueda y consulta, con la intención de permitir al usuario realizar filtrados de las imágenes almacenadas en el bucket del ambiente de análisis a partir de los metadatos de las mismas, usando queries SQL que son ejecutadas directamente desde la consola de AWS.

3.3.2.8 AWS Lambda

AWS Lambda es un servicio que permite ejecutar código en múltiples lenguajes, entre ellos Python, para procesar datos en tiempo real después de que un trigger es activado. Para este proyecto, se implementó AWS Lambda para que cada vez que un archivo fuese almacenado en el bucket, se activara una transformación de datos a un formato legible para Athena.

3.3.2.9 Amazon Glue

Amazon Glue es un servicio de integración de datos que permite fácilmente mover, preparar e integrar datos de múltiples fuentes. Para este proyecto, Amazon Glue fue utilizado para realizar la unión entre AWS Lambda y AWS Athena, lo que permite el paso de la información del bucket S3 para ser consultado y filtrado a partir de las sentencias SQL.

3.3.3 Servidor

Un servidor es un hardware o software integrado en una red, que pone recursos a disposición de desarrolladores y empresarios para el despliegue y administración de aplicaciones. Para este proyecto, se definió el uso de las siguientes tecnologías asociadas:

3.3.3.1 Servidor Cloud o Servidor Web

Un servidor de nube o servidor cloud es un recurso centralizado y agrupado que se aloja y distribuye a través de internet y el cuál puede ser accedido remotamente por múltiples usuarios alrededor del globo a través de un entorno informático. Proporcionan, al igual que un servidor físico tradicional, potencia de procesamiento y almacenamiento para la ejecución y despliegue de aplicaciones y bases de datos. La ventaja de un servidor de nube sobre un servidor tradicional es:

- Flexibilidad y escalabilidad: En caso de que se necesite una mayor capacidad por parte del servidor, es posible acceder fácilmente a él. Por otro lado, en un servidor tradicional esto

no es posible sin tener que recurrir a inversiones muy altas, pues puede ocurrir el caso de que su capacidad no sea suficiente para suplir las necesidades del proyecto.

- Rentabilidad: Los costos pueden mantenerse bajos ya que los recursos sólo son pagados a medida que son siendo utilizados, un servidor tradicional puede terminar generando costes más altos de los necesarios si se adquiere un servidor con una alta capacidad y termina siendo infrautilizado.
- Fácil implementación: debido a que es un servicio que se adquiere de un tercero, su configuración, implementación y despliegue es mucho más rápida que en un servidor tradicional. (vmware, s.f.) (Borges, 2021)

3.3.3.2 Alojamiento dedicado

Un servidor dedicado es un servidor comprado o arrendado para el alojamiento web y otros servicios de red de manera dedicada, es decir, exclusiva. A diferencia del alojamiento compartido, en los servidores de alojamiento dedicado hay un sólo cliente que dispone de todos sus recursos y posee control total sobre este. Esto supone grandes ventajas como la posibilidad de optimizar y personalizar el servidor a gusto, permitir que el cliente pueda elegir configuraciones del servidor según sus necesidades, fácil escalabilidad (pues al tener un servidor exclusivo, se pueden aumentar sus recursos fácil y rápidamente), y el incremento en la seguridad al poder satisfacer sus necesidades y normas propias, sin tener que compartir los servicios con terceros.

3.3.3.3 PaaS (Platform as a Service)

Plataforma como servicio (PaaS) es un entorno de desarrollo e implementación completo en la nube que ofrece a los desarrolladores y usuarios empresariales crear aplicaciones de una

forma mucho más rápida. Gracias a que es un servicio en la nube, ahorra al equipo de desarrollo configuraciones y mantenimiento de servidores, parches o actualizaciones, permitiendo reducir los costos y aumentar la productividad. (Salesforce, Salesforce, s.f.)

Ofrece los recursos necesarios (servidores, almacenamiento, redes, sistemas de administración de bases de datos, APIs, etc.) para el despliegue de todo tipo de aplicaciones en la nube. PaaS está diseñado para soportar y sustentar la compilación, pruebas, implementación, administración, gestión y actualización de aplicaciones web. Platform as a Service representa una ventaja importante al ya suplir otras necesidades vitales como podría ser la compra y administración de licencias de software, infraestructura de aplicaciones, contenedores y otros recursos que suelen representar, en muchos casos, una mayor complejidad y gastos para el cliente. (Azure, s.f.)

3.3.3.4 Heroku Server

Es una solución de plataforma como Servicio (PaaS) basada en la nube para el despliegue rápido de aplicaciones. El servicio está compuesto por contenedores virtuales, escalables bajo demanda tanto en número como en capacidad, los cuales son los encargados de mantener y ejecutar la aplicación desplegada. Heroku server ayuda a la gestión de la infraestructura de la aplicación incluyendo bases de datos, seguridad, networking, logging y monitoreo. La flexibilidad de la plataforma permite usar casi cualquier lenguaje de programación o framework preferido, así como diferentes patrones de arquitectura como Microservicios.

Heroku server soporta diferentes lenguajes de programación tales como Node.js, Ruby, Java, PHP y Python, el cuál es el lenguaje de desarrollo de este aplicativo. A su vez, los servicios de manejo de datos son optimizados y basados en populares proyectos de código abierto.

4. Diseño De La Solución

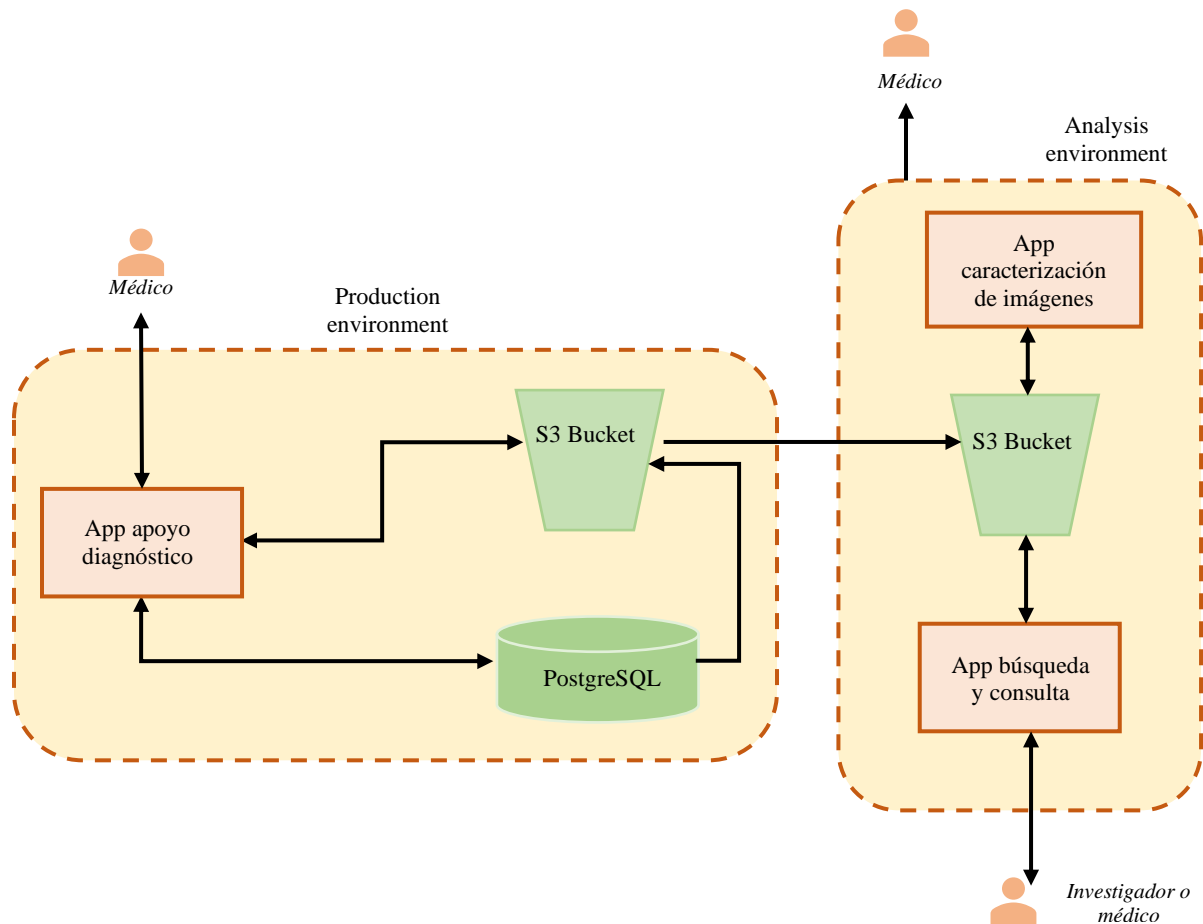
Para diseñar la solución de este proyecto se analizaron las necesidades presentadas e identificadas. Estas se centraban en dos aspectos fundamentales: en primer lugar, facilitar y apoyar el proceso diagnóstico de anomalías del sistema nervioso central fetal y, en segundo lugar, proveer una manera de almacenar permanente los datos tanto cuantitativos, cualitativos e imágenes recopiladas durante la ecografía para un posterior análisis.

Teniendo en cuenta estas prioridades, se establecieron una serie de objetivos y para cumplir con ellos, se propuso una arquitectura completa compuesta por múltiples elementos. A continuación, se lista y explica dicha arquitectura, así como los métodos y el modelo de datos implementado.

4.1 Arquitectura

La arquitectura propuesta puede ser dividida en dos ambientes: el primero, corresponde a un ambiente de producción en dónde se ejecuta la aplicación de diagnóstico inmediato y el segundo, corresponde a un ambiente de análisis de datos para el estudio y clasificación de las imágenes de ultrasonido. Para probar y validar la arquitectura propuesta, se diseñaron e implementaron tres prototipos de aplicativos, los cuáles son descritos a continuación junto con los demás componentes implementados.

Figura 3
Arquitectura Propuesta



4.1.1 Ambiente de producción

- **Aplicación de diagnóstico inmediato:** El objetivo de esta aplicación fue diseñar e implementar una solución que apoyara a los médicos de la Unidad Materno Fetal de la Clínica Foscal Internacional en el diagnóstico de anomalías del sistema nervioso central fetal. Se desarrolló como una aplicación web en Django que ofrece eficiencia en la entrega de resultados y apoya a otras funciones y necesidades del médico profesional. Para esto, se añadieron, además del módulo de diagnóstico, módulos de análisis gráfico de la evolución

de un feto, la opción de añadir y visualizar imágenes de ultrasonido relacionadas con un estudio y mantener un control del historial de embarazos de cada paciente. Además, se dió un primer acercamiento al acceso de los datos para estudios médicos: se creó un módulo que funciona como un repositorio de datos, y permite la interacción entre los usuarios y las mediciones tomadas durante las ecografías y los hallazgos identificados. En este aplicativo, el usuario interactúa con el sistema a través de la interfaz gráfica, la cual se comunica con el servidor por medio de protocolos http hasta la vista de Django. Aquí se procesa la solicitud y se realiza la petición, a través de la capa de datos ORM, a los servicios de almacenamiento de datos implementados en este proyecto, los cuáles fueron una base de datos relacional y un bucket S3. Este aplicativo se explica a mayor detalle en el capítulo 4.2.1.

- Base de datos relacional: Se decidió utilizar una base de datos relacional PostgreSQL para el almacenado de los datos generales de la aplicación de apoyo diagnóstico. Esta es la encargada de mantener la persistencia de los datos de los pacientes y de los resultados de sus estudios de ultrasonido, así como los datos de referencia necesarios para identificar anomalías, los cuáles son utilizados en el procesamiento de datos realizado en la aplicación de diagnóstico inmediato. También, es utilizada para mantener la información y credenciales de los usuarios que son registrados y hacen uso del aplicativo según los permisos otorgados. Adicionalmente, almacena las URL de las imágenes cargadas en el bucket S3 para mantener la relación entre la consulta del paciente y las imágenes tomadas con el ultrasonido. La información de las tablas creadas y la estructura general del modelo de la base de datos es explicada a mayor detalle en el capítulo 4.2.1.2.

- Bucket S3: Paralelamente a la base de datos relacional, se implementó Amazon Simple Storage Service (Amazon S3) haciendo uso de un bucket encargado exclusivamente de almacenar las imágenes de ultrasonido que son cargadas desde la aplicación de diagnóstico inmediato y que además, permite consultar y visualizar dichas imágenes nuevamente en el momento que el médico lo requiera. Dentro del bucket, nombrado como ‘diagnosisapp-bucket’, las imágenes son almacenadas en formato JPG dentro de un subdirectorío llamado ‘ultrasond_images’ y se establecen una serie de metadatos para lograr una caracterización de las mismas (dichos metadatos son especificados en la sección 4.2.2). Por motivos de economía y de eficiencia de la aplicación de diagnóstico inmediato, se concluyó que las imágenes sean eliminadas de este bucket tras un año de haber sido cargadas, asumiendo que, tras un año de haber iniciado, un embarazo llegaría a término y la necesidad de verificar nuevamente estas imágenes desde la aplicación de diagnóstico ya no sería relevante. Sin embargo, debido a que uno de los objetivos de este proyecto era el mantener el acceso a los datos de forma permanente, fue necesario idear una estrategia para mantener estas imágenes almacenadas y disponibles como datos históricos sin que se viera afectada la capacidad o la eficiencia de la app desarrollada. Es por esto que se propuso el ambiente de análisis de datos, el cuál es explicado a continuación.

4.1.2 Ambiente de análisis de datos

- Bucket S3: Se creó un segundo bucket llamado ‘historial-bucket’ que fue implementado en un ambiente para análisis. Este es el encargado de mantener el histórico de las imágenes de ultrasonido cargadas a través de la aplicación de diagnóstico: todos los archivos almacenados en el primer bucket (‘diagnosisapp-bucket’), son replicados, junto a todos sus

metadatos, a este segundo bucket de análisis en un subdirectorio nombrado ‘ultrasond_images’. Con esto, se busca lograr un repositorio de imágenes. Debido a que, para cumplir con los objetivos propuestos, era necesario poder acceder a estas imágenes para estudios y análisis estadísticos se plantearon dos aplicaciones adicionales en este ambiente. Una con el fin de permitir la búsqueda y consulta de los datos, y otra con la intención de ampliar la información almacenada y robustecer el repositorio.

- **Aplicación de caracterización de imágenes:** Con el objetivo de enriquecer mucho más el repositorio de imágenes, se plantea y prototipa una aplicación de caracterización de imágenes. Esta aplicación, permite al usuario acceder al listado de imágenes almacenadas en el bucket del ambiente de análisis (‘historial-bucket’) para visualizar y modificar los metadatos preexistentes, así como agregar nuevos metadatos que el mismo usuario pueda definir. Nuestra expectativa es que esta aplicación contribuya significativamente a consolidar información de relevancia médica, la cual será fundamental para llevar a cabo futuros estudios. Este aplicativo se explica a mayor detalle en el capítulo 4.2.2.
- **Aplicación de búsqueda y consulta:** Una vez logrado un repositorio de imágenes sólido y robusto, el siguiente paso es garantizar un acceso permanente a estos datos, permitiendo a los usuarios filtrar, clasificar y analizar la información de manera efectiva. Por esta razón, se plantea y prototipa una segunda aplicación en el ambiente de análisis dedicada exclusivamente a la búsqueda y consulta de imágenes. Los usuarios pueden aplicar filtros directamente basados en los criterios que les interesen, utilizando los metadatos definidos como herramienta de filtrado de datos. Esta funcionalidad facilita el acceso y la recuperación de imágenes de manera eficiente, brindando un recurso valioso para la investigación y el análisis de datos médicos. Esta aplicación está compuesta por la

integración de múltiples servicios. Esta arquitectura se describe a detalle en el capítulo 4.2.3.

Para un mayor entendimiento de la arquitectura implementada, se toma un ejemplo real del aplicativo de diagnóstico inmediato y se explica su interacción con los demás componentes. Para este caso, se explicará el flujo que ocurre cuando un médico crea una nueva consulta en la aplicación de diagnóstico inmediato. Después de haber cargado el documento y las imágenes arrojadas por el ultrasonido, el usuario da clic en el botón llamado ‘Procesar’ mostrado en el HTML. Esto activa la vista ‘agregar_consulta’, en donde los datos son extraídos y validados, y posteriormente son enviados a un serializador para convertir los objetos en modelos válidos para ser guardados en las tablas correspondientes de la base de datos. Una vez hecho esto, el sistema llama la vista ‘reporteInfo’, encargada de categorizar los datos almacenados en diferentes arreglos y variables (datos normales, datos anormales y número total de mediciones), y realiza el proceso de diagnóstico inmediato a partir de la comparación con datos de referencia, generando finalmente un reporte con los hallazgos. Estos datos de referencia son consultados desde la base de datos y son retornados a la vista; a su vez, los resultados del diagnóstico generado son usados para enriquecer la base de datos y con esto, el repositorio de datos.

De manera simultánea, las imágenes que fueron cargadas son almacenadas en el bucket S3 del ambiente productivo (diagnosisapp-bucket), y se registra la URL de cada archivo en una tabla de la base de datos, estableciendo relaciones mediante claves foráneas con el número del informe previamente generado. Con el propósito de preservar un repositorio histórico con todas las imágenes, a partir del mismo proceso anterior, se replican automáticamente los archivos en el bucket S3 del ambiente de análisis (historial-bucket). Todo esto permite que se mantenga la

coherencia y la persistencia en los datos de cada paciente y cada consulta. Este proceso permite que, posteriormente, un usuario pueda acceder a la aplicación de caracterización de imágenes para visualizar y evaluar las imágenes y sus características, pudiendo enriquecer la información preexistente. Finalmente, este mismo usuario podría realizar una consulta desde la aplicación de búsqueda y consulta para verificar las imágenes que cumplan con sus criterios de filtrado y descargarlas.

Por otro lado, en la aplicación de diagnóstico inmediato se retornaría el reporte con la recopilación de los resultados del diagnóstico con renderizados y mostrados al usuario a través de un HTML visualmente atractivo y de fácil interacción, el cual le permite, entre otras cosas, consultar y visualizar nuevamente las imágenes cargadas previamente.

4.2 Diseño de interfaces

La arquitectura en su totalidad cuenta con múltiples componentes, los cuáles fueron mencionados y explicados en el capítulo 4.1. A continuación, se desglosan las interfaces desarrolladas para validar la arquitectura propuesta.

4.2.1 Aplicación de diagnóstico inmediato

La aplicación de diagnóstico inmediato principalmente apoya y respalda la labor diagnóstica realizada por los médicos. Haciendo uso de una conexión directa desde la máquina de ultrasonido al dispositivo de cómputo o a través de una USB, el médico carga al sistema un documento .TXT que contiene las mediciones tomadas durante la ecografía de III nivel. Una vez hecho esto, el sistema inicia un procesamiento que retorna los hallazgos encontrados y un diagnóstico persuasivo o aproximado.

Un segundo alcance de este mismo aplicativo está relacionado con la segunda necesidad primordial de este proyecto: el acceso y permanencia de los datos recopilados con el fin de apoyar estudios médicos y la capacitación de estudiantes de medicina. Para esto se desarrolló un módulo correspondiente a un repositorio de datos. Aquí, se condensan los datos cualitativos y cuantitativos de las mediciones obtenidas durante las ecografías y los diagnósticos hechos por el sistema, proporcionando acceso a datos que pueden ser filtrados, consultados y descargados. Con esto, se da solución parcial a la necesidad descrita a inicios de este párrafo, pero fue necesario definir otro acercamiento para tratar y aprovechar las imágenes de ultrasonido. Para resolver esto de una forma más completa y eficiente, se implementaron los demás componentes de la arquitectura descritos en el capítulo 4.1, los cuales también son detallados en los capítulos 4.2.2 y 4.2.3.

Para manejar la comunicación de las solicitudes http enviadas por el cliente al servidor y su respectiva respuesta, se realizan operaciones CRUD a través de la vista y el modelo de Django hacia la base de datos. Estas operaciones son llevadas a cabo a partir de las URL que realizan la solicitud.

Tabla 1

Métodos del aplicativo

Método	URL	Acción
-	/	Redirige a pantalla de inicio
-	/aboutUs	Redirige a pantalla ‘Sobre nosotros’
-	/howToRegister	Redirige a pasos de registro
POST	/login	Autentica un usuario e inicia sesión
-	/logout	Cierra sesión
GET	/profile	Perfil
POST	/editProfileData/<userid>	Edición de datos del perfil

POST	/user_data	Completar registro
GET	/reset_password	Solicitud de recuperación de contraseña
-	/reset_password_sent	Envío de correo para recuperación de contraseña
POST	/reset/<uid64>/<token>	Reestablecimiento de contraseña
.	/reset_password_compl ete	Reestablecimiento de contraseña finalizado
POST	/change_password	Cambio de contraseña
POST	/usuario/nuevo	Registrar nuevo usuario
GET	/usuario/listado	Ver listado de usuarios registrados
POST	/deactivateUser/<userid >	Desactivar usuario
POST	/reactivateUser/<userid >	Activar usuario
-	/consultas/nueva	Seleccionar tipo de embarazo
POST	/consultas/nueva/unico	Crear nueva consulta a embarazo único
POST	/consultas/nuevo/multi ple	Crear nueva consulta a embarazo múltiple
GET	/registros/consulta/<par am>	Reporte de consulta
GET	/reporte_pdf/<consultai d>/<reporteid>	Descarga de PDF
GET	/reporte/graficos/<cons ultaid>/<reporteid>	Carga vista de gráficos
GET	/chart- data/<idpaciente>/<idr eporte>/<nombremedic ion>/<ga>/<consultaid >	Gráficos
PUT	/editPacienteData/<con sultaid>	Editar datos de paciente
PUT	/editReportData/<odrep orte>	Editar reporte
GET	/registros	Listado de consultas
GET	/registros/consulta/<par am>	Ver consulta

GET	/reporte/paciente_existe /<idpac>/<consultaid>	Valida que el paciente ya existe en el sistema
GET	/consultas/historial/<id pac>	Muestra historial de paciente
GET	/consultas/resumen/<id embarazo>	Muestra el resumen del embarazo
GET	/reportes/temporal/mult iple	Muestra historial de embarazo múltiple
-	/	Redirige a pantalla de inicio
-	/aboutUs	Redirige a pantalla 'Sobre nosotros'
-	/howToRegister	Redirige a pasos de registro
POST	/login	Autentica un usuario e inicia sesión
-	/logout	Cierra sesión
GET	/profile	Perfil
POST	/editProfileData/<useri d>	Edición de datos del perfil
POST	/user_data	Completar registro
GET	/reset_password	Solicitud de recuperación de contraseña
-	/reset_password_sent	Envío de correo para recuperación de contraseña
POST	/reset/<uid64>/<token>	Reestablecimiento de contraseña
.	/reset_password_compl ete	Reestablecimiento de contraseña finalizado
POST	/change_password	Cambio de contraseña
POST	/usuario/nuevo	Registrar nuevo usuario
GET	/usuario/listado	Ver listado de usuarios registrados
POST	/deactivateUser/<userid >	Desactivar usuario
POST	/reactivateUser/<userid >	Activar usuario
-	/consultas/nueva	Seleccionar tipo de embarazo
POST	/consultas/nueva/unico	Crear nueva consulta a embarazo único
POST	/consultas/nuevo/multi ple	Crear nueva consulta a embarazo múltiple
GET	/registros/consulta/<par am>	Reporte de consulta

GET	/reporte_pdf/<consultaid>/<reporteid>	Descarga de PDF
GET	/reporte/graficos/<consultaid>/<reporteid>	Carga vista de gráficos
GET	/chart-data/<idpaciente>/<idreporte>/<nombremedicacion>/<ga>/<consultaid>>	Gráficos
PUT	/editPacienteData/<consultaid>	Editar datos de paciente
PUT	/editReportData/<odreporte>	Editar reporte
GET	/registros	Listado de consultas
GET	/registros/consulta/<param>	Ver consulta
GET	/reporte/paciente_existe/<idpac>/<consultaid>	Valida que el paciente ya existe en el sistema
GET	/consultas/historial/<idpac>	Muestra historial de paciente
GET	/consultas/resumen/<idembarazo>	Muestra el resumen del embarazo
GET	/reportes/temporal/multiple	Muestra historial de embarazo múltiple

4.2.1.1 Modelo Vista Template (MTV - Model Template View)

Para esta aplicación se analiza y se selecciona el patrón de arquitectura de software descrito a continuación:

Django redefine el modelo de arquitectura MVC (Modelo Vista Controlador) con un sistema jerárquico de plantillas que favorece la reutilización de código. Esto conlleva a la creación del patrón Modelo Vista Template (MVT). Al igual que en el MVC, el patrón MTV consta de tres

componentes o capas que albergan los elementos necesarios y permiten su fácil comunicación para la correcta funcionalidad de un aplicativo:

Modelo: Maneja todo lo relacionado con la información, permitiendo estructurar y manipular los datos. Esto incluye cómo acceder a estos, la validación, relación entre los datos y su comportamiento.

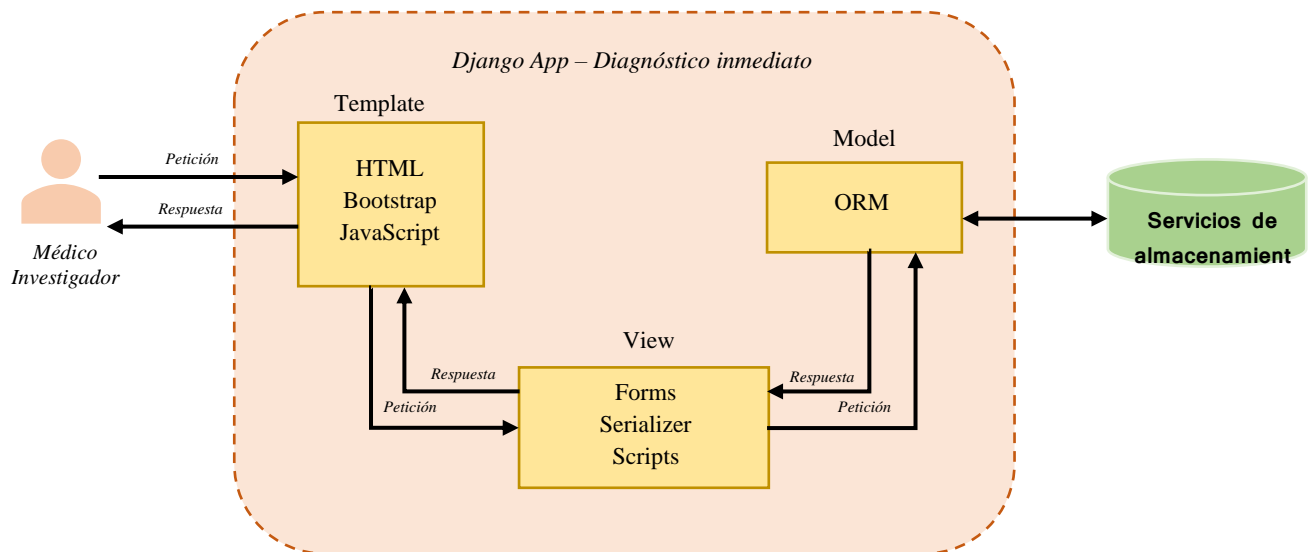
Vista: Es un enlace entre el modelo y el Template. Encapsula la lógica responsable por el procesamiento de las solicitudes enviadas por el usuario y la respuesta que se retorna.

Template: Renderiza la información que debe ser retornada al usuario. (django, s.f.)

Django cuenta con un mapeo de objeto relacional ORM (Object-relational-mapping) para los datos que son transportados desde la base de datos por el primer componente: el modelo (Model). En esta capa es dónde se enviará y recibirá toda la información que podrá ser leída, validada, relacionada, creada, modificada o eliminada. El componente de la vista (View) asume una función similar al controlador en el MVC, cumple su función como enlace entre los modelos y el template. Aquí la información es procesada y se crean los métodos que se ejecutarán en la aplicación en base a las peticiones lanzadas por el usuario y a la solicitud de información a la capa del modelo. Finalmente, el template será la capa encargada de la interacción directa con el usuario, será la interfaz mostrada al mismo dónde se define cómo se muestra la información y atiende las peticiones del usuario, que son luego enviadas a la vista para ser procesadas y finalmente retornadas como respuesta al usuario.

Figura 4

Django App – Diagnóstico Inmediato



4.2.1.2 Diseño de datos

Se realizó la creación de trece (13) tablas con el fin de guardar la información de los usuarios y resultados obtenidos en el procesamiento de los exámenes de ultrasonido. Para determinar la estructura de los datos, se realizó un análisis de las necesidades presentadas por los médicos. La primera necesidad era la obtención de un diagnóstico inmediato a partir de una serie de comparaciones con los datos de referencia teniendo en cuenta la medición y la edad gestacional del feto, así como el almacenamiento del diagnóstico aproximado determinado para su visualización en reportes y en el repositorio de datos. Adicionalmente, se creó una tabla que permitiera el almacenamiento y consulta de las imágenes de ultrasonido.

Para alcanzar este objetivo, se definieron 5 tablas que cumplen con las siguientes funciones:

Tabla 2*Diagnóstico inmediato*

Nombre de la tabla	Descripción
Reporte	Almacena los datos de las mediciones tomadas con el equipo de ultrasonido.
TipoMedicion	Almacena el nombre e ID de las mediciones que son tenidas en cuenta para la ecografía de tercer nivel.
Medicion	Almacena los valores y datos de referencia con los que son comparados los datos extraídos del examen. Están divididos por tipo de medición y edad gestacional.
Main_Images	Almacena las URL de las imágenes almacenadas en el contenedor S3.
FetoMedicionDiagnostico	Almacena los diagnósticos aproximados determinados.

Nota 1: Para normalizar la base de datos, se separaron los ID y nombres de las mediciones de referencia (Tabla TipoMedicion) de sus datos (Tabla Medición), y se relacionaron a través de una relación uno a muchos.

Nota 2: La tabla Main_Images puede almacenar una o múltiples imágenes de ultrasonido relacionadas a un mismo reporte.

Nota 3: La tabla FetoMedicionDiagnostico mantiene una relación uno a uno con la tabla Reporte.

Una segunda necesidad a atender, fue el permitir al médico acceder a la información de pacientes consultadas y la visualización de reportes pasados. Para esto, fue pertinente mantener registro de las pacientes consultadas y la información básica sobre su consulta (fecha de consulta y motivo de consulta), además es importante mencionar que la información de la tabla ‘Consulta’ descrita a continuación, está relacionada uno a uno con la información almacenada en la tabla

‘Reporte’. Adicionalmente, se desarrolló el aplicativo enfocado en mantener un historial clínico preciso sobre todos los embarazos de la paciente y los fetos que se gestaron en cada uno. Para esto, se crearon las siguientes tablas.

Tabla 3

Control del Historial Clínico de un Paciente

Nombre de la tabla	Descripción
Paciente	Almacena los datos básicos del paciente consultado.
Embarazo	Almacena el número del embarazo que está teniendo la paciente. Adicionalmente, se almacena el número de fetos del embarazo.
Feto	En caso de que la madre gestante esté llevando un embarazo múltiple, en esta tabla se almacena el identificador de cada feto.
Consulta	Almacena los datos básicos de la consulta y el motivo de la misma.

Nota 1: Para normalizar la base de datos, la tabla ‘Feto’ sólo almacena información de los embarazos múltiples, debido a que estos necesitan un identificador para cada feto para llevar un control adecuado.

Nota 2: Un paciente puede quedar en embarazo múltiples veces, pero un embarazo sólo puede pertenecer a un único paciente (relación uno a muchos).

Nota 3: Un embarazo puede tener uno o muchos fetos, pero un feto sólo puede pertenecer a un único embarazo (relación uno a muchos).

Nota 4: Una consulta pertenece a un único embarazo, pero un embarazo puede tener múltiples consultas asociadas (relación uno a muchos).

Por último, se crearon tablas para el control de los usuarios registrados en la plataforma:

Tabla 4*Control de Usuarios*

Nombre de la tabla	Descripción
Users_appusers	Almacena los datos básicos del usuario.
PersonalSalud	Almacena los datos de un usuario tipo médico.
UsuarioExterno	Almacena los datos de un usuario tipo investigador.
Hospital	Almacena el nombre e ID del hospital en el que laboran los médicos registrados.
Institución	Almacena el nombre e ID de las instituciones en las que laboran o estudian los investigadores registrados.

Nota: Los usuarios registrados se almacenan en la tabla Users_appusers y se crea una relación uno a uno con los datos adicionales del usuario, ya sea con la tabla PersonalSalud (si el usuario es de tipo Médico) o con la tabla UsuarioExterno (si el usuario es de tipo Investigador).

Para una comprensión adecuada de la estructura de la base de datos elaborada para este proyecto, se presenta el diagrama de entidad relación en los anexos.

Por otro lado, se implementó un contenedor en AWS S3 llamado ‘ultrasound-bucket’ con un subdirectorio llamada ‘ultrasound_images’ para el almacenamiento de las imágenes de ultrasonido. Este contenedor se configura con los permisos necesarios para añadir y consultar objetos. Adicionalmente, se configuran dos reglas:

- Reglas de ciclo de vida: esta regla se configura para que, al cumplir un año de haber sido cargado, el archivo sea eliminado.
- Reglas de replicación: esto permite copiar la información almacenada a un segundo contenedor, que funcionará como repositorio de datos históricos.

Los contenedores S3 también proveen la posibilidad de añadir metadatos a cada imagen para facilitar su clasificación y caracterización. Estos son divididos en metadatos del sistema y metadatos dictaminados por el usuario. A partir de los datos recopilados en el ultrasonido, se añaden metadatos automáticamente a cada imagen que es almacenada en este contenedor.

Tabla 5

Metadatos

Metadatos del sistema	Metadatos del usuario
Content-type	ga (edad gestacional extraída del ultrasonido) Sexo (vacía por defecto) tipo_examen ('Ecografía III Nivel' por defecto) hallazgo (vacía por defecto)

4.2.2 Prototipo de aplicación de caracterización de imágenes

Para el ambiente de análisis de datos se desarrolló un prototipo de una aplicación de caracterización de imágenes que permite consultar las imágenes almacenadas y actualizar sus metadatos. Este prototipo valida y mantiene los valores de los metadatos preexistentes, pero permite al usuario modificarlos si lo considera relevante. Además de los cuatro metadatos previamente establecidos (Ver Tabla 5), se le permite al médico o investigador añadir un nuevo metadato, ofreciéndole al usuario dos campos en blanco: uno para el nombre del metadato y otro para el valor del mismo. Es importante destacar que este prototipo está relacionado y conectado con el contenedor del ambiente de análisis de datos, más no con el del ambiente de producción, por lo que las imágenes que serán enriquecidas con esta información son las que son almacenadas en el ambiente de análisis.

El prototipo cuenta con dos métodos simples para el correcto funcionamiento del mismo.

Tabla 6

Métodos

Método	URL	Acción
GET		Consulta y lista las imágenes almacenadas
POST	/update	Actualiza los metadatos de la imagen

El método GET muestra un listado en forma de galería de todas las imágenes que están almacenadas en el bucket del ambiente de análisis. Bajo cada imagen se listan los metadatos de cada archivo. El método POST se activa cada vez que el usuario hace clic sobre una imagen e ingresa al formulario dispuesto, modifica y/o añade nuevos metadatos y envía una solicitud al servidor para que dichos metadatos sean actualizados en el bucket. Este formulario está compuesto por campos HTML select, cuyas opciones son alimentadas directamente desde archivos .TXT que están también almacenados en el bucket S3 del ambiente de análisis. Aquí se creó una carpeta llamada 'metadata_info/' que mantiene un archivo .TXT diferente para los valores de cada metadato. Los valores de estos metadatos fueron determinados con asesoría del médico profesional, a partir de las categorizaciones realizadas por las máquinas de ultrasonido.

Tabla 7

Metadatos y valores

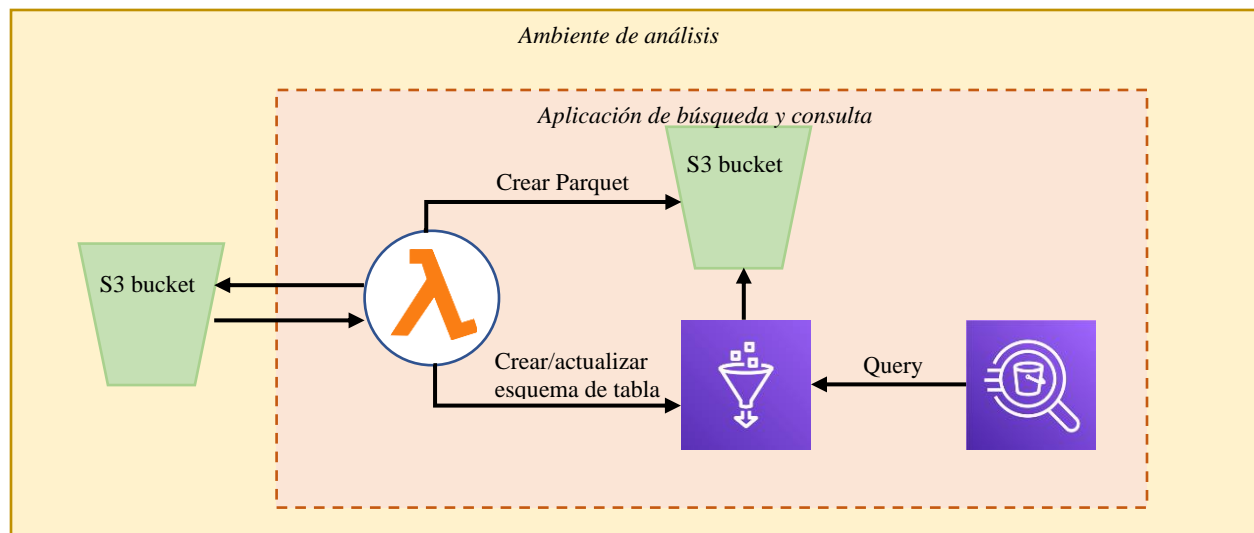
Nombre metadato	Valores
Ga	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41
Hallazgo	MACROCRANIA, MICROCRANIA, HIPOPLASIA CEREBELAR, RCIU, FETO GRANDE, FETO

	PEQUEÑO, VENTRICULOMEGALIA UNILATERAL LEVE, VENTRICULOMEGALIA BILATERAL LEVE, VENTRICULOMEGALIA UNILATERAL MODERADA, VENTRICULOMEGALIA BILATERAL MODERADA, VENTRICULOMEGALIA UNILATERAL SEVERA, VENTRICULOMEGALIA BILATERAL SEVERA, MEGACISTERNA, VENTRICULOMEGALIA, TETRALOGIA DE FALLOT, MENINGOCELE, PIE EQUINO VARO
Sexo	F, M
Tipo_examen	DOPPLER FETAL, DOPLER + PBF, DOPPLER FETOPLACENTARIO, ECO DE DETALLE + DOPPLER, ECOCARDIOGRAMA, TAMIZAJE GENETICO + UTERINO, TAMIZAJE SEM 11-14 + DOPPLER, TV CERVICOMETRIA, NEUROSONOGRAFIA, ECOGRAFIA III NIVEL

4.2.3 Prototipo de aplicación de búsqueda y consulta

Figura 5

Arquitectura de Aplicación de Búsqueda y Consulta



Para suplir la necesidad de permitir el acceso, la búsqueda y consulta permanente de los archivos, se implementó una aplicación que permite realizar estas funciones sobre las imágenes almacenadas en el bucket del ambiente de análisis a partir de sus metadatos. Esta aplicación fue implementada a partir de múltiples servicios de Amazon. Su arquitectura está compuesta de la siguiente manera:

- **AWS Lambda:** Se crea una función Lambda, la cual está conectada al bucket principal del ambiente de análisis (historial-bucket). Aquí, se estableció un trigger que se activa cada vez que se carga un nuevo archivo: toma los objetos que son almacenados y los transforma en un formato legible para AWS Athena. La función fue escrita en Python y convierte la URL y los metadatos de los objetos a formato JSON.
- **Bucket S3:** Se crea un segundo bucket en el ambiente de análisis de datos llamado 'bucketsearch'. Todas las imágenes que son almacenadas en el bucket principal del ambiente de análisis (historial-bucket), son transformadas por la función Lambda y los archivos JSON resultantes son cargados aquí para ser leídos por AWS Athena en el momento que se requiera.
- **AWS Glue:** Se añade un servicio AWS Glue que permite a la función Lambda y a AWS Athena integrarse y trabajar conjuntamente. AWS Glue mantiene el esquema de la tabla 'images', que fue creada para ser alimentada por los archivos JSON almacenados en el bucket S3 y consultada posteriormente a partir de sentencias SQL. La tabla está compuesta por cinco columnas, una correspondiente a la key de la imagen, y las otras cuatro a cada uno de los metadatos establecidos para las imágenes de ultrasonido y que son descritas en la tabla 5.

- AWS Athena: Athena permite la realización de consultas a la tabla ‘images’ cuyo esquema está almacenado en Amazon Glue. Es desde este servicio que los usuarios finalmente podrán filtrar y consultar los datos almacenados, a partir del uso de sentencias SQL básicas. Los usuarios hacen uso de los metadatos que caracterizan las imágenes como criterios de búsqueda para obtener la información que sea de su interés.

5. Metodología

Para el desarrollo del trabajo de investigación se usó una metodología iterativa que consiste en cinco etapas:

Figura 6

Diagrama Metodología del Proyecto



Nota Fuente: Autores del proyecto.

5.1 Estudio Y Capacitación Del Tema

Esta primera fase se dividió en dos sub-fases: la primera consistió en la comprensión del problema planteado y la identificación de las necesidades a resolver. La segunda, se enfocó en la capacitación tanto en el proceso del control prenatal como en los requerimientos técnicos necesarios para la implementación de la solución. A continuación, se desglosan a detalle ambas fases.

5.1.1 Levantamiento de requerimientos

Se realizaron reuniones junto con el médico y el proveedor de General Electric, en donde se discutieron las necesidades del proyecto y se examinó el manejo de los datos generados por el equipo de ultrasonido. Tras esto, se realizó un análisis para determinar la opción más adecuada para la extracción y tratamiento de los datos obtenidos. Para esto, se evaluaron dos opciones de formato: .txt y .pdf. Debido a la necesidad de acceder a la información, leerla, extraerla y manipularla, la flexibilidad y facilidad de lectura que proporcionan los archivos de texto plano determinó a esta como la mejor opción para el desarrollo. Paralelamente, se evaluó y realizó la conexión por red de la máquina de ultrasonido al equipo de cómputo, para poder realizar la comunicación de los datos de forma directa. De igual manera, se definió como segundo método el uso de una USB extraíble para realizar el traspaso de la información.

Así mismo, se definió la lista de mediciones a tener en cuenta para el diagnóstico de anomalías del sistema nervioso central, las cuales son obtenidas del documento extraído del ultrasonido: HC_HADLOCK (Head circumference, Circunferencia cefálica), BPD_HADLOCK (Biparietal diameter, Diámetro biparietal), CSP (Cavum Septum Pellucidum), CM (Cisterna Magna), VP (Posterior ventricle, Ventrículo posterior), VA (Anterior ventricle, Ventrículo anterior) y CEREB_HILL (Transverse cerebellar diameter, Diámetro transverso del cerebelo)

Para cada una de las mediciones mencionadas anteriormente, se consultó en artículos académicos por tablas de referencia de valores normales. En algunos casos, se encontró que los datos proporcionados por el equipo de ultrasonido están en unidades de medida diferentes a las utilizadas en las tablas de referencia consultadas. En estos casos, se realizó una conversión de unidades para asegurar la consistencia y comparabilidad de los datos obtenidos con los valores normales de referencia.

Con ayuda del médico se definieron las siguientes patologías a tener en cuenta para las mediciones seleccionadas del sistema nervioso central:

Tabla 8

Mediciones y sus Patologías

Medición	Patologías
HC HADLOCK	Macrocrania, microcrania
BPD	Valora anormal superior o inferior
CSP	Valora anormal superior o inferior
CEREB_HILL	Hipoplasia cerebral
EFW	Feto grande para la edad, feto pequeño para la edad, R.C.I.U (Restricción del crecimiento interuterino)
CM	Mega cisterna o cisterna alargada
VA/VP	Ventriculomegalia leve, moderada o severa
AFI	Polihidramnios, oligohidramnios

El listado completo de los requerimientos funcionales y no funcionales determinados para este proyecto puede ser encontrado en los anexos.

5.1.2 Capacitación

Esta fase se enfocó en la consulta e investigación de documentación médica sobre anomalías del sistema nervioso central y los exámenes médicos dedicados a su detección durante la gestación. También se realizó una profundización sobre la arquitectura de software, patrones de arquitectura y diseño, y demás temas técnicos a tener en cuenta en el proyecto para la

determinación de la solución más óptima a implementar. A partir de esto, se limitó el alcance de este proyecto al diseño de una arquitectura completa para la gestión y procesamiento de los datos clínicos y a la implementación de una aplicación de apoyo diagnóstico médico para las anomalías del sistema nervioso central fetal.

Al finalizar esta primera fase, el equipo de desarrollo se encontró capacitado para trabajar temas referentes a anomalías del sistema nervioso central y conocimientos orientados a la lectura de resultados de exámenes de ultrasonido, a partir del aprendizaje de conceptos proporcionados por la literatura médica y reuniones directas con el médico gineco obstetra y el técnico de ultrasonido. Además, se lograron definir las necesidades y vacíos a validar y las características técnicas a cumplir.

5.2 Identificación De La Tecnología

En esta etapa se buscó estudiar a profundidad la situación de la problemática en cuestión. Para ello, se inició por evaluar, desde un punto de vista técnico, los requerimientos, limitantes y necesidades del prototipo en términos de escalabilidad, seguridad, implementación, despliegue y economía. Debido a la necesidad primordial de que este fuese un prototipo de aplicación accesible para el médico tratante desde cualquier computador, y a su vez permitiese el almacenamiento de los datos recogidos sin vulnerar la integridad y la seguridad de la información, además de evaluar desde un inicio desarrollos futuros con el fin de expandir este proyecto, se define la implementación de una aplicación web. Posteriormente, se evaluaron los requerimientos centrales: el procesamiento de datos para un diagnóstico rápido y confiable, y la necesidad de disponer de una arquitectura de datos para el almacenamiento y acceso a los mismos. Tal como se explica en el capítulo 2.3.1, se definió el lenguaje Python para el desarrollo de los aplicativos, usando el

framework Django para el backend, al igual que para el frontend. Para la gestión de los datos, se definió el uso de dos servicios de almacenamiento: PostgreSQL como base de datos relacional y Amazon S3 Bucket como alternativa para el almacenamiento y clasificación de las imágenes de ultrasonido. Para el despliegue del aplicativo desarrollado, se optó por el servidor cloud Heroku.

Al finalizar esta etapa de la metodología, el equipo evaluó los requerimientos y necesidades a tener en cuenta para el diseño e implementación del prototipo y seleccionó las tecnologías más aptas para el cumplimiento de las mismas.

5.3 Planteamiento De La Arquitectura

Para elegir la arquitectura adecuada para este proyecto, fue necesario realizar un análisis exhaustivo de las necesidades que se debían resolver. Inicialmente, se propuso un único ambiente, el cuál sería desplegado en producción y que estaría compuesto por la aplicación de apoyo diagnóstico y una base de datos relacional.

La aplicación de apoyo diagnóstico se dividió en dos módulos principales: diagnóstico inmediato y repositorio de datos. Para el primer componente, el usuario carga a la aplicación un documento .txt y las imágenes de ultrasonido. La información extraída del documento es procesada para el diagnóstico inmediato, y a su vez, estos datos son almacenados en una base de datos relacional para ser consultados desde el repositorio, y pueden ser filtrados por diferentes criterios. Con esta estructura para la gestión de los datos, se resolvía la necesidad primordial de desarrollar una aplicación para el diagnóstico inmediato y para el acceso a los datos cualitativos y cuantitativos de los exámenes. Sin embargo, fue necesario un análisis más exhaustivo para determinar una forma adecuada de almacenar, clasificar y consultar las imágenes de ultrasonido para fines de estudio médico y estadístico. Para esto, se definió el uso del servicio S3 Bucket de Amazon, que es específico para el almacenamiento de archivos como imágenes y que, además, permite determinar

metadatos para cada uno de los mismos, lo que facilita su clasificación y caracterización. En la base de datos, se creó una tabla que mantiene relacionada cada imagen cargada con su URL del bucket y el reporte de diagnóstico generado.

Para evitar poner en riesgo la eficiencia de la aplicación, se definió que lo mejor era eliminar las imágenes que tuvieran más de un año de antigüedad, ya que, una vez se cumpla este tiempo, ya no serían de gran utilidad para la aplicación de diagnóstico. Sin embargo, conscientes de la importancia de estas imágenes para estudios médicos, se propuso un segundo ambiente exclusivo para el análisis de datos, que está compuesto por:

- Bucket S3: se planteó un segundo bucket que tiene la función de almacenar el histórico de imágenes de ultrasonido a partir de la replicación de información realizada desde el bucket del ambiente productivo. Aquí se mantendrán las imágenes que son cargadas desde el aplicativo de apoyo diagnóstico de forma permanente.
- App de caracterización de imágenes: Se planteó un prototipo que permite consultar imágenes para visualizar y modificar sus metadatos. Esta aplicación estará conectada directamente al bucket del ambiente de análisis.
- App de búsqueda y consulta: Se planteó un prototipo que permite consultar imágenes filtrando por sus metadatos. Busca y filtra la información que es almacenada en el bucket del ambiente de análisis a través de Amazon Athena, que permite también descargar los resultados de estas consultas.

Con esto, se logra el segundo objetivo específico que trataba de diseñar la arquitectura de un repositorio estructurado de datos y metadatos clínicos que permita la exportación de estos de forma permanente.

5.4 Implementación De Prototipos

Teniendo en cuenta el plan de trabajo y la recopilación de los requerimientos de este sistema, se procedió a definir e implementar lo listado a continuación:

- Se diseñó e implementó un software de apoyo de diagnóstico inmediato
- Se implementó un prototipo de aplicación de caracterización de imágenes
- Se implementó un prototipo de aplicación de búsqueda y consulta.
- Repositorio de datos.

Para esto, se plantea el uso de sprints con la finalidad de estructurar y gestionar mejor el trabajo, abarcando y complementando pequeñas porciones de desarrollo a través del tiempo, que fueron evaluadas y aprobadas al final por el equipo de desarrollo, para lograr la implementación total del prototipo. Esto se hizo con el propósito de seguir la práctica CI/CD (Continuous Integration/Continuous Delivery), que se basa en la integración y entrega continua.

Al final de esta etapa de la metodología, se obtuvieron tres prototipos y un repositorio de datos que suplen con las necesidades de los usuarios.

El desarrollo de los prototipos se basó en el uso de sprints, en donde se asignan tareas específicas a completar para cada ciclo, abarcando así actividades pequeñas que fueran sumando hasta terminar completamente la implementación. En total, se realizaron trece sprints con el fin de cumplir los requerimientos y objetivos de este prototipo, y dos sprints adicionales para los prototipos restantes.

5.4.1 Primer Prototipo

El primer prototipo desarrollado corresponde a la aplicación de apoyo diagnóstico, su desarrollo estuvo distribuido en trece sprints. En el primer sprint se desarrolló el componente base

del Backend para el tratamiento del documento .txt que se carga con los resultados arrojados por el ultrasonido. A partir del segundo sprint, se realizó un trabajo iterativo y constante para lograr cumplir con todos los requerimientos establecidos para este aplicativo.

5.4.1.1 Primer Sprint

Tarea	Área	Requerimiento	Cumple	Observaciones
Se leen y extraen los datos del documento .txt	Backend	RNF-12	PARCIAL	Los datos deben ser guardados en la base de datos.

5.4.1.2 Segundo Sprint

Tarea	Área	Requerimiento	Cumple	Observaciones
Se elabora una interfaz gráfica para el registro.	Frontend	RNF-01	PARCIAL	El desarrollo se hace a partir de HTML, CSS y Bootstrap.
Se elabora una interfaz gráfica para el login.	Frontend	RNF-01	PARCIAL	El desarrollo se hace a partir de HTML, CSS y Bootstrap.
Se elabora una interfaz gráfica para la pantalla de inicio.	Frontend	RNF-01	PARCIAL	El desarrollo se hace a partir de HTML, CSS y Bootstrap.
No permitir el acceso sin autenticación	Backend	RNF-10	SI	Los usuarios deben estar autenticados antes de ingresar a las funcionalidades del aplicativo.

5.4.1.3 Tercer Sprint

Tarea	Área	Requerimiento	Cumple	Observaciones
Creación base de datos en PgAdmin4	Base de Datos	RNF-11	SI	Los modelos se crean y se migran a la base de datos. Permite consultas seguras.
Implementación de ORM (Object-Relational-Mapping)	Backend	RNF-04	SI	

Uso de CSRF Tokens	Backend	RNF-05	SI	Se hace uso de tokens que verifican las solicitudes enviadas a través del aplicativo para evitar ataques Cross-Site Request Forgery (CSRF).
Registro de usuario	Backend	RF-01	SI	Permite la opción de registrar un nuevo usuario, este nuevo usuario puede ser de rol 'médico' o 'investigador'. El administrador creará la cuenta usando el correo electrónico del nuevo usuario y una contraseña.
Contraseña cifrada	Backend	RNF-03	SI	
Verificación email único	Backend	RNF-07	SI	
Verificación cédula única (Médico)	Backend	RNF-07	SI	
Verificación cédula única (Externo)	Backend	RNF-07	SI	
Se agregan animaciones del menú y se inicia la unión de las vistas.	Frontend	RNF-01	PARCIAL	

5.4.1.4 Cuarto Sprint

Tarea	Área	Requerimiento	Cumple	Observaciones
Se leen y extraen los datos del documento .txt y se guardan en la base de datos	Backend	RNF-12	PARCIAL	Los datos deben ser comparados y analizados por el sistema.
Se inicia la unión de las vistas con el menú	Frontend	RNF-01	PARCIAL	Se alcanza una interfaz amigable con el usuario
Procesamiento de datos del archivo de texto cargado por parte del usuario.	Frontend	RNF-13	PARCIAL	El sistema procesa automáticamente el archivo cargado por el usuario

Almacenamiento de datos del paciente	Frontend	RNF-14	SI	Se crea un registro en base de datos para cada paciente
Permitir el registro de la información adicional del usuario recién creado	Backend RF-02		SI	El usuario debe completar su registro suministrando los siguientes datos: Nombres, apellidos, teléfono, correo electrónico y hospital (o institución, para los usuarios de tipo investigador) al que se encuentra vinculado.

5.4.1.5 Quinto Sprint

Tarea	Área	Requerimiento	Cumple	Observaciones
Se ingresan los datos de referencia y se comparan con los datos del .txt para que puedan ser comparados y analizados por el sistema.	Backend	RNF-12	SI	
Almacenamiento de valores de mediciones	Backend	RNF-16	SI	Se crea un registro en base de datos para cada consulta que se realiza, almacenando los valores extraídos del estudio de ultrasonido.
Generar informe automáticamente después de que se cargue el archivo con los datos.	Frontend	RF-17	PARCIAL	Se muestran los datos, pero sin formato
Permitir consultar un informe	Backend	RF-32	SI	
Procesamiento de datos del archivo de texto cargado por parte del usuario.	Backend	RNF-13	SI	El sistema procesa automáticamente el archivo cargado por el usuario

5.4.1.6 Sexto Sprint

Tarea	Área	Requerimiento	Cumple	Observaciones
Generar informe con formato automáticamente después de que se cargue el archivo con los datos.	Frontend	RF-18	PARCIAL	El informe contiene una sección con los datos básicos del examen y una sección con el resumen de los hallazgos.
Poblar base de datos	Backend	RNF-23	SI	El repositorio es alimentado por cada consulta realizada por los usuarios.
Permitir la modificación de los datos de los usuarios	Backend	RF-06	PARCIAL	Permite modificar los datos correspondientes a teléfonos, correos, dirección de residencia y contraseña.
Permitir editar un informe	Backend	RF-20	SI	Muestra un botón que permite editar y agregar comentarios en el informe.
Generar informe automáticamente después de que se cargue el archivo con los datos.	Frontend	RF-17	PARCIAL	Se muestran los datos, pero sin formato

5.4.1.7 Séptimo Sprint

Tarea	Área	Requerimiento	Cumple	Observaciones
Generar informe con formato automáticamente después de que se cargue el archivo con los datos.	Frontend	RF-18	SI	El informe contiene una sección con los datos básicos del examen y una sección con el resumen de los hallazgos.
Permitir la modificación de los datos de los usuarios	Backend	RF-06	SI	Permite modificar los datos correspondientes a teléfonos, correos, dirección de residencia y contraseña.

Permitir editar un informe	Backend	RF-20	SI	Muestra un botón que permite editar y agregar comentarios en el informe.
Permitir la visualización del perfil del usuario.	Frontend	RF-05	SI	Permite visualizar los datos del usuario logueado a partir de un botón de 'Ver perfil'.

5.4.1.8 Octavo Sprint

Tarea	Área	Requerimiento	Cumple	Observaciones
Mostrar un botón que permita descargar el informe.	Frontend	RF-19	SI	
Permisos para que sólo el personal de salud pueda descargar el informe	Backend	RF-19	SI	
Permitir descargar informe	Frontend	RF-19	SI	
Contar con una alta seguridad para proteger los datos de los pacientes y de sus historias médicas.	Backend	RNF-03	SI	Sólo se puede acceder a la información sensible de los pacientes a partir de las cuentas permitidas.
Relación de registros de una misma consulta para la definición de la historia clínica de un paciente	Backend	RNF-17	SI	El sistema valida si el paciente y el embarazo ya se encuentra registrado. De ser así, relaciona la nueva consulta registrada al historial
Permitir descargar la información del dataset.	Backend	RF-37	SI	El personal de salud puede descargar toda la información del dataset. Los usuarios externos no pueden descargar información personal o sensible de los pacientes.

5.4.1.9 Noveno Sprint

Tarea	Área	Requerimiento	Cumple	Observaciones
-------	------	---------------	--------	---------------

Permitir el inicio de sesión	Frontend	RF-03	PARCIAL	Muestra el botón de inicio de sesión. Los usuarios pueden acceder al aplicativo con el correo y la contraseña.
Permitir el inicio de sesión	Backend	RF-03	SI	Solo permite ingresar con las credenciales correctas.
Permitir la recuperación de la contraseña	Backend y Frontend	RF-04	SI	Permite la recuperación de contraseña, muestra un link que permite restablecer la contraseña en caso de que se haya olvidado.
Permitir la modificación de la contraseña	Backend	RF-07	SI	La contraseña solo puede ser modificada por el usuario dueño de la cuenta.
Almacenamiento de datos del embarazo	Backend	RNF-15	SI	El sistema verifica el número de embarazo de la paciente, así como el número de fetos relacionados al embarazo.
Permitir visualizar un reporte desde el listado de consultas	Frontend	RF-33	SI	Se muestra un botón que permite visualizar el reporte asociado a la consulta.
Ver resumen mensual de consultas	Frontend	RF-34	SI	Se muestra una sección que enseñe un resumen visual de los pacientes atendidos en el mes actual.
Acceder al repositorio de datos	Backend	RF-35	SI	Se muestra al usuario un botón que le permite ingresar al repositorio de datos.
Permitir la consulta de datos en el repositorio a partir del diagnóstico.	Backend	RF-36	SI	Permite la consulta de datos en el repositorio a partir del diagnóstico como criterio de consulta.
Permitir la consulta de datos en el repositorio filtrando por un rango de fechas que refieren a la fecha de toma del examen	Backend	RF-38	SI	Permite la consulta de datos en el repositorio usando el rango de fechas de toma del examen como criterio de consulta.
Permitir descargar la información del repositorio en un CSV.	Frontend	RF-39	SI	Muestra un botón que permite al usuario descargar la información

					del repositorio a un documento .CSV.
5.4.1.10 Décimo Sprint					
Tarea	Área	Requerimiento	Cumple	Observaciones	
Permitir iniciar una consulta para realizar un diagnóstico a un embarazo de feto único.	Frontend	RF-13	SI	Se muestra una pantalla que permita al usuario elegir la opción de realizar diagnóstico para un embarazo de feto único.	
Permitir editar el motivo de la consulta.	Frontend	RF-21	SI	Se muestra un botón que permite editar la información de la consulta desde el reporte.	
Permitir agregar o editar observaciones al reporte.	Frontend	RF-22	SI	Se muestra un botón que permite agregar nuevas observaciones o editar las preexistentes en el reporte.	
Permitir visualizar el análisis gráfico del reporte.	Frontend	RF-23	SI	Se muestra un botón que permite acceder al análisis gráfico del reporte.	
Permitir el registro de un nuevo usuario	Frontend	RF-01	SI	Permite la opción de registrar un nuevo usuario, este nuevo usuario puede ser de rol 'médico' o 'investigador'. El administrador creará la cuenta usando el correo electrónico del nuevo usuario y una contraseña.	
Cada rol tendrá permisos específicos sobre los procesos que pueden llevar a cabo y los registros a los que pueden acceder.	Frontend	RNF-08	SI	Los usuarios de rol 'médico' puede acceder a la totalidad de los datos y de las operaciones del aplicativo. Los usuarios de rol 'investigador' sólo pueden acceder al repositorio.	
Super usuarios	Backend	RNF-09	SI	Los usuarios de tipo 'médico' pueden obtener permisos de super usuario, los que le otorgan permisos de administrador.	
	Backend	RNF-19	SI	El sistema compara automáticamente con los	

Realizar comparaciones y diagnóstico				valores de referencia según la edad gestacional del feto. Genera el diagnóstico de patología para cada medición valorada.
5.4.1.11 Undécimo Sprint				
Tarea	Área	Requerimiento	Cumple	Observaciones
Permitir visualizar una lista de todos los usuarios del aplicativo.	Frontend	RF-08	SI	Se muestra una lista de todos los usuarios registrados en el aplicativo. En esta lista se muestra: correo electrónico, rol del usuario, fecha de última sesión, estado (activo o inactivo), y la opción 'Desactivar usuario'.
Permitir filtrar por correo electrónico en la lista de usuarios registrados.	Backend	RF-09	SI	Permite filtrar por correo electrónico en la lista de usuarios registrados.
Permitir filtrar por cédula en la lista de usuarios registrados.	Backend	RF-10	SI	Permite filtrar por cédula en la lista de usuarios registrados.
Permitir desactivar usuarios activos.	Backend	RF-11	SI	Permite negar el acceso al aplicativo a un usuario a través de la desactivación de su cuenta.
Permitir visualizar la evolución gráfica de cada feto.	Frontend	RF-25	SI	Permite al usuario visualizar gráficamente la evolución de cada feto a través de las consultas que se han aplicado.
Permitir visualizar el listado de todas las consultas realizadas durante el último mes.	Frontend	RF-26	SI	Se muestra en un listado: fecha de consulta, cédula del paciente al que se realizó la consulta, número de embarazo de la paciente, motivo de la consulta y un botón para acceder al reporte generado.
Permitir filtrar por cédula de paciente el listado de todas las consultas realizadas	Frontend	RF-27	SI	El usuario puede filtrar las consultas por cédula del paciente asociado.

5.4.1.12 Duodécimo Sprint

Tarea	Área	Requerimiento	Cumple	Observaciones
Permitir activar usuarios desactivados.	Backend	RF-08	SI	Esta función solo puede ser hecha por un administrador. La activación de un usuario sólo se podrá hacer si este usuario se encuentra desactivado.
Permitir iniciar una consulta para realizar un diagnóstico de un embarazo múltiple.	Frontend	RF-14	SI	Muestra una pantalla que permita al usuario elegir la opción de realizar diagnóstico para un embarazo múltiple.
Permitir cargar un archivo de los datos extraídos del ultrasonido.	Frontend	RF-15	SI	Muestra un botón que permite examinar y cargar el archivo .txt que arroja el ultrasonido que contiene los datos a procesar.
Permitir visualizar el análisis gráfico de cada medición valorada	Frontend	RF-24	SI	Permite al usuario visualizar el comparativo de valores normales VS valor del feto para cada medición de manera individual.
Permitir visualizar el historial de consultas de un paciente.	Frontend	RF-28	SI	Permite ingresar al historial de consultas al dar clic sobre el número de cédula del paciente de interés.
Visualizar embarazos de un paciente.	Frontend	RF-29	SI	Permite al usuario visualizar todos los embarazos de un paciente registrados en el sistema
Acceder al resumen de embarazo de un paciente.	Frontend	RF-30	SI	Permite al usuario dar clic sobre un ícono que le permita visualizar un resumen de todo el embarazo.
Eficiencia del sistema al visualizar listado de consultas	Backend	RNF-20	SI	Para mantener una eficiencia óptima en el sistema, cuando el usuario

				acceda a la visualización del listado de consultas sólo se mostrarán las consultas del último mes.
Permisos de edición al visualizar historia clínica de paciente	Backend	RNF-21	SI	El sistema sólo habilitará la edición de los reportes realizados por el usuario que se encuentra en sesión. Para los reportes generados en consultas de otros médicos no se permitirá la edición.
Permisos para la descarga de documentos	Backend	RNF-22	SI	El sistema puede acceder a las carpetas del computador para que el reporte pueda ser guardado donde el usuario necesite.

5.4.1.13 Decimotercer Sprint

Tarea	Área	Requerimiento	Cumple	Observaciones
Adicionar una consulta a un embarazo ya registrado.	Backend	RNF-18	SI	Se realiza consulta adicional a un embarazo ya registrado, el sistema debe permitir asociar la nueva consulta al embarazo para mantener la trazabilidad del mismo.
Visualizar las consultas realizadas en cada embarazo.	Frontend	RF-31	SI	Permite al usuario visualizar un listado de las consultas atendidas durante cada embarazo.
Permitir activar usuarios desactivados.	Backend	RF-12	SI	Permite el acceso al aplicativo a un usuario a través de la activación de su cuenta.
Permitir filtrar por cédula en la lista de usuarios registrados.	Backend	RF-10	SI	Permite filtrar por cédula en la lista de usuarios registrados.
Permitir desactivar usuarios activos.	Backend	RF-11	SI	Permite negar el acceso al aplicativo a un usuario a

				través de la desactivación de su cuenta.
Continuidad	Backend	RNF-06	SI	El sistema funciona de manera continua, las 24 horas del día.
Eficiencia del sistema al visualizar repositorio	Backend	RNF-24	SI	Cuando el usuario accede al repositorio, por defecto sólo verá los datos del último trimestre.

5.4.2 Segundo Prototipo

El segundo prototipo, correspondiente a la aplicación de caracterización de imágenes fue realizada en un sprint. Esta aplicación se ideó para enriquecer la información recibida por la aplicación de diagnóstico inmediato con el fin de dar un mayor valor investigativo y médico a los datos.

5.4.2.1 Decimocuarto Sprint

Requerimiento	Área	Cumple	Observación
Permitir ver listado de imágenes almacenadas	Backend	SI	Permite al usuario acceder a una galería con todas las imágenes almacenadas en el bucket del ambiente de análisis
Permitir ver metadatos de cada imagen	Backend	SI	Permite al usuario visualizar los metadatos establecidos por el usuario para cada imagen
Permitir elegir valores para metadatos preestablecidos	Backend	SI	Carga los valores de cada metadato desde archivos .TXT almacenados en el bucket de análisis

Permite añadir nuevos metadatos	Backend	SI	El usuario cuenta con campos en blanco para añadir un nuevo metadato.
Permitir actualizar metadatos	Backend	SI	Permite al usuario actualizar los metadatos preexistentes a partir de listas de opciones
Permitir agregar un nuevo metadato	Backend	SI	Permite al usuario agregar un nuevo metadato junto con su valor

5.4.3 Tercer prototipo

El tercer prototipo también fue desarrollado en un sprint. Tras identificar los servicios necesarios a implementar para el correcto funcionamiento del aplicativo, se procedió a la implementación.

5.4.3.1 Decimoquinto Sprint

Servicio	Función	Cumple	Observación
AWS Lambda	Toma los objetos del bucket principal del ambiente de análisis y los transforma en un formato legible por Athena.	SI	Los metadatos de los objetos, junto a su Key, son transformados a formato JSON.
S3 Bucket	Se crea un segundo bucket en el ambiente de análisis para almacenar la información retornada por la función Lambda.	SI	
AWS Glue	Permite la integración entre el bucket creado y AWS Athena.	SI	Almacena el esquema de la tabla creada para ser consultada

AWS Athena	Permite buscar y filtrar imágenes a partir de sus metadatos.	SI
------------	--	----

Al finalizar los Sprints, se obtuvo:

- Un prototipo de aplicativo funcional de apoyo diagnóstico que cumple con los requerimientos y las necesidades expuestas por el personal médico. Con esto, se logra el primer objetivo específico que trataba el diseño e implementación de un método computacional para el apoyo diagnóstico de anomalías del sistema nervioso central en fetos gestantes.
- Un prototipo de aplicativo de caracterización de imágenes para consultar y añadir nuevos metadatos a cada imagen.
- Un prototipo de aplicativo de búsqueda y consulta para filtrar imágenes por sus metadatos.

Con los tres prototipos de aplicación diseñados, implementados e integrados, se evalúa y se logra el segundo objetivo específico que trataba de diseñar la arquitectura de un repositorio estructurado de datos y metadatos clínicos que permita la exportación de estos de forma permanente.

5.5 Evaluación

Una vez terminado el desarrollo de la aplicación corroborado y aprobado por el equipo de trabajo se procedió a evaluar. Se establecieron unos criterios de evaluación que, en nuestro caso, era la validación de la arquitectura en su totalidad alcanzando todos los objetivos específicos y el acatamiento de los requerimientos funcionales determinados.

Como se estableció en las etapas anteriores de la metodología de este proyecto, se mantuvo un trabajo iterativo y objetivo. Tras la finalización de la etapa 5.4, se procedió a la realización de pruebas unitarias en el aplicativo de apoyo diagnóstico y sus servicios de almacenamiento que permitiera validar la correcta implementación y funcionamiento de este. Posteriormente, haciendo uso de datos de prueba reales y a cargo del médico ginecobstetra, se realizaron múltiples pruebas en el consultorio de la Unidad Materno Fetal de la Clínica Foscal Internacional de Floridablanca, para validar que el funcionamiento fuera el adecuado y que supliera las necesidades del médico. Tras una primera evaluación, se realizaron algunos ajustes solicitados, y se procedió a una segunda ronda de pruebas que finalmente resultó en la aprobación total de los requerimientos propuestos para este aplicativo. Una vez hecho esto se procedió a realizar el despliegue del ambiente en producción. En el documento de anexos, se añadieron las observaciones dadas por el médico durante las pruebas realizadas, así como los casos de prueba realizados para la validación del aplicativo.

Una vez se logró validar el correcto funcionamiento del ambiente productivo (aplicación de apoyo diagnóstico y su integración con los servicios de almacenamiento), se procedió a realizar la validación de la integración con el ambiente de análisis. Para esto, se realizaron las reglas descritas en el capítulo 4.2.1.2 y se validó que la información estuviera siendo replicada correctamente. Después de esto, contando ahora con la información en este segundo ambiente, se iniciaron las pruebas con las dos aplicaciones adicionales. Se evaluó el proceso completo, desde que se cargaban imágenes de ultrasonido desde el ambiente productivo hasta que podían ser actualizadas y modificadas desde el ambiente de análisis. Para esto, se realizaron consultas de prueba desde el aplicativo de apoyo diagnóstico y junto a estas se cargó una imagen de ultrasonido, la cual pertenecía a un estudio hipotético de un feto de 28 semanas de gestación. Una vez hecho

esto, se verificó que la imagen cargada haya sido replicada correctamente al bucket de análisis junto a sus metadatos, y se probó la modificación de estos desde la aplicación de caracterización de imágenes, indicando que el sexo del feto era masculino y que la imagen representaba un diagnóstico de ventriculomegalia unilateral. Finalmente, desde la aplicación de búsqueda y consulta se realizó un query, usando AWS Athena, sobre las imágenes que coincidieran con fetos de sexo masculino, edad gestacional menor a 30 semanas y un diagnóstico de ventriculomegalia unilateral. El resultado del query retornó la imagen anteriormente descrita, cuyos metadatos fueron modificados para coincidir con estos resultados.

Tabla 9*Pruebas*

Acción	Quién realiza	Remite	Destino	Datos
Realizar una nueva consulta cargando una imagen de ultrasonido.	Usuario	Aplicación de diagnóstico inmediato.	Bucket S3 (diagnosisapp-bucket).	Imagen: nadine_18.jpg Ga: 28 hallazgo: "" tipo_examen: Ecografia III Nivel sexo: ""
Replicar imagen	Sistema	Bucket S3 producción	Bucket S3 análisis (historial-bucket)	Imagen: nadine_18.jpg ga: 28 hallazgo: "" tipo_examen: Ecografia III Nivel sexo: ""
Transformar y replicar imagen	Sistema (AWS Lambda)	Bucket S3 análisis (historial-bucket)	Bucket S3 análisis (bucketsearch)	Imagen: nadine_18.jpg ga: 28 hallazgo: "" tipo_examen: Ecografia III Nivel sexo: ""

Actualizar metadatos	Usuario	App caracterización de imagenes	Bucket S3 análisis (historial-bucket)	Imagen: nadine_18.jpg ga: 28 hallazgo: VENTRICULOMEGALIA UNILATERAL tipo_examen: Ecografia III Nivel sexo: M
Transformar y actualizar	Sistema (AWS Lambda)	Bucket S3 análisis (historial-bucket)	Bucket S3 análisis (bucketsearch)	Imagen: nadine_18.jpg ga: 28 hallazgo: VENTRICULOMEGALIA UNILATERAL tipo_examen: Ecografia III Nivel sexo: M
Buscar y descargar imagen	Usuario	App búsqueda y consulta (AWS Athena)	AWS Athena	SELECT * FROM images WHERE sexo="M" and ga < '30' and hallazgo="VENTRICULOMEGALIA UNILATERAL"
Descargar resultados	Usuario	AWS Athena		Archivo .CSV con los resultados del query

Al finalizar la última etapa de la metodología, se logró el tercer objetivo específico, que trataba de validar la arquitectura propuesta a través de un prototipo que permitiera la categorización de los datos almacenados de pacientes gestantes para futuro procesamiento y análisis de estos. Con esto, se verificó y validó que el trabajo realizado cumple con todos los objetivos propuestos en el proyecto.

6. Implementación

Para el desarrollo, implementación, control y trazabilidad de este proyecto, se hizo uso de diferentes herramientas tecnológicas. Para la trazabilidad del proyecto se creó un repositorio para almacenar los componentes Backend y FrontEnd. Esto se hizo con el propósito de llevar un control más ordenado y eficaz de las versiones del sistema, evitar al máximo posibles conflictos de trabajo entre los desarrolladores y facilitar la identificación de errores para su pronta solución. Este repositorio fue creado en la plataforma GitHub. Para el seguimiento y organización del proyecto se hizo uso de la herramienta Trello, un aplicativo web que permite mantener en sintonía al equipo con el manejo y la gestión de tareas. Con esto, fue posible llevar un mejor control de las tareas a realizar y de las tareas finalizadas.

7. Resultados

Se diseñó y planteó una arquitectura de gestión de datos clínicos que suple con la necesidad de apoyar el diagnóstico médico de anomalías del sistema nervioso central fetal y de almacenar y permitir el acceso permanente a los datos tanto cualitativos, cuantitativos e imágenes proporcionadas por las ecografías registradas en el sistema desarrollado. De esta arquitectura se logró implementar un ambiente de producción desplegado con una aplicación en Django para el apoyo diagnóstico médico y para la visualización de los datos recopilados en un repositorio accesible por usuarios con los permisos definidos. Adicionalmente, se desarrollaron e implementaron dos prototipos de aplicación, un prototipo para la aplicación de caracterización de imágenes y otro prototipo para la aplicación de búsqueda y consulta en un ambiente de análisis. En este ambiente, fue desplegada la aplicación de caracterización de imágenes.

7.1 App de apoyo diagnóstico

El aplicativo de apoyo diagnóstico desarrollado se compone principalmente de dos módulos, que cumplen con los dos requerimientos centrales. El primer módulo se enfoca en

proporcionar una herramienta que apoye el diagnóstico inmediato de anomalías del sistema nervioso central fetal. Este módulo utiliza los datos recopilados durante los exámenes de ultrasonido y aplica algoritmos que extraen la información pertinente del archivo, la procesa y compara con datos de referencia para detectar posibles patologías. El aplicativo retorna un formato de reporte que le permite al médico validar fácil y rápidamente los resultados obtenidos durante el diagnóstico, categorizando los datos resultantes en ‘Valores normales’ y ‘Valores anormales’, así como una sección de conclusiones y de observaciones que puede ser editada por el médico. El aplicativo también permite el acceso a validaciones gráficas para cada medición. Aquí, el médico podrá hacer uso de esta herramienta para validar visualmente los resultados obtenidos, comparando el dato obtenido del diagnóstico con los valores de referencia. Además, el aplicativo brinda la opción de descargar el reporte generado en un documento de formato PDF, que facilita la visualización de los resultados y puede servir como historia clínica del paciente o como un reporte informativo para la misma. Finalmente, se le permite también al médico visualizar las imágenes de ultrasonido, las cuales pueden ser cargadas al inicio del proceso diagnóstico. A través del módulo descrito, los médicos pueden obtener resultados rápidos y precisos sobre el desarrollo o evolución de un feto, además de validar el mismo, lo que les permite tomar decisiones informadas para brindar el mejor cuidado posible a las mujeres gestantes y sus fetos. El nombre dado a este módulo fue ‘Creación de consultas’.

La lógica del módulo puede expresarse en las siguientes oraciones: Un médico realiza una consulta a un paciente. La paciente puede estar llevando un embarazo de feto único o un embarazo múltiple. La paciente puede ser madre primeriza o no serlo. La consulta es realizada en una fecha y hora determinada, y se realiza por un motivo específico (bien sea por control o sospecha de alguna anomalía). La consulta se crea en el sistema en el momento en el que el médico carga un

archivo de texto con los datos del examen de ultrasonido, y opcionalmente carga imágenes de ultrasonido, y ejecuta el algoritmo de diagnóstico. La consulta genera un reporte con los resultados obtenidos del diagnóstico inmediato.

Otra de las necesidades evaluadas en el proyecto, fue el poder llevar un control o evolución del feto a través de los meses. Para lograr esto, el sistema mantiene un registro de cada paciente consultada, así como de los embarazos registrados de cada paciente. Esto es posible gracias a los mismos datos extraídos del archivo de texto, que incluyen la información general de la paciente (nombres y cédula) y datos de su embarazo actual (número de embarazo en el que se encuentra). Cada vez que el médico realiza una nueva consulta a una paciente ya registrada en el aplicativo, el sistema asocia la nueva consulta al embarazo correspondiente de la paciente. Esta es una ventaja excepcional, pues facilita el manejo del historial clínico. El médico puede acceder al historial de cada paciente y visualizar todos los embarazos registrados, todas las consultas realizadas, todos los reportes generados y el resumen de cada embarazo.

Por otro lado, se entiende que existen diferentes tipos de embarazo que el aplicativo debe tener la capacidad de atender. Por esta razón, este módulo se desarrolló con la capacidad de soportar el diagnóstico de un único feto, pero también con la capacidad de generar diagnósticos a varios fetos a la vez, para cuando se trata de un embarazo múltiple, como un embarazo gemelar. Para estos casos particulares, el equipo de ultrasonido arroja un archivo de texto para cada feto, por este motivo, el médico debe cargar al aplicativo tantos archivos de texto como fetos existan en el embarazo. Debido a que todos los archivos de texto tendrán la misma información de la paciente y del embarazo, el sistema asociará cada feto para mantener la relación paciente-embarazo-fetos (la asociación de los fetos es un proceso exclusivo de los embarazos múltiples, pues para un embarazo de feto único este paso puede ser obviado para ahorrar recursos del servidor). Para la

identificación de cada feto para el control de su evolución clínica, los médicos pueden utilizar diferentes métodos según el tipo de embarazo o la circunstancias de este. Uno de los métodos más usados es la definición de la posición de cada feto dentro del útero de la madre. En el aplicativo, se definió la siguiente solución para mantener el historial de cada feto de un embarazo múltiple: si es la primera consulta realizada a la paciente, el sistema asocia automáticamente los datos como se explicó previamente. Si es una consulta adicional, entonces se muestra como guía al médico las observaciones realizadas por él en la consulta anterior, para que pueda proceder a la asociación de cada feto con su historial y mantener así la evolución del desarrollo correctamente. De esta manera, se le otorga al médico una herramienta mucho más completa y acorde a la realidad de sus necesidades.

Por otro lado, también se le ofrece al médico una sección de historial de consultas. Aquí, el médico puede visualizar todas las consultas realizadas en el mes actual, en dónde puede verificar los datos generales de cada paciente, el estado de su embarazo y la posibilidad de visualizar nuevamente el reporte correspondiente generado. Adicionalmente, también permite acceder al historial de cada paciente dando clic en la cédula de la paciente de interés.

El segundo módulo se centra en el acceso a los datos clínicos recopilados. Aquí, los usuarios podrán visualizar y descargar de manera segura, y sin poner en riesgo la integridad de los pacientes atendidos, los datos clínicos obtenidos durante los exámenes de ultrasonido junto con las patologías identificadas para cada caso, en caso de haber alguna. Los datos se organizaron y estructuraron en una tabla amplia, de manera que los investigadores, médicos o estudiantes que accedan a ella, puedan utilizarla para realizar investigaciones o estudios académicos. Este módulo también permite la descarga directa de estos datos en un documento de formato CSV, el cuál es un formato óptimo y ampliamente utilizado para el almacenamiento y análisis de grandes volúmenes

de datos. El nombre dado a este módulo fue 'Repositorio', y es importante recalcar que aquí sólo se manejan datos cuantitativos y cualitativos (valores tomados durante las mediciones y diagnósticos).

Además de estos módulos principales, se desarrollaron y tuvieron en cuenta otros aspectos. Debido a que este aplicativo se proyecta para ser de provecho para múltiples médicos, y debido a la gran necesidad de mantener la integridad y privacidad de la información de los pacientes, además de que es un aplicativo de uso exclusivo médico o académico, se desarrolló un sistema de sesiones que funciona de la siguiente manera. Inicialmente, se debe aclarar que el aplicativo cuenta con tres posibles roles identificados de la siguiente manera:

- Rol 'Médico'. Los usuarios de tipo médico se definen para otorgar el acceso al módulo de diagnóstico inmediato. Debido a que es un aplicativo dirigido primordialmente, más no exclusivo, a médicos gineco obstetras, se observa la necesidad de discernir el acceso a la funcionalidad de diagnóstico únicamente a los profesionales del área. Estos usuarios también tienen acceso al módulo de acceso de datos clínicos (repositorio).

- Rol 'Investigador'. Los usuarios de tipo investigador se definen para otorgar acceso únicamente al módulo de acceso de datos clínicos (repositorio).

- Rol 'Médico - Super usuario'. Debido a que este es un aplicativo desarrollado primordialmente para un médico gineco obstetra, pero que mantiene las puertas abiertas para posibles nuevos usuarios, se definen super usuarios en el sistema quienes cuentan con permisos adicionales a los usuarios de rol 'Médico'. Estos permisos permiten la creación de nuevas instituciones y nuevos usuarios, así como la visualización de un listado de los mismos y la desactivación y activación de cuentas. Esto con el objetivo de mantener un mejor control del acceso al aplicativo.

Ahora, para acceder al aplicativo, un nuevo usuario deberá solicitar un registro por parte de un administrador. Una vez se ha otorgado el acceso, el usuario podrá ingresar a las funcionalidades descritas anteriormente autenticándose en el aplicativo con el uso de credenciales, las cuáles son: correo electrónico y contraseña. Una vez completado este paso, el usuario tendrá acceso a los módulos que su rol le permita.

Cada usuario tendrá además acceso a su perfil para visualización y actualización de datos. De igual forma, podrá acceder al cambio de su contraseña o a la recuperación de la misma en caso de olvido, a partir de un link enviado al correo registrado.

Finalmente, el aplicativo cuenta con manejo de errores y validaciones que evitan que el aplicativo falle o pierda la capacidad de realizar sus funciones.

A continuación, se adjuntan capturas del diseño del aplicativo para las funciones descritas en este capítulo.

Figura 7
Pantalla de Inicio

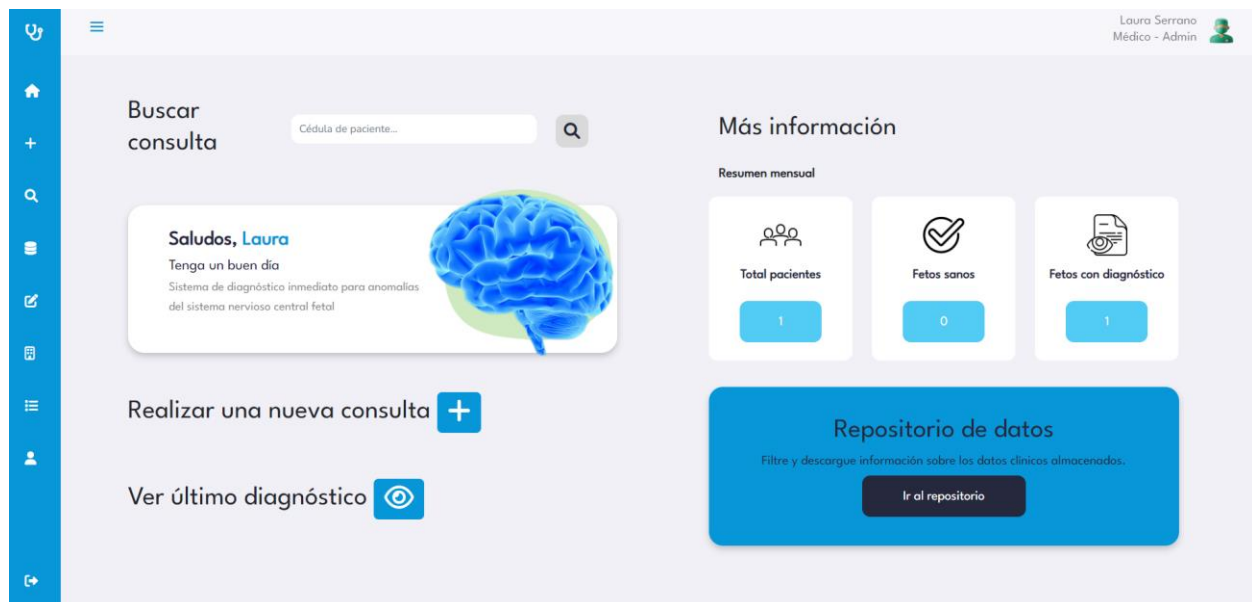


Figura 8

Selección de Tipo de Embarazo.

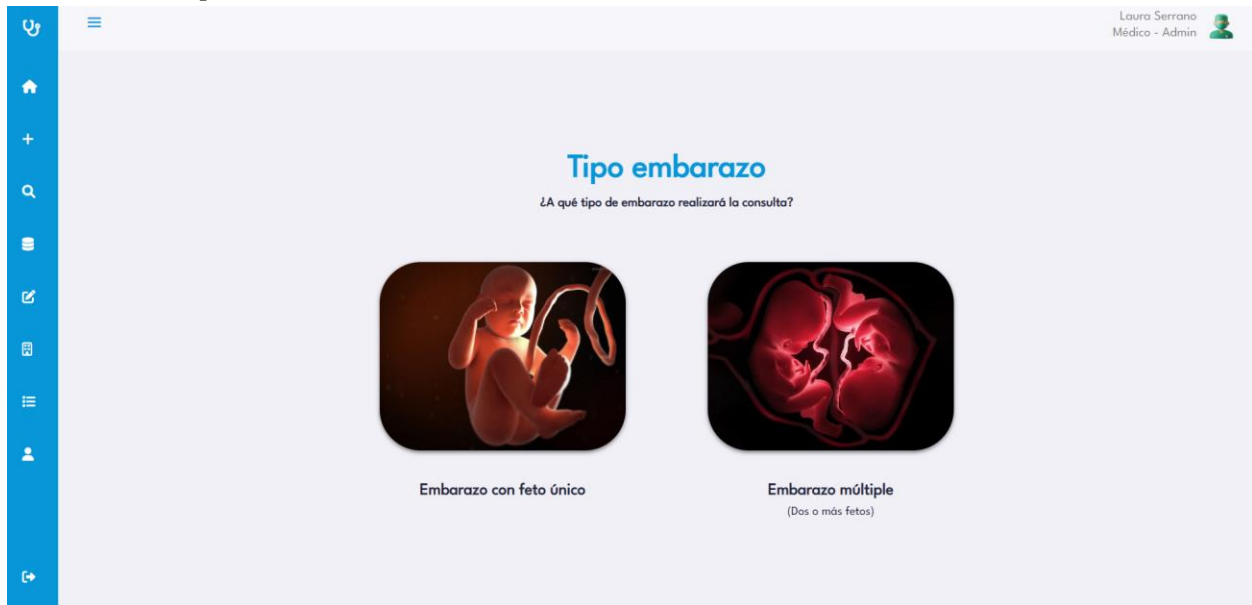


Figura 9

Crear Nueva Consulta para un Embarazo Único

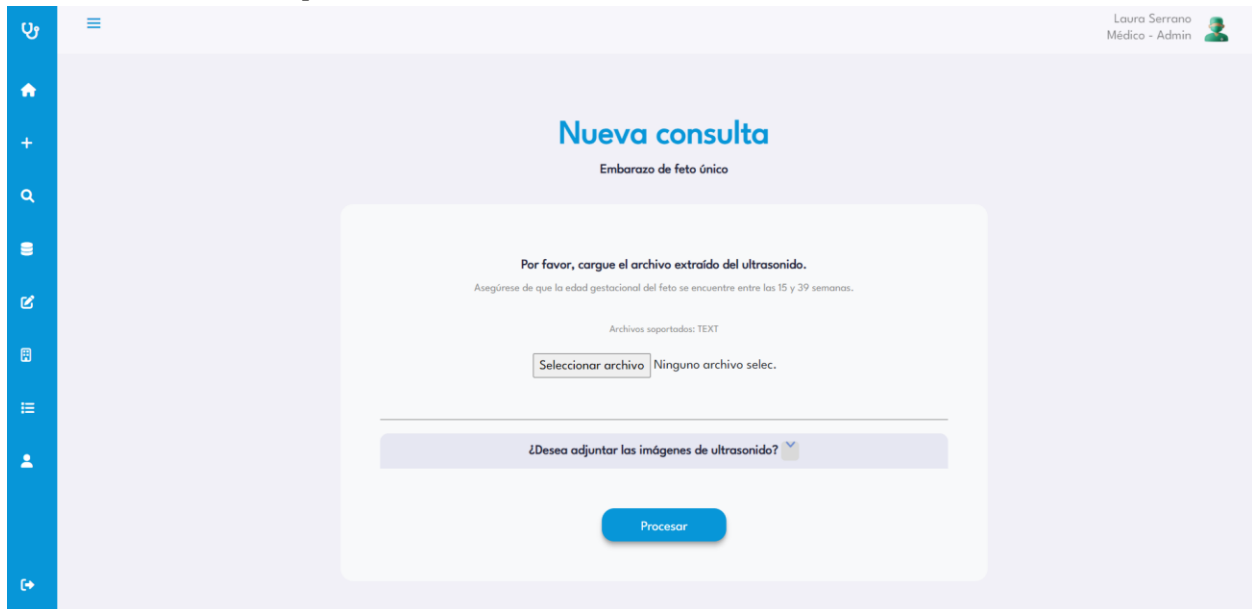


Figura 10
Crear Nueva Consulta para un Embarazo Múltiple

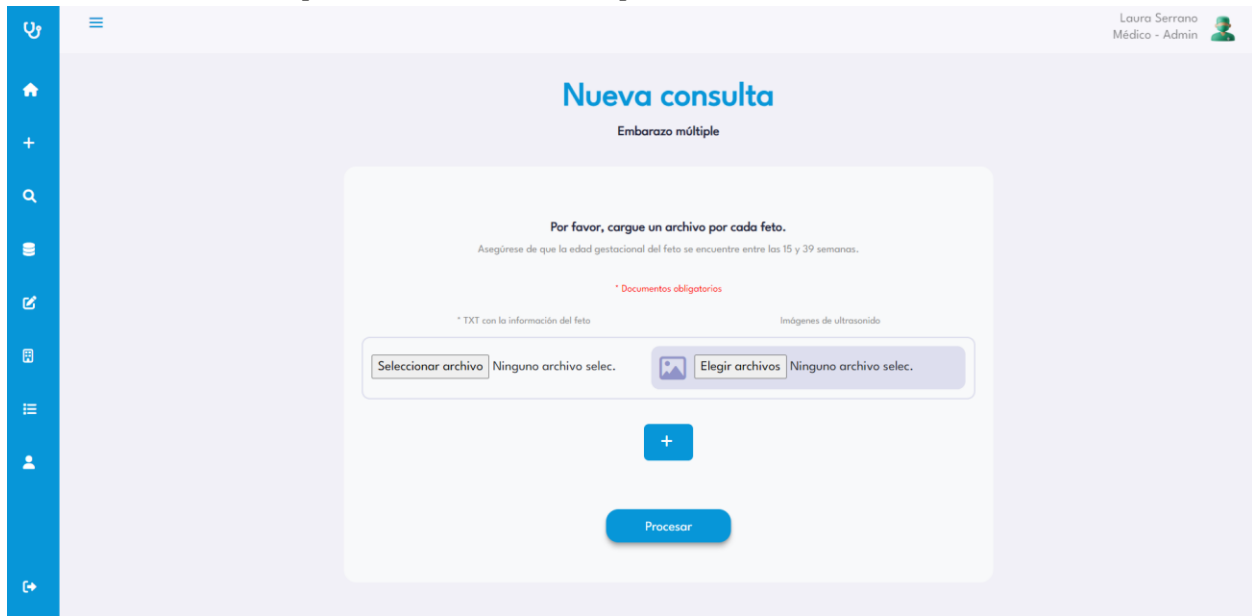


Figura 11
Reporte Generado para un Embarazo Único

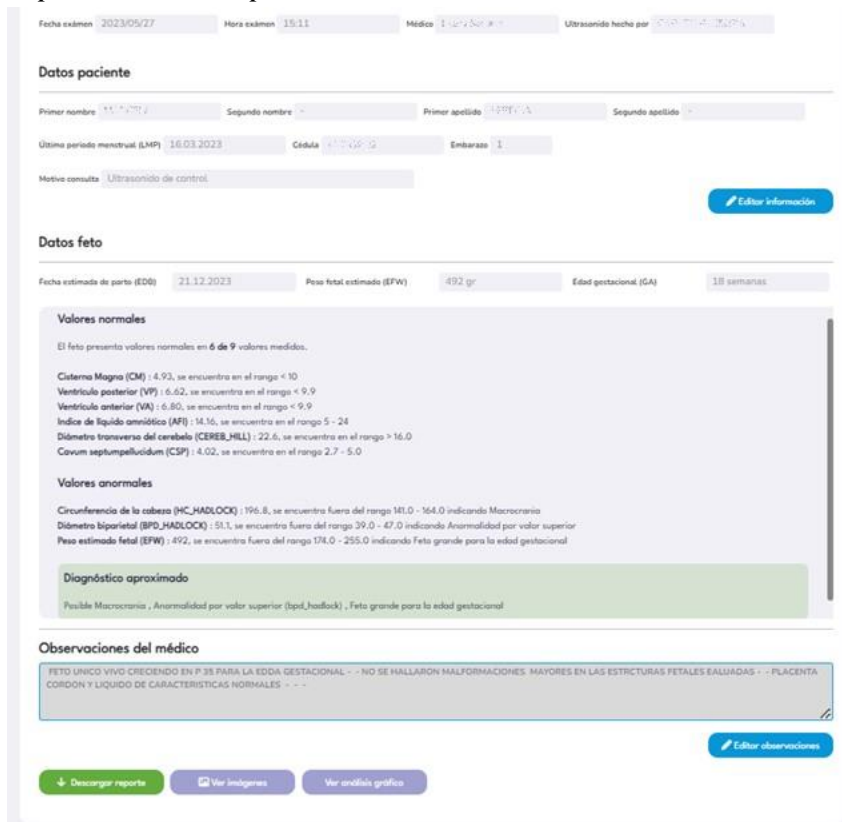


Figura 12
Reporte Generado para un Embarazo Múltiple

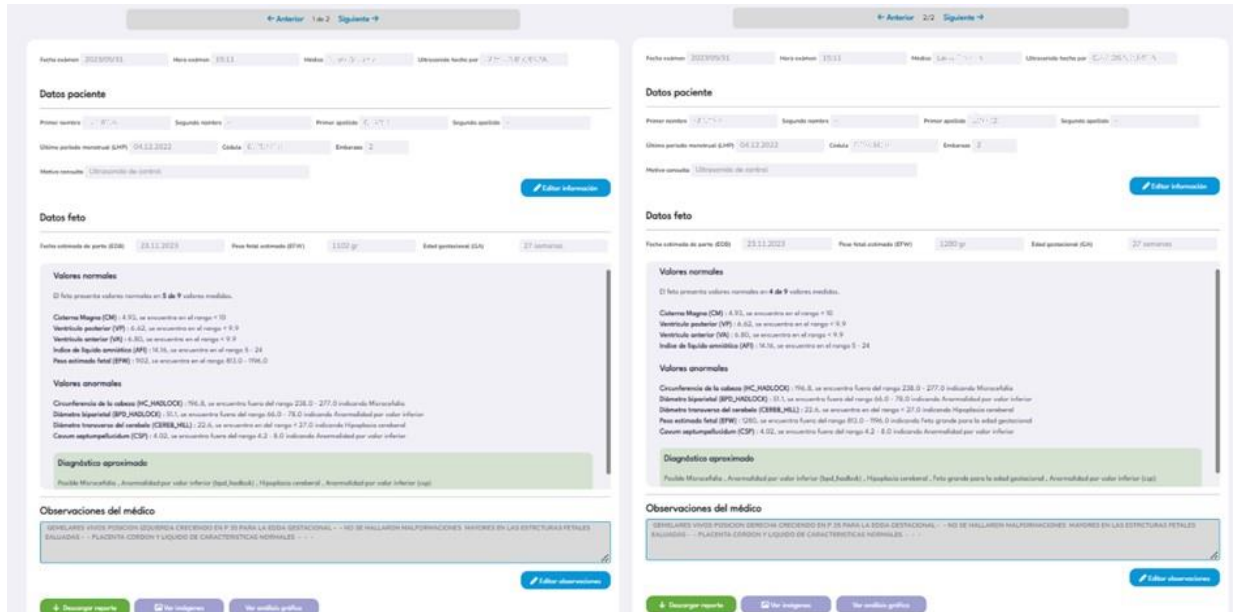


Figura 13
Visualización de Análisis Gráfico

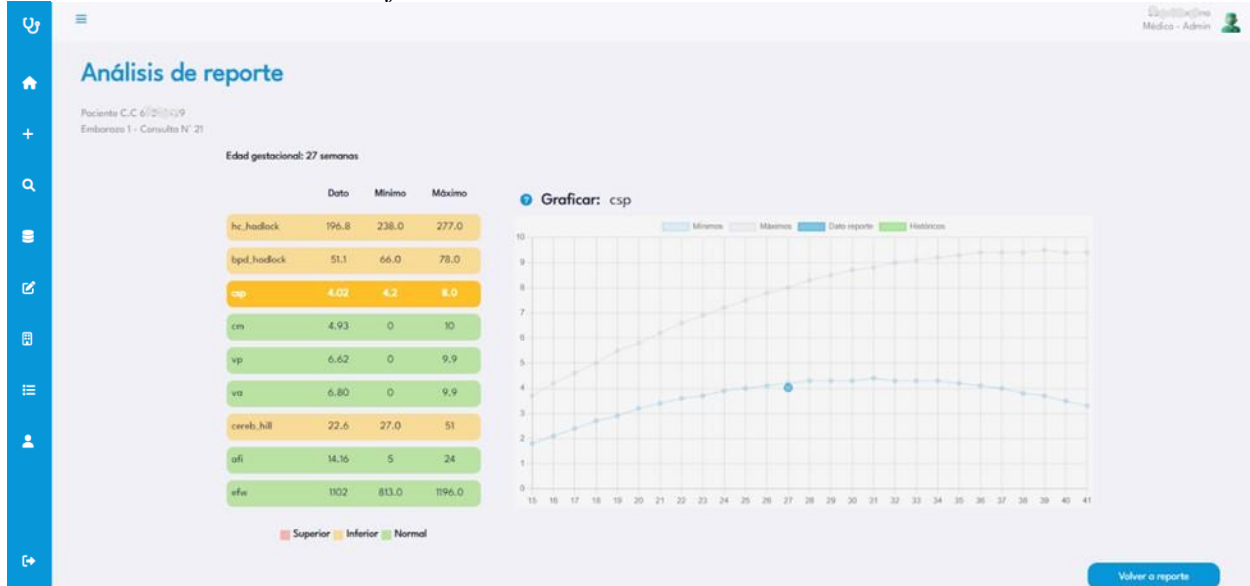


Figura 14
Reporte en Formato PDF

FOSCAL

REPORTE MÉDICO N°36
ANOMALÍAS DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL FETAL

DATOS DEL PACIENTE

Fecha y hora de atención: 2023/05/31 15:11 Médico encargado: Laura Serrano
 Paciente: DANIELA ROSA Fecha est. de parto: 23.11.2023
 Identificación: 14770000 Edad gestacional: 27 semanas
 Peso fetal: 1280 gr Último periodo menstrual: 04.12.2022
 Motivo consulta: Ultrasonido de control

RESULTADOS

El feto presenta valores normales en 4 de 9 mediciones.

Valores normales

MEDICIÓN	VALOR	REFERENCIA
Cisterna Magna (CM)	4.93	< 10
Ventrículo posterior (VP)	6.62	< 9.9
Ventrículo anterior (VA)	6.80	< 9.9
Índice de líquido amniótico (AFI)	14.16	< 5

Anormalidades

MEDICIÓN	VALOR	REFERENCIA
Circunferencia de la cabeza (HC_HADLOCK)	196.8	238.0 - 277.0
Diámetro biparietal (BPD_HADLOCK)	51.1	66.0 - 78.0
Diámetro transverso del cerebro (CEREB_HILL)	22.6	27.0 - 34.0
Peso estimado fetal (EFW)	1102	813.0 - 1196.0
Cavum septempellucidum (CSP)	4.02	4.2 - 8.0

Fecha y hora de impresión: 2023-05-30 11:07:08

Conclusiones

Circunferencia de la cabeza (HC_HADLOCK): 196.8 se encuentra fuera del rango 238.0 - 277.0, lo que puede indicar Microcefalia
 Diámetro biparietal (BPD_HADLOCK): 51.1 se encuentra fuera del rango 66.0 - 78.0, lo que puede indicar Anormalidad por valor inferior
 Diámetro transverso del cerebro (CEREB_HILL): 22.6 se encuentra en del rango < 27.0, lo que puede indicar Hipoplasia cerebral
 Peso estimado fetal (EFW): 1102 se encuentra en el rango 813.0 - 1196.0, lo que puede indicar Normal
 Cavum septempellucidum (CSP): 4.02 se encuentra fuera del rango 4.2 - 8.0, lo que puede indicar Anormalidad por valor inferior

OBSERVACIONES DEL MÉDICO

GEMELARES VIVOS POSICION DERECHA CRECIENDO EN P 35 PARA LA EDDA GESTACIONAL -- NO SE HALLARON MALFORMACIONES MAYORES EN LAS ESTRUCTURAS FETALES EALUADAS -- PLACENTA CORDON Y LIQUIDO DE CARACTERISTICAS NORMALES --



Figura 15
Visualización de Imágenes Cargadas al Reporte

Laura Serrano
Médico - Admin

Imágenes

Aquí puede ver todas las imágenes adjuntadas a su reporte.




Imagen: 1




Imagen: 2




Imagen: 3




Imagen: 4

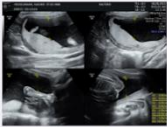


Imagen: 5

[Volver a reporte](#)

Figura 16

Visualización de Imágenes Cargadas al Reporte

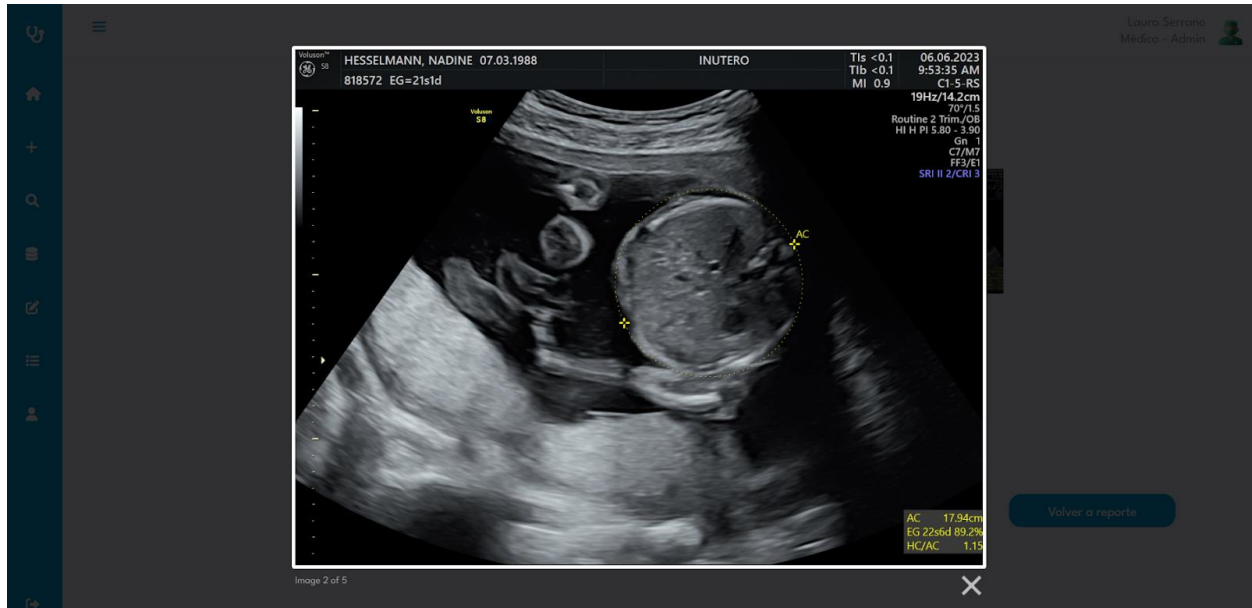


Figura 17

Visualización de Consultas Realizadas en el Último Mes

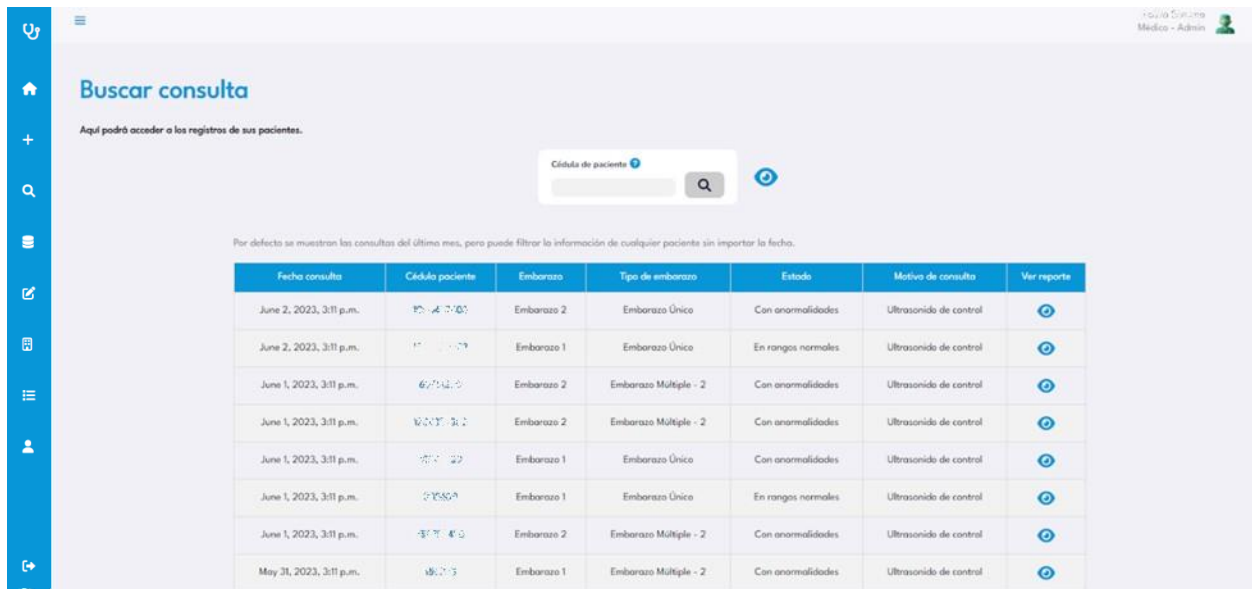


Figura 18

Visualización de Historia Clínica de una Paciente con Embarazos Únicos

The screenshot shows a web application interface for a patient's medical history. At the top right, the user is identified as 'Laura Serrano Médico - Admin'. The main heading is 'Historial de paciente' with a subtext 'Aquí podrá observar el historial de esta paciente.' Below this, the patient's name 'Paciente MARCELA PEREIRA' and ID 'Cédula 95747125' are displayed. There are two filter tabs: 'Embarazo pasado' (selected) and 'Último embarazo registrado'. A table titled 'Embarazo 1 | Único feto(s)' contains one entry:

Ver	Fecha consulta	Edad gestacional	Médico encargado
	May 27, 2023, 3:11 p.m.	18 semanas	Laura Serrano

A green button at the bottom right says 'Volver a "Registros"'. A blue sidebar on the left contains navigation icons.

Figura 19

Visualización de Historia Clínica de una Paciente con Embarazo Múltiple

The screenshot shows the same web application interface but for a patient with multiple pregnancies. The patient's name is 'Paciente JACQUELINE' and ID is 'Cédula 95747125'. The filter tabs are 'Embarazo pasado' (selected) and 'Último embarazo registrado'. There are two tables displayed:

Ver	Fecha consulta	Edad gestacional	Médico encargado
	Feb. 12, 2023, 3:11 p.m.	16 semanas	Laura Serrano
	Feb. 12, 2023, 3:11 p.m.	16 semanas	Laura Serrano

Ver	Fecha consulta	Edad gestacional	Médico encargado
	May 31, 2023, 3:11 p.m.	27 semanas	Laura Serrano
	May 31, 2023, 3:11 p.m.	27 semanas	Laura Serrano

A green button at the bottom right says 'Volver a "Registros"'. A blue sidebar on the left contains navigation icons.

Figura 20
Resumen de un Embarazo

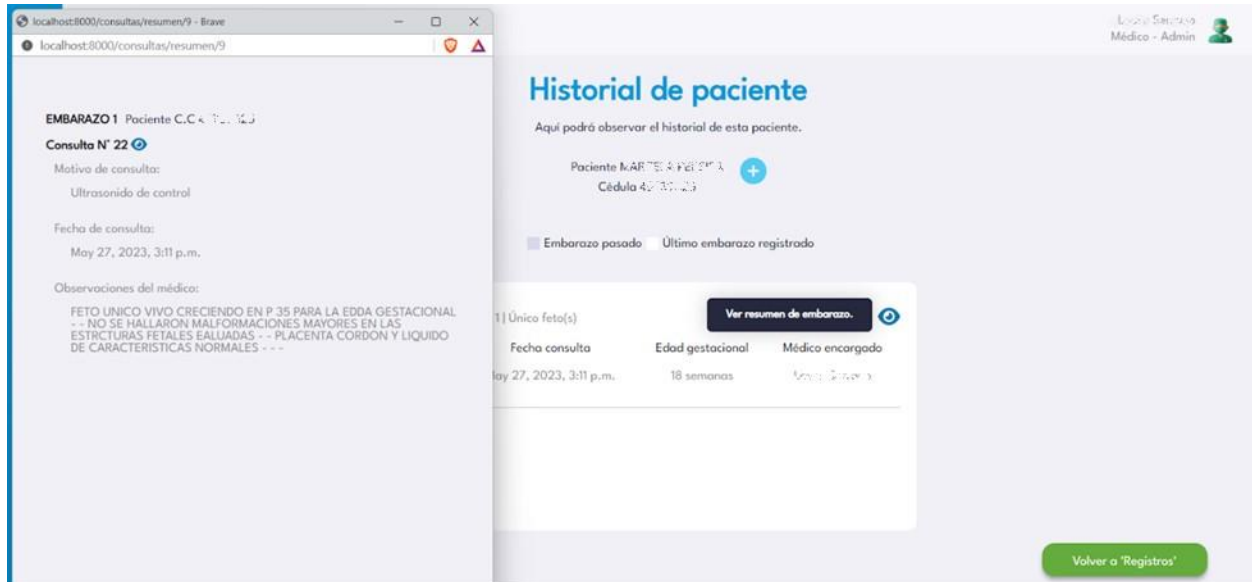


Figura 21
Repositorio de Datos

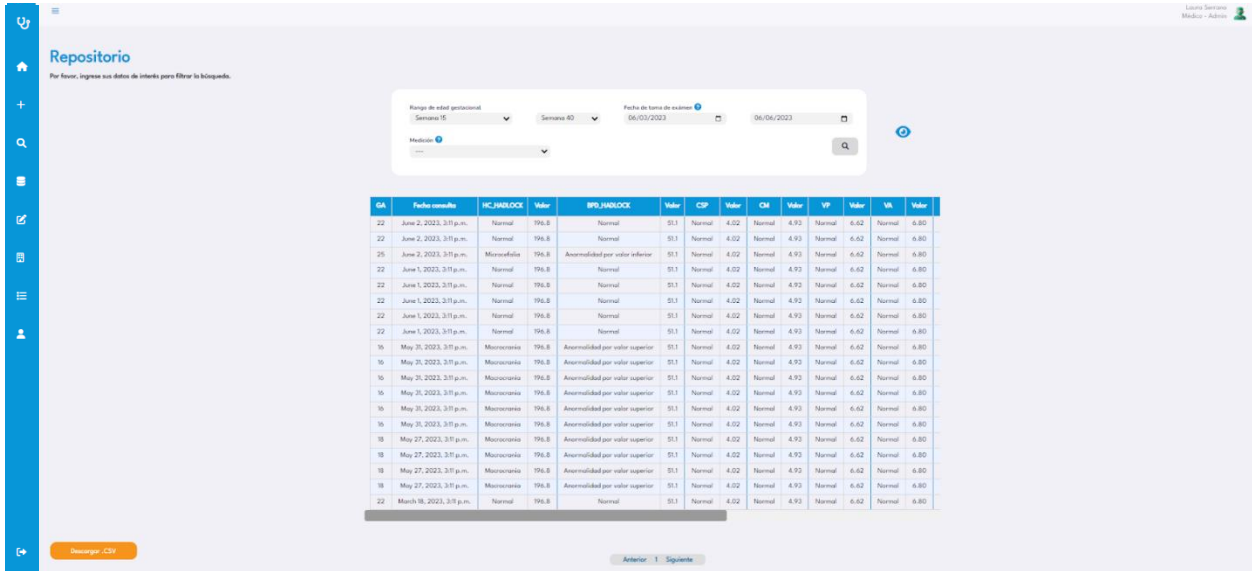


Figura 22

Creación de un Nuevo Usuario

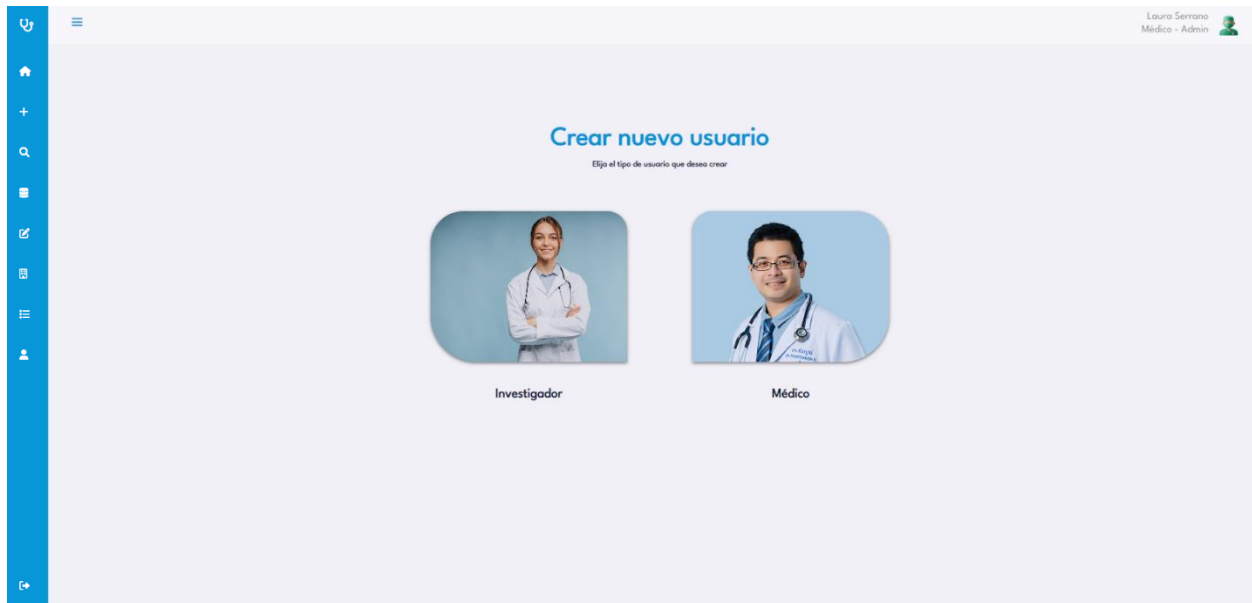


Figura 23

Crear un Nuevo 'Médico'

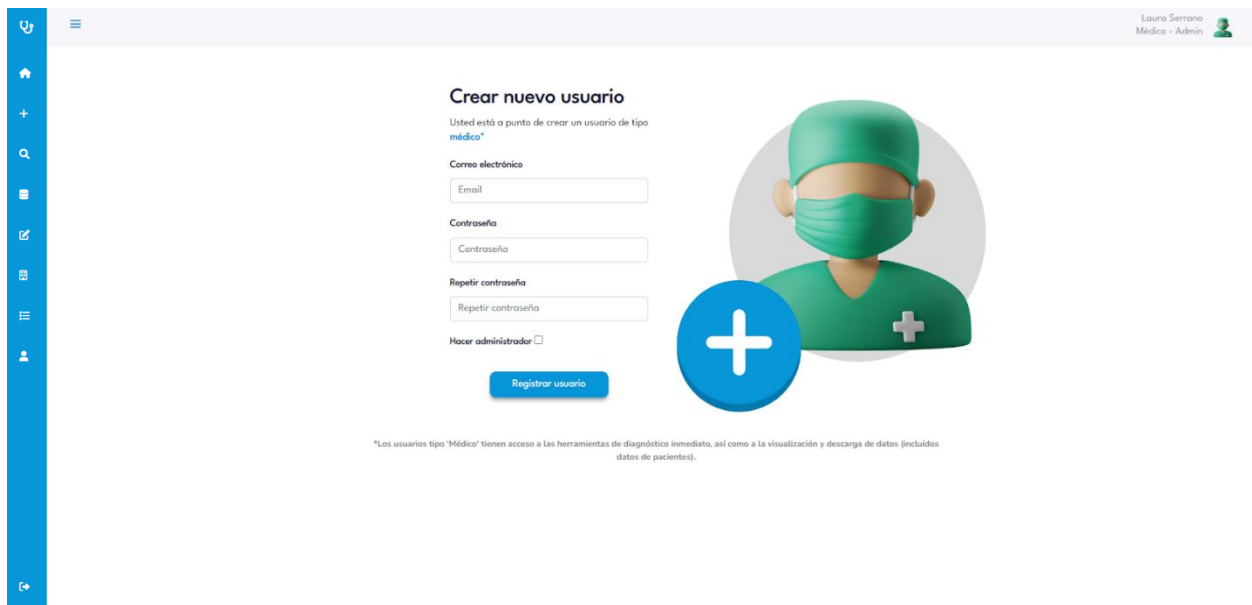


Figura 24
Crear un Nuevo 'Investigador'

The screenshot shows a web interface for creating a new user. On the left is a vertical blue sidebar with navigation icons. The main content area has a light gray background. At the top right, the user 'Laura Serrano Médico - Admin' is logged in. The central heading is 'Crear nuevo usuario' with a sub-note: 'Usted está a punto de crear un usuario de tipo **investigador**'. Below this are three input fields: 'Correo electrónico' (Email), 'Contraseña' (Password), and 'Repetir contraseña' (Repeat password). A blue 'Registrar usuario' button is at the bottom of the form. To the right of the form is a large blue circular icon with a white plus sign, overlaid on a gray silhouette of a person. At the bottom, a small disclaimer reads: '*Los usuarios tipo "Investigador" sólo tendrán acceso a las herramientas de visualización y descarga de datos, excepto datos personales de los pacientes.'

Figura 25
Registrar nueva institución

The screenshot shows a web interface for registering a new institution. The layout is similar to Figure 24. The main heading is 'Registrar nueva institución' with the instruction 'Elige el tipo de institución que desea registrar'. There are two large, rounded rectangular buttons with images. The left button shows a modern hospital building with a blue 'H' sign and is labeled 'Hospital, clínica o centro médico'. The right button shows a classical-style building with columns and is labeled 'Institución educativa o de investigación científica'. The user 'Laura Serrano Médico - Admin' is logged in at the top right.

Figura 26
Registrar nuevo hospital

The screenshot shows a web application interface with a blue sidebar on the left containing navigation icons. The main content area is titled "Registrar hospital o centro médico". It features three input fields: "Nombre del hospital" (empty), "Ciudad" (filled with "Bucaramanga"), and "Departamento" (filled with "Santander"). A blue button labeled "Registrar hospital" is positioned below the fields. To the right, there is a circular profile icon of a person in green scrubs and a mask, with a blue plus sign overlaid on it. The top right corner displays the user's name "Laura Serrano" and role "Médico - Admin" next to a small profile picture.

Figura 27
Registrar nueva institución

The screenshot shows a web application interface with a blue sidebar on the left containing navigation icons. The main content area is titled "Registrar institución educativa o de investigación". It features three input fields: "Nombre de la institución" (empty), "Ciudad" (filled with "Bucaramanga"), and "Departamento" (filled with "Santander"). A blue button labeled "Registrar institución" is positioned below the fields. To the right, there is a circular profile icon of a person in blue, with a blue plus sign overlaid on it. The top right corner displays the user's name "Laura Serrano" and role "Médico - Admin" next to a small profile picture.

Figura 28
Listado de Usuarios Registrados

Ver usuarios

Aquí podrá acceder al listado de usuarios.

Email Filtros por correo Cédula Filtros por cédula

Correo electrónico	Rol	Cédula	Teléfono	Dirección	Institución	Fecha de última sesión	Estado	Desactivar usuario
laura.serrano@gmail.com	Médico	-	-	-	-	-	Activo	<input type="button" value="x"/>
juan.perez@gmail.com	Médico	-	-	-	-	June 4, 2023, 6:24 p.m.	Activo	<input type="button" value="x"/>
maria.garcia@gmail.com	Médico	-	-	-	-	-	Activo	<input type="button" value="x"/>
carlos.rivera@gmail.com	Médico	-	-	-	-	-	Activo	<input type="button" value="x"/>
ana.lopez@gmail.com	Médico	-	-	-	-	June 2, 2023, 5:48 a.m.	Activo	<input type="button" value="x"/>
fernando.fernandez@gmail.com	Médico	6385657	76576703	Calle 12 #53-1115, San José	Fiscal	May 31, 2023, 6:57 p.m.	Activo	<input type="button" value="x"/>
laura.serrano@gmail.com	Médico	117992	757234	caño	Fiscal	May 23, 2023, 11:51 p.m.	Activo	<input type="button" value="x"/>
luis.martinez@gmail.com	Médico	-	-	-	-	-	Activo	<input type="button" value="x"/>
laura.serrano@gmail.com	Médico	12345678	12345678	caño	Fiscal	May 21, 2023, 12:23 a.m.	Activo	<input type="button" value="x"/>
fernando.fernandez@gmail.com	Médico	545756	240313	caño	Universidad Industrial de Santander	May 20, 2023, 3:57 p.m.	Activo	<input type="button" value="x"/>

Anterior 1 2 3 Siguiente

Figura 29
Perfil

Perfil

Laura Serrano
laura.serrano21@gmail.com

Nombre

Apellidos

Cédula

Rol

Teléfono

Dirección de residencia

Institución a la que está vinculado

Correo electrónico

7.2 S3 Bucket de ambiente de producción (Diagnosis-app)

Se implementó un bucket S3 llamado diagnosis-app que es activado cada vez que una imagen es cargada al aplicativo descrito anteriormente. Aquí, esta imagen es almacenada junto a sus metadatos preestablecidos, y adicionalmente la imagen es cargada con la información del tipo de dato, fecha de modificación y tamaño del archivo. Cuando un usuario desee ver nuevamente una imagen de ultrasonido desde el aplicativo de diagnóstico, podrá hacerlo solicitando al sistema la URL de la imagen correspondiente para ser mostrada. Es importante recalcar que las imágenes sólo serán visibles durante un año desde la fecha de carga.

Figura 30
Bucket de ambiente productivo

Amazon S3 > Buckets > diagnosisapp-bucket > ultrasonid_images/ Copiar URI de S3

ultrasonid_images/ Copiar URI de S3

Objetos Propiedades

Objetos (32)

Los objetos son las entidades fundamentales que se almacenan en Amazon S3. Puede utilizar el [Inventario de Amazon S3](#) para obtener una lista de todos los objetos de su bucket. Para que otras personas obtengan acceso a sus objetos, tendrá que concederles permisos de forma explícita. [Más información](#)

Copiar URI de S3 Copiar URL Descargar Abrir Eliminar Acciones Crear carpeta Cargar

Buscar objetos por prefijo Mostrar versiones < 1 >

Nombre	Tipo	Última modificación	Tamaño	Clase de almacenamiento
nadine_23.jpg	jpg	26 Sep 2023 9:03:29 PM -05	213.0 KB	Estándar
nadine_19.jpg	jpg	25 Sep 2023 10:22:04 PM -05	167.6 KB	Estándar
nadine_29.jpg	jpg	25 Sep 2023 10:22:03 PM -05	188.6 KB	Estándar
nadine_30.jpg	jpg	25 Sep 2023 5:41:49 PM -05	192.9 KB	Estándar
nadine_28.jpg	jpg	20 Sep 2023 1:19:45 PM -05	173.3 KB	Estándar
nadine_27.jpg	jpg	20 Sep 2023 1:19:44 PM -05	181.6 KB	Estándar
nadine_25.jpg	jpg	20 Sep 2023 1:19:43 PM -05	157.5 KB	Estándar
nadine_26.jpg	jpg	20 Sep 2023 1:19:43 PM -05	200.0 KB	Estándar
nadine_24.jpg	jpg	20 Sep 2023 1:19:42 PM -05	194.8 KB	Estándar

Figura 31
Metadatos predeterminados

Metadatos (5)

Los metadatos son información opcional proporcionada como un par nombre-valor (clave-valor). [Más información](#)

Tipo	Clave	Valor
Definido por el sistema	Content-Type	image/jpeg
Definido por el usuario	x-amz-meta-sexo	
Definido por el usuario	x-amz-meta-hallazgo	
Definido por el usuario	x-amz-meta-tipo_examen	ECOGRAFIA III NIVEL
Definido por el usuario	x-amz-meta-ga	22

7.3 S3 Bucket de ambiente de análisis (Historial-bucket)

Cada vez que una imagen es almacenada en el bucket de producción, se realiza una réplica de este archivo a un segundo bucket llamado Historial-Bucket. Desde aquí, la aplicación de caracterización de imágenes que es descrita en el siguiente ítem, podrá acceder a las imágenes y enriquecer los metadatos preexistentes, así como añadir metadatos adicionales. Este bucket cumple una función diferente al bucket de producción, ya que el anterior sólo permite almacenar y consultar las imágenes desde el aplicativo de diagnóstico, más no permite su modificación. Este bucket permite el almacenamiento de imágenes, su consulta y la modificación de sus metadatos.

Figura 32
Bucket de ambiente análisis

Amazon S3 > Buckets > historial-bucket > ultrasond_images/ Copiar URI de S3

ultrasond_images/ Copiar URI de S3

Objetos Propiedades

Objetos (27)
Los objetos son las entidades fundamentales que se almacenan en Amazon S3. Puede utilizar el [inventario de Amazon S3](#) para obtener una lista de todos los objetos de su bucket. Para que otras personas obtengan acceso a sus objetos, tendrá que concederles permisos de forma explícita. [Más información](#)

Copiar URI de S3 Copiar URL Descargar Abrir Eliminar Acciones Crear carpeta Cargar

Buscar objetos por prefijo Mostrar versiones < 1 >

<input type="checkbox"/>	Nombre	Tipo	Última modificación	Tamaño	Clase de almacenamiento
<input type="checkbox"/>	nadine_23.jpg	jpg	26 Sep 2023 9:03:29 PM -05	213.0 KB	Estándar
<input type="checkbox"/>	nadine_19.jpg	jpg	25 Sep 2023 10:22:04 PM -05	167.6 KB	Estándar
<input type="checkbox"/>	nadine_29.jpg	jpg	25 Sep 2023 10:22:03 PM -05	188.6 KB	Estándar
<input type="checkbox"/>	nadine_30.jpg	jpg	25 Sep 2023 5:41:49 PM -05	192.9 KB	Estándar
<input type="checkbox"/>	nadine_28.jpg	jpg	20 Sep 2023 1:27:52 PM -05	173.3 KB	Estándar
<input type="checkbox"/>	nadine_27.jpg	jpg	20 Sep 2023 1:27:09 PM -05	181.6 KB	Estándar
<input type="checkbox"/>	nadine_25.jpg	jpg	20 Sep 2023 1:26:20 PM -05	157.5 KB	Estándar
<input type="checkbox"/>	nadine_24.jpg	jpg	20 Sep 2023 1:26:05 PM -05	194.8 KB	Estándar
<input type="checkbox"/>	nadine_26.jpg	jpg	20 Sep 2023 1:19:43 PM -05	200.0 KB	Estándar

Figura 32
Metadatos actualizados

Metadatos (6)
Los metadatos son información opcional proporcionada como un par nombre-valor (clave-valor). [Más información](#)

Tipo	Clave	Valor
Definido por el sistema	Content-Type	binary/octet-stream
Definido por el usuario	x-amz-meta-hallazgo	VENTRICULOMEGALIA UNILATERAL LEVE
Definido por el usuario	x-amz-meta-content-type	application/json
Definido por el usuario	x-amz-meta-sexo	F
Definido por el usuario	x-amz-meta-tipo_examen	DOPPLER FETAL
Definido por el usuario	x-amz-meta-ga	22

7.4 Aplicación de caracterización de imágenes

La aplicación de caracterización de imágenes desarrollada cuenta con una primera plantilla que permite visualizar todas las imágenes almacenadas en el contenedor del ambiente de análisis, el cuál corresponde al contenedor que almacena históricamente dichos objetos. El usuario, visualiza los metadatos ya asignados para cada archivo, y puede dar clic sobre la imagen cuyos metadatos desee modificar. Aquí se le muestra un formulario sencillo con todos los metadatos preexistentes cargados, y se le permite modificarlos y actualizarlos conforme a las necesidades que el usuario identifique.

Figura 33
Repositorio de imágenes



Figura 34*Actualización de Metadatos*


HESLMANN, MADRE 07.03.1988 INUTERO T6 V01 16.06.2013
 EIB72 66-2560 T6 V01 16.06.2013
 MI 6.9 CTS 68
 47cm 25cm
 30cm 30cm
 27.2 27.2
 12.0 12.0
 16.0 16.0

Edad gestacional 27
 Sexo M
 Tipo de examen NEUROSONOGRAFIA
 Hallazgo
 Otro
 Use guiones en vez de espacios.

Nombre de metadato	Valor del metadato
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Actualizar
 Regresar a la lista

7.5 Aplicación de búsqueda y consulta

La aplicación de búsqueda y consulta corre directamente en la consola de AWS. Es aquí donde se realizan los queries SQL desde Amazon Athena para consultar las imágenes almacenadas en el sistema a partir del filtrado de sus metadatos: ga (gestational age), tipo_examen, hallazgo, sexo. Como se menciona en secciones anteriores, estos queries son posibles gracias a un tercer bucket S3 llamado 'bucketsearch' que almacena los archivos transformados por AWS Lambda de .JPG a .JSON. Estos archivos JSON contienen la URL de la imagen y sus metadatos. Los resultados obtenidos son desplegados en la consulta, los cuáles pueden ser descargados desde la consola.

Figura 35*Segundo bucket de ambiente de análisis*

ARQUITECTURA DE GESTIÓN DE DATOS CLÍNICOS Y SU PROCESAMIENTO 110

Amazon S3 > Buckets > bucketsearch > ultrasond_images/

ultrasond_images/ Copiar URI de S3

Objetos Propiedades

Objetos (24)

Los objetos son las entidades fundamentales que se almacenan en Amazon S3. Puede utilizar el [Inventario de Amazon S3](#) para obtener una lista de todos los objetos de su bucket. Para que otras personas obtengan acceso a sus objetos, tendrá que concederles permisos de forma explícita. [Más información](#)

Copiar URI de S3 Copiar URL Descargar Abrir Eliminar Acciones Crear carpeta Cargar

Buscar objetos por prefijo

Nombre	Tipo	Última modificación	Tamaño	Clase de almacenamiento
nadine_25.json	json	26 Sep 2023 9:38:40 PM -05	235.0 B	Estándar
nadine_19.json	json	25 Sep 2023 10:22:28 PM -05	167.0 B	Estándar
nadine_29.json	json	25 Sep 2023 10:22:27 PM -05	167.0 B	Estándar
nadine_30.json	json	25 Sep 2023 5:42:12 PM -05	167.0 B	Estándar
nadine_28.json	json	20 Sep 2023 1:27:54 PM -05	223.0 B	Estándar
nadine_27.json	json	20 Sep 2023 1:27:11 PM -05	238.0 B	Estándar
nadine_25.json	json	20 Sep 2023 1:26:22 PM -05	241.0 B	Estándar
nadine_24.json	json	20 Sep 2023 1:26:06 PM -05	237.0 B	Estándar
nadine_26.json	json	20 Sep 2023 1:21:50 PM -05	167.0 B	Estándar

Figura 36

Query SQL de AWS Athena

Data Query 1 Query 3 Query 4 Query 5 Query 6

Data source: AwsDataCatalog

Database: default

Tables and views: Create

Filter tables and views

Tables (1): images

```
1 SELECT * FROM images
```

SQL Ln 1, Col 1

Figura 37*Resultados*

Results (26) Copy Download results

Q Search rows < 1 > ⚙

#	sex	hallazgo	tipo_examen	ga	url
6			NEUROSONOGRAFIA	21	https://historial-bucket.s3.us-east-2.ar
8			NEUROSONOGRAFIA	21	https://historial-bucket.s3.us-east-2.ar
3		TETRALOGIA DE FALLOT	NEUROSONOGRAFIA	21	https://historial-bucket.s3.us-east-2.ar
15	M	VENTRICULOMEGALIA BILATERAL SEVERA	NEUROSONOGRAFIA	21	https://historial-bucket.s3.us-east-2.ar
7			NEUROSONOGRAFIA	21	https://historial-bucket.s3.us-east-2.ar
14	F	VENTRICULOMEGALIA UNILATERAL MODERADA	NEUROSONOGRAFIA	21	https://historial-bucket.s3.us-east-2.ar
12	M	VENTRICULOMEGALIA UNILATERAL LEVE	NEUROSONOGRAFIA	21	https://historial-bucket.s3.us-east-2.ar
22	M	VENTRICULOMEGALIA UNILATERAL LEVE	NEUROSONOGRAFIA	21	https://historial-bucket.s3.us-east-2.ar
26			NEUROSONOGRAFIA	18	https://historial-bucket.s3.us-east-2.ar
16	M	VENTRICULOME	ECCARDIOGRAMA	26	https://historial-bucket.s3.us-east-2.ar
2					https://historial-bucket.s3.us-east-2.ar

A continuación, se proporciona la URL de un video de demostración realizado en dónde se explican a detalle los resultados obtenidos: <https://www.youtube.com/watch?v=ytER0AVsJIE>

8. Conclusiones

Se ha desarrollado una arquitectura para la gestión de datos clínicos en la Unidad Materno Fetal de Foscal Internacional, con el propósito de almacenar de manera permanente la información, así como brindar soporte en el proceso de diagnóstico. Este diseño comprende la creación e implementación de una solución computacional que facilita la detección de anomalías en el sistema nervioso central de fetos en desarrollo a través de una aplicación completamente funcional. Esta aplicación no solo permite obtener diagnósticos instantáneos, sino que también posibilita el seguimiento de la evolución de los embarazos de cada paciente registrada en el sistema.

Adicionalmente, hemos establecido un repositorio de datos cuantitativos y cualitativos relacionados con las anomalías del sistema nervioso central. Este repositorio puede ser filtrado según las necesidades de los profesionales de la salud y proporciona la opción de descargar los datos en formato CSV. Esto significa que los médicos e investigadores tienen acceso a una valiosa fuente de datos clínicos reales y altamente relevantes.

En cuanto a las imágenes de ultrasonido y los metadatos clínicos, hemos diseñado una arquitectura que permite su almacenamiento estructurado. Se implementó una aplicación de caracterización de imágenes, permitiendo enriquecer la información previamente obtenida, y una aplicación de búsqueda y consulta permanente a través de sentencias SQL. Los resultados de estos queries pueden ser descargados, lo que facilita el trabajo en futuros estudios de análisis para la identificación de patrones que favorezcan la detección temprana de anomalías del sistema nervioso central.

En resumen, este sistema ha sido diseñado con una arquitectura que promueve la interacción y el acceso eficiente a los datos, proporcionando una herramienta valiosa para la gestión de información clínica en la Unidad Materno Fetal de Foscil Internacional.

9. Trabajo Futuro

El objetivo futuro es completar la arquitectura propuesta mediante un desarrollo más exhaustivo y detallado de las aplicaciones de caracterización de imágenes y búsqueda y consulta de las mismas, lo que complementa la aplicación de apoyo diagnóstico implementada y desplegada. A su vez, se espera expandir el aplicativo a más hospitales e incluso llegar a múltiples países. En futuras implementaciones, se considera que al momento almacenar las imágenes en el bucket de análisis se haga en formato DICOM (Digital Imaging and Communication In Medicine) debido a su riqueza informativa en comparación con las imágenes en formato JPG.

Consecuentemente, esto permitiría la alimentación de un repositorio de imágenes de casos clínicos reales con alta relevancia médica, y que podrán ser filtrados y clasificados por médicos y profesionales para su estudio apropiado. Junto con la información cualitativa y cuantitativa almacenada en la base de datos, esto servirá como un recurso valioso de información para la realización de estudios científicos y estadísticos. Por otro lado, un futuro prototipo de esta arquitectura podría aplicar la inteligencia artificial para el análisis y clasificación de las imágenes de ultrasonido en otros grupos y factores aún más especializados, además de poder analizar grandes conjuntos de datos. Esto permitirá extraer información relevante con el fin de tomar mejores decisiones, lo que aportará positivamente a la expansión del conocimiento médico identificando patrones complejos para la rápida y temprana detección de anomalías del sistema nervioso central en la población santandereana.

También se propone a futuro, que esta aplicación pueda dar acceso a pacientes que deseen consultar sus resultados y que estos cuenten con la opción de visualizar un análisis gráfico y recibir recomendaciones generados por IA para una mejor comprensión de los datos.

Referencias Bibliográficas

- C., B., J, J., C, J., U, M., & Ryan. (2008). *National Library of medicine*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2442597/#:~:text=There%20are%20currently%20~200%2C000%20ultrasound,150%20Gb%20of%20disk%20space>
- G, R. (2016). *5D CNS+: An useful tool for Fetal Neurosonography*.
- L., A., C, B., P, B., Lee S, B., R, D., D, E., . . . E. J, M. (2001). The HL7 Clinical Document Architecture. *Journal of the American Medical Informatics Associations*. 552-596.
- A, A., & Perez V, C. (2007). *Arquitectura de software: estilos y patrones*.
- Aguilera, S., & Soothill, P. (2014). *Control Prenatal*.
- Amazon Web Services. (s.f.). *AWS*. Obtenido de AWS: <https://aws.amazon.com/es/compare/the-difference-between-monolithic-and-microservices-architecture/>
- Azure. (s.f.). *Azure*. Obtenido de <https://azure.microsoft.com/es-es/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-paas>
- Bass, L., Clements, P., & Kazman, R. (2012). *Software Architecture in Practice*. New Jersey: Addison-Wesley Professional.
- Billy C, R. (2004). *Introducción a la Arquitectura de Software*. Universidad de Buenos Aires.
- Borges, S. (05 de 2021). *Infranetworking*. Obtenido de https://blog.infranetworking.com/servidores-en-la-nube/#Ventajas_y_desventajas_de_los_servidores_en_la_nube
- django. (s.f.). *Django Project*. Obtenido de Django Project: <https://docs.djangoproject.com/en/4.2/>
- Embryology. (01 de 06 de 2019). *Embryology*. Obtenido de https://embryology.med.unsw.edu.au/embryology/index.php/Template:Ultrasound_terms

- EspiFreelancer. (08 de 2019). *EspiFreelancer*. Obtenido de <https://espifreelancer.com/mtv-django.html>
- Fernandez, L. (2006). *Arquitectura de Software. Software Guru*. Obtenido de http://www.ozarate.net/articulos/arquitectura_sw_sg_2006.pdf
- Foundation, P. S. (2001-2023). *Python*. Obtenido de <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>
- H. C., H. S., & U. d. (s.f.). *Neurosonografía fetal*. Obtenido de Fetal Medicine Barcelona: <https://portal.medicinafetalbarcelona.org/protocolos/es/patologia-fetal/neurosonografia-fetal.html>
- H. Dolin, R., Alschuler, L., Beebe, C., Biron, P., MLIS, Boyer, S., . . . Mattison, J. (2001). The HL7 Clinical Document Architecture. *Oxford academic*. Obtenido de <https://doi.org/10.1136/jamia.2001.0080552>
- Hadlock M.D., F., Harrist, R., Sharman, R., Deter, R., & Park, S. (2013). Estimation of fetal weight with the use of head, body, and femur measurements. A prospective study. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*.
- ITDO. (2022). *ITDO*. Obtenido de <https://www.itdo.com/blog/que-es-hl7-y-por-que-es-tan-importante-en-e-health/>
- L, B., P, C., & R, K. (2003). *Software architecture in practice*.
- L, B., P., C., & R, K. (2003). *Software architecture in practice. SEI Series in Software Engineering. 2(02). Addison Wesley. .*
- Lawrence, B., MBI, & RHIA. (07 de 2020). *Datadx*. Recuperado el 2023, de <https://datadx.com/applying-anomaly-detection-to-healthcare-data/>
- Mandirola Brioux, H. (08 de 2018). *HL7LATAM*. Obtenido de <https://hl7latam.blogspot.com/2018/08/hl7-reference-information-model.html>

MedlinePlus. (15 de 012 de 2020). *MedlinePlus*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/ecografia/>

Microsoft. (2021). *Access SQL: conceptos básicos, vocabulario y sintaxis*. Obtenido de <https://support.microsoft.com/es-es/office/access-sql-conceptos-b%C3%A1sicos-vocabulario-y-sintaxis-444d0303-cde1-424e-9a74-e8dc3e460671#bm1%20-%20https://desarrolloweb.com/home/lenguaje-sql>

Microsoft. (s.f.). *Microsoft Learn*. Obtenido de Microsoft Learn: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/guide/architecture-styles/microservices>

Ministerio de Salud. (2017). *Lineamiento técnico y operativo de la ruta integral de atención en salud materno perinatal*. Obtenido de https://www.dssa.gov.co/images/documentos/Lineamiento_materno_perinatal.pdf

oracle. (s.f.). *¿Qué es una base de datos relacional (sistema de gestión de bases de datos relacionales)?* Obtenido de <https://www.oracle.com/co/database/what-is-a-relational-database/>

Ott, W. J. (2004). Reevaluation of the relationship between amniotic fluid volume and perinatal outcome. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*.

Pgadmin. (s.f.). *FAQ*. Obtenido de <https://www.pgadmin.org/faq/#1>

Radiologyinfo. (09 de 03 de 2018). Obtenido de <https://www.radiologyinfo.org/es/info/genus>

Riesle P, H., Bravo O, E., Scarel, A., De la Torre C, I., Márquez A, R., & Alamos L, B. (2006).
LAPAROTOMÍA DE GIORDANO-CHERNEY EN LA OPERACIÓN CESÁREA. UNA
ALTERNATIVA EN LAS MALFORMACIONES DEL SISTEMA NERVIOSO
CENTRAL FETAL.

- Rodríguez Peña, A. D., & Guil, L. (s.f.). Software Architecture for the Vismedic medical visualization system. *Scielo*, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592016000100006.
- Salesforce. (s.f.). *Salesforce*. Obtenido de <https://www.salesforce.com/saas/>
- Salesforce. (s.f.). *Salesforce*. Obtenido de <https://www.salesforce.com/es/learning-centre/tech/paas/>
- Viñals L, F., & Quiroz M, G. (11 de 2014). Detección prenatal de anomalías del sistema nervioso central. Obtenido de <https://doi.org/10.1136/jamia.2001.0080552>
- vmware. (s.f.). *vmware*. Obtenido de <https://www.vmware.com/es/topics/glossary/content/cloud-server.html#:~:text=Un%20servidor%20de%20nube%20es,m%C3%BAltiples%20usuarios%20cuando%20lo%20necesiten>.
- Volpe, N., Dall'Asta, A., Di Pasquo, E., Frusca, T., & Ghi, T. (2020). First-trimester fetal neurosonography: technique and diagnostic potential. <https://obgyn.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/uog.23149>.
- Wiley, J., & Ltd, S. (2007). Sonographic examination of the fetal central nervous system: guidelines for performing the 'basic examination' and the 'fetal neurosonogram'. *Wiley InterScience*.
- Zakaria, A., & Ashraf, H. (06 de 2019). Comparison between Transcerebellar Diameter, Biparietal Diameter and Femur length for Gestational Age Measurement Accuracy in Third Trimester of Pregnancy.