



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 22 de Noviembre del 2023

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Francisco Daniel Joven Munar, con C.C. No. 1007194112,
_____, con C.C. No. _____,
_____, con C.C. No. _____,
_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado Diseño e implementación de un sistema de información medica para pruebas de
ADN fetal en sangre materna.

presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar al título de

Ingeniero Electrónico;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO**AP-BIB-FO-06****VERSIÓN****1****VIGENCIA****2014****PÁGINA****2 de 2**

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

Francisco Joven Munar

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA					   		
	GESTIÓN DE BIBLIOTECAS							
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO								
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 4	

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN MEDICA PARA PRUEBAS DE ADN FETAL EN SANGRE MATERNA
AUTOR O AUTORES: FRANCISCO DANIEL JOVEN MUNAR

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
JOVEN MUNAR	FRANCISCO DANIEL

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
CORTES CABEZAS	ALBEIRO

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO ELECTRÓNICO

FACULTAD: INGENIERÍA

PROGRAMA O POSGRADO: ELECTRÓNICA

CIUDAD: NEIVA

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2023 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 53

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas x Fotografías Grabaciones en discos Ilustraciones en general x Grabados
 Láminas Litografías Mapas Música impresa Planos Retratos Sin ilustraciones Tablas
 o Cuadros x

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

Visual Studio Code , NodeJS y Mongo DB

MATERIAL ANEXO:

Manuales de Usuario

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>ADN Fetal</u>	<u>Fetal DNA</u>	6. <u>Servidor</u>	<u>Server</u>
2. <u>Backend</u>	<u>Backend</u>	7. <u>Cliente</u>	<u>Client</u>
3. <u>Frontend</u>	<u>Frontend</u>	8. <u>Sistema</u>	<u>System</u>
4. <u>Plataforma</u>	<u>Platform</u>	9. <u>Aplicativo</u>	<u>App</u>
5. <u>Web</u>	<u>Web</u>	10. <u>Software</u>	<u>Software</u>

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

La plataforma ADN fetal en sangre materna es un sistema de información web que tiene como funcionalidades ordenar, agendar, guardar y consultar los resultados de un examen. Fue desarrollado con ayuda de varias tecnologías como react, express, mongo y node.

El sistema se dividió en módulos específicos con distintas variantes de uso según el rol del usuario. El resultado es una plataforma que permite a diferentes usuarios desempeñar el proceso de aplicación de la prueba, desde la orden y agenda de citas, hasta la carga de resultados por médicos y empleados de la salud, así como la revisión en línea de los resultados de la prueba por parte del paciente. Además, se puede revisar estadísticas y almacenar datos que permiten el monitoreo clínico o generar estudios de investigación a futuro.



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The fetal DNA in maternal blood platform is a web-based information system that allows users to order, schedule, save, and access test results. It was developed using various technologies such as react, express, mongo and node.

The system is divided into specific modules with different usage variants depending on the user's role. The result is a platform that enables different users to perform the process of administering the test, from ordering and scheduling appointments to uploading results by medical professionals and healthcare employees, as well as allowing patients to review their test results online. In addition, statistics can be reviewed and data can be stored for clinical monitoring or future research studies.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

4 de 4

Firma:

Nombre Jurado: **Martín Diomedes Bravo Obando**

Firma:

Nombre Jurado: **Jesús David Quintero Polanco**

Firma:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN MEDICA
PARA PRUEBA DE ADN FETAL EN SANGRE MATERNA

Francisco Daniel Joven Munar

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA – HUILA
2023

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN MEDICA
PARA PRUEBA DE ADN FETAL EN SANGRE MATERNA

Francisco Daniel Joven Munar

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero electrónico

Línea del proyecto: Redes & aplicaciones web.

Director:
Dr. Albeiro Cortés Cabezas

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA – HUILA
2023

DEDICATORIA

Quiero dedicar este nuevo logro en mi vida, primeramente, a Dios, dedicarlo a mis padres José Joven Cuellar y Aceneth Munar Marín quienes siempre han depositado su confianza y apoyo a lo largo de mi vida y mucho más en el tiempo de mi carrera, igualmente a mis hermanos y demás personas que formaron un pilar importante en el desarrollo exitoso de la primera etapa de mi vida como profesional.

Francisco Daniel Joven Munar

AGRADECIMIENTOS

Un periodo de nuestra vida que pocos tenemos la fortuna de cruzar, nutrido de nuevas experiencias, y de hermosos recuerdos que perdurarán a lo largo de mi vida, por esto hoy agradezco a Dios quien es mi guía, a mi familia, padres y hermanos, que han estado presentes en los momentos cruciales dándome su apoyo en todo sentido, hoy agradezco las muchas sonrisas y bellas memorias que tuvimos como amigos, a aquellos que me acompañaron a lo largo de esta increíble carrera. Asimismo, estoy agradecido con aquellos ingenieros que aportaron de su conocimiento, por estar presentes en este proceso y por impulsarnos a ser mejores personas. Se que este gran título será el primero de muchos que vendrán, pues sé que, así como hoy les agradezco a ustedes, encontraré muchas más personas dispuestas a aportar ese grano de conocimiento para mi vida.

Francisco Daniel Joven Munar

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	10
2. OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. MARCO TEÓRICO	12
3.1 ANTECEDENTES.....	12
3.2 TEST DE ADN FETAL EN SANGRE MATERNA	13
3.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN WEB CON TECNOLOGIA MERN.....	15
4. DESARROLLO DEL PROYECTO	16
4.1 MODELO CLIENTE – SERVIDOR	16
4.2 DISEÑO Y PROTOTIPADO	16
4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL FRONTEND.....	19
4.4 DESARROLLO DEL BACKEND	21
4.5 CARGA FINAL Y HOSTING	23
5. RESULTADOS.....	25
5.1 APLICATIVO WEB	25
5.1.1 ADMINISTRADOR.....	33
5.1.2 MÉDICO	39
5.1.3 LABORATORIO.....	41
5.1.4 PACIENTE.....	46
5.2 PRUEBAS	47
5.3 COSTOS DE SERVICIO	48
6. CONCLUSIONES	50
7. RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS.....	52

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Modelo cliente – servidor para el sistema web ADN fetal.....	16
Figura 2. Logos e iconos para la plataforma de información.	17
Figura 3. Navbar, login, footer y menú lateral.....	18
Figura 4. Prototipos pestañas de exámenes y resultados.	18
Figura 5. Lógica de enrutamiento de react-router-dom	19
Figura 6. Helper variable global roles de usuario.	20
Figura 7. Lógica de una petición según el rol de usuario	20
Figura 8. Diagrama base de datos, funcionamiento básico	22
Figura 9. Pagina ADN fetal en sangre materna, Inicio.....	25
Figura 10. Módulo de login de usuario	26
Figura 11. Diagrama funcionamiento del módulo login.....	26
Figura 12. Recuperación de contraseña desde Login	27
Figura 13. Lógica de recuperación de contraseña.....	27
Figura 14. Modulo perfil de usuario	28
Figura 15. Diagrama de flujo del perfil de usuario	28
Figura 16. Resultados	29
Figura 17. Lógica de funcionamiento del módulo de resultados.....	29
Figura 18. Resultados de una prueba	30
Figura 19. Lógica de visualización de resultados	30
Figura 20. Módulo de Estadísticas	31
Figura 21. Lógica de funcionamiento panel de estadísticas	31
Figura 22. Manuales de usuario	32
Figura 23. Diagrama de flujo manual de usuario	32
Figura 24. Formulario creación Administrador inicial.....	33
Figura 25. Funcionamiento módulo Administrador inicial	33
Figura 26. Registro de nuevos usuarios	34
Figura 27. Diagrama de flujo módulo nuevos usuarios.....	34
Figura 28. Lista de usuarios	35
Figura 29. Lógica lista de usuarios	35
Figura 30. Edición de usuario	36
Figura 31. Lógica de edición de usuario	36
Figura 32. Módulo de configuración para el módulo de citas.....	37
Figura 33. Lógica de funcionamiento del módulo de configuración de citas.....	37
Figura 34. Módulo exámenes — Submódulo pruebas ordenadas.....	38
Figura 35. Lógica módulos exámenes.....	38
Figura 36. Ordenar pruebas	39
Figura 37. Diagrama de flujo modulo ordenar pruebas	39
Figura 38. Exámenes ordenados (pantalla para médicos)	40
Figura 39. Lógica exámenes ordenados médicos	40
Figura 40. Exámenes ordenados (pantalla para laboratorio) y pestaña agendar pruebas	41
Figura 41. Lógica exámenes ordenados laboratorio.....	41
Figura 42. Pruebas agendadas	42

Figura 43. Diagrama de flujo de pruebas agendadas.....	42
Figura 44. Exámenes realizados	43
Figura 45. Lógica de funcionamiento exámenes realizados	43
Figura 46. Carga de resultados	44
Figura 47. Funcionamiento carga de resultados.....	44
Figura 48. Pruebas canceladas	45
Figura 49. Diagrama de flujo pruebas canceladas	45
Figura 50. Mis resultados (Resultados paciente).....	46
Figura 51. Funcionamiento panel mis resultados	46
Figura 52. Email de recuperación.....	47
Figura 53. Precios clústeres dedicados mongo.	49

RESUMEN

La plataforma ADN fetal en sangre materna es un sistema de información web que tiene como funcionalidades ordenar, agendar, guardar y consultar los resultados de un examen. Fue desarrollado con ayuda de varias tecnologías como react, express, mongo y node.

El sistema se dividió en módulos específicos con distintas variantes de uso según el rol del usuario. El resultado es una plataforma que permite a diferentes usuarios desempeñar el proceso de aplicación de la prueba, desde la orden y agenda de citas, hasta la carga de resultados por médicos y empleados de la salud, así como la revisión en línea de los resultados de la prueba por parte del paciente. Además, se puede revisar estadísticas y almacenar datos que permiten el monitoreo clínico o generar estudios de investigación a futuro.

PALABRAS CLAVE

ADN fetal, backend, frontend, plataforma web.

ABSTRACT

The fetal DNA in maternal blood platform is a web-based information system that allows users to order, schedule, save, and access test results. It was developed using various technologies such as react, express, mongo and node.

The system is divided into specific modules with different usage variants depending on the user's role. The result is a platform that enables different users to perform the process of administering the test, from ordering and scheduling appointments to uploading results by medical professionals and healthcare employees, as well as allowing patients to review their test results online. In addition, statistics can be reviewed and data can be stored for clinical monitoring or future research studies.

KEYWORDS

Fetal DNA, backend, frontend, web platform.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos de la humanidad han cambiado radicalmente la forma en que vivimos y nos relacionamos con nuestro entorno. La medicina, como parte fundamental de nuestra sociedad, no ha sido ajena a estos cambios, aunque aún existen áreas que requieren de actualización y modernización. En este contexto, surge este proyecto con el propósito de contribuir al desarrollo tecnológico del sur del departamento del Huila y brindar soluciones en el ámbito médico.

El sistema de información web que se ha desarrollado está diseñado para descongestionar uno de los procesos manuales que se realizan en los hospitales de la región. Gracias a esta aplicación, el usuario puede ordenar, agendar, cargar y consultar los resultados de las pruebas de ADN fetal en sangre materna de forma digital, lo que facilita enormemente el trabajo de los profesionales de la salud y el acceso a la información por parte de los pacientes.

Durante el desarrollo del proyecto, se han utilizado tecnologías de vanguardia como react, express, mongo, node, entre otras, para diseñar y desarrollar tanto el frontend como el backend del sistema web. Todo ello con el objetivo de crear una plataforma eficiente y moderna que permita mejorar la atención médica y ofrecer una solución tecnológica a los problemas que actualmente enfrentan los hospitales en la región.

De este modo, el sistema de información web para pruebas de ADN fetal en sangre materna es una solución innovadora que tiene como objetivo mejorar la capacidad tecnológica de la región y contribuir al desarrollo de la medicina. Debido a las tecnologías actuales y a un diseño eficiente, se ha creado una plataforma que permite a los usuarios acceder a la información de forma rápida y sencilla, generando así la posibilidad de mejorar la calidad de la atención médica en la región.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de información médica para pruebas de ADN fetal en sangre materna, que permita agendar, guardar y consultar los resultados en una base de datos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el modelo cliente – servidor mediante el software packet tracer de Cisco.
- Diseñar frontend mediante react - bootstrap y el backend del aplicativo de software usando HTML, CSS, javascript, node y mongo.
- Generar un informe estadístico de los resultados recopilados de cada nueva prueba que se almacene desde la puesta en marcha del aplicativo web.
- Validar la usabilidad del aplicativo web diseñado e implementado.
- Desarrollar un documento final donde se consignen los resultados obtenidos a partir del diseño e implementación del sistema de información médico para prueba de ADN fetal.

3. MARCO TEÓRICO

La plataforma ADN fetal en sangre materna es un sistema de información web basado en el funcionamiento e implementación de las pruebas de ADN fetal, de desarrollada con la tecnología MERN.

3.1 ANTECEDENTES

Sistema integral de información animal.

La desprotección de los animales, el abandono, el maltrato y la reproducción descontrolada de animales callejeros han sido problemáticas recurrentes en la sociedad, afectando directamente la salud pública debido a que el 95% de los animales de las calles transmiten rabia. Ante esta situación, se creó un sistema de información vinculado con la defensoría de los animales y del medio ambiente de la ciudad de Neiva en colaboración con la unidad de desarrollo de software de la Universidad Surcolombiana. El sistema fue implementado en dos etapas de desarrollo y con 8 módulos, utilizando tecnologías como node, javascript y mysql. El sistema brinda a los usuarios la oportunidad de tener un control estadístico y observar valores reales del estado de mascotas en situaciones de abandono, extravío, adopción, maltrato y hurto, así como de realizar disposiciones legales y normativas descritas en el código nacional de la policía. (Arévalo et al., 2021)

Sistema de información del laboratorio clínico.

Se desarrolló un sistema de información para laboratorios clínicos de la carrera de tecnología médica con el objetivo de mejorar la eficiencia en la toma de órdenes de laboratorio, búsqueda de resultados, generación de estadísticas, reportes y control de insumos y materiales. La problemática que se presentó en los laboratorios de la ciudad de La Paz, Bolivia, fue la congestión del sistema debido al constante crecimiento en el número de órdenes que se realizaban de manera manual, generando complicaciones por errores humanos. Para resolver esta situación, se utilizaron tecnologías como mysql, php y javascript, utilizadas en el servidor apache. Además, el sistema cumple con las diferentes normas regulatorias en cuanto a la seguridad y privacidad de los datos personales y críticos. (Quispe, 2018)

Implementación de un sistema de información para el seguimiento y control de los pacientes y no pacientes diabéticos del instituto de diabetes y endocrinología de las américas SAC

El instituto de diabetes y necrología de las américas en Lima, Perú, presentó la necesidad de implementar un sistema de información que mejoró el control y seguimiento de pacientes y no pacientes diabéticos que acudían al instituto. El proyecto se llevó a cabo teniendo en cuenta que los pacientes serían registrados, atendidos y evaluados, además de recibir un seguimiento. Se utilizó la metodología

SCRUM y se concluyó con un sistema web que permite brindar información valiosa que ayuda a un diagnóstico más acertado de la diabetes. (Marchan & Michelena, 2018)

Diseño e implementación de un sistema de información para la optimización de las glucometrías en la IPS Endho Colombia SAS de Neiva.

Con el requerimiento de crear un método efectivo rápido y seguro para manejar los datos de las glucómetros, en la IPS Endho Colombia SAS, se crea el sistema de información web, ya que el método utilizado en ese momento producía errores humanos, poniendo en riesgo la vida de pacientes diabéticos internados en este centro de salud, el sistema de información consiste en una base de datos mysql, un servidor web que tendrá acceso restringido a los diferentes datos relacionados, y estará dividido en diferentes procesos, separando el funcionamiento del aplicativo según roles de usuario. Igualmente, se creó una aplicación mediante java para ser visualizado en los teléfonos móviles específicamente aquellos que posean android. (Roldan & Rincón, 2014)

Diseño de una página web como herramienta que permita acceder a los pacientes con enfermedades osteomusculares a tener información básica sobre el manejo de dolor e iniciar un tratamiento médico que le permita mejorar su calidad de vida.

Partiendo de la necesidad de solventar las problemáticas de cómo utilizar las páginas web como herramientas para acceder a información básica sobre el manejo del dolor e iniciar tratamientos médicos que permitan mejorar la calidad de vida de ciertas personas, se creó un proyecto de tipo académico y empresarial, que desarrolló una página web con tecnologías básicas de programación (HTML, CSS, javascript y mysql) que permite a los usuarios tener un instrumento de fácil acceso a la información sobre el dolor y que mitiga el impacto negativo que causa cualquier tipo de dolor en su cotidianidad. Además, facilita el inicio o la continuidad de tratamientos médicos integrales que optimizan a futuro su calidad de vida. Así, en pocas palabras, las personas tendrán un primer impacto con la página web donde podrán solventar brevemente sus problemas de dolor, y a la vez se crea el gancho para posteriores tratamientos médicos que solucionen a largo plazo las dolencias. (Henríquez et al., 2015)

3.2 TEST DE ADN FETAL EN SANGRE MATERNA

En el campo de la medicina fetal, uno de los deseos recurrentes a lo largo del tiempo ha sido la posibilidad de tener acceso de manera no invasiva al material genético fetal. Dicho objetivo se ha logrado con la implementación exitosa de diagnósticos prenatales no invasivos, que en un principio constaban de distintos enfoques, pero que actualmente se basan principalmente en la detección de células nucleadas fetales en sangre materna, en el aislamiento de elementos celulares del trofoblasto desde el canal endocervical y por medio del análisis del material genético del feto

presente en el plasma materno. Dichos enfoques se pueden implementar en un test de ADN fetal. (Sebastián Illanes et al., 2015)

Las pruebas de ADN fetal en sangre materna analizan alteraciones cromosómicas, como, por ejemplo:

Aneuploidías

Las aneuploidías son alteraciones numéricas que implican tener un número anómalo de algún cromosoma, dentro de las aneuploidías se encuentran las autosomopatías (alteraciones de los cromosomas, ubicadas entre el 1 y el 22) y gonosomopatías (alteraciones de los cromosomas sexuales).

Autosomopatías

Son alteraciones numéricas en los autosomas es decir en los cromosomas no sexuales o autosómicos, del 1 al 22, en general estas alteraciones implican la no viabilidad del embarazo si son alteraciones de monosomías (una copia de un cromosoma en lugar de dos), y en la mayoría de los casos los embarazos son viables a corto o mediano plazo si las alteraciones son trisomías (tres copias de un cromosoma en lugar de dos) como por ejemplo las trisomías 21, 18 y 13.

- Trisomía 21 - esta alteración cromosómica también conocida como síndrome de Down, presenta una frecuencia alta, y por ende es de mayor preocupación en el diagnóstico prenatal, sus complicaciones existentes, son el retraso mental variable, fisionomía característica y anomalías internas. La esperanza de vida media es reducida alrededor de 60 años, con una tasa de ocurrencia de 1/800 embarazos y su probabilidad aumenta a medida que la edad de la mujer gestante es mayor.
- Trisomía 18 - la trisomía 18 o síndrome de Edward tiene como característica típica el retraso mental severo, malformaciones en el corazón, y puños característicos, su esperanza de vida es muy baja, los bebés que llegan a nacer viven unos pocos meses, la prevalencia es de 1/7500.
- Trisomía 13 - el síndrome de Patau también cuenta con retraso mental severo, y su esperanza de vida es de unos pocos meses tiene una incidencia muy baja entre 1/22000

(Vega Cuesta, 2020; Vivanti et al., 2018)

La importancia de realizar el test radica en la idea fundamental de detectar las aneuploidías cromosómicas fetales en una fase temprana del embarazo para ayudar a los padres a evaluar sus opciones. Las anomalías cromosómicas en el feto en desarrollo pueden producirse en cualquier embarazo y provocar la muerte antes

o poco después del nacimiento, o discapacidades de por vida para el niño y la madre. (Pratella et al., 2022)

Actualmente, las pruebas de ADN fetal se llevan a cabo mediante una toma de muestra de sangre de la madre en un periodo de tiempo superior o igual a la novena semana de gestación. Dicha muestra contiene un porcentaje libre de ADN fetal, que permite analizar diferentes variables, como la determinación del sexo fetal, el genotipo Rh y la detección de distintas trisomías. Recientemente se han encontrado avances en las capacidades potenciales de la aplicación, lo que genera la oportunidad de hallar otros tipos de trastornos y una detección temprana más efectiva. (Breveglieri et al., 2019)

3.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN WEB CON TECNOLOGIA MERN

Los sistemas de información web son aplicativos que permiten a los usuarios guardar, editar y ver datos específicos. Existen muchas tecnologías posibles para implementar el desarrollo de este tipo de webs, como MEAN, MERN, entre otros, que permiten desarrollar sistemas de información mediante tecnologías actuales, capaces de ser modificados y actualizados de forma rápida y eficaz en comparación con otras tecnologías utilizadas en el desarrollo web. (Datascientest, 2022)

El desarrollo de aplicativos web utilizando la tecnología MERN se ha vuelto muy popular debido a la eficacia que brinda al trabajar con frameworks. MERN utiliza tecnologías como mongo, que actúa como una base de datos nosql; express, que se enfoca específicamente en la creación de sitios web del lado del servidor y se superpone ante node; react, una biblioteca creada por facebook para implementar componentes y tecnologías que brinden mayor velocidad y eficacia en la usabilidad; y node, un entorno de ejecución para javascript que permite ejecutar el lado del servidor y el desarrollo de aplicativos mediante módulos, lo que representa una notable ventaja. (Chiyana, 2021; Suganthan, 2022)

La implementación de MERN en el desarrollo de sistemas de información web ofrece ventajas como la versatilidad, ya que se puede saltar entre el frontend y el backend según las necesidades del proyecto; una estructura de diseño completa, ya que se implementa un desarrollo full-stack que evita esperar resultados por separado del backend y del frontend; y también un ahorro de gastos en los procesos de contratación. Estas ventajas hacen de MERN una tecnología muy eficaz para el desarrollo de aplicativos webs y una opción ideal para quienes buscan una solución completa y eficiente para el desarrollo de sistemas de información. (Parada, 2020)

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto de ADN fetal en sangre materna se dividió en varias etapas: partiendo desde la investigación, el proceso de diseño y prototipado, hasta la elaboración y desarrollo de los diferentes códigos necesarios que permitieron alcanzar los resultados deseados.

4.1 MODELO CLIENTE – SERVIDOR

Al iniciar el proyecto, se desarrolló el modelo ideal que se pretendía alcanzar con el aplicativo web, teniendo en cuenta el comportamiento de los diferentes servicios y hospedajes. Así, entendiendo que la plataforma estaría dividida en cliente y servidor, es decir, dos proyectos separados conectados con procesos de codificación que le permitieran recibir y enviar datos tanto al backend como al frontend.

Con esto en mente, se planteó el modelo cliente-servidor que contendría la plataforma y que demostraría cómo sería el comportamiento físico con los diferentes usuarios que se pudieran conectar a la plataforma. Un ejemplo de modelo cliente-servidor planteado se ilustra en la figura 1.

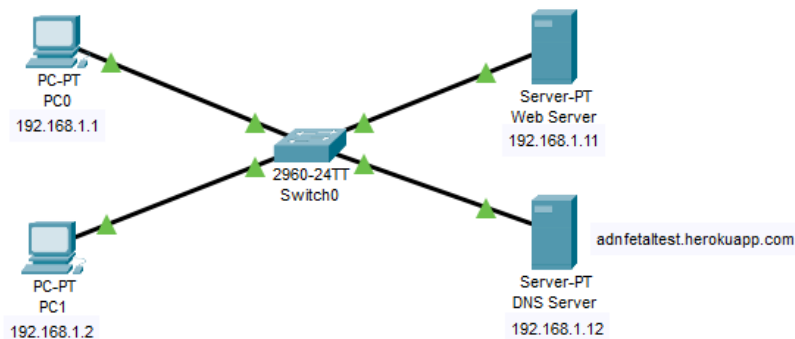


Figura 1. Modelo cliente – servidor para el sistema web ADN fetal.

En la imagen anterior se muestra la estructura realizada en el programa packet tracer, que demuestra que el modelo se dividiría en varias partes esenciales. Partiendo de que el proyecto en su totalidad tendría una funcionalidad netamente en internet, lo que le permitiría a cualquier usuario que tuviera las credenciales necesarias acceder a la plataforma y utilizar sus servicios.

4.2 DISEÑO Y PROTOTIPADO

En la etapa de diseño y prototipado del aplicativo web, fue necesario en primera instancia realizar una serie de investigaciones para adquirir conocimientos relacionados a sistemas de información similares al que se desarrolló actualmente.

Así, se consultaron varias páginas observando las distintas funcionalidades, la experiencia del usuario, entre otros factores que intervienen en el proceso de diseño de una página web.

Esto generó una idea inicial de cómo sería el comportamiento ideal de la plataforma, teniendo en cuenta los requerimientos deseados como, por ejemplo, que era necesario dividir la página para diferentes roles de usuario, la necesidad de las funcionalidades de ordenar, agendar, cargar los resultados de una prueba, el generar una serie de estadísticas que permitieran el análisis de datos, entre otras funcionalidades requeridas. Por lo cual, se inicia el proceso de diseño tanto del front como del backend separando las ideas generales en puntos específicos de cómo se comportaría la plataforma en un modelo ideal.

Así, se da inicio al prototipado y diseño de las diferentes estructuras del cliente. Todo el proceso de diseño del prototipo inicial se realizó en un programa de diseño que permite realizar prototipos de páginas de una forma sencilla.

Se da la selección de la paleta de colores que se usarían en la página web, obteniendo una paleta de colores variantes del morado y anaranjado. Con la paleta lista, se realizó las diferentes mezclas necesarias para la utilización en botones, logos, textos, entre otros elementos. Luego, se desarrolla el diseño de logo de las imágenes iconos que se utilizarían en gran parte del proyecto, como puede ver en la figura 2.



Figura 2. Logos e iconos para la plataforma de información.

Se avanzó en los prototipos iniciales ideales de cómo sería la página al finalizar el proyecto, haciendo las vistas previas de la mayoría de las ventanas que tendría la aplicación, puede ver algunas imágenes de maquetación en las figuras 3 y 4.

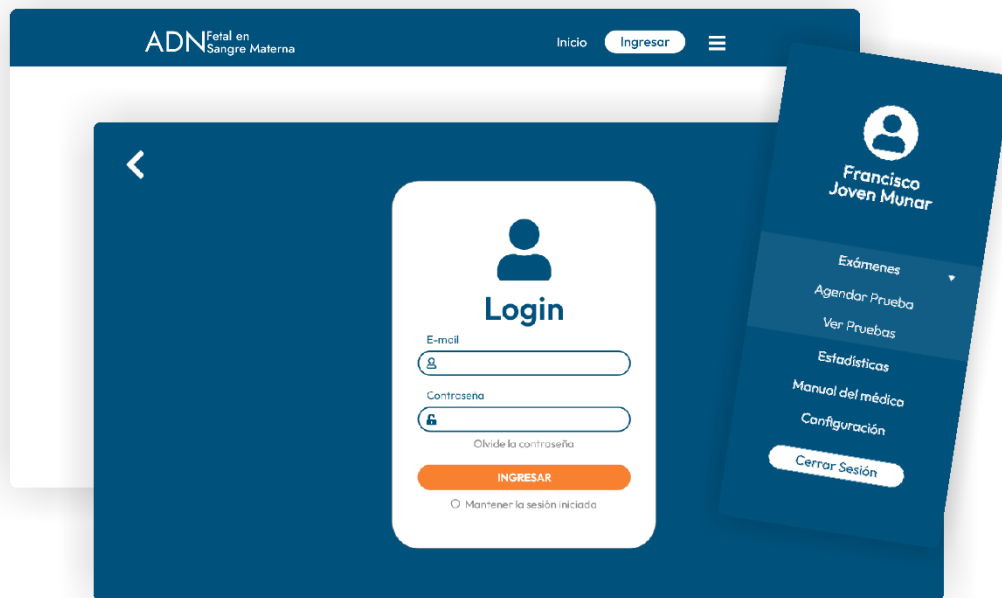


Figura 3. Navbar, login, footer y menú lateral.



Figura 4. Prototipo pestañas de exámenes y resultados.

Cabe aclarar que todo el proceso de maquetación se hizo con conocimientos básicos del funcionamiento del aplicativo, y muchas de las funciones iniciales que

se plantearon se modificaron, cambiaron o se eliminaron del producto y se podrá observar si se comparan el prototipo inicial al resultado final.

4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL FRONTEND

Teniendo listos los prototipos iniciales, se decidió realizar el código funcional con ayuda del programa visual studio code. Se inició a programar la plataforma por el frontend y se observaron dos formas determinadas de iniciar el proyecto de react: la primera creando manualmente el proyecto desde cero y la segunda utilizando la herramienta create-react-app, la cual facilitaría la posterior instalación de módulos y extensiones para el aplicativo. Se seleccionó la segunda opción.

Se instalaron los distintos módulos que fueron necesarios para el correcto funcionamiento del aplicativo. Varias de estas acciones fueron realizadas en el transcurso de escritura de la plataforma y algunas al inicio del proyecto, como por ejemplo axios, que permite la funcionalidad de realizar peticiones al backend, bootstrap, chartjs para realizar más fácilmente el apartado de estadísticas, date-fns que facilita el uso de las fechas y horas, react-toastify funcional para notificar en pantalla, react-hook-form con la finalidad de manejar más fácilmente los formularios, entre otros muchos módulos usados en el frontend.

Luego, se procedió a limpiar el código general que queda después de inicializar la app del front y se generó el enrutamiento inicial con ayuda de react-router-dom, uno de los módulos instalados anteriormente. Se crearon las diferentes rutas ideales iniciales que tendría el aplicativo en el transcurso del proyecto. Varias rutas fueron eliminadas o adicionadas para que la plataforma funcionara correctamente en el producto final. Podemos ver la lógica de enrutamiento en la figura 5.

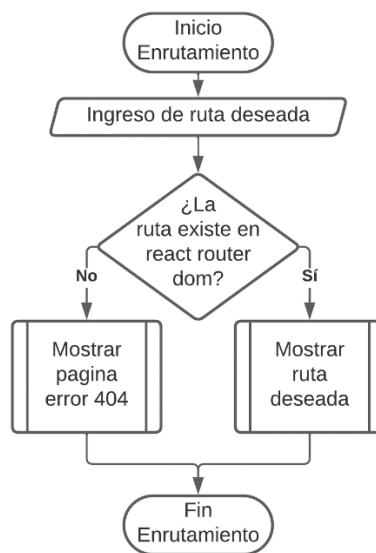


Figura 5. Lógica de enrutamiento de react-router-dom

Una vez creadas las diferentes rutas, vistas y páginas, se vio la necesidad de realizar las debidas adecuaciones para recibir datos del backend antes de continuar con el desarrollo del cliente. Se tenía conocimiento de que los valores que se recibirían serían de tipo json, por lo tanto, se preparó el sistema del cliente con ayuda de axios para que no hubiera ningún tipo de problema al recibir dichos datos.

Como resultado, se crearon los primeros hooks del frontend, que son las herramientas dadas por react para solucionar de una manera más sencilla varios aspectos, entre ellos el recibir datos de un servidor. Esto también permitió facilidades en el futuro, por si se desea actualizar o modificar parámetros específicos de recibir o enviar datos, solo sea necesario actualizar los hooks y no modificar el resto del aplicativo web.

Igualmente, se crean los helpers con la idea de facilitar a la aplicación el acceso a elementos, componentes o constantes que trabajarían articuladamente en la parte del cliente. Estos fueron creados para proporcionar la posterior edición o actualización si fuera necesario. Un helper muy utilizado fue aquel que permitió la globalización de las variables de roles de usuario (figuras 6 y 7).

```
const roles = {  
  admin: 'Administrador',  
  medico: 'Médico',  
  laboratorio: 'Laboratorio',  
  paciente: 'Paciente'  
}  
  
export default roles;
```

Figura 6. Helper variable global roles de usuario.

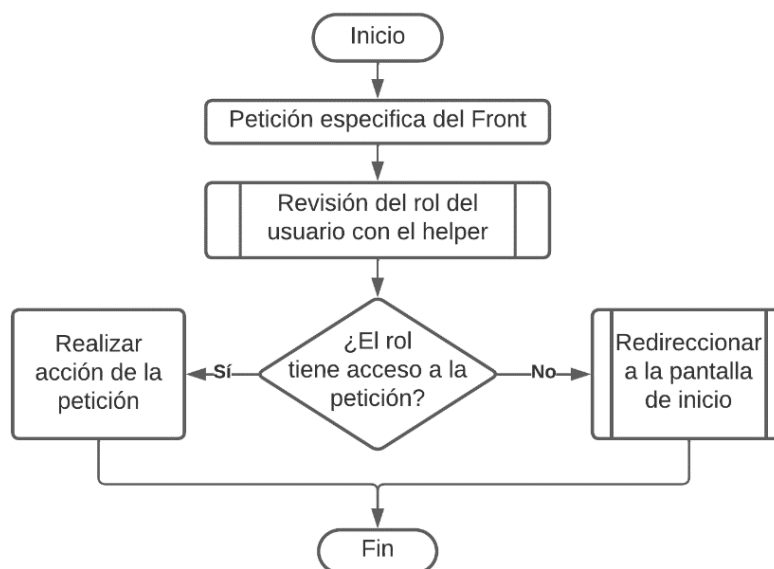


Figura 7. Lógica de una petición según el rol de usuario

Se diseñaron los elementos, que en su mayoría fueron componentes dedicados específicamente a procesos visuales de diseño, como botones, cajas, formularios, tipos de texto, sombras, entre otros modificadores visuales, que se usaron de forma repetitiva en muchos componentes del proyecto.

De igual forma, los componentes en general serían las visualizaciones del aplicativo. Todas las diferentes funcionalidades estarían comprimidas en distintos componentes que se dividen en el diseño de prototipo como módulos de la plataforma, por ejemplo, exámenes, perfil, estadísticas, resultados, manuales, entre otros. Y gracias a que los componentes integran programación tipo javascript, permiten la segmentación de funcionalidades en un mismo componente para distintos roles de usuario. Esto facilitó en gran medida el proceso de diseño y de posterior funcionalidad del aplicativo.

Construidos todos los componentes, hooks, helpers, entre otros distintos procesos necesarios, se realizaron los códigos que se vieron involucrados para brindar seguridad al aplicativo web. Para ejecutar confiablemente las validaciones necesarias en el proceso de login, en el proceso de enviar y recibir datos al backend, esto se hizo con distintos módulos instalados al inicio y en el transcurso. Esto llevó a obtener el primer borrador funcional del frontend, que estaba listo para la corrección de errores y posterior carga en la nube.

4.4 DESARROLLO DEL BACKEND

El desarrollo del backend del proyecto se llevó a cabo una vez adelantada gran parte del frontend, esto debido a que se vio la necesidad de iniciar a relacionar los valores que se almacenarían en la base de datos, y por ende que se previsualizarían en el cliente.

Con lo anterior en mente, se inició en primer lugar la instalación de los diferentes módulos por parte del backend, instalando y ejecutando los programas para el correcto funcionamiento de node, express y mongo, así como también se instalaron los paquetes que se utilizaron en la programación del servidor.

Se desarrollaron pruebas iniciales de montaje de la plataforma para servidores por parte de node, de manera simple. Luego se realizó la integración de express, haciendo el mismo procedimiento anteriormente realizado con node. Al observar que todo fluyó correctamente y que la plataforma estaba lista para la integración con mongo, se hizo el registro en Mongo atlas y se prepararon todas las configuraciones de seguridad necesarias para tener una base de datos totalmente en la nube. Una vez hechas las diferentes configuraciones de mongo, se adicionaron al backend.

Se crearon las diferentes carpetas que estarían involucradas directamente con la plataforma de mongo y express. Se iniciaron los modelos, que es el apartado en donde se alojan los modelos necesarios con los que se involucran y crean las estructuras de los datos que se almacenan. Así como también forman parte esencial

de diferentes colecciones y por lo cual crean la estructura de los datos de los documentos.

Una vez realizados los parámetros de models iniciales, se procede a modificar los parámetros de routes, controllers y config. Esto se hizo con la finalidad de empezar a dar funcionalidad al servidor. Para probar correctamente el funcionamiento, se escriben peticiones iniciales para el servidor. Se observó, por medio de postman, el funcionamiento y respuesta de las distintas peticiones efectuadas al servidor, desde get, post, put y delete. Se verificó el correcto funcionamiento ante las distintas peticiones realizadas y se inició la conexión con el lado del cliente. El funcionamiento básico del servidor se puede observar en el diagrama lógico plasmado en la figura 8.

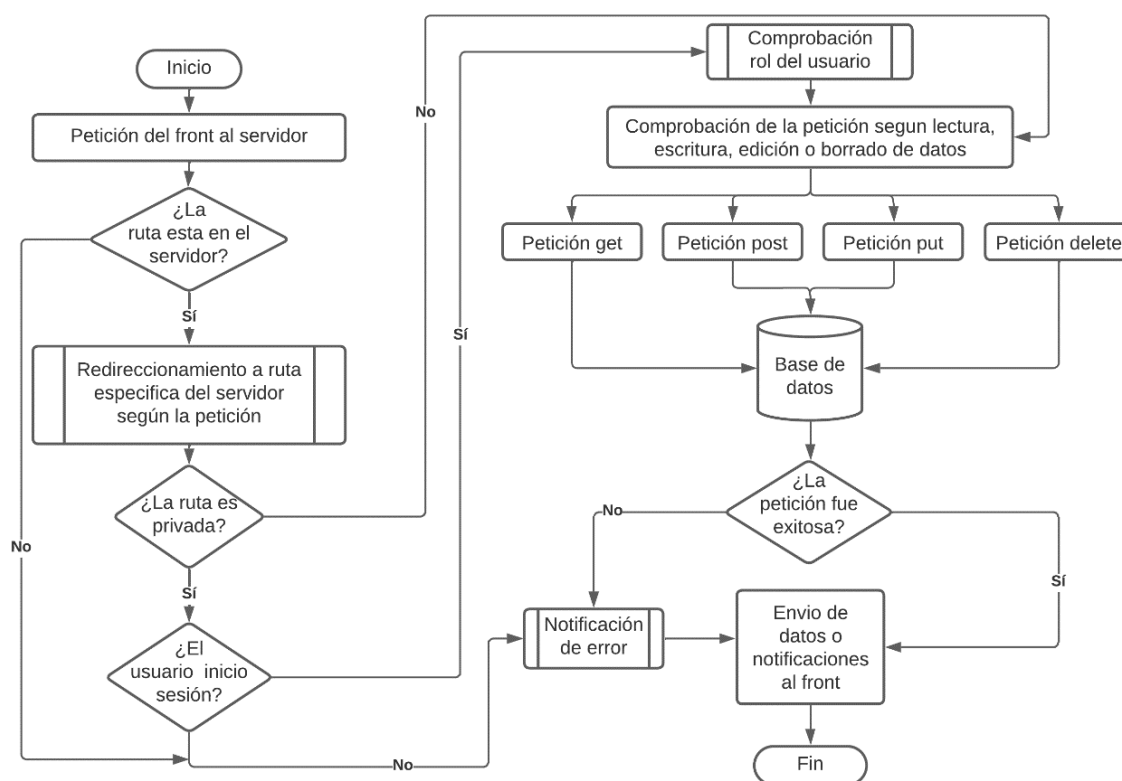


Figura 8. Diagrama base de datos, funcionamiento básico

Sin embargo, en las primeras pruebas efectuadas en conjunto con el frontend y el backend, no se recibían los datos correctamente. Se encontró que debido a problemas de CORS (es decir, al control de accesos de HTTP o, en otras palabras, los certificados de seguridad de los diferentes navegadores), fue necesario realizar una corrección por parte del cliente. Se modificaron los proxys para hacer parecer el proyecto como uno solo y de esta forma se corrigió el error ocurrido en el transcurso del desarrollo. Así, se empezó a recibir datos por parte del front y como ya se había adecuado la parte de recepción de datos en el cliente, simplemente fue

necesario realizar ajustes mínimos antes de empezar a recibir y visualizar correctamente los datos de la base en el cliente.

En este punto, ya se había conectado correctamente el server con el client y restaba realizar las diferentes funcionalidades que tendría el aplicativo web. Se hizo esto por medio de los distintos medios anteriormente nombrados, modificando y configurando muchos de los planteamientos iniciales hasta llegar al punto en el que el backend estaba listo para la adición del login.

Era necesario brindarle al usuario la capacidad de ingresar con seguridad. Esto se hizo por medio de la herramienta passport token, la cual permitió realizar todo el proceso de seguridad del aplicativo por parte del server, privatizando las diferentes rutas y peticiones, instaurando un orden y seguridad para la plataforma y ligando el proceso totalmente con el frontend.

Hechos todos los diversos procesos, se efectuó la limpieza, corrección y modificación de ciertas partes del código, con la finalidad de dejar el código listo para la carga de la plataforma.

4.5 CARGA FINAL Y HOSTING

En el proceso de carga, fue necesario consultar varios espacios que permitieran el hosting de la plataforma final y que funcionara de forma correcta. Como el proyecto diseñado se dividía en cliente y servidor, dos proyectos separados pero conectados por diferentes procesos de programación, se inició el análisis de la mejor plataforma de hosting.

Así, en un principio, se decidió cargar el backend en heroku y el frontend en firebase, ambos en su etapa de producción, dejando atrás la etapa de desarrollo. Pero una vez cargados, presentaron una serie de problemas que, al final de cuentas, limitaron y ralentizaron el aplicativo web. En su mayoría, estos problemas se debieron a problemas del pasado que se solucionaron durante el proceso de desarrollo, pero que no tuvieron ninguna validez al pasar a la etapa de producción.

Se decidió investigar a fondo el mayor problema recurrente en este tipo de aplicaciones, donde el backend y el frontend se separan. Este problema es la seguridad de certificados por parte de los navegadores. Se encontraron servicios específicos para este tipo de proyectos que se desarrollan en client y server por separado, conocidos como servidor virtual privado o en acrónimo VPS.

Sin embargo, previendo que el hospedaje del proyecto sería para pruebas de funcionamiento y debido a que estos servicios de VPS son de alto costo, se reconstruyó una parte del código y se dejó el proyecto listo para subir. De esta manera, el servidor tenía gran parte del cliente y podría funcionar en un hosting normal sin necesidad de recurrir a un VPS.

Una vez se rectificó el funcionamiento del proyecto, se procedió a cargar el hosting en railway. De este modo, el aplicativo de información ya estaba listo para la etapa de pruebas. Cabe destacar que railway en su versión trial limita el número de horas de uso al mes, información que se tendría en cuenta en el proceso de pruebas.

5. RESULTADOS

5.1 APLICATIVO WEB

Con el propósito de mostrar las distintas funcionalidades del aplicativo web obtenidas, se describirán los distintos pasos y acciones que podrá realizar cualquier tipo de usuario, así como las funcionalidades específicas para los distintos roles existentes en el sistema. En primer lugar, puede observar la pestaña inicial del aplicativo web (figura 9):

ADN^{Fetal} en Sangre Materna

Inicio Ingresar

Test de ADN fetal en sangre materna

Es una prueba medica que analiza el ADN fetal para descartar anomalías genéticas en el bebé.

Ver más

Preciso
Alta tasa de detección.

No Invasivo
Simple extracción de sangre.

Pertinente
Desde la décima semana de gestación.

Rápido
Resultados listos en menos de 14 días.

¿Como funciona la prueba?

Las pruebas de ADN Fetal se desarrollan mediante una muestra de sangre de la madre, y miden la proporción relativa de cromosomas para ayudar a determinar el riesgo de frisomías fetales 21, 18 y 13. Las pruebas desarrolladas en laboratorios del departamento del Huila realizan un análisis dirigido de ADN libre en sangre materna e incorporan la fracción fetal de ADN libre en los resultados de las pruebas. Los resultados de las pruebas también incorporan el riesgo relacionado con la edad de la madre y con la edad gestacional en base a la información obtenida en el formulario de solicitud de la prueba.

Preguntas Frecuentes

- ¿Cuál es el beneficio de esta prueba? ✓
- ¿Cualquier embarazada puede hacerse esta prueba? ✓
- ¿La prueba tiene algún riesgo para el bebé? ✓
- ¿Desde que semana es seguro realizar el test? ✓
- ¿Los resultados son confiables? ✓

ADN^{Fetal} en Sangre Materna

Conoce más
Secretaría de salud del huila
Gobernación del Huila
Ministerio de salud

GETI Grupo de Investigación en Electrónica, Telecomunicaciones e Informática

Contacto
adnfetalmaterno@gmail.com
+57 315 255 79 85
PQRS

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Figura 9. Pagina ADN fetal en sangre materna, Inicio

Login

En la página inicial de la plataforma, es visible el botón de ingresar, al presionar en dicho botón el módulo de Login se desplegará (figura 10), aquí se deberá iniciar con el correo y contraseña que se diligencio en el momento que el Administrador realizó el registro, la lógica del módulo de login es visible en la figura 11.

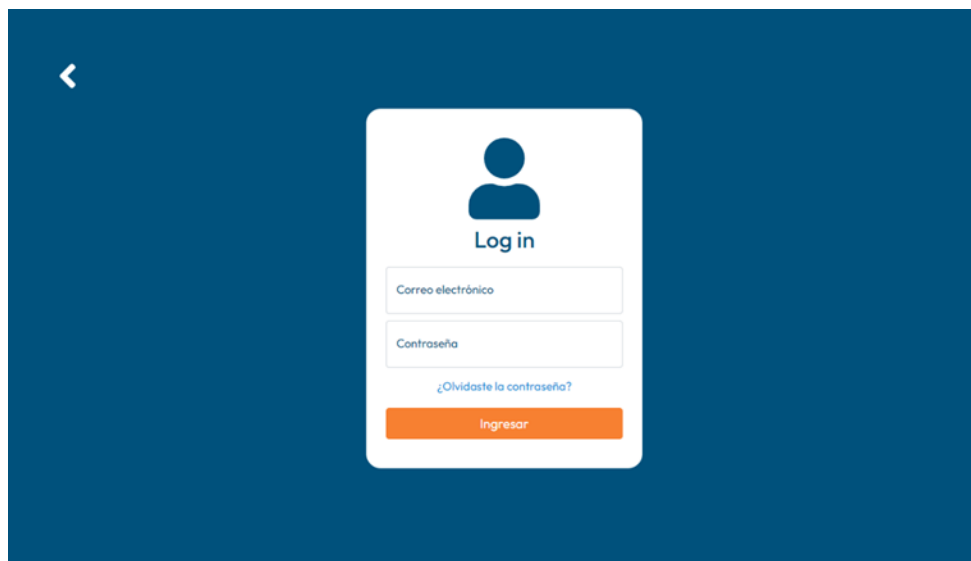


Figura 10. Módulo de login de usuario

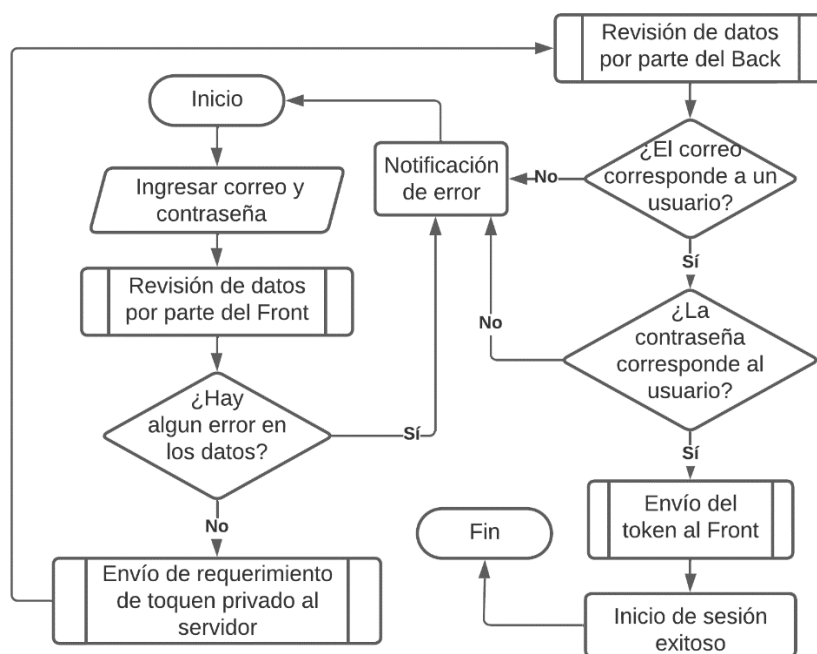


Figura 11. Diagrama funcionamiento del módulo login

Recuperación de contraseña

Dado el caso que el usuario haya olvidado su contraseña, en el módulo de login en la parte inferior se presenta un pequeño enlace con el etiquetado de «¿Olvidaste la contraseña?» al dar clic en este botón se podrá seguir con los pasos de recuperación de contraseña. Podrá visualizar una de las distintas pestañas diseñadas para el proceso de recuperación de contraseña y la lógica de su funcionamiento en las figuras 12 y 13.

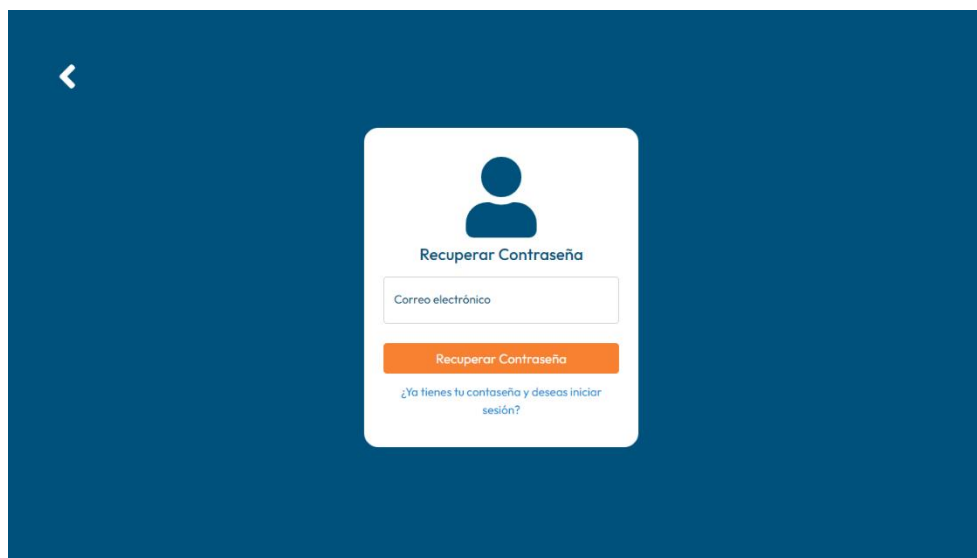


Figura 12. Recuperación de contraseña desde Login

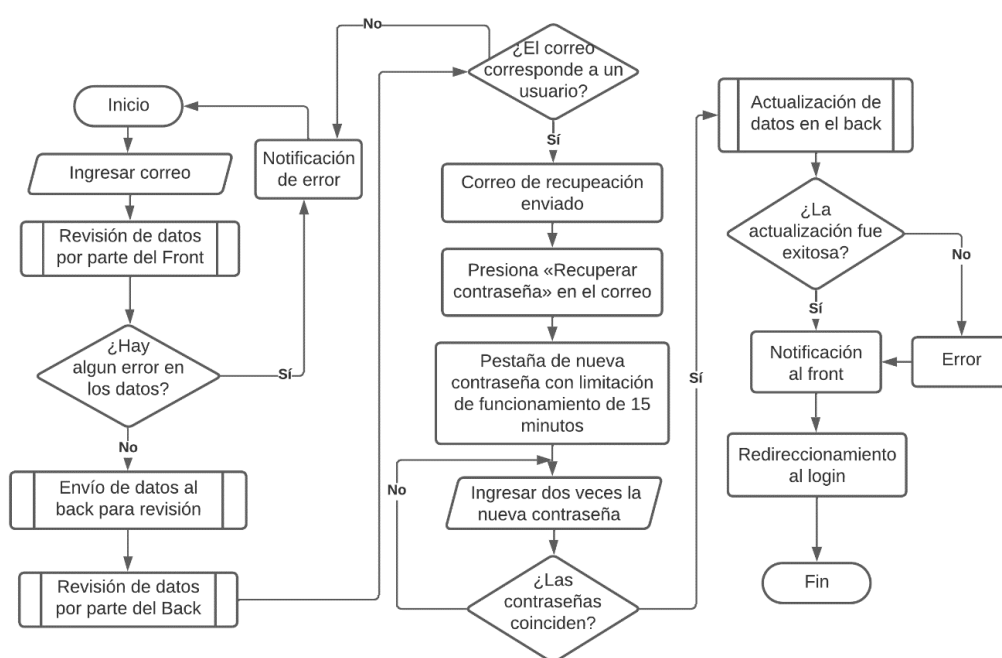


Figura 13. Lógica de recuperación de contraseña

Perfil de usuario

Cualquiera que sea el rol de usuario que se tenga podrán ver y editar algunos datos propios de su cuenta, así mismo podrán actualizar su contraseña si así lo desean. Sin embargo, la edición de datos esta bloqueada para el rol de paciente, pero si esta habilitada la actualización de contraseña. Puede observar la pestaña de perfil de usuario en la figura 14 y la lógica de funcionamiento en la figura 15.

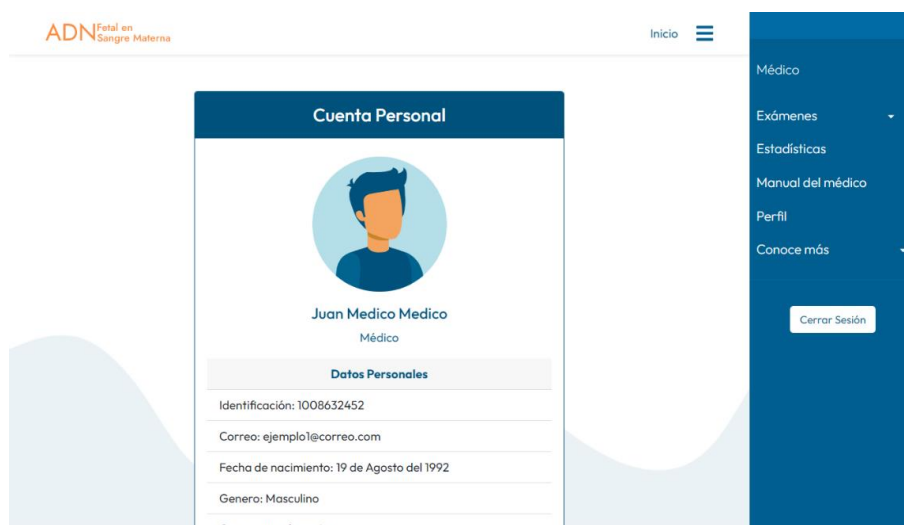


Figura 14. Modulo perfil de usuario

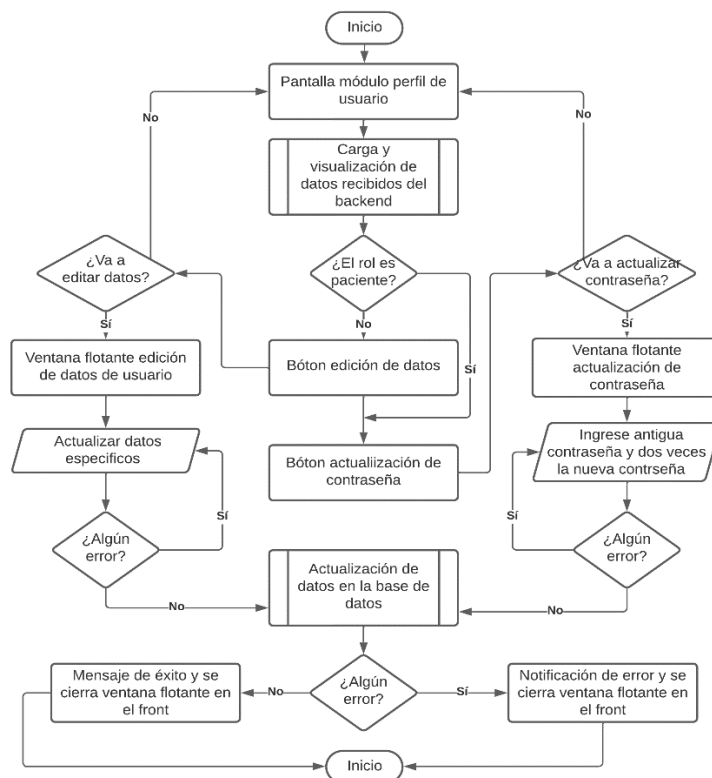


Figura 15. Diagrama de flujo del perfil de usuario

Resultados

Según el rol de usuario se podrá, ver los resultados o editarlos para el rol de Laboratorio, ver los resultados de un paciente para el rol de Medico, ver la información de la paciente y eliminar los registros para el rol del Administrador, en cualquier caso, se verá una pestaña similar a la mostrada en la figura 16, en el diagrama de la figura 17 se plasmó el funcionamiento lógico del módulo resultados.

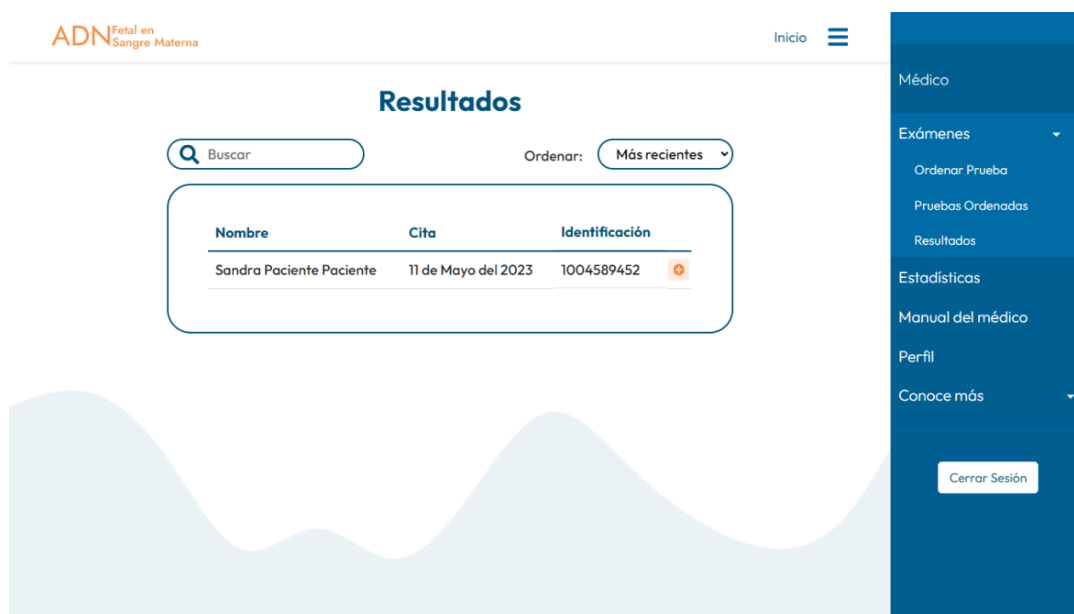


Figura 16. Resultados

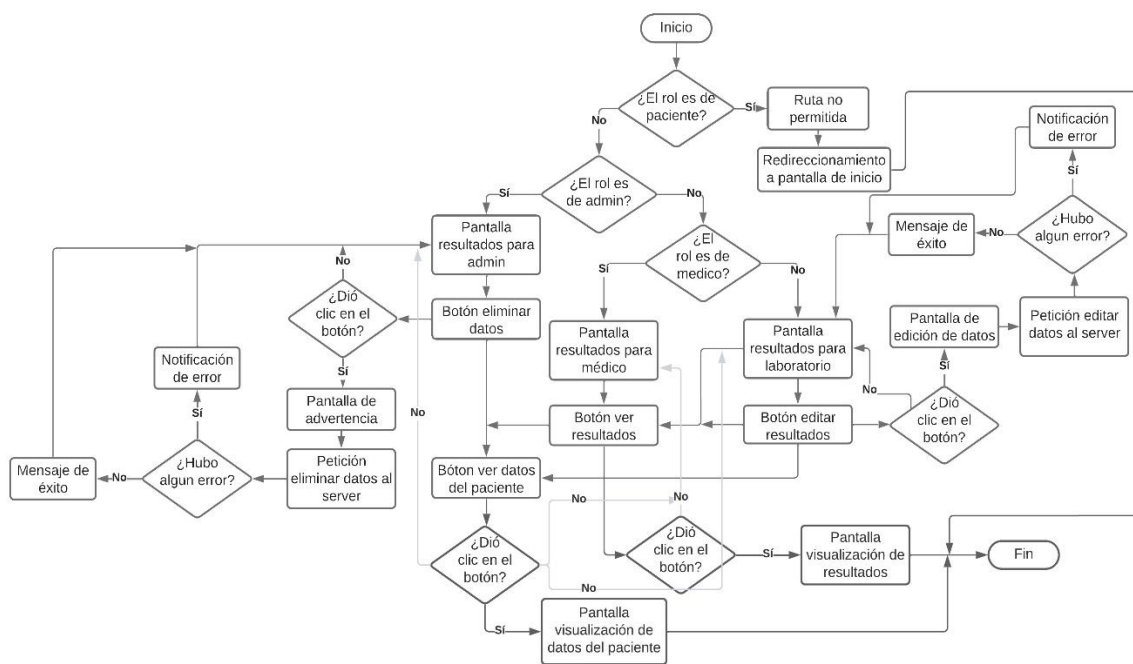


Figura 17. Lógica de funcionamiento del módulo de resultados

Visualización de resultados de un paciente

En el módulo de visualización de resultados de un paciente podrá ver los resultados obtenidos en la prueba de ADN fetal en sangre materna, además de unas pequeñas notas explicativas y de gráficos que permiten comprender más fácilmente los resultados. Cabe destacar que este módulo está habilitado exclusivamente para los roles de médico, laboratorio y paciente.

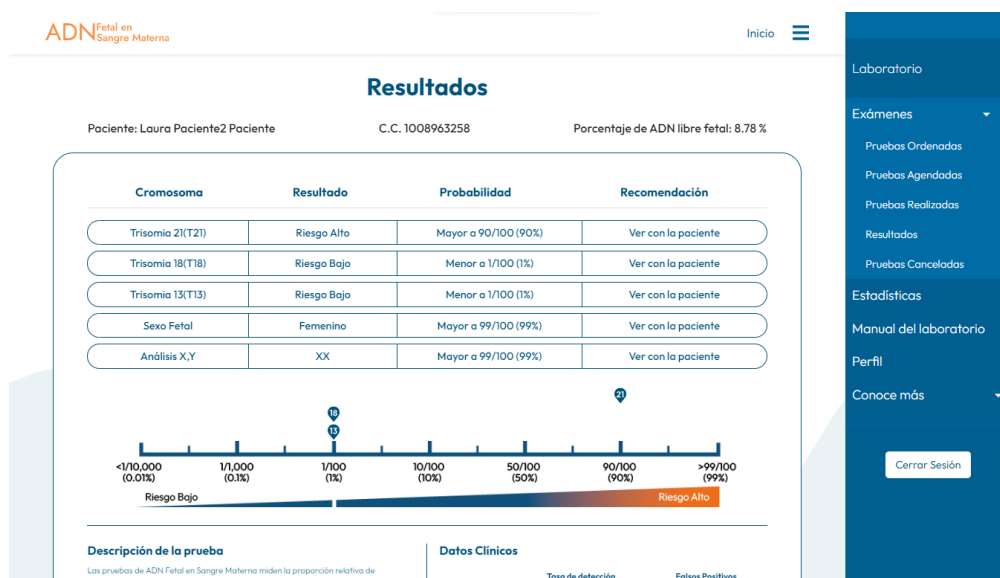


Figura 18. Resultados de una prueba

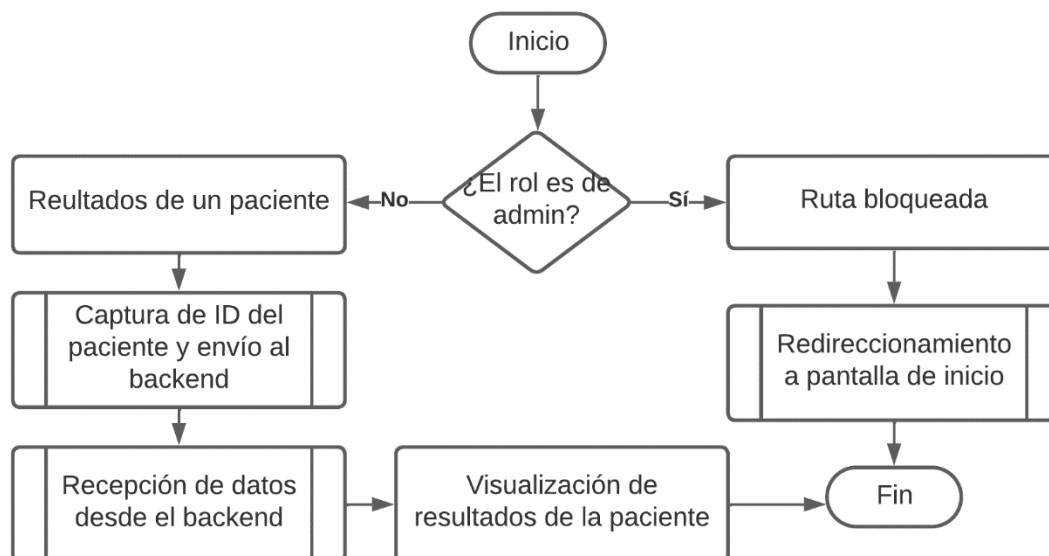


Figura 19. Lógica de visualización de resultados

Estadísticas

La mayoría de los usuarios tendrán acceso a la función de estadísticas, solo las pacientes no podrán ingresar. En la figura 20 se ve una previsualización del panel de estadísticas y en la figura 21 se plasmó la lógica de funcionamiento del sistema.



Figura 20. Módulo de Estadísticas

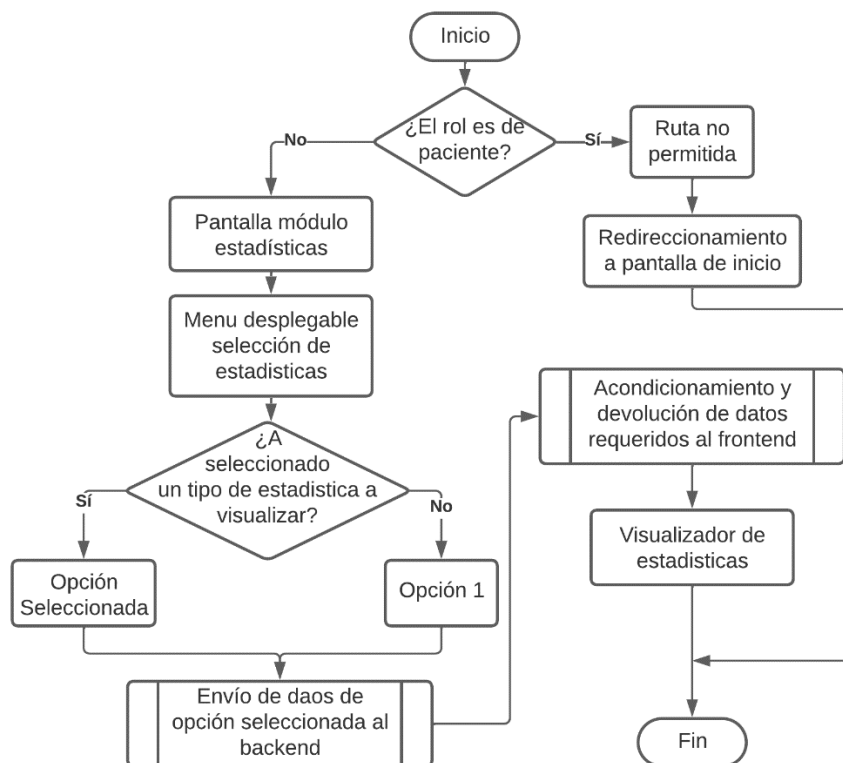


Figura 21. Lógica de funcionamiento panel de estadísticas

Manual de usuario

Dentro de la aplicación cada usuario tendrá acceso a un manual según el rol que posee (figura 22), para tener mayor claridad y para que pueda solventar posibles problemas u obstáculos que encuentren en el desarrollo de cualquier acción dentro de la plataforma, el funcionamiento del módulo manual puede ser analizado en la figura 23.



Figura 22. Manuales de usuario

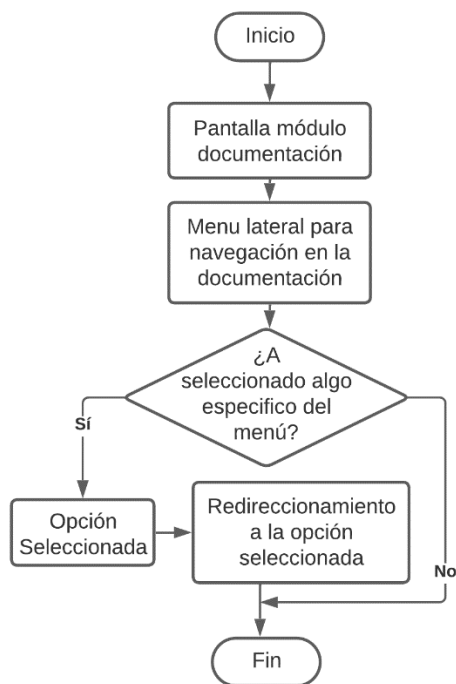


Figura 23. Diagrama de flujo manual de usuario

5.1.1 ADMINISTRADOR

Registro Administrador inicial

La plataforma web permite la creación inicial exclusiva de un solo Administrador (figura 24), ya que siendo el rol principal será quien cree nuevos usuarios y/o genere acciones específicas en el sistema. Cabe aclarar que, el sistema bloqueará el formulario de Admin inicial cuando ya exista un Admin existente en el sistema, el diagrama de funcionamiento de este modulo puede ser visto en la figura 25.

ADN Fetal en Sangre Materna

Inicio Ingresar

Administrador Inicial

Personales Contacto Registro Cuenta

Nombre

Primer Apellido

Segundo Apellido

Documento de Identificación

C.C.

Siguiete

Figura 24. Formulario creación Administrador inicial

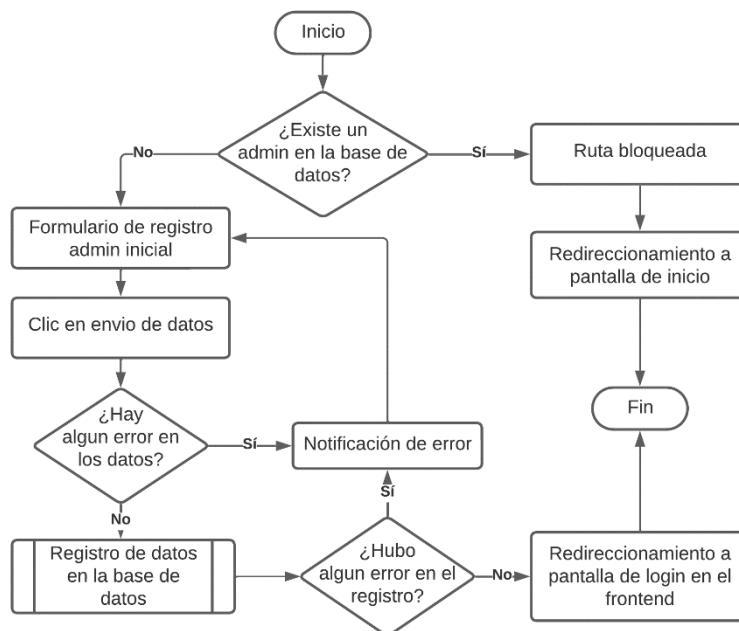


Figura 25. Funcionamiento módulo Administrador inicial

Registro de usuarios

Solo los usuarios Administradores tendrán permitido crear un usuario en la plataforma web, no existe ningún otro medio posible para registrarse en la plataforma. Modulo de registro de usuarios en el sistema (figura 26), funcionamiento del módulo registro (figura 27).

Figura 26. Registro de nuevos usuarios

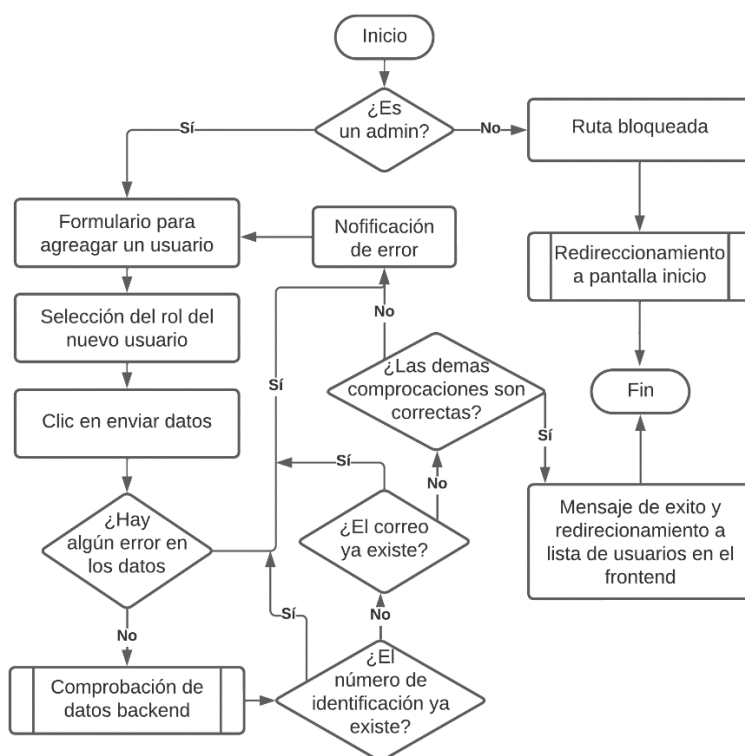


Figura 27. Diagrama de flujo módulo nuevos usuarios

Lista de usuarios

Como Administradores podrán, ver, editar o eliminar los datos de un usuario. En la figura 28 y 29 se puede ver el modulo lista de usuarios y su lógica de programación respectivamente.

Nombre	Rol	Identificación
Francisco Admin Admin	Administrador	1008194115
Jessica Lab Lab	Laboratorio	-----
Juan Medico Medico	Médico	1008632452
Sandra Paciente Paciente	Paciente	1004589452
Lusia Paciente Paciente	Paciente	1005474961
Maria Paciente Paciente	Paciente	1008951237
Milena Paciente Paciente	Paciente	1008956743

Figura 28. Lista de usuarios

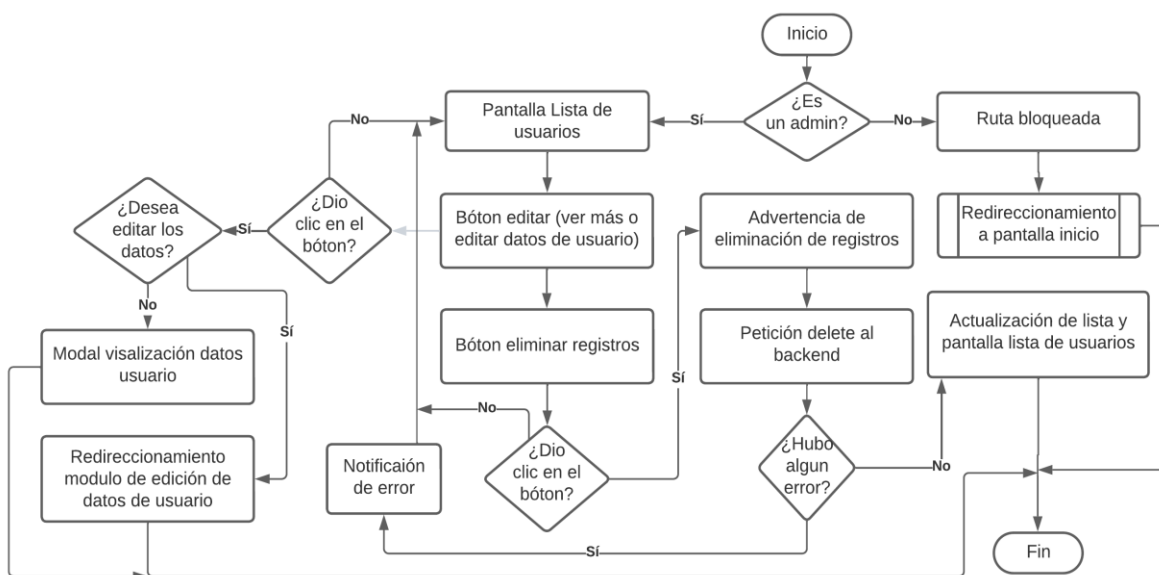


Figura 29. Lógica lista de usuarios

Edición de usuario

Al tratar de editar un usuario, se verá un formulario similar al que se muestra en figura 30, el cual contendrá los datos actuales del usuario a quien se le pretende realizar la edición. Diagrama de flujo de este módulo en figura 31.

Figura 30. Edición de usuario

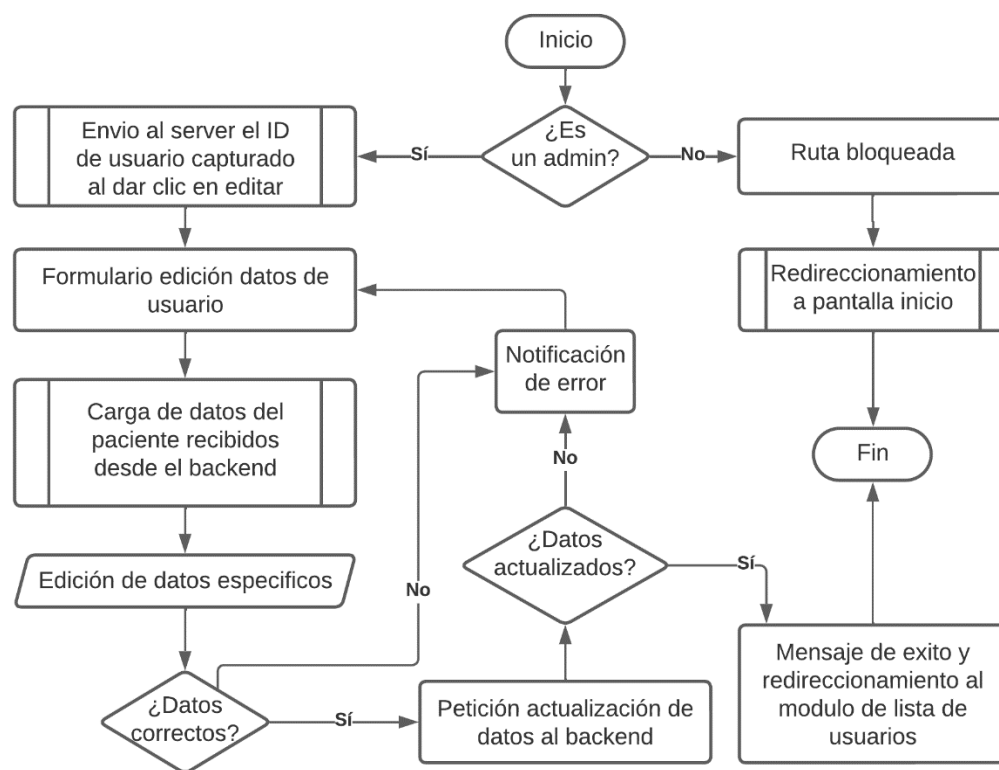


Figura 31. Lógica de edición de usuario

Módulo configuración del panel de citas

En el aplicativo web tendrá la opción de configurar cuantas citas diarias serán permitidas las cuales serán contadas como turnos, y el máximo de días en los que los pacientes podrán reservar una cita con anticipación (figuras 32 y 33).

ADN Fetal en Sangre Materna

Inicio

Configuración de Citas

Turnos máximos por día 10

Días máximos habilitados 30

Nota: Como administrador tienes el poder de configurar el numero máximo de turnos que pueden ser agendados en un día que por defecto será de 10 turnos, así como también, la capacidad de fijar el número de días máximos que se visualizan en el calendario cuando se agenda una cita, este dato permitirá o prohibirá alcanzar un límite máximo que por defecto se fija en 30 días.

Crear

- Administrador
- Exámenes
- Admin
 - Agregar Usuario
 - Lista de Usuarios
 - Configuración
- Estadísticas
- Manual del administrador
- Perfil
- Conoce más

Cerrar Sesión

Figura 32. Módulo de configuración para el módulo de citas

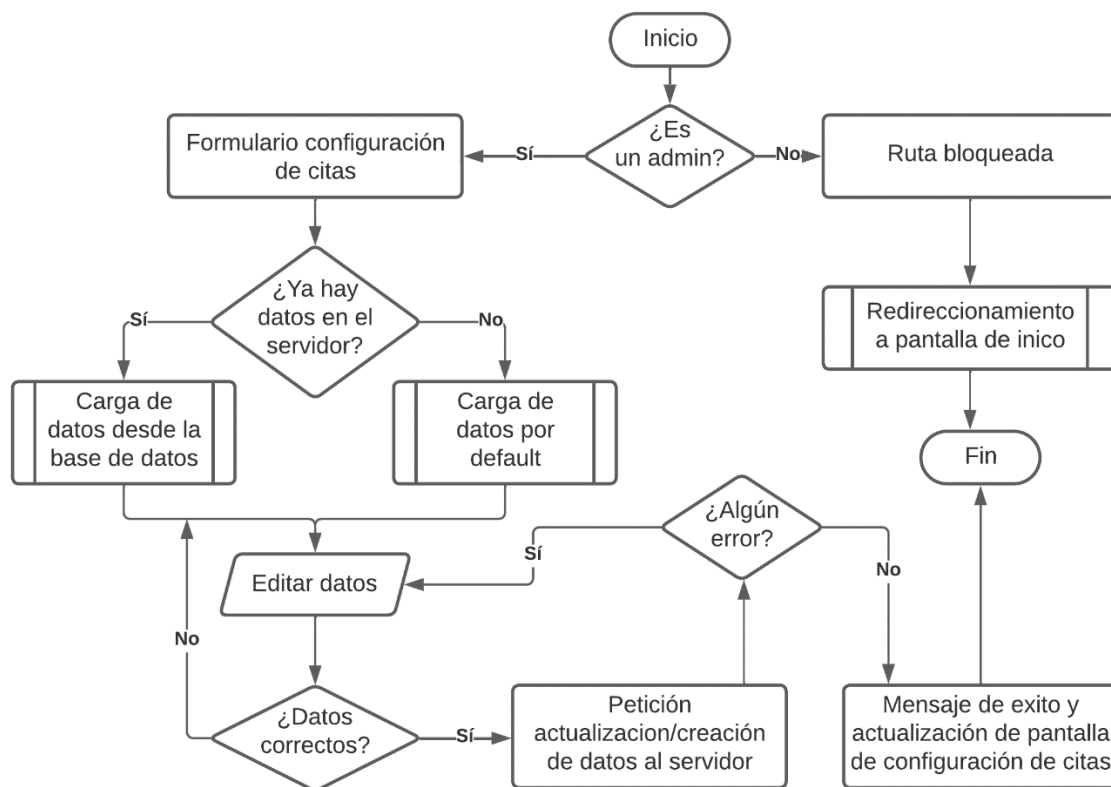


Figura 33. Lógica de funcionamiento del módulo de configuración de citas

Exámenes

En el módulo de exámenes se tiene acceso a cinco submódulos (pruebas ordenadas, agendadas, realizadas, canceladas y resultados) en los cuales como Administrador se puede ver y editar los datos de los pacientes, el funcionamiento es similar al apartado de lista de usuarios, puede observar uno de los submódulos en la figura 34 y la lógica de programación del módulo exámenes en la figura 35.

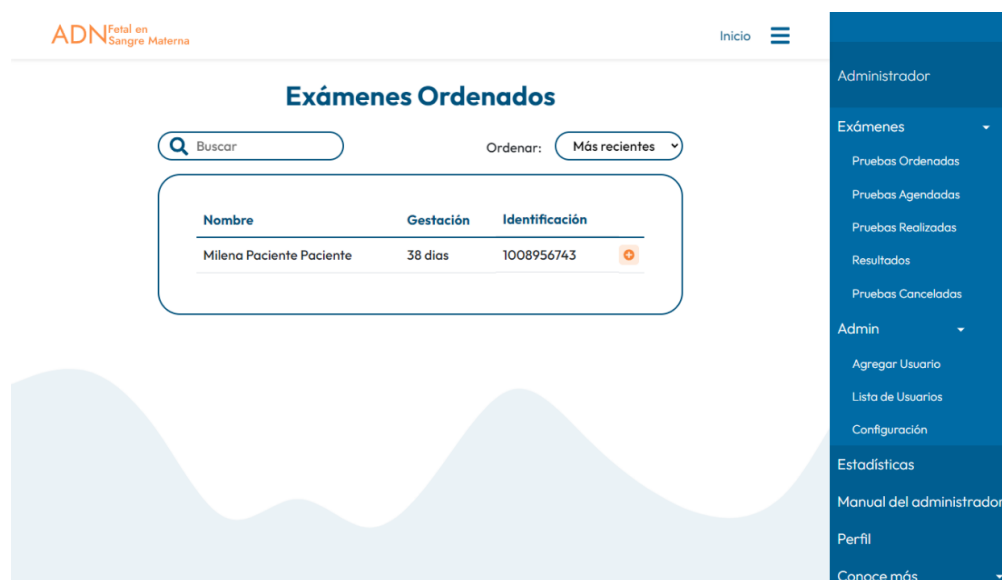


Figura 34. Módulo exámenes — Submódulo pruebas ordenadas

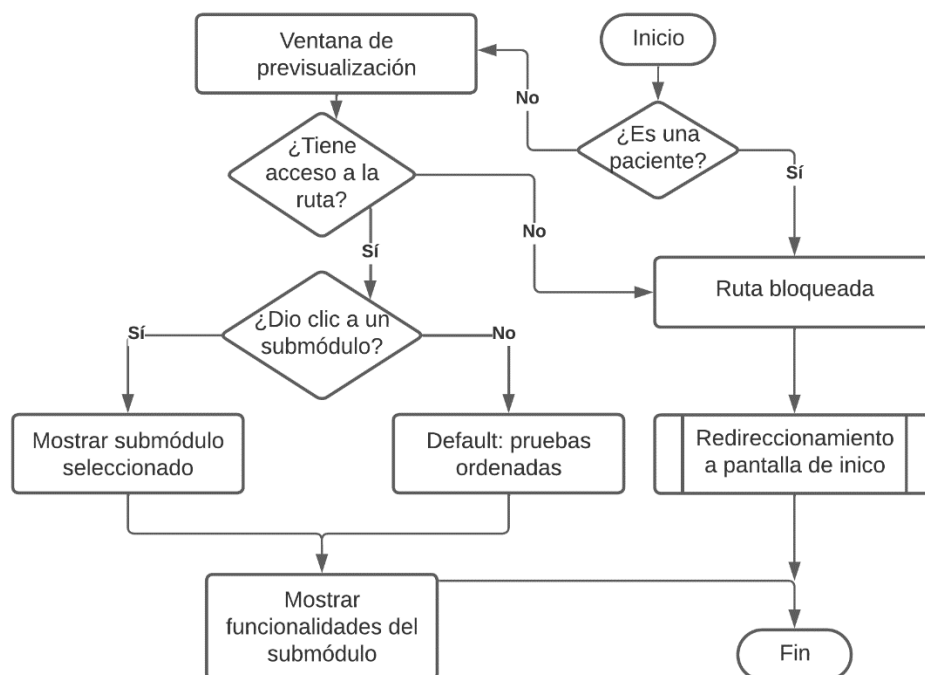


Figura 35. Lógica módulos exámenes

5.1.2 MÉDICO

Ordenar prueba

Los médicos encontrarán en el módulo de exámenes el submódulo ordenar pruebas, en donde se deberá seguir los distintos pasos del formulario, sin dejar ninguna casilla sin llenar puesto que el formulario no se enviará. Observe las figuras 36 y 37.

ADN Fetal en Sangre Materna

Inicio

Ordenar Prueba

Personales Contacto Registro Cuenta

Nombre

Primer Apellido

Segundo Apellido

Documento de Identificación

C.C.

Siguiente

Médico

Exámenes

- Ordenar Prueba
- Pruebas Ordenadas
- Resultados

Estadísticas

Manual del médico

Perfil

Conoce más

Cerrar Sesión

Figura 36. Ordenar pruebas

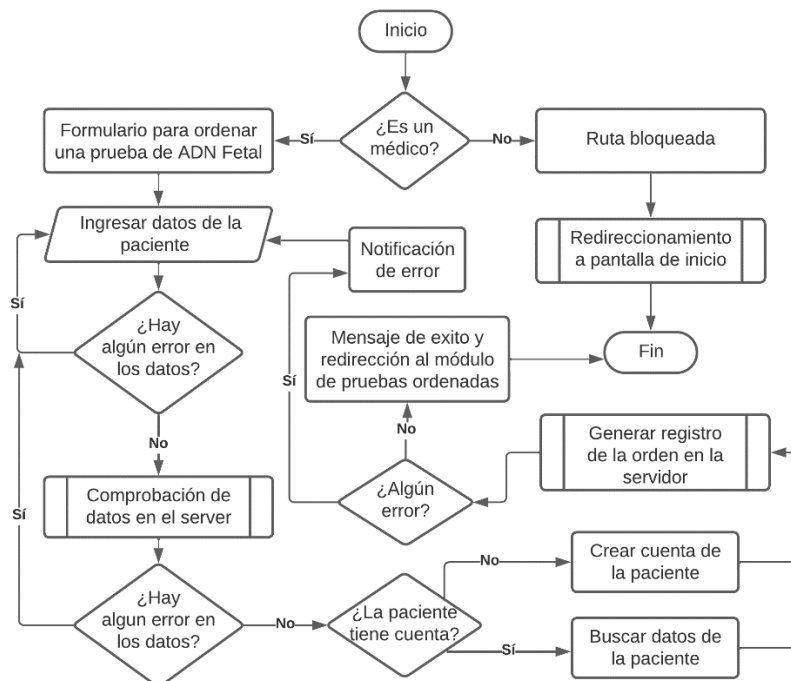


Figura 37. Diagrama de flujo modulo ordenar pruebas

Pruebas ordenadas (pantalla para médicos)

En el módulo de Pruebas ordenadas (figura 38) se podrá buscar el paciente según su nombre o cedula, dar orden al listado de pruebas entre más recientes y más antiguos. Además, se denotará las pruebas ordenadas del paciente, como médicos solo podrán ver la información detallada del paciente dando clic en el botón con el icono más. Lógica de programación en figura 39.



Figura 38. Exámenes ordenados (pantalla para médicos)

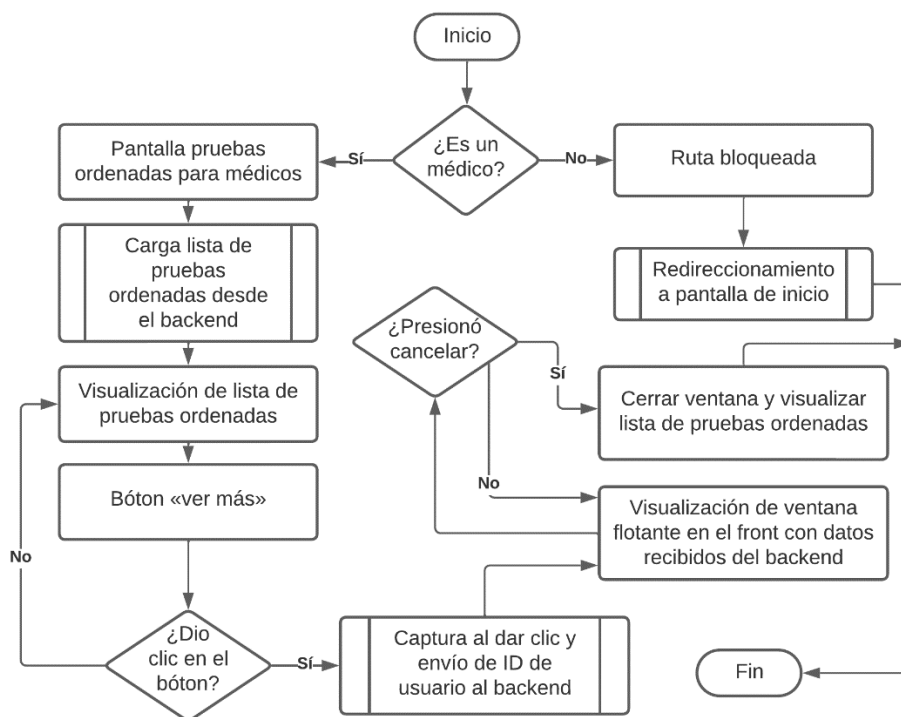


Figura 39. Lógica exámenes ordenados médicos

5.1.3 LABORATORIO

Pruebas ordenadas (pantalla para laboratorio)

A diferencia del rol de médico, como laboratorio en el módulo de pruebas ordenadas (figura 38) se podrá agendar la cita. Visualización de exámenes ordenados, agendar prueba y diagrama del módulo en figuras 40 y 41.

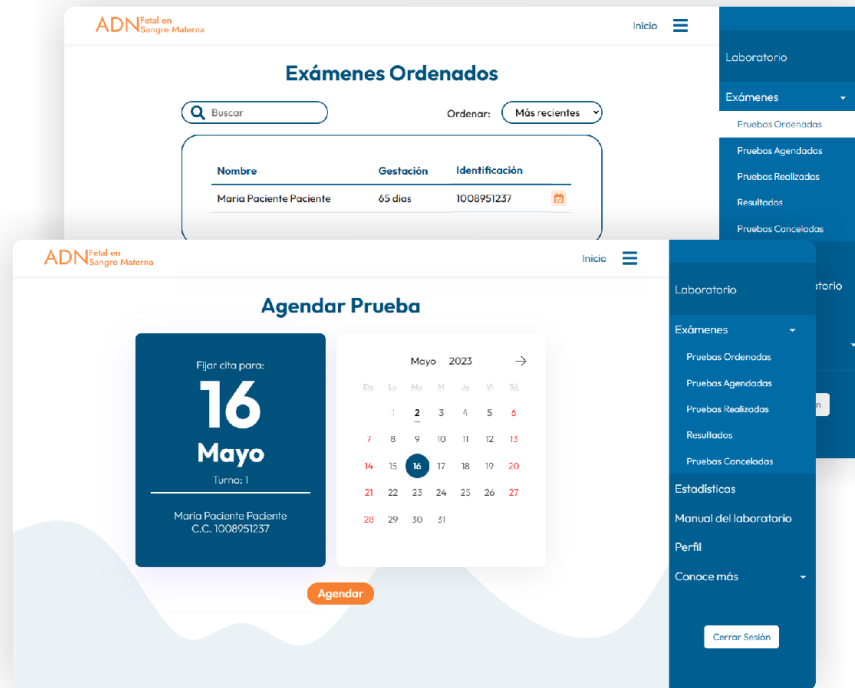


Figura 40. Exámenes ordenados (pantalla para laboratorio) y pestaña agendar pruebas

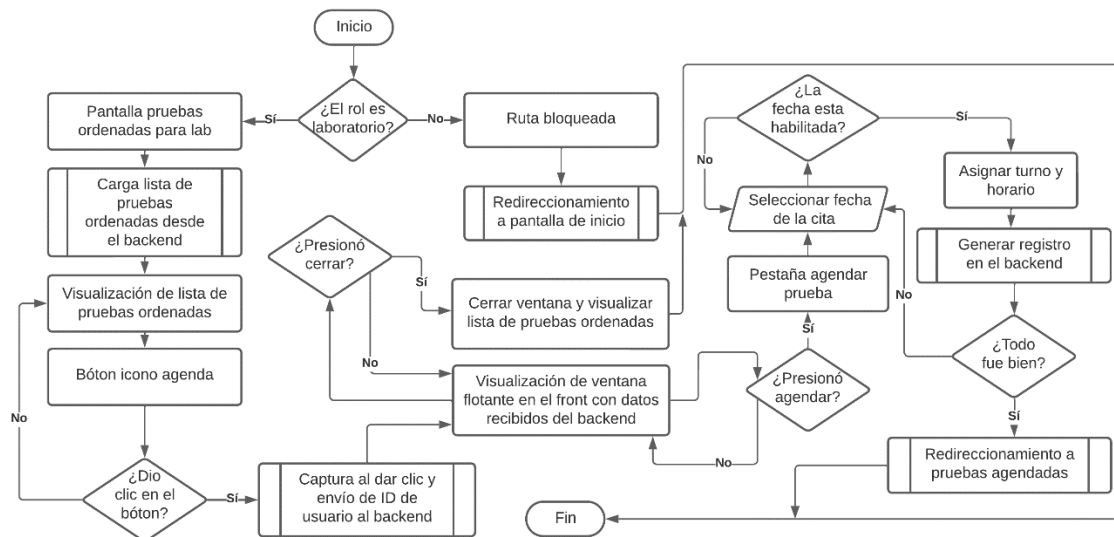


Figura 41. Lógica exámenes ordenados laboratorio

Pruebas agendadas

En este módulo (figura 42) se visualizarán las pruebas que han sido agendadas, se podrá cambiar el estado de las pruebas a realizadas, canceladas. Lógica de funcionamiento en figura 43.

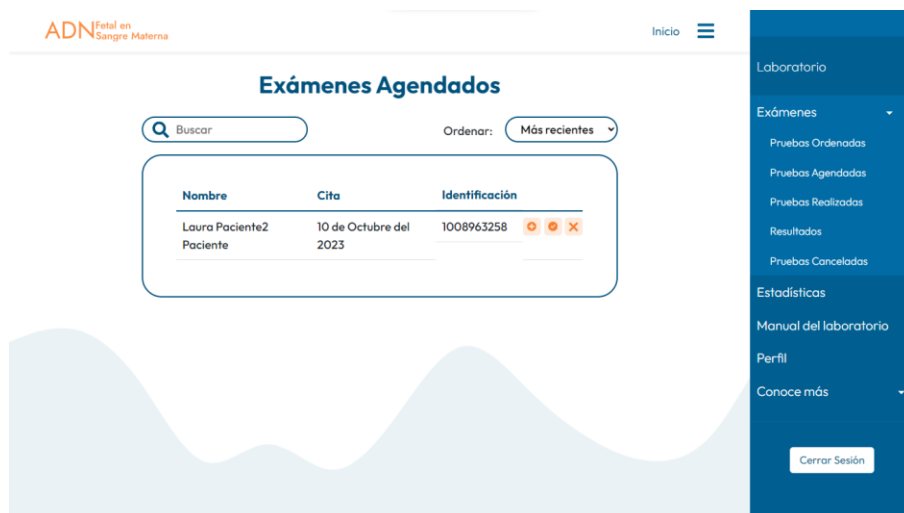


Figura 42. Pruebas agendadas

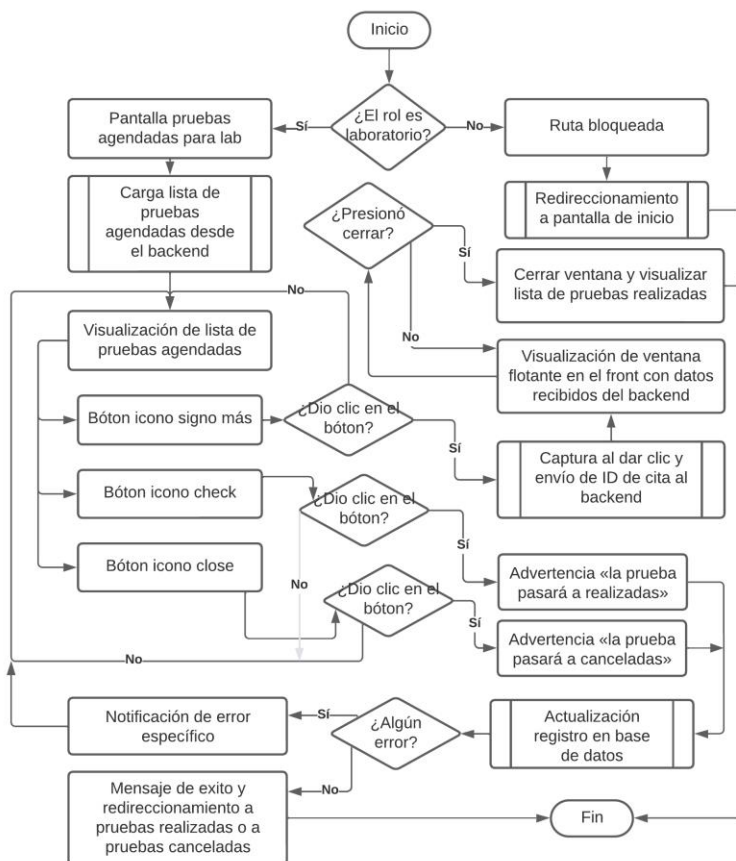


Figura 43. Diagrama de flujo de pruebas agendadas

Pruebas realizadas

Al dar clic en el estado de realizado a una prueba en el Módulo de Pruebas Agendadas se redireccionará al módulo de Pruebas Realizadas (figura 44), en donde se encontrarán los exámenes que estarán en estado de espera de resultados. Lógica de funcionamiento en figura 45.



Figura 44. Exámenes realizados

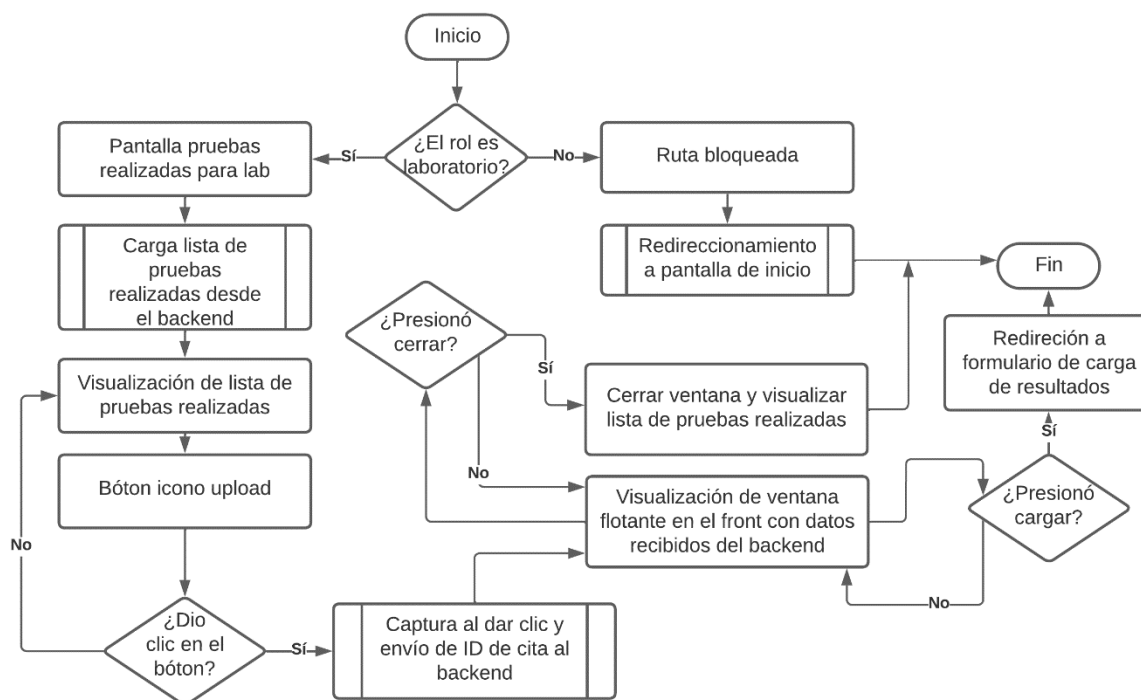


Figura 45. Lógica de funcionamiento exámenes realizados

Carga de resultados

Dando clic en el botón de upload en una de las pruebas que se encuentran en el módulo de exámenes realizados, se abrirá la pestaña para carga de resultados (figura 46) en donde se podrán ingresar los distintos resultados obtenidos en la prueba de ADN fetal en sangre materna analizados por el laboratorio. El funcionamiento de este modulo esta en la figura 47.

ADN Fetal en Sangre Materna

Inicio

Cargar Resultados

Paciente: Maria Paciente Paciente C.C. 1008951237

Porcentaje de ADN libre fetal: 0 - 100%

Cromosoma	Resultado	Probabilidad	Recomendación
Trisomia 21(T21)	Riesgo Bajo	Menor 1/10,000 (0.01%)	Recomendación
Trisomia 18(T18)	Riesgo Bajo	Menor 1/10,000 (0.01%)	Recomendación
Trisomia 13(T13)	Riesgo Bajo	Menor 1/10,000 (0.01%)	Recomendación
Sexo Fetal	Femenino	Menor 1/10,000 (0.01%)	Recomendación
Análisis X,Y	XX, XY, ...	Menor 1/10,000 (0.01%)	Recomendación

Subir Datos

Menú lateral:

- Laboratorio
- Exámenes
 - Pruebas Ordenadas
 - Pruebas Agendadas
 - Pruebas Realizadas
 - Resultados
 - Pruebas Canceladas
- Estadísticas
- Manual del laboratorio
- Perfil
- Conoce más

Cerrar Sesión

Figura 46. Carga de resultados

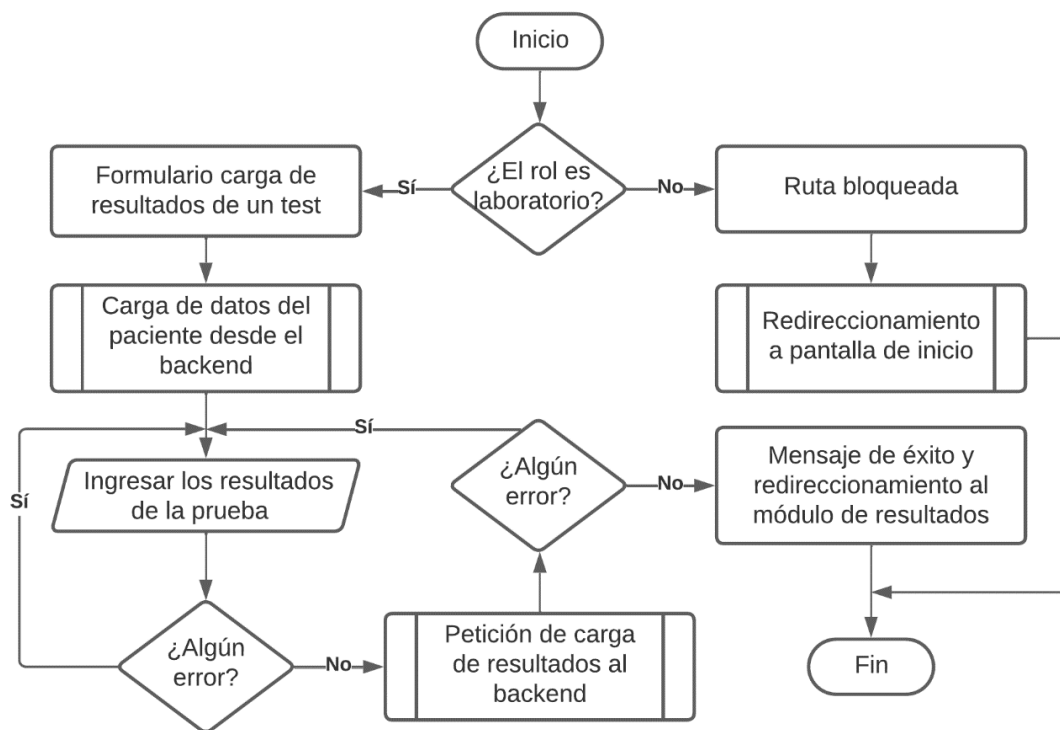


Figura 47. Funcionamiento carga de resultados

Pruebas canceladas

En el módulo de pruebas canceladas, como Laboratorio podrá visualizar las citas que fueron canceladas, aquí se mostrara un registro en donde es posible ver los datos de las pacientes de forma más detallada al presionar en el botón de más, que se encuentra frente al nombre de cada usuario. Ver figura 48 y 49.



Figura 48. Pruebas canceladas

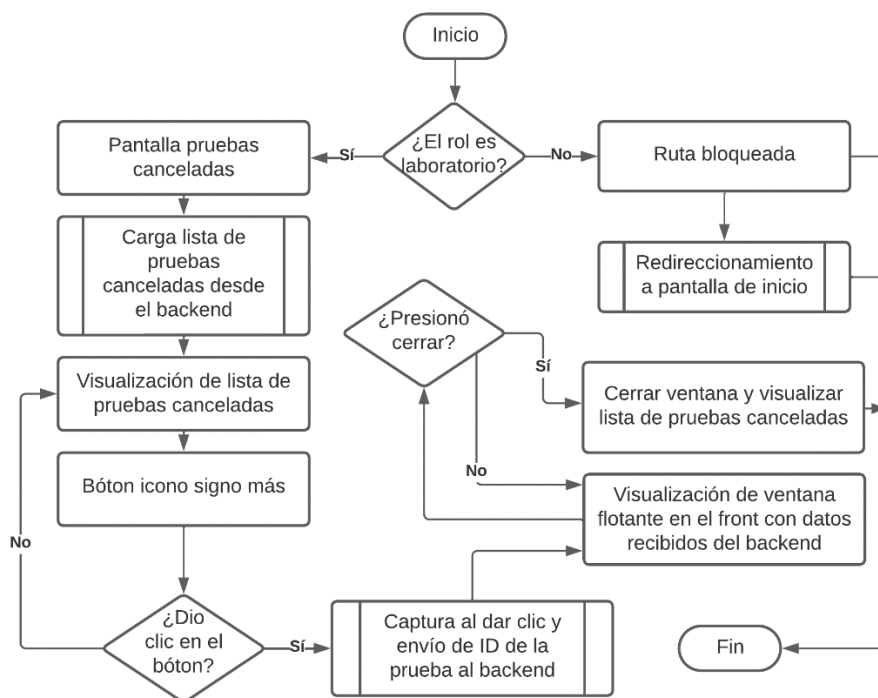


Figura 49. Diagrama de flujo pruebas canceladas

5.1.4 PACIENTE

Mis resultados

Como un usuario con rol de paciente, al ingresar al sistema de información e ir al módulo de Mis Resultados se mostrará una lista con su o sus resultados según sea el caso, se verá algo similar a lo visto en figura 50, con funcionamiento descrito en figura 51.

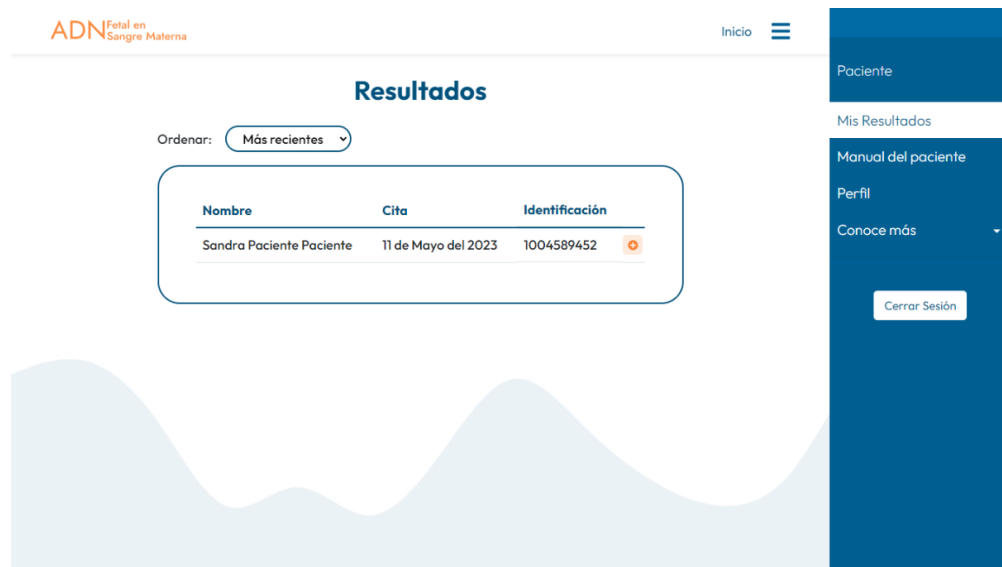


Figura 50. Mis resultados (Resultados paciente)

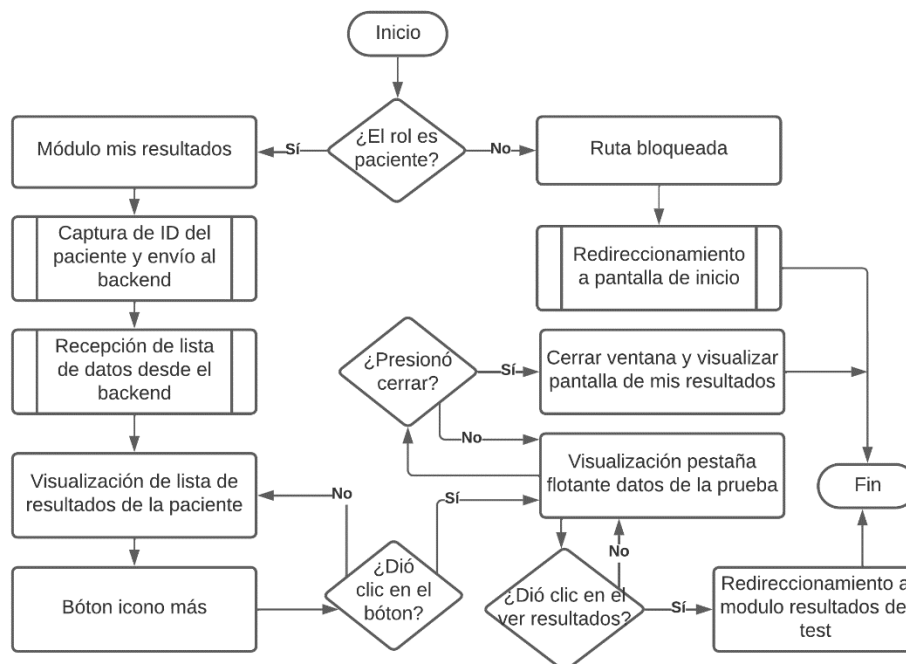


Figura 51. Funcionamiento panel mis resultados

5.2 PRUEBAS

Con el pretexto de probar la usabilidad y credibilidad del aplicativo web en sus distintas funcionalidades, se realizaron varias pruebas que demostraron la baja existencia de errores y el correcto manejo de los distintos datos compartidos entre el cliente y el servidor. Fue necesario ver todas las funcionalidades una vez que la aplicación se cargó en el hosting.

Se inició el testeo con la base de datos en blanco y la plataforma en blanco. Se creó el perfil del administrador rellendo los datos en el módulo de registro inicial (figura 24).

Se logró observar el correcto registro del administrador y se practicaron pruebas en el apartado del login y de recuperación de contraseña, en donde se descartaron fallas. Se dejó constancia de uno de los tres pasos para recuperar la contraseña en la figura 52.

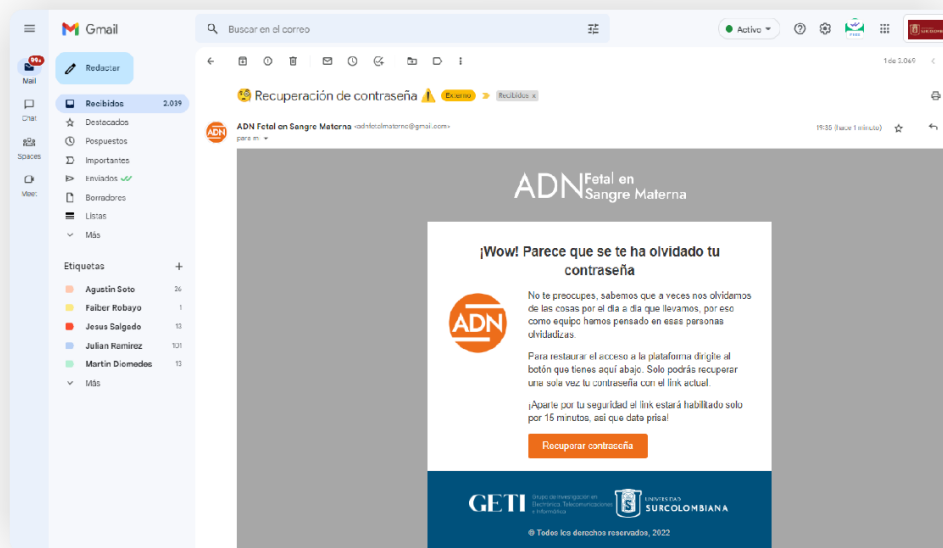


Figura 52. Email de recuperación.

Se probó el módulo de agregar nuevos usuarios (figura 26) a la plataforma diferentes al administrador, creando usuarios como médico y laboratorio de prueba, los cuales funcionaron para practicar las diferentes pruebas a la plataforma.

Con la cuenta de administrador se comprobaron varias funcionalidades del aplicativo, como configurar inicialmente los parámetros de citas y observar el estado de usuarios. Se probó el correcto funcionamiento del módulo de perfil, en donde se previsualiza y se editan algunos datos para ver que todo funcione correctamente.

Por otro lado, se iniciaron los procesos de pruebas para los roles de médico y laboratorio, los cuales principalmente tienen funcionalidades en el apartado de

exámenes. Tomando el usuario con el rol de médico, se ordenó una nueva prueba con ayuda del modulo de ordenar pruebas (figura 36)

Con el usuario de rol laboratorio, se probó la correcta creación de la prueba ordenada y se pasó a la prueba de los procesos de agenda de cita en el apartado de pruebas ordenadas. Seguidamente, se realizó la prueba para pasar pruebas agendadas a pruebas canceladas o pruebas realizadas y se observó que todo funcionaba de manera correcta.

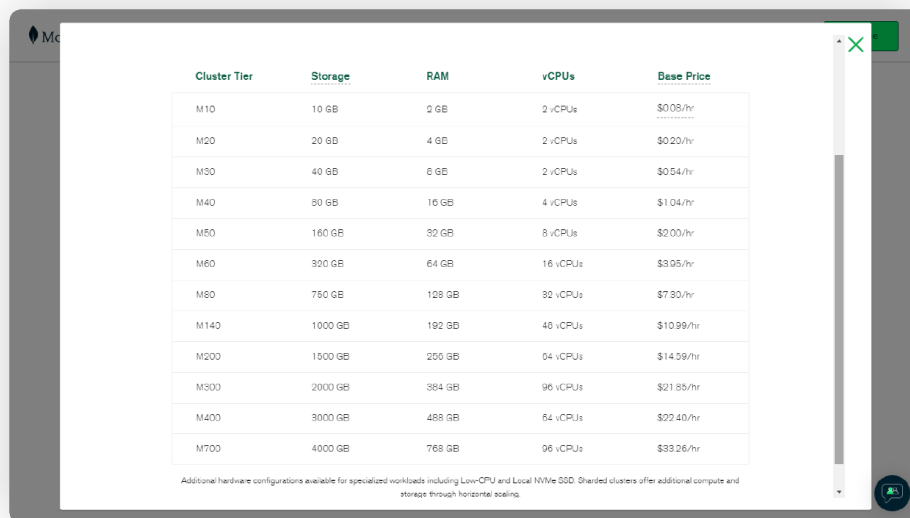
Por último, se probó el proceso que sigue la prueba de ADN fetal de una paciente, comprobando que se lleva por diferentes etapas hasta el punto en donde ya se encuentra en pruebas realizadas, listo para la carga de resultados. El Paso final para que el paciente o el médico pueda observar los resultados es la carga de estos a la plataforma, acción que se testeó con éxito.

En este punto, se comprobó que la mayoría de los servicios de la plataforma de información de ADN fetal en sangre materna cumplieron con las especificaciones realizadas al comienzo del proyecto.

5.3 COSTOS DE SERVICIO

Realizando la carga del aplicativo web a un hosting, se observaron varios pros y contras entre los diversos servicios ofertados en la web, y se encontró que existen servicios desde gratuitos hasta servicios diseñados para productos con necesidades específicas como los servidores virtuales privados los cuales son de alto costo de funcionamiento y no se tomaron en cuenta para el proyecto, siendo la mejor opción de paga.

De este modo, se generó la existencia de dos costos específicos al modificar el proyecto de tal forma que los costos relevantes quedaron reducidos a hosting y al almacenamiento de la base de datos. El segundo, irrefutablemente, se haría con mongo, que ofrece un servicio gratuito base de 515MB. Este es bastante bueno para los primeros meses de la aplicación. Sin embargo, si se empieza a expandir el número de usuarios o datos manejados, será necesario expandir el servicio comprando los paquetes de mongo. Estos van desde los 9 USD/mes por 2GB por clúster compartido hasta precios mucho mayores, dependiendo de la cantidad de almacenamiento o si se desea usar clústeres dedicados que ofrecen más velocidad de peticiones al servidor. Ejemplo de precios dedicados en la figura 23.



Cluster Tier	Storage	RAM	vCPUs	Base Price
M10	10 GB	2 GB	2 vCPUs	\$0.08/hr
M20	20 GB	4 GB	2 vCPUs	\$0.20/hr
M30	40 GB	6 GB	2 vCPUs	\$0.54/hr
M40	80 GB	16 GB	4 vCPUs	\$1.04/hr
M50	160 GB	32 GB	8 vCPUs	\$2.00/hr
M60	320 GB	64 GB	16 vCPUs	\$3.95/hr
M80	760 GB	128 GB	32 vCPUs	\$7.30/hr
M140	1000 GB	192 GB	48 vCPUs	\$10.99/hr
M200	1500 GB	256 GB	64 vCPUs	\$14.59/hr
M300	2000 GB	384 GB	96 vCPUs	\$21.85/hr
M400	3000 GB	488 GB	128 vCPUs	\$29.40/hr
M700	4000 GB	768 GB	192 vCPUs	\$38.26/hr

Additional hardware configurations available for specialized workloads including Low-CPU and Local NVMe SSD. Shared clusters offer additional compute and storage through horizontal scaling.

Figura 53. Precios clústeres dedicados mongo.

Imagen tomada de la web - (Pricing Atlas Cluster, 2022)

Por otro lado, los costos del hosting dependerán del número de usuarios que estén utilizando la app y del tiempo que permanezcan en la plataforma, ya que esto permitirá que la pagina no presente fallas o lentitudes. Railway ofrece un servicio gratuito de 500 horas de uso por mes, con procesamiento de la RAM de 512 MB, y 1GB de almacenamiento para las aplicaciones cargadas en la página. Sus costos de uso se dividen en 3 paquetes: el trial que permite su uso gratuito de hasta 500 horas por mes, el uso para desarrolladores que incrementa utilidades, pero tiene el cobro por cada beneficio, este se divide en distintos subcategoría con un pago mínimo de 5USD/mes o por pago de crédito con valor máximo ilimitado, y el paquete de equipo con un precio de 20USD/mes.

6. CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto actual permitió obtener una serie de enseñanzas educativas. Como conclusión, se puede decir que el diseño e implementación del sistema de información médica para pruebas de ADN fetal fue exitoso en su totalidad. Actualmente, el servicio se encuentra hospedado en un hosting de prueba, en donde se puede comprobar que las diferentes funcionalidades planteadas, como ordenar, agendar, guardar y consultar los resultados en una base de datos para este tipo de exámenes médicos, se pueden llevar a cabo con facilidad.

Asimismo, se hace evidente la necesidad de contar con una relación específica entre el prototipado y el diseño anticipado antes de comenzar a codificar, así como del diseño del modelo cliente-servidor. En todo proyecto de desarrollo de aplicaciones de frontend y backend se deben realizar diseños y prototipos iniciales, ya que permiten ordenar distintos factores en la programación y dan pie a la capacidad de obtener un resultado exitoso, funcional y apto para la producción, en este caso, aplicable a los hospitales del sur del Huila.

La decisión de seleccionar y utilizar tecnologías que se utilizan actualmente en los mercados y en las industrias tecnológicas, como lo son react, node, mongo y javascript, permite concluir que se obtuvo una plataforma que maneja tecnologías de fácil reestructuración, escalable, actualizable y sencilla para efectuar mantenimiento, si se compara con otro tipo de tecnologías utilizadas en el desarrollo web.

Se generan informes estadísticos de los resultados recopilados en cada prueba de ADN fetal en sangre materna. Esto permite concluir que ahora el aplicativo es una herramienta abierta para los procesos de investigación o monitoreo de datos, lo que a su vez abre las puertas al ámbito de la educación investigativa.

El sistema de información web planteado inicialmente se diseña de tal forma que sea escalable, actualizable y que se puede integrar a una plataforma de mayor alcance. Por lo tanto, se valida la corrección de las diferentes funcionalidades existentes actualmente en el aplicativo web.

Por último, se elaboró correctamente el documento final, donde se muestran los diferentes resultados obtenidos a partir del diseño e implementación de este sistema de información médica. Esto permite inferir que los distintos aspectos llevados a cabo, desde la creación e idea hasta llevar a la práctica y a la realidad un proyecto planteado para solucionar una problemática, dieron como respuesta final un producto que consta de una extensa documentación de su usabilidad, plasmada en los diferentes manuales realizados tanto para usuarios comunes como para programadores.

7. RECOMENDACIONES

El sistema es escalable y actualizable, sin embargo, al actualizar el código es posible que sea necesario actualizar algunos paquetes y módulos instalados que pueden estar desactualizados o fuera de servicio. En este caso, se debe tener en cuenta que la actualización puede requerir cambios más profundos en la programación.

Si se va a desarrollar un proyecto similar con la metodología MERN, se recomienda realizar primero un análisis detallado de las propiedades y objetivos del aplicativo final, así como también realizar un prototipado inicial de diseño para facilitar el proceso de programación.

Al utilizar la base de datos de mongo, es importante tener en cuenta que, al estar ligada a una cuenta personal, estará limitada a ediciones. Por lo tanto, si se necesita editar o modificar algún aspecto, se debe editar el código y crear una nueva base de datos en mongo desde cero y reiniciar el proceso de pruebas. Se han proporcionado manuales para el programador en caso de necesitar hacer cambios en la base de datos.

Se recomienda utilizar la aplicación en navegadores actuales y tener una buena conexión a internet al realizar consultas en la plataforma. De lo contrario, es posible que no se reciba información correcta debido a que la base de datos en su etapa de producción se encuentra en la nube.

REFERENCIAS

- Arévalo, C. C., García, D. J., & Córdoba, D. F. (2021). *Sistema Integral de Información Animal*.
- Breveglieri, G., D'Aversa, E., Finotti, A., & Borgatti, M. (2019). Non-invasive Prenatal Testing Using Fetal DNA. *Molecular Diagnosis and Therapy*, 23(2), 291–299. <https://doi.org/10.1007/s40291-019-00385-2>
- Chiyana, S. (2021, julio 27). *¿Qué es Node.js, y para qué sirve?*
<https://www.itdo.com/blog/que-es-node-js-y-para-que-sirve/>
- Datascientest. (2022, abril 7). *MongoDB: todo sobre la base de datos NoSQL orientada a documentos*. <https://datascientest.com/es/mongodb-todo-sobre-la-base-de-datos-nosql-orientada-a-documentos>
- Henríquez, L., Martínez, S., Sánchez, M., & Vela, A. (2015). *Diseño de una página Web como herramienta que permita acceder a los pacientes con enfermedades osteomusculares a tener información básica sobre el manejo de dolor y iniciar un tratamiento médico que le permita mejorar su calidad de vida*.
- Marchan, M., & Michelena, D. (2018). *Implementación de un sistema de información para el seguimiento y control de los pacientes y no pacientes diabéticos del instituto de diabetes y endocrinología de Las Américas SAC*.
- Parada, M. (2020). *MERN Stack: Qué es y qué ventajas ofrece* | OpenWebinars.
<https://openwebinars.net/blog/mern-stack-que-es-y-que-ventajas-ofrece/>
- Pratella, D., Duboc, V., Milanesio, M., Boudjarane, J., Descombes, S., Paquis-Flucklinger, V., & Bottini, S. (2022). GenomeMixer and TRUST: Novel bioinformatics tools to improve reliability of Non-Invasive Prenatal Testing (NIPT) for fetal aneuploidies. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 20, 1028–1035. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2022.02.014>
- Pricing Atlas Cluster. (2022, noviembre 5). *Pricing* | MongoDB.
https://www.mongodb.com/pricing?utm_content=controlpricingterms&utm_source=google&utm_campaign=search_gs_pl_evergreen_atlas_core_prosp-brand_gic-null_amers-co_ps-all_desktop_eng_lead&utm_term=mongo%20pricing&utm_medium=cpc_paid_search&utm_ad=e&utm_ad_campaign_id=12212624317&adgroup=115749712263&gclid=Cj0KCQjwk5ibBhDqARIsACzmglTwoPnMO3WIOPZvdOnSCViqwJp170WmbaHQ57IGITreZYpNbYsqJAaAqnGEALw_wcB
- Pricing Railway. (2023, noviembre 5). *Pricing* | Heroku. <https://railway.app/pricing>
- Quispe, R. (2018). *Sistema de Información del Laboratorio Clínico*. 154.

- Roldan, A., & Rincón, E. (2014). *Diseño e implementación de un sistema de información para la optimización de las glucometrías en la IPS ENDHO Colombia SAS de Neiva.*
- Sebastián Illanes, L., Emiliano Pertossi, A., & María Isabel González, Z. (2015). Diagnóstico prenatal no invasivo. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 25(6), 887–893. [https://doi.org/10.1016/s0716-8640\(14\)70635-2](https://doi.org/10.1016/s0716-8640(14)70635-2)
- Suganthan, M. (2022, julio 25). *¿Qué es Express.js? Todo lo que Debes Saber.* <https://kinsta.com/es/base-de-conocimiento/que-es-express/>
- Vega Cuesta, E. (2020). *Detección Prenatal de anomalías genéticas por análisis en sangre materna.*
- Vivanti, A., Benachi, A., & Costa, J.-M. (2018). Diagnóstico prenatal mediante muestra de sangre materna. *EMC - Ginecología-Obstetricia*, 54(3), 1–7. [https://doi.org/10.1016/s1283-081x\(18\)91439-6](https://doi.org/10.1016/s1283-081x(18)91439-6)